

**DELİK DELMEDE FARKLI PARAMETRELERİN KESME KUVVETİ,
MOMENT, TİTREŞİM, YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ, AŞINMA VE
ÇAPAK OLUŞUMUNA ETKİLERİ**

Yavuz KAPLAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

TEMMUZ 2010

ANKARA

Yavuz KAPLAN tarafından hazırlanan “Delik delmede farklı parametrelerin kesme kuvveti, moment, titreşim, yüzey pürüzlülüğü, aşınma ve çapak oluşumuna etkileri” adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Muammer Nalbant

.....

Tez Danışmanı, Makine Eğitimi Anabilim Dalı

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

Prof. Dr. Mahmut GÜLESİN

.....

Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Prof. Dr. Muammer NALBANT

.....

Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Prof. Dr. Ulvi ŞEKER

.....

Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Doç. Dr. İbrahim USLAN

.....

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Doç. Dr. İhsan KORKUT

.....

Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Tarih : 14 / 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 yapıldığını bildiririm.

Yavuz KAPLAN

**DELİK DELMEDE FARKLI PARAMETRELERİN KESME KUVVETİ,
MOMENT, TİTREŞİM, YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ, AŞINMA VE ÇAPAK
OLUŞUMUNA ETKİLERİ**
(Yüksek Lisans Tezi)

Yavuz KAPLAN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Temmuz 2010

ÖZET

Bu çalışmada, dik işleme merkezinde delik delme süreci esnasında farklı parametrelerin ilerleme kuvveti, moment, titreşim, aşınma, yüzey pürüzlülüğü ve çapak oluşumuna etkisi incelenmiştir. Deneysel çalışmalarda; iki farklı sertlikteki (20 HRC ve 28 HRC) soğuk iş takım çeliği (AISI D2 ve AISI D3) iki farklı çaptaki (Ø8 mm ve Ø10 mm) ve iki farklı uzunluktaki HSS kesici takımlarla işlenmiştir. Deneylerde üç farklı kesme hızı (5 m/dak, 10 m/dak, 15 m/dak) ve üç farklı ilerleme (0,04 mm/dev, 0,05 mm/dev, 0,06 mm/dev) değeri kullanılmıştır. Her bir deneye yeni bir kesici takımla başlanmış ve her kesici takımla uzunluğu 50 mm olan boydan boya 20 adet delik CNC tezgahıyla delinmiştir. Deneyler tam faktöryel tertibinde yapılmış, sonuçlar MATLAB-R2008 paket programında çizilen grafikler ve SAS 9.0 programında yapılan varyans ve regresyon analizleriyle yorumlanmıştır. Ayrıca deneysel çalışmalar sonlandıktan sonra matkapların SEM analizi yapılarak aşınmalar yorumlanmıştır. Deney sonuçlarına göre, malzeme sertliğinin, matkap çapının, matkap boyunun, kesme hızının, ilerlemenin ve delik sayısının ilerleme kuvveti, moment ve titreşime etkili olduğu, ayrıca matkap çapı haricindeki diğer deney parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü ve çıkış çapağı oluşumuna etkili olduğu görülmüştür.

Bilim Kodu : 708.3.028

Anahtar Kelimeler : Kesici takım aşınması, ilerleme kuvveti, moment, titreşim, yüzey pürüzlülüğü, çıkış çapağı, delik delme

Sayfa Adedi : 108

Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Muammer NALBANT

**EFFECTS OF DIFFERENT PARAMETERS ON CUTTING FORCE,
TORQUE, VIBRATION, SURFACE ROUGHNESS, TOOL WEAR AND EXIT
BURRS IN DRILLING**

(M.Sc. Thesis)

Yavuz KAPLAN

**GAZİ UNIVERSTY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

July 2010

ABSTRACT

In this study, during the drilling process effect of different parameters were investigated on thrust force, torque, vibration, wear, surface roughness and exit burrs in CNC machine. In this experimental study, drilling experiments were used on cold work tool steels (AISI D2 and AISI D3) which have two different hardness (20HRC and 28HRC) were machined with two different diameter (Ø8mm and Ø10mm) and two different lengths drills. Three different cutting speeds (5 m/min, 10 m/min, 15 m/min) and three different feed rates (0,04 mm/rev, 0,05 mm/rev, 0,06 mm/rev) were used in experiments. With a new tool was begun in each experiment and each cutting tool was drilled 20 holes which length of 50 mm. Experiments were set up full factorial, results were commented how drawing graphs in MATLAB-R2008 and analysis of variance and regression in SAS 9.0. Furthermore; when experimental studies finished, worn drills were observed SEM. According experimental results, material's hardness, drill diameter, drill length, cutting speed, feed rate are effect on thrust force, torque and vibration and also, the all experimental parameters except of drill diameter are effected on surface roughness and exit burrs.

Science Code : 708.3.028

Key Words : Cutting tool wear, thrust force, torque, vibration, surface roughness, exit burr, drilling

Page Number : 108

Adviser : Prof. Dr. Muammer NALBANT

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren danışmanım sayın Prof. Dr. Muammer NALBANT'a yine kıymetli tecrübelerinden yararlandığım hocam sayın Yrd. Doç. Dr. Hasan Basri ULAŞ'a, maddi ve manevi destekleriyle yanımda olan çok değerli ailem ve dostlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xviii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR TARAMASI.....	4
2.1. Literatür Araştırmasının Değerlendirilmesi.....	8
3. DELME İŞLEMİ.....	9
3.1. Delik Delme İşlemi.....	9
3.1.1. Doluya delik delme.....	9
3.1.2. Delik büyütme.....	10
3.1.3. Fatura açma.....	10
3.1.4. Raybalama.....	10
3.2. Derin Delik Delme.....	10
3.3. Delik Delmede Kullanılabilecek Kesme Parametreleri.....	11
3.4. Delme İşlemlerinde Kesme Kuvvetleri ve Moment.....	13
3.5. Delik Delmede Yüzey Pürüzlülüğü.....	16
3.5.1. Yüzey pürüzlülüğünün önemli olduğu durumlar.....	16

Sayfa

3.5.2. Yüzey pürüzlülüğüne etki eden faktörler.....	16
3.5.3. Yüzey pürüzlülüğü ölçme yöntemleri.....	17
3.6. Titreşim.....	18
3.6.1. Titreşim ölçümü.....	19
3.6.2. İmalatta titreşimin azaltılması.....	20
3.7. Delik Delmede Aşınma.....	20
3.8. Delik Delmede Çapak Oluşumu.....	21
4. MALZEME VE YÖNTEM.....	24
4.1. Kapsam.....	24
4.2. İş Parçası Malzemesi.....	24
4.3. Kesici Takımlar.....	26
4.4. Kesme Kuvveti ve Moment Ölçümü.....	29
4.5. Titreşim Ölçümü.....	33
4.6. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü.....	35
4.7. Çapak Oluşumu.....	36
4.8. Kesici Takım Aşınmalarının Değerlendirilmesi.....	37
5. DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA.....	38
5.1. İlerleme Kuvvetlerinin Değerlendirilmesi.....	38
5.2. Kesme Momentlerinin Değerlendirilmesi.....	47
5.3. Titreşim Verilerinin Değerlendirilmesi.....	50
5.4. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü.....	61
5.5. Çıkış Çapaklarının Değerlendirilmesi.....	69

	Sayfa
5.6. Kesici Takım Aşınmaları.....	75
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	92
KAYNAKLAR.....	94
EKLER.....	98
EK-1.....	99
ÖZGEÇMİŞ.....	107

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Delik delmede kullanılabilecek formüller.....	13
Çizelge 4.1. Deneylerde kullanılan kesme parametreleri.....	24
Çizelge 4.2. AISI D2 (DIN 1.2379) malzemesinin kimyasal bileşimi.....	25
Çizelge 4.3. AISI D3 (DIN 1.2080) malzemesinin kimyasal bileşimi.....	25
Çizelge 4.4. Matkapların boyutsal ve mekanik özellikleri.....	27
Çizelge 4.5. HSS matkapların kimyasal bileşenleri.....	27
Çizelge 4.6. Kistler 9123C dönen tip dinamometrenin teknik özellikleri.....	30
Çizelge 4.7. Titreşim sensörünün teknik özellikleri.....	34
Çizelge 4.8. Yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazının teknik özellikleri.....	35
Çizelge 5.1. İlerleme kuvvetine etkili faktörlerin varyans analizi.....	45
Çizelge 5.2. Deney parametrelerinin ilerleme kuvvetine etkilerinin korelasyon katsayıları.....	45
Çizelge 5.3. Kesme parametreleri seviyelerinin ilerleme kuvvetine etkisinin Duncan analizi.....	46
Çizelge 5.4. Kesme momentine etkili faktörlerin varyans analizi.....	50
Çizelge 5.5. Deney parametrelerinin kesme momenti için korelasyon katsayıları.....	50
Çizelge 5.6. Titreşim genliğine etkili faktörlerin varyans analizi.....	59
Çizelge 5.7. Kesme parametreleri seviyelerinin titreşim büyüklüğüne etkisinin Duncan analizi.....	60
Çizelge 5.8. Deney parametrelerinin titreşim için korelasyon katsayıları.....	61
Çizelge 5.9. Yüzey pürüzlülüğüne etkili faktörlerin varyans analizi.....	68
Çizelge 5.10. Kesme parametreleri seviyelerine göre ortalama yüzey pürüzlülüğü.....	69
Çizelge 5.11. Çapak yüksekliğine etkili faktörlerin varyans analizi.....	73

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.12. Kesme parametrelerinin çapak yüksekliğine etkilerinin kuvvetinin korelasyon katsayıları.....	73
Çizelge 5.13. Kesme parametreleri seviyelerine göre ortalama çapak yüksekliği.....	74
Çizelge 5.14. Uç kenarı aşınmasına etkili faktörlerin varyans analizi.....	79
Çizelge 5.15. Kesme parametreleri seviyelerinin uç kenarı aşınmasına etkisinin Duncan analizi.....	79
Çizelge 5.16. Dış köşe aşınmasına etkili faktörlerin varyans analizi.....	80
Çizelge 5.17. Kesme parametreleri seviyelerinin dış köşe aşınmasına etkisinin Duncan analizi.....	81
Çizelge 5.18. Kesici kenar aşınmasına etkili faktörlerin varyans analizi.....	81
Çizelge 5.19. Kesme parametreleri seviyelerinin kesici kenar aşınmasına etkisinin Duncan analizi.....	82

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Delik delme işlemleri.....	11
Şekil 3.2. Kesme hızı, giriş oranı, fener mili hızı, devir başına ilerleme ve delik işleminin temel faktörleri.....	12
Şekil 3.3. Matkapla delik delmede kesme kuvvetleri.....	13
Şekil 3.4. Kesici takımın aşınma safhaları.....	20
Şekil 3.5. Matkapta aşınma türleri.....	21
Şekil 3.6. Delik delmede çapak oluşumu.....	23
Şekil 3.7. Çapak çeşitleri.....	23
Şekil 4.1. Matkabın genel kısımları.....	28
Şekil 4.2. Kistler 9123C tipi dinamometre.....	29
Şekil 4.3. Deney düzeneğinin fotoğrafı.....	31
Şekil 4.4. Deney düzeneğinin şematik gösterimi.....	32
Şekil 4.5. DynoWare programıyla ölçülen kuvvet ve moment grafikleri.....	33
Şekil 4.6. Kistler 8762A50 tipi 3 eksenli ivme ölçer.....	34
Şekil 4.7. DasyLab’da oluşturulan şematik program.....	35
Şekil 4.8. Yüzey pürüzlülük ölçümü.....	36
Şekil 4.9. Çıkış çapağı yüksekliğinin ölçümü.....	37
Şekil 5.1. Delik sayısı ve ilerleme hızının ilerleme kuvvetine etkisi.....	38
Şekil 5.2. Kesme hızı, ilerleme ve delik sayısının ilerleme kuvvetine etkisi.....	39
Şekil 5.3. Matkap çapı, kesme hızı ve delik sayısının ilerleme kuvvetine etkisi.....	40
Şekil 5.4. Matkap uzunluğu, kesme hızı ve delik sayısının ilerleme kuvvetine etkisi.....	41

Şekil	Sayfa
Şekil 5.5. Sertlik, ilerleme ve delik sayısının ilerleme kuvvetine etkisi.....	42
Şekil 5.6. Sertlik, matkap çapı, ilerleme ve delik sayısının ilerleme kuvvetine etkisi.....	43
Şekil 5.7. Sertlik, matkap çapı, matkap boyu, ilerleme ve kesme hızının ilerleme kuvvetine etkisi.....	44
Şekil 5.8. Kesme hızı, ilerleme, matkap boyu, matkap çapı ve sertliğe göre kesme momentindeki değişim.....	48
Şekil 5.9. Delik sayısı, ilerleme ve kesme hızının kesme momentine etkisi.....	49
Şekil 5.10. 10 m/dak kesme hızı ve 0,04 mm/dev ilerlemede delik sayısı ve zamanın titreşime etkisi.....	51
Şekil 5.11. 10 m/dak kesme hızı ve 0,05 mm/dev ilerlemede delik sayısı ve zamanın titreşime etkisi.....	52
Şekil 5.12. 10 m/dak kesme hızı ve 0,06 mm/dev ilerlemede delik sayısı ve zamanın titreşime etkisi.....	52
Şekil 5.13. 0,05 mm/dev ilerleme 5 m/dak kesme hızında delik sayısı ve zamanın titreşime etkisi.....	53
Şekil 5.14. 0,05 mm/dev ilerleme 10 m/dak kesme hızında delik sayısı ve zamanın titreşime etkisi.....	54
Şekil 5.15. 0,05 mm/dev ilerleme 15 m/dak kesme hızında delik sayısı ve zamanın titreşime etkisi.....	54
Şekil 5.16. 8 mm çaplı matkapla delik sayısı ve zamanın titreşime etkisi.....	55
Şekil 5.17. 10 mm çaplı matkapla delik sayısı ve zamanın titreşime etkisi.....	56
Şekil 5.18. 133 mm'lik matkapta delik sayısı ve zamanın titreşim büyüklüğüne etkisi.....	57
Şekil 5.19. 184 mm'lik matkapta delik sayısı ve zamanın titreşim büyüklüğüne etkisi.....	57
Şekil 5.20. 28 HRC sertlikteki malzemenin delinmesinde delik sayısı ve titreşimin büyüklüğüne etkisi.....	58

Şekil	Sayfa
Şekil 5.21. 20 HRC sertlikteki malzemenin delinmesinde delik sayısı ve zamanın titreşime etkisi.....	58
Şekil 5.22. Delik sayısı, ilerleme ve kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi.....	62
Şekil 5.23. Kesme hızı, ilerleme ve delik sayısının yüzey pürüzlülüğüne etkisi.....	63
Şekil 5.24. Matkap çapı, ilerleme ve delik sayısının yüzey pürüzlülüğüne etkisi.....	64
Şekil 5.25. 8 mm çaplı matkapta uzunluk, ilerleme ve delik sayısının yüzey pürüzlülüğüne etkisi.....	65
Şekil 5.26. 10 mm çaplı matkapta uzunluk, ilerleme ve delik sayısının yüzey pürüzlülüğüne etkisi.....	65
Şekil 5.27. Malzeme sertliği, ilerleme ve delik sayısının yüzey pürüzlülüğüne etkisi.....	66
Şekil 5.28. Malzeme sertliği, matkap çapı, matkap boyu, kesme hızı ve ilerlemenin yüzey pürüzlülüğüne etkisi.....	67
Şekil 5.29. Malzeme sertliği, matkap boyu, kesme hızı ve ilerlemenin çapak yüksekliğine etkisi.....	70
Şekil 5.30. Kesme hızı, ilerleme ve delik sayısının çapak yüksekliğine etkisi.....	72
Şekil 5.31. 15 m/dak kesme hızında oluşan çapak çeşidi.....	71
Şekil 5.32. 10 m/dak kesme hızında oluşan çapak çeşidi.....	72
Şekil 5.33. 5 m/dak kesme hızında oluşan çapak çeşidi.....	72
Şekil 5.34. Kesme parametrelerinin uç kenarı aşınmasına etkisi.....	76
Şekil 5.35. Kesme parametrelerinin dış köşe aşınmasına etkisi.....	77
Şekil 5.36. Kesme parametrelerinin kesici kenar aşınmasına etkisi.....	78
Şekil 5.37. 0,06 mm/dev ilerlemede 28 HRC sertlikteki malzemenin 10 mm'lik matkaplarla farklı kesme hızlarında delinmesi sonucunda meydana gelen aşınmalar.....	83
Şekil 5.38. 0,05 mm/dev ilerlemede 28 HRC sertlikteki malzemenin 10 mm'lik matkaplarla farklı kesme hızlarında delinmesi sonucunda meydana gelen aşınmalar.....	84

Şekil	Sayfa
Şekil 5.39. 15 m/dak kesme hızında 28 HRC sertlikteki malzemenin 10 mm'lik matkaplarla farklı ilerlemelerde delinmesi sonucunda meydana gelen aşınmalar.....	86
Şekil 5.40. 5 m/dak kesme hızında 28 HRC sertlikteki malzemenin 10 mm'lik matkaplarla farklı ilerlemelerde delinmesi sonucunda meydana gelen aşınmalar.....	87
Şekil 5.41. 15 m/dak kesme hızı 0,06 mm/dev ilerlemede 28 HRC ve 20 HRC sertlikteki malzemelerin 10 mm'lik matkapla delinmesi sonucunda meydana gelen aşınmalar.....	88
Şekil 5.42. 15 m/dak kesme hızı 0,06 mm/dev ilerlemede 28 HRC sertlikteki malzemenin 8 mm ve 10 mm'lik matkaplarla delinmesi sonucunda meydana gelen aşınmalar.....	89
Şekil 5.43. 15 m/dak kesme hızı 0,06 mm/dev ilerlemede 20 HRC sertlikteki malzemenin 8 mm ve 10 mm'lik matkaplarla delinmesi sonucunda meydana gelen aşınmalar.....	90
Şekil 5.44. 15 m/dak kesme hızı 0,06 mm/dev ilerlemede 28 HRC sertlikteki malzemenin 117 mm ve 165 mm uzunluğundaki 8 mm'lik matkaplarla delinmesi sonrasında oluşan aşınmalar.....	91
Şekil 5.45. 5 m/dak kesme hızı 0,05 mm/dev ilerlemede 20 HRC sertlikteki malzemenin 133 mm ve 184 mm uzunluğundaki 10 mm'lik matkaplarla delinmesi sonrasında oluşan aşınmalar.....	91

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler	Açıklama
a_p	Radyal talaş derinliği, mm
D	Takım çapı, mm
f	Devir başına ilerleme, mm/dev
F_a	Eksenel kuvvet, N
F_{rz}	Radyal kuvvet, N
F_{sz}	Kesme kuvveti, N
F_{vz}	İlerleme kuvveti
n	Devir sayısı, dev/dak
T	Efektif işleme zamanı, dak
V	Kesme hızı, m/dak
Kısaltmalar	Açıklama
BUE	Built-up-Edge (Talaş yığılması)
CNC	Computer Numerical Control (Bilgisayarlı sayısal denetim)
HRC	Hardness Rockwell-C (Rockwell-C sertlik)
HSS	High Speed Steel (Yüksek hız çeliği)
PVD	Physical Vapour Deposition (Fiziksel buhar çökeltme)
SEM	Scanning Electron Microscope (Taramalı elektron mikroskobu)

1. GİRİŞ

Delme işlemi en önemli talaş kaldırma işlemlerinden biridir ve talaş kaldırma işlemlerinin %33'ünü içermektedir. Delme işlemi çoğunlukla talaş kaldırma işlemlerinin sonuncusudur. 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 spesifik olarak tezgaha ve iş parçasına adapte edilmeli, delik kalitesi sağlanmalı ve gerekli yöntem doğruluğu oluşturulmalıdır. Bu nedenlerden dolayı birçok takım geometrisi ve takım malzemesi geliştirilmiştir [1].

Ülkemizdeki Gayri Safi Milli Hasılanın %24'unu (yaklaşık 40 milyar dolarlık bir bölümü) imalat sektörünün oluşturduğu göz önüne alınırsa bu tür işlemler ve kullanılan kesici takımların bu sektöre ekonomik bazdaki katma değerinin ne kadar önemli olduğu ortaya çıkmaktadır [2]. Özellikle işleme maliyetini azaltmak, takım ömrünü artırmak ve daha iyi yüzey kalitesi elde etme isteği talaş kaldırma alanında araştırmaların yapılmasını zorunlu kılmaktadır [3].

Bütün kesici takımlar talaş kaldırma işlemleri sırasında aşınır ve bu aşınma; kesici takım ömrünü tamamlayıncaya kadar devam eder. Aşınma, temas eden yüzeylerde mekanik etkilerle malzeme kaybı olarak tanımlanabilir yani takım-iş parçası-işleme şartları arasındaki karşılıklı etkileşimin bir sonucudur. Takım aşınması kaçınılmazdır ve negatif bir süreç değildir. Olup olmaması değil, olduğunda ne kadar ve hangi tipte olduğu önemlidir. Kabul edilebilir belirli bir süre zarfında, kesici kenar kayda değer ölçüde talaş kaldırma işlemi gerçekleştirdiğinde pozitif bir süreçtir [4].

Kesici takımında, özellikle matkap ucunda aşınma, başlangıçta yavaş, zamanla ivme kazanarak artan bir prosestir. Aslında, kesici takım operasyona konduğu andan itibaren aşınma sürecine girmiş olur. Aşınma ilerledikçe kesici kuvvetler artar; daha fazla ısı ortaya çıkar, sonuç olarak aşınma hızlanır [5].

Günümüzde imalat sanayinde soğuk iş takım çeliği malzemelerinin kullanımı, hızla artmaktadır. AISI D2 (DIN 1.2379) ve AISI D3 (DIN 1.2080) takım çelikleri; oldukça tercih edilen süneklik, tokluk ve işlenebilirlik özelliklerine sahiptir. Bu çelikler genellikle, soğuk ekstrüzyon, delme kalıpları, plastik kalıpları, kalıp plakaları, toz metalürjisi takımları, seramik biçimlendirme kalıpları, ve soğuk zımbaların üretiminde kullanılmaktadır.

Mühendislik faaliyetlerinin sürdürüldüğü bütün alanlarda emniyetli bir çalışma ortamının gerçekleştirilmesi, üretilecek ürün ve sistemin uzun ömürlü, kaliteli ve ekonomik olabilmesi için kesici takım ve tezgahları etkileyen bütün kuvvetlerin doğru ve hassas olarak ölçülmesi gerekmektedir. Bir çok nedenle teorik olarak bulunan gerilme değerleri ile uygulamalı olarak elde edilen değerler örtüşmemektedir. Bu nedenle kuvvetlerin deneysel olarak analizi ve ölçülmesi gerekir [4].

Bir matkap ucu aşındıkça kesme kuvvetleri, dahili kırılmalar (internal fractures) ve kesici takım ile iş parçası arasındaki yerel kaynaklanmalar (local weldings) yüzünden dalgalanmaya başlar. Bu durum takımın bağlı olduğu tezgahın titreşimine neden olur. Titreşim ivme ölçer (accelerometer) kullanılarak ölçülebilir. Titreşim, yüksek frekanslı bir gürültüye neden olur; delik yüzeylerinde kusurlara yol açar, aşınmayı ivmelendirir ve böylelikle kesici takımın ömrünü azaltır. Titreşim aşırı derecede arttığı zaman, kullanılan takımın performansını azaltan en önemli etkenlerden biri olan “otlama (sürekli titreşim)” olayı meydana gelir [6]. Bu bakımdan elde edilmek istenen kaliteyi sağlamak için optimum kesme şartlarının sağlanması gerekmektedir.

Günümüzde özellikle yüksek basınçlarda çalışan makinalar ile makinalarda kullanılan hareketli parça sayısının artması sonucu ile bu makinalarda kullanılacak olan parçaların yüzey kaliteside önem kazanmaktadır. Talaşlı imalat yöntemi ile imal edilen parçalarda, parçanın ölçü ve geometrik toleransları yanında, tatminkar yüzey kaliteside önem kazanmaktadır. Bir makina parçasının gerektiği tarzda çalışması ve mekanik ömrü ile dış etkilere karşı direnci yüzey kalitesine bağlıdır [7].

Bu çalışmanın amacı, en yaygın talaş kaldırma işlemlerinden biri olan matkapla delik delme işleminde ardışık delik delmenin kesme kuvveti, moment, titreşim, yüzey pürüzlülüğü ve çapak oluşumu ve kesici takım aşınmasına etkilerini araştırmak ve ideal kesme şartlarını oluşturmaktır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Orhan ve arkadaşları, CBN (kubik bor nitrür) uçla 35 HRC sertlikte ki AISI D3 soğuk iş takım çeliği ile yaptıkları araştırmada, takım aşınması ve titreşim arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Deneylerde soğutma sıvısı kullanılmamış ve tek yönlü kesme yapılmıştır. Titreşim, dik işleme merkezine bağlanan bir ivme sensörü yardımıyla ölçülmüş, aşınma ise takımcı mikroskobuyla incelenmiştir. Deneyde kesme hızı 200 m/min aksenal kesme derinliği 0,4 mm radyal kesme derinliği 30 mm ilerleme 0,1 mm/dev alınmıştır ve artan takım aşınmasıyla beraber titreşim genliğinde arttığı görülmüştür [8].

Kıvak yaptığı çalışmada kesme hızı ve ilerlemenin farklı kombinasyonlarının, Inconel 718'in TiN, TiAlN kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde kesme kuvvetleri, yüzey pürüzlülüğü, delik kalitesi ve talaş oluşumu üzerindeki etkiyi inceleyerek optimum delme şartlarının belirlenmesini amaçlamıştır. Inconel 718'in kuru kesme şartlarında delinmesinde en iyi performans kaplamasız takımlardan alınırken en kötü sonuçlar ise TiAlN kaplı takımlardan alınmıştır. Yüksek kesme hızı ve ilerleme kombinasyonlarında takım performansı ve delik kalitesinin düştüğü görülmüştür [9].

Abu Mahfouz helisel matkaplarda kesici takım aşınmasını izlemek için titreşim sinyallerini ve yapay sinir ağlarını kullanmış ve titreşim verilerini yapay sinir ağları yöntemiyle analiz etmiştir. Matkaplarda ki 5 farklı takım aşınmasını (uç aşınması, krater aşınması, yanak aşınması, dış kenar aşınması, kesici kenar aşınması) önceden tahmin etmeyi ve belirlemeyi sağlamıştır. Deneyleri Ç1040 iş parçası malzemesiyle 12.7 mm (0.5inç) çapında HSS matkap kullanarak 300 dev/dak, 400 dev/dak, 600 dev/dak, 900 dev/dak devir ve 150 mm/dak 200 mm/dak 300 mm/dak 400 mm/dak ilerlemede gerçekleştirmiştir. Yazar çalışmanın amacının kesici takımların daha verimli ve daha ekonomik kullanılmasını sağlamak olduğunu belirtmekte ve kullandığı yöntemin başarılı olduğunu savunmaktadır [10].

Armerego ve arkadaşları, geleneksel ve açıları ve ölçüleri değiştirilmiş matkaplara etki eden kuvvet ve momentleri daha önceki çalışmalarda teorik olarak incelemiş ve geometrik benzerlik ile kuvvet ve moment tahminini bu çalışmada yaptığı deneylerde doğrulamışlardır. Deneyde üç farklı çaptaki (1, 1,25 ve 0,75”) matkap ile 65S-T6 alüminyum alaşımı olan deney numunesini üç farklı ilerlemeyle delerek bir dinamometre ile tepki kuvvetlerini ölçmüşlerdir. Geleneksel matkaplar ile açıları ve ölçüleri değiştirilmiş matkaplar için kuvvetlerin bir kıyaslamasını yapmış ve elde ettiği verileri istatistiksel metotlar kullanarak yorumlamışlardır. Buna göre değiştirilmiş matkaplarda %40-42 oranında kuvvet; %15 oranında momentte azalmayı tespit etmişlerdir. Yazar ve arkadaşları bu çalışmalarında bilinen basit eğik kesme parametrelerinden faydalanarak matkap asıl kesici kenarlarındaki kuvvet ve momentlerin hesaplanabileceğini ortaya koymuştur [11].

Rashid ve arkadaşları geleneksel makine sistemlerindeki titreşim kontrolünde, kesici takım başlıklarının geliştirilmesine yönelik titreşim kontrol sistemleri kullandığı araştırmasında, istenmeyen titreşimin kontrolü için takım tutucu sistemi geliştirilmiştir. Paletli takım tutucu sistemlerinin freze tezgahları için, titreşimlerin aktif kontrolünde hem ekonomik hem de kolay olduğu vurgulanmıştır. Uygun filtreleme algoritmasına göre piezo-ivme ölçerler dinamik kuvvetlerin kontrolünde kullanılmıştır. Bu sistem deneysel olarak titreşime bağlı meydana gelen dinamik kuvvetlerin azaltılması çalışmalarında denenmiş ve geniş kapsamlı deneyler pratik öneme sahip parametre terimlerinin tespiti için gerçekleştirilmiştir. Sistem için en uygun performans değerleri, örneğin yüzey kalitesinin iyileştirilmesi ve takım ömrünün uzatılması amaçlanmış ve sonuç olarak bu tip kontrol sistemlerinin hala birçok probleme haiz olduğu belirtilmiştir. Donanım ve yazılım bütünleşmesi arasında bazı problemlerin mevcut olduğu, dolayısıyla soğutma sıvıları ve yüksek sıcaklıktaki metal talaşlarının yoğunlukta olduğu işlemlerde yeterli düzeyde bu bütünlüğün sağlanamadığı belirtilmiştir [12].

Tsao ve Hocheng, kompozit malzemelerin delinmesinde takım aşınmasının katman kalkması üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Kompozit malzemelerin delinmesindeki katman kalkmasını en belirgin kusur olarak ele alan araştırmacılar, karbon fiber

takviyeli kompozitleri helisel matkaplarla delinmesi sırasında matkap aşınmasının sebep olduğu katman kalkması problemini kapsamlı olarak incelemişlerdir. Deneysel sonuçlar, artan aşınma miktarıyla kritik ilerleme kuvvetinin daha yüksek olduğunu ve gerçek ilerleme kuvvetindeki daha fazla bir artışla katman kalkmasının daha kayda değer bir hale geldiğini göstermiştir [13].

Haggerity, matkap uç geometrisinin ve boyutsal simetrisinin matkap performansına etkilerini araştırmıştır. Yazar matkaptaki kesme performansını arttırmak için yeni bir uç geometrisi tasarlamıştır. Dört farklı malzeme ve uygun ilerleme oranıyla yaptığı deneyde modifiye edilmiş matkaplarda geleneksel matkaplara karşılaştırmış ve modifiye edilmiş matkaplarda diğer matkaplara oranla aynı şartlarda ilerleme kuvvetinde %15-35; eğilme momentine %4 oranında iyileştirmeyi sağlamıştır. Ayrıca delme işlemi başlangıcında delik konumlandırılmasında kaymalar azalmış, delik ölçüsünde ve delik hassaslığında daha iyi sonuçlar almıştır. Yazar yaptığı başka bir deneyde 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 inç/dev ilerleme ve 520 dev/dk devir sayısı kullanarak relatif kenar yüksekliği farkını her iki matkap türü için karşılaştırmıştır. Deney sonucunda her iki tür matkap için kenar yüksekli farkı delme işleminde kayma, ölçülerde büyümeye ve düzgün olmayan talaş çıkışına sebep olduğunu görmüştür. Yazar aynı matkaplar üzerinde relatif kenar yüksekliğinde olduğu gibi çekirdek eksantrikliği üzerinde benzer deneyler yapıp benzer sonuçlar almıştır. Kiriş eksantrikliği her iki tür matkap gurubu için, delik ölçülerinde büyüme talaş çıkışında matkap rijitliğine ve takım ömrüne olumsuz etkileri olduğunu gözlemlemiştir [14].

Nouari, alüminyum alaşımının kuru delinmesinde kesici takım aşınmasının deneysel olarak analizini ve optimizasyonunu yapmıştır. Kesme parametrelerinin delik kalitesine tesirini inceleyerek, alüminyum malzeme için optimal kesme hızının $V=65$ m/dak olduğu sonucuna ulaşmıştır. Ayrıca deliğin ortalama yüzey pürüzlülüğünü, çapak boyunu ve sapmalarını da kesme parametrelerine bağlı olarak incelemiştir. Ayrıca değişik kaplama türlerinin delik kalitesine tesirini de inceleyen Nouari, kaplamaların işleme kalitesini ciddi mahiyette etkilemediğini ortaya koymuştur.

Kesici takım yüzeyindeki sıcaklık dağılımında ise yazılım olarak Third Wave Advant Edge kullanmıştır. Aşınmada ve sıcaklığı belirlemede ise sürtünme kanunu olarak Columb'un Kanununu referans alıp modele uygulamıştır [15].

Fernandes deneysel çalışmasında, karbon komposit malzemeyi delme esnasında kuvvet ve torkun delik kalitesi ve aşınmaya tesirini incelemiştir. Ayrıca takım aşınması ve iş parçası kalınlığının kesme süresi boyunca kesme kuvveti ve torka tesirini araştırmıştır. Bu çalışma sonucunda Fernandes, aynı matkap ucuyla delinen delik sayısı arttıkça ilerleme kuvvetinin arttığı fakat torkun ciddi mahiyette etkilenmediğini gözlemlemiştir. İş parçası kalınlığının kesici takım aşınmasında önemli rol oynadığını da belirten yazar, küçük bir iş parçası kalınlığının dahi büyük oranlarda ilerleme kuvvetine neden olarak sonuç itibariyle aşınmaya sebep olduğunu ifade etmektedir [16].

Özçatalbaş yaptığı çalışmada kesici takım aşınmasının ve iş parçası mekanik özelliklerinin yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetlerine etkisini araştırmıştır. Yapılan talaş kaldırma işlemlerinde, tavlama ısıl işlemleriyle mekanik özellikleri değiştirilmiş SAE 4140 çelik malzeme ve değiştirilebilir sert metal kesici uç kullanmıştır. Yan yüzeyi farklı miktarlarda doğal olarak aşındırılmış kesici uçlar ile tornalama yaparken, gerinim-ölçer esaslı bir dinamometre vasıtasıyla kesme ve ilerleme kuvveti ölçmüştür. Ayrıca aynı kesici uçlarla işlenen farklı mekanik özelliklerdeki malzemelerin yüzey pürüzlülüklerini ölçmüştür. Yan yüzey aşınma miktarı ve daha çok işlenen malzemenin mekanik özelliklerindeki artış, ilerleme kuvvetini önemli miktarda arttırmıştır. Aynı zamanda, takım aşınma miktarının yüzey kalitesine olan olumsuz etkisi, mekanik özellikleri yüksek olan malzemede çok daha belirgin hale gelmiştir [17].

Chelladurai ve arkadaşları yaptıkları çalışmada tornalama operasyonlarında ki yanal yüzey aşınmasının tespit edilmesi için titreşim ve tork ölçümü metodunu kullanmışlar ve bir çoklu regrasyon modeli geliştirmişlerdir. 0,1 mm 0,2 mm 0,3 mm 0,4 mm 0,5 mm yanal yüzey aşınmasına mağruz kalan uçların titreşim verilerini

karşılaştırmış ve aşınma arttıkça titreşim büyüklüğünün arttığını savunmaktadırlar [18].

2.1. Literatür Araştırmasının Değerlendirilmesi

Literatürde yapılan çalışmalara bakıldığında, araştırmaların büyük bölümünün delik delme sürecinde işleme performansına etki eden kesme hızı, ilerleme, matkap çapı, delik sayısı, delik derinliği, iş parçası malzemesi gibi kesme parametreleriyle ilgili olduğu ve bu parametrelerin ilerleme kuvveti, moment, titreşim, yüzey pürüzlülüğü ve çıkış çapağı oluşumuna olan etkisi çeşitli teorik ve deneysel çalışmalarla incelendiği görülmektedir.

Yapılan literatür araştırmasında delik delme sürecinde optimum kesme şartlarına ulaşmak için pek çok çalışmanın yapıldığı ve halen yapılmakta olduğu gözlenmiştir. Yapılan bu çalışmanın farklı çaptaki ve farklı uzunluktaki matkaplarla farklı sertlikteki iş parçası malzemeleri ve kesme parametrelerini kullanarak ilerleme kuvveti ve momentin yanı sıra titreşim, yüzey kalitesi, çıkış çapağı oluşumu ve takım aşınması sonuçlarını hem grafikler yardımıyla hem de istatistiksel olarak yorumlayarak literatürde bir boşluğu dolduracak nitelikte olduğu düşünülmektedir.

3. DELME İŞLEMİ

Delik delme, kesici takımlarla bir iş parçası üzerine silindirik delik açma işlemidir. Delik delme işlemi birçok değişik iş parçasına ve malzemeye uygulanabilir. Bazen civata, vida ve diğer komponentler için delinmesi gereken delikte yüksek derecede tolerans doğruluğuna gerek olmayabilir. Fakat aynı zamanda, kama deliği veya kalıp pimleri gibi hassas deliklerde ise tolerans doğruluğu önem arz etmektedir [19].

Delik delme işlemi bazı yönleri ile tornalama ve frezeleme işlemleri ile karşılaştırılabilir de delik delmede talaş kırma ve talaşın boşaltılması kritik öneme sahiptir. İşleme delikle sınırlıdır, yani delik derinliği ne kadar büyükse işlemi kontrol etmek ve talaş kaldırmak o kadar zor olur. Bir çok parçada kısa delikler bulunur ve yüksek malzeme kaldırma oranı, kalite ve güvenilirliğe ilaveten önemi artan bir önceliğe sahiptir. Delik delme işlemlerini; doluya delik delme, delik büyütme, fatura açma (kademeli delik delme) ve raybalama olmak üzere dört başlık altında toplamak mümkündür [20].

3.1. Delik Delme İşlemleri

Delik delme işlemi bir çok yönden tornalama ve frezeleme işlemleriyle mukayese edilebilir, ancak bu işlemlerde talaşın kırılması ve boşaltılması çok daha büyük önem taşır. Delik derinleştikçe işlemin kontrolü ve talaşın atılması zorlaşır bu da yüzey ve delik kalitesi olumsuz yönde etkiler.

Delik delme işlemlerini doluya delik delme, delik büyütme, kademeli delik delme ve raybalama olarak dört başlık altında toplayabiliriz [20].

3.1.1. Doluya delik delme

Doluya delik delme en yaygın delik delme yöntemidir. Bu yöntemle katı maddeye tek işlemde önceden belirlenmiş bir çapta delik açılır (Şekil 3.1-a).

3.1.2. Delik büyütme

Delik büyütme genellikle daha büyük delik çapları için kullanılır. Bu metot doluya delik delme kadar güç harcama gerektiren bir metot değildir. Delik büyütme takımı bütün çapı işlemez, sadece deliğin çevresindeki bir halkayı işler. Bütün malzemeyi talaş olarak kaldırmak yerine göbek malzemesi deliğin merkezinin etrafında boş olarak bırakılır, bu metot sonuçta delik içi uygulamaları içindir (Şekil 3.1-b).

3.1.3. Fatura açma

Fatura açma (kademeli delik işleme) deliğin çevresinde önemli bir miktarda talaş kaldıran özel olarak tasarlanmış bir takım ile mevcut deliğin genişletilmesidir (Şekil 3.1-c).

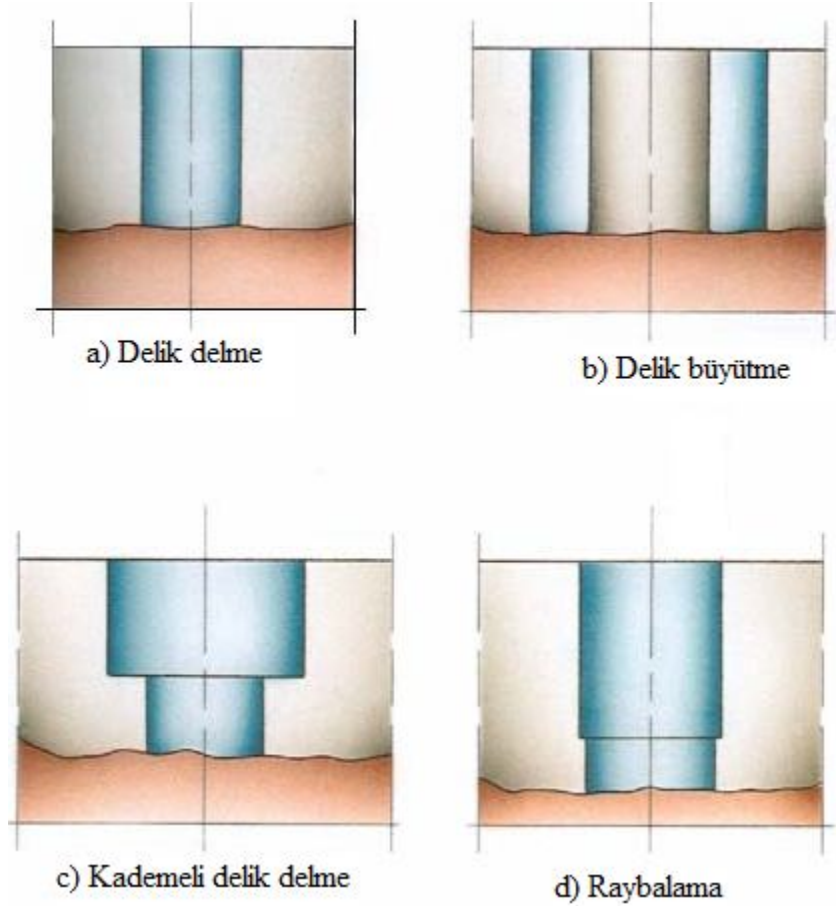
3.1.4. Raybalama

Raybalama mevcut deliğin son (ince) işlemidir. Bu işlem yüksek yüzey kalitesi ve küçük tolerans sağlamak için kullanılır (Şekil 3.1-d).

3.2. Derin Delik Delme

Delik derinliği ne kadar büyükse işlemi kontrol etmekte okadar zorlaşır. Derin delik delme esnasında ortaya çıkan zor koşullar kesici takım, tezgah ve yardımcı ekipman ile ilgili belirli talepleri de beraberinde getirir. Derin delik delme uygulamalarına çelik, nükleer güç, petrol ve yakıt gibi pek çok endüstri de rastlanmaktadır. Bu uygulamalarda boyut ve yüzey toleransları kadar kalite konusunda da belirli talepler mevcuttur. İş parçalarının çok pahalı olması ve iadelerin ekonomik sonuçları etkilemesi söz konusudur. İşleme esnasında genellikle güvenilirliğe de büyük öncelik verilir. Bu gereksinimleri karşılamak için geliştirilen delme sistemleri ve takımlar, kısa delik delme işlemleri de dahil olmak üzere tüm işlemlerde belirli kaliteleri sağlamayı amaçlarlar.

Tüfek namluları, uzun mil, bağlantı çubukları gibi derin delikler delinmesi gerektiğinde bazı problemlerle karşılaşmıştır. Delik derinliği arttıkça delme işlemini gerçekleştirmek de buna paralel olarak zorlaşır. Devir sayısı ve ilerleme çok dikkatli olarak ayarlanması gerekmektedir çünkü derin delik delme işleminde hata yapma olasılığı kısa delik delme işlemine göre oldukça fazladır [21].



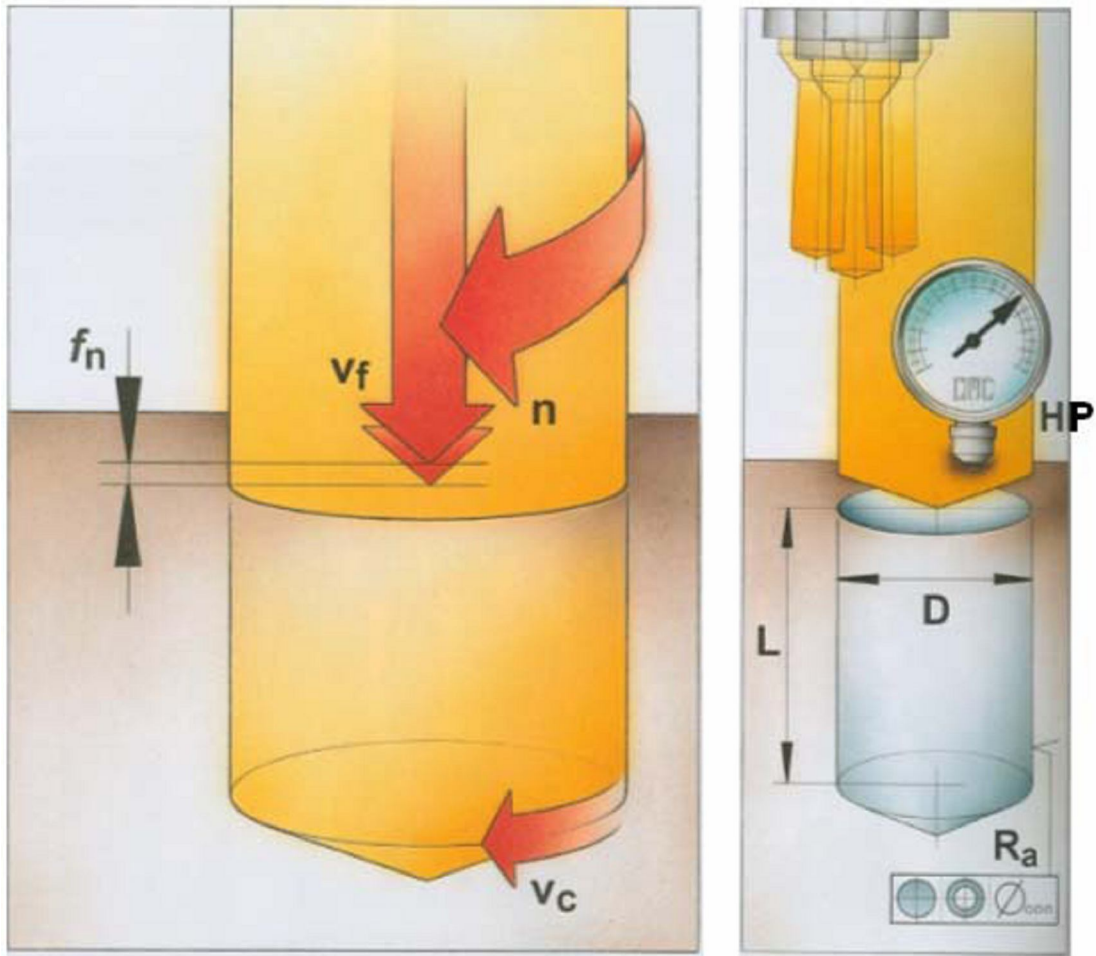
Şekil 3.1. Delik delme işlemleri

3.3. Delik Delmede Kullanılabilecek Kesme Parametreleri

Delik delme için kesme hızı veya yüzey hızı, (V_c m/min) çevre hızıyla belirtilir ve fener mili hızından hesaplanır. Fener mili hızı (n), dakikadaki devir sayısı olarak ifade edilir. Bir devir boyunca matkabin çeperi, $\pi \cdot D_c$ 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, matkabin 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/dak) 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 diş başına ilerleme (f_z) kadar delik derinliği (L) de önemli bir faktördür. (Şekil 3.2)



Şekil 3.2. Kesme hızı, giriş oranı, fener mili hızı, devir başına ilerleme ve delik işleminin temel faktörleri [22].

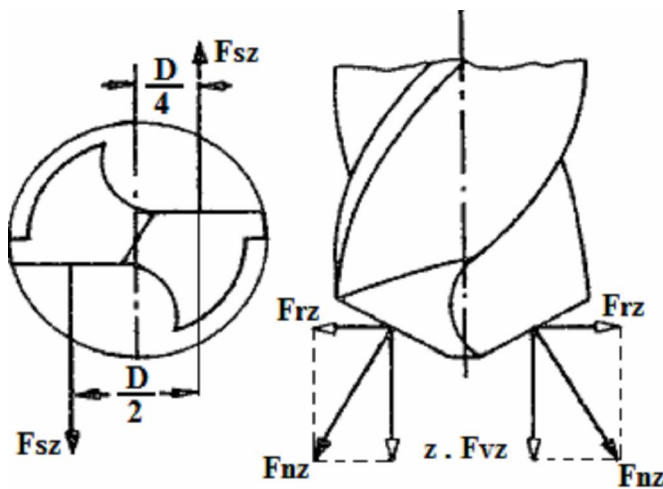
Delik delmede kullanılabilir formulleri bir tablo halinde vermek gerekirse Çizelge 3.1'de görülebilir.

Çizelge 3.1. Delik delmede kullanılabilecek formüller

V_c	m/dak	Kesme Hızı	$V_c = \frac{\pi D N}{1000}$
V_f	m/dak	Dakikadaki ilerleme	$V_f = N f$
f	mm/dev	Devirdeki ilerleme	$f = \frac{V_f}{N}$
T	dak	İşleme Zamanı	$T = \frac{L}{f N}$

3.4. Delme İşlemlerinde Kesme Kuvvetleri ve Moment

Delme sırasında bir ağıza karşılık gelen talaş kaldırma kuvvetlerinin bileşenleri, yani kesme kuvveti (F_{sz}), ilerleme kuvveti (F_{vz}) ve radyal kuvveti (F_{rz}) Şekil 3.3.'de gösterilmiştir. Ağızların konumu itibarıyla her ağızda oluşan radyal kuvvetler birbirini dengelemektedir. Dolayısıyla delme işleminde sadece F_s ve F_v kuvvetleri etki göstermektedir.



Şekil 3.3. Matkapla delik delmede kesme kuvvetleri [23].

Bir ağıza karşılık gelen kesme kuvveti;

$$F_{sz} = A_{sz} k_s = \frac{ds_z}{2} k_s = \frac{ds}{4} k_s \quad (3.1)$$

ve toplam kesme kuvveti

$$F_s = z F_{sz} = 2 F_{sz} = d s_z k_s = \frac{ds}{2} k_s \quad (3.2)$$

şeklinde ifade edilir. Burada özgül kesme kuvveti,

$$k_s = 1,2 k_{s11} h^{-z} \quad (3.3)$$

veya $k_{sh} = k_{s11} h^{-z}$ değeri ile

$$k_s = 1,2 k_{sh} \quad (3.4)$$

bağlantısı ile hesaplanır.

1,2 matkapla talaş kaldırma işleminin özelliklerini yansıtan düzeltme faktörüdür. Kesme kuvvetine bağlı, bir ağıza tekabül eden kesme momenti

$$M_{sz} = F_{sz} d/4 \quad (3.5)$$

ve iki ağıza karşılık gelen toplam kesme momenti $F_s = 2F_{sz}$

$$M_s = z F_{sz} \frac{d}{4} = 2 F_{sz} \frac{d}{4} = F_s \frac{d}{4} \quad (3.6)$$

ve yukarıdaki bağıntılar dikkate alınırsa

$$M_s = \frac{d^2 s k_s}{8 \cdot 10^3} [\text{Nm}] \quad (3.7)$$

şeklinde yazılır. Burada d (mm), s (mm/dev), k_s (N/mm²) olarak konulur ve M_s (Nm) olarak bulunur. Bu bağıntıdan verilen bir M_s değerine delinebilecek delik çapı

$$d = \sqrt{\frac{8 \cdot 10^3 M_s}{s k_s}} [\text{mm}] \quad (3.8)$$

bulunur. İlerleme $s = z \cdot s_z$ bağıntısı ile tayin edilir. Toplam ilerleme kuvveti

$$F_v = 2F_{vz} = 2 F_{sz} \sin x = F_s \sin x \quad (3.9)$$

bağıntısı ile tayin edilir.

İlerleme kuvveti F_v , eksenel kuvvet niteliğindedir. Delik açmada, ana kesme ağızlarında meydana gelen bu kuvvetin yanısıra, radyal kesme ağızında da, eksenel nitelikte F_z ilerleme kuvveti oluşmaktadır. Şöyle ki, delik açma sırasında matkabı etkileyen ve yenilmesi gereken eksenel kuvvet,

$$F_a = 2 F_{vz} + F_1 = F_v + F_1 \quad (3.10)$$

dir. Yapılan deneylere göre eksenel kuvvetin %40'ı F_v ; %57'si F_1 veri geri kalanı (%3) sürtünme kuvvetidir.

Eksenel kuvvet F_a , ilerlemeyi sağlayan elemanları ve özellikle yataklan (rulmanları) zorlamaktadır. Tezgahın konstrüksiyonu sırasında bu elemanlar, belirli bir eksenel kuvvete (F_{amax}) göre hesaplanır. Çalışma sırasında $F_a > F_{amax}$ olursa, ilerlemeyi

sağlayan elemanlar ve özellikle rulmanlar çabuk bozulur. Ayrıca Fa kuvveti takımı burkulmaya zorlar. F_{amax} 'ın değeri tezgah katalogunda verilir [23].

3.5. Yüzey Pürüzlülüğü

Endüstriyel uygulamalarda delik geometrisine sahip parçaların kullanımı önemli yer tutmaktadır. Birbiri üzerinde hareket eden parçaların iç yüzey kalitesi ve pürüzlülüğü bu parçaların performansında önemli rol oynar. Delik iç yüzeyleri bitirme işlemlerinde bir çok problemle karşılaşıldığından, üretimde zaman olarak büyük yer tutmaktadırlar. Bu yüzden delik delme işlemlerinde yüzey pürüzlülüğünün ölçümü önemli yer tutmaktadır [24].

3.5.1. Yüzey pürüzlülüğünün önemli olduğu durumlar

Yüzey pürüzlülüğü bir çok alanda önemli bir parametredir. Bunların bazıları;

- Sürtünmeli yataklar,
- Korozyon ortamında çalışan parçalar,
- Yuvarlanmalı yataklar,
- Boyanmış ve kaplanmış yüzeyler,
- Sızdırmazlık yüzeyleri,
- Plastik enjeksiyon kalıp yüzeyleri,
- Masterlar vb [25].

3.5.2. Yüzey pürüzlülüğüne etki eden faktörler

Yüzey pürüzlülüğüne etki eden faktörler;

- Kesici takımdaki titreşimler,
- Kesici takım geometrisi,
- İşlenen iş parçasında medyana gelen titreşim ve balans,

- İlerleme miktarı,
- Kesme hızı,
- Talaş derinliği,
- Kesici uçun üzerine talaşın yapışması (BUE),
- İşlenen malzemenin süreksiz talaş vermesi şeklinde sıralanabilir [26, 27].

3.5.3. Yüzey pürüzlülüğü ölçme yöntemleri

Optik metot: Bir yüzey üzerine yansıtılan ışının geliş açısı ile yansıma açısı aynı olacaktır. Pürüzlü yüzeylerde ışının dağılımı optik sensörlerle ölçülerek yüzey pürüzlülüğü ölçülmektedir.

Temas metodu: Yüzey üzerinde dolaştırılan bir probun sürtünme katsayısı bilinen bir yüzeye göre elde edilen neticelerinin karşılaştırılması esasına dayanır. Mekanik metot: Çelik bilye kullanılarak minimum 500 gram ağırlığın yüzeyde; yüzeyin içine doğru 1 mikronluk yer değiştirmesi ile yapılan yüzey pürüzlülüğünün ölçme tekniğidir.

X ışını metodu: Mikroskop altında yüzey düzensizliklerinde küçük açılarla gönderilen X ışınları ile 0,00254-0,0508 μm arasındaki pürüzlük değerleri ölçülebilir.

Elektron mikroskobu metodu: Elektron mikroskobu en küçük düzensizlikleri ölçme gücüne sahip olmasına rağmen ölçme boyutunun küçük tutulması zorunluluğu ve görüntünün kopyalanması gibi sorunlar bu metodu sınırlamaktadır.

Hidrolik metot: Belli eğim ve uzunluktaki bir düzlemde ve belli hacimde yağ damlasının akış süresi ile pürüzlülük değeri arasında kurulan bir ilişki ile pürüzlülük değeri ölçülmesi esasına dayanır.

Yüzey dinamometresi metodu: İki yüzey arasındaki sürtünme katsayısı, parçaların pürüzlülük değerine bağlıdır. İki parça birbiri üzerinde kaydırılarak ve uygulanan kuvvet dinamometre ile ölçülerek pürüzlülük hakkında bilgi edinilebilir.

Replika metodu: Parça üzerindeki konumu nedeniyle ölçüm yapılacak yüzeye erişilemediği durumlarda yüzeye selüloz - asetat filmi, asetonla yumuşatılarak sertleşene kadar temizlenmiş yüzeye bastırılırsa elde edilen maske yüzey karakteri hakkında % 80 oranında bilgi verir.

İzleyici uçlu cihazlar: Çok sivri bir izleyici ucun parça üzerinde değerlendirme uzunluğu boyunca hareket ettirilmesi ve hareket esnasında oluşan titreşimlerin büyütülerek hareketli bir şerit üzerine aktarılması veya elektronik cihazlar yardımıyla yorumlanması esasına dayanır. İzleyici ucun inceliği ölçüm esnasında doğruluk açısından önem arz ettiğinden 0,00004 mm çapında iğneler kullanılmaktadır. Kullanımı en kolay ve ideal bir ölçüm sistemidir [28].

Elektro fiber optik metot: Yüzey pürüzlülüğü ölçülecek malzeme X,Y yönünde hareket edebilen tablaya bağlanarak yatay konuma getirilir. Fiber optik algılayıcı ile parça yüzeyine dik olarak ışın gönderilir. Parça yüzeyinin pürüzlülüğüne göre dağılan ışınlar fiber optik algılayıcılara bağlanmış foto algılayıcılarla yorumlanarak pürüzlülük değeri bulunur [29].

3.6. Titreşim

Titreşim mekanik bir sistemdeki salınımı açıklayan terimdir. Titreşimin kesici takım ömrüne ve yüzey kalitesine kötü bir etkisi vardır. Talaş kaldırma esnasında, genellikle zorlanmış titreşim ve kendiliğinden doğan titreşim olmak üzere iki tür titreşim ortaya çıkar. Zorlanmış titreşim tezgahın mekanik hareketlerinden dolayı ortaya çıkar, kendiliğinden doğan titreşim ise talaş kaldırma olayından dolayı meydana gelen titreşimdir. İşlenen yüzeyde takım izleri bırakacak şekilde büyük olan titreşim olayları da meydana gelebilir bu ‘tırlama’ veya ‘otlama’ olarak adlandırılır. Talaş kaldırma işleminde tırlama yüzey kalitesini, ölçü hassiyetini, takım ömrünü

olumsuz etkilediğinden istenmeyen bir durumdur. Kesme kuvvetinin yüksek değerlere ulaşmasını sağladığı için takımın veya tezgahın parçalarında kırılmasına yol açabilir. Bundan dolayı kesme parametreleri tırlamanın başlayacağı limit değerlerin altına çekilmelidir. Tırlamanın oluştuğu, sestten işlenen parçanın yüzeyindeki izlerden ve talaşın görünüşünden anlaşılabilir [30].

3.6.1. Titreşim ölçümü

Bir matkap ucu aşındıkça kesme kuvvetleri, dahili kırılmalar ve kesici takım ile iş parçası arasındaki yerel kaynaklanmalar yüzünden dalgalanmaya başlar. Bu durum takımın bağlı olduğu tezgahın titreşimine neden olur. Titreşim ivme ölçer (accelerometer) kullanılarak ölçülebilir. Titreşim, yüksek frekanslı bir gürültüye neden olur; delik yüzeylerinde kusurlara yol açar; aşınmayı ivmelendirir; ve böylelikle kesici takımın ömrünü azaltır. Titreşim aşırı derecede arttığı zaman, kullanılan takımın performansını azaltan en önemli etkenlerden biri olan sürekli titreşim olayı meydana gelir. Titreşim sinyallerinin seviyeleri gözlemlendiğinde kesici takımın aşınma durumu hakkında bir fikir edinmek mümkündür. Delme işleminde toplanan titreşim sinyallerinin spektrumu, matkap ucunda ne tür aşınma oluştuğunu belirlemek için kullanılabilir [6].

3.6.2. İmalatta titreşimin azaltılması

Talaş kaldırma esnasında meydana gelen titreşimi azaltmak için aşağıdaki faktörler dikkate alınmalıdır.

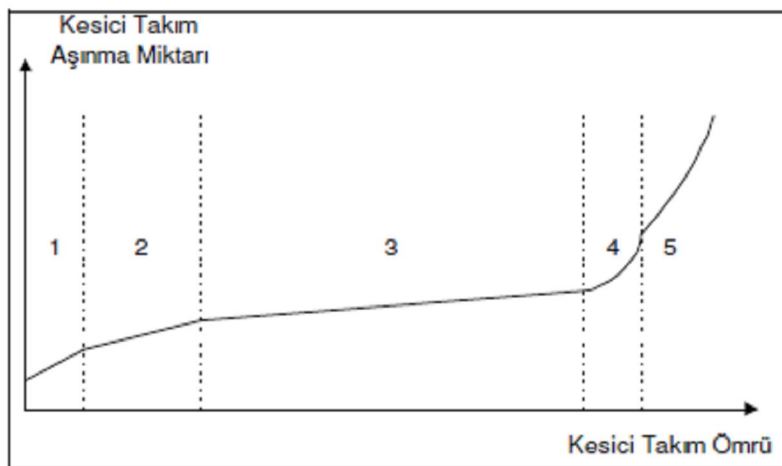
- İş parçası bağlama mesafesi mümkün olduğunca en aza indirilmelidir.
- Rijit tezgah ve takımlar kullanılmalıdır.
- Tezgahların montajı uzman kişilerce yapılmalıdır.
- Tezgahın hareket eden elemanları arasındaki boşluklar en aza indirilmelidir.
- Kesme kuvvetini azaltmak için kesici takım tasarımında gerekli değişiklikler yapılmalı ve aşınma kriterine ulaşmış olan, aşınmış bir takım talaş kaldırma işlemi devam ettirilmemelidir.

- Kesme şartları; kesme hızı, ilerleme miktarı ve talaş derinliği vb. Optimize edilmeli, kesmede oluşan kuvvetleri azaltmak için talaş derinliği ve ilerleme miktarı azaltılmalı,
- İşletme hızları takım tezgahı kontrol sisteminin doğal frekansına yaklaşılmamasına musaade edilmemelidir.

Bunlara ilaveten iş parçası geometrisi de otlama da önemli rol oynar. İnce kesitli parçalarda arttırma eğilimi daha fazladır. Bu şartı iyileştirmek için ilave destekleme ve yataklamaların yapılması olabilir [7].

3.7. Delik Delmede Aşınma

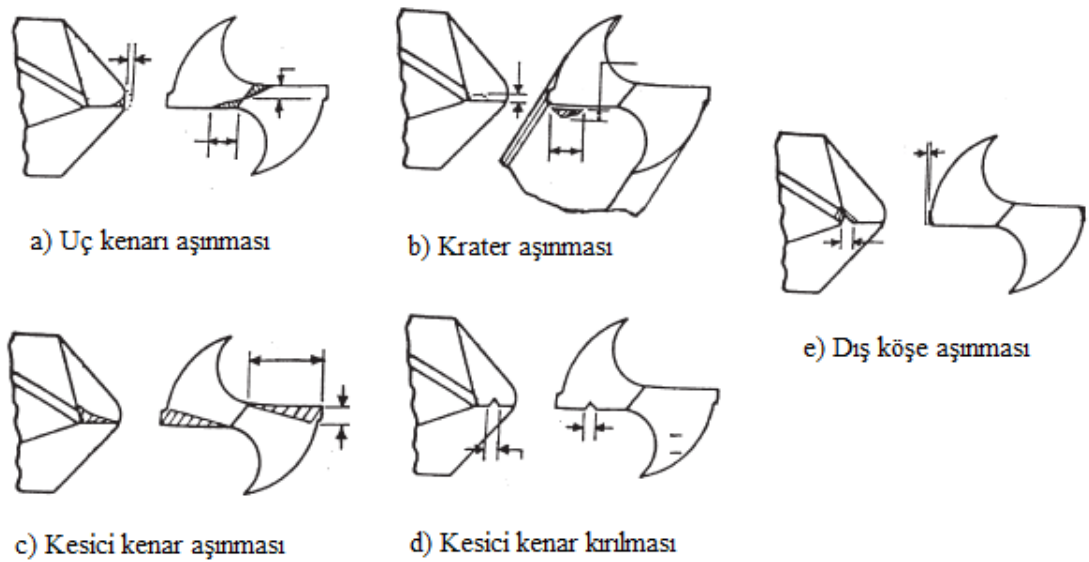
Kesici takımda, özellikle matkap ucunda aşınma, başlangıçta yavaş zamanla ivme kazanarak artan bir prosestir. Aslında, kesici takım operasyona konduğu andan itibaren aşınma sürecine girmiş olur. Aşınma ilerledikçe kesici kuvvetler artar; daha fazla ısı ortaya çıkar, sonuç olarak aşınma hızlanır. Aşınma, takımın kesici uçlarının kaybolmasına yol açar. Toplanan sensör sinyallerine bağlı olarak, delme kesici takımdaki aşınma safhaları Şekil 3.4.'de gösterilmiştir [5].



Şekil 3.4. Kesici takımın aşınma safhaları

1. Başlangıçtaki aşınma, 2. Zayıf aşınma, 3. Mutedil aşınma, 4. Aşırı aşınma, 5. Kesici takımın kırılması [31].

Malzeme çeşidi, ilerleme hızı, kesme hızı gibi parametrelere bağlı olarak delme kesici takımı üstünde farklı aşınma türleri oluşabilir. Literatürde [10] bu aşınmaları dış köşe aşınması, kesici kenar aşınması (flank wear), kesici kenar kırılması, krater aşınması ve uç kenarı (chisel edge) aşınması olarak sınıflandırılmıştır. Araştırmacıların çoğu dış köşe aşınmasını en etkin aşınma tipi olarak saptamışlardır. Çünkü en yüksek kesme hızı kesme kenarlarının en dış köşelerinde görüldüğünden dolayı en fazla aşınma da bu bölgede oluşur. Aşınmanın artmasıyla bu bölgedeki sürtünme artar, daha fazla ısı enerjisi ortaya çıkar ve bütün bunlar sonuçta takımın aniden kırılmasına kadar götüren çığ etkisi yapar [5].



Şekil 3.5. Matkapta aşınma türleri [10].

3.8. Delik Delmede Çapak Oluşumu

İmalat sürecinde çapak oluşumu istenmeyen bir durumdur. Çapak alma ve bitirme işlemleri iş parçasını üretmek için gereken toplam maliyetin %30'una mal olabilir. Çapaklar kaldırılmadıkları takdirde parçalar arasındaki bağlantı hatalı olabilir, örneğin uygunsuz yüzeylere ve gevşek montajlara sebep olabilir. Ayrıca parçalar tutulduğunda operatörler için kaza risklerine sebep olabilir. Bu konuyla ilgili ilk çalışmalar çapak yükseklikleriyle ilgiliydi fakat sonra çapakların özellikleriyle

kaldırılmasının etkileri gözlemlendi ve çapak oluşumunda sertlik ve kalınlığın çok önemli olduğuna karar verilmiştir [31, 32].

Delik delme sürecinde çapaklar deliklerin giriş ve çıkışlarında oluşur. Delik girişlerindeki çapaklar malzemenin plastik akışıyla, delik çıkışındaki çapaklar ise deliğin merkezindeki yüksek sıkıştırma oranından dolayı malzemenin yapısına bağlıdır. Delik delme sürecinde çapak oluşumunu etkileyen ana faktörler [33];

- Matkap: Geometri(uç açısı, helis açısı, vb), keskinlik durumu (aşınma), simetri, çap ve kesici takımın malzemesi.
- İşlenmiş parça: Malzemenin özellikleri (sertlik, süneklik ve mekanik dayanım), kalınlık ve geometri
- İşleme şartları: Makina-takım-iş parçasının rijitliği (titreşim), kesme hızı, ilerleme ve soğutma sıvısı kullanımı

Min ve Bordinassi delik delmede çapak oluşumunun mekanizmasını aşağıdaki gibi açıklamaktadır:

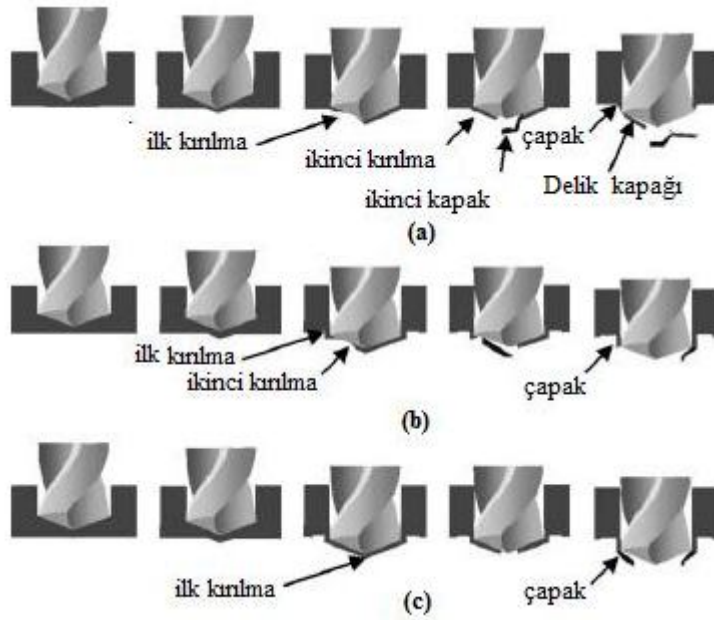
Delik derinliği arttıkça, deliğin dibindeki şekil bozukluğuda artar. Bu değer malzemenin kopma gerilimine ulaşmaya yeterli olduğu zaman (failure stress), şekil bozukluğunun ucunda kopmalar başlar. Kopmalar da matkap geometresine bağlıdır, çünkü büyük kesici kenar açılı matkaplar delik merkezinde yüksek eksenel kuvvetlere meyillidir.

Delik sonundaki çapaklar üç çeşide ayrılabilir:

Düzenli Çapak : Tüm delik çevresinde küçük ölçülerde ve düzenli yüksekliklerdedirler. Genellikle şapka şeklinde olanlar delme işlemi sırasında dökülebilirler veya daha sonra kolay bir şekilde kaldırılabilirler.

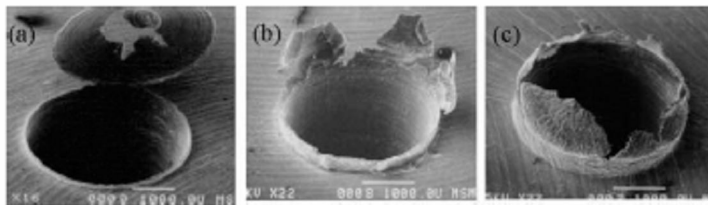
Taç Çapak : Büyük yüksekliklerde ve delik çevresinde düzensizdirler. Delik merkezinde artan ilerleme hızlarında plastik deformasyonun yanı sıra aksel kuvvette artar, çoğunlukla büyük kesme kenarlı konik bilenmiş matkaplarla. Delik merkezinde kırılmalar oluşur ve delik çevresinde malzemenin kaldırılmasıyla şekilsiz çapak oluşur (Şekil 3.6). Düzenli, süreksiz ve taç çapak şekil 3.7’de görülebilir

Süreksiz Çapak : Süreksiz çapak, taç çapak ve düzenli çapağın ortasında yer alır. Delik merkezinde ve delik çevresinde hemen hemen aynı zamanda kırılmalar oluşur (Şekil 3.6-b).



Şekil 3.6. Delik delmede çapak oluşumu

a) Düzenli çapak, b) Süreksiz çapak, c) Taç çapak [31, 34]



Şekil 3.7. Çapak çeşitleri a) Düzenli b) Süreksiz c) Taç [34]

4. MALZEME VE YÖNTEM

4.1. Kapsam

Bu çalışmada, freze tezgahında delik delme süreci esnasında farklı parametrelerin ilerleme kuvveti, moment, titreşim, aşınma, yüzey pürüzlülüğü ve çapak oluşumuna etkisi incelenmiştir.

Deneysel çalışmalar; iki farklı sertlikteki (20 HRC ve 28 HRC) soğuk iş takım çelikleri (AISI D2 ve AISI D3) iki farklı çaptaki (Ø8 mm ve Ø10 mm) ve iki farklı uzunluktaki HSS kesici takımlarla işlenmiştir. Deneylerde üç farklı kesme hızı (5 m/dak, 10 m/dak, 15 m/dak) ve üç farklı ilerleme (0,04 mm/dev, 0,05 mm/dev, 0,06 mm/dev) değeri kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan kesme parametreleri Çizelge 4.1’de verilmiştir. Her bir deneye yeni bir kesici takımla başlanmış ve her kesici takımla uzunluğu 50 mm olan boydan boya 20 adet delik delinerek delme süreçleri gözlemlenmiştir. Araştırmalar Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Talaşlı Üretim Anabilim Dalı CNC atelyesinde bulunan FANUC kontrol ünitesine sahip “Johnford VMC-550” sanayi tipi CNC freze tezgahında yapılmıştır.

Çizelge 4.1. Deneylerde kullanılan kesme parametreleri

Malzeme	Kesici Takım	İlerleme mm/dev	Kesme Hızı m/dak	Devir Sayısı Ø8 dev/dak	Devir Sayısı Ø10 dev/dak
AISI D2	Ø8 mm HSS normal	0,04	5	200	160
AISI D3	Ø8 mm HSS uzun	0,05	10	400	320
	Ø10 mm HSS normal	0,06	15	600	480
	Ø10 mm HSS uzun				

4.2. İş Parçası Malzemesi

Yapılan çalışmada, deney malzemesi olarak imalat sanayisinde geniş kullanım alanı olan AISI D2 ve AISI D3 sırasıyla 20 HRC ve 28 HRC sertliğindeki soğuk iş takım çelikleri kullanılmıştır. Malzemelerin Gazi Üniversitesi Malzeme Anabilim Dalında

bulunan SEM cihazında yapılmış elematal analiz (EDS) sonuçları Çizelge 4.2’de ve Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. AISI D2 (DIN 1.2379) malzemesinin kimyasal bileşimi

%Si	%V	%Cr	%Mn
0,235	0,756	10,492	1,665
%Fe	%Ni	%Nb	%Mo
83,972	0,891	0,884	1,103

Çizelge 4.3. AISI D3 (DIN 1.2080) malzemesinin kimyasal bileşimi

%Si	%V	%Cr	%Mn
0,704	0,305	11,263	0,591
%Fe	%Ni	%Nb	%Mo
83,784	0,676	0,394	2,283

AISI D2’nin özellikleri;

- Yüksek aşınma direnci
- Yüksek basma dayanımı
- Yüksek tokluk
- Yüksek sertleşebilirlik
- Yüksek meneviş direnci
- Isıl işlemde boyutsal kararlılık
- Nitrüleme
- PVD gibi yüzey işlemlerine uygunluk [35].

AISI D2, yüksek aşınma dayanımı ve yüksek tokluğa sahip olduğundan kesme ve ezme için çok uygundur. Nitrasyon veya tenifer yapılarak kullanılabilir. Civata, ovalama makaraları ve taraklarında, soğuk şekil verme kalıplarında, sac kalınlığı 6 mm'ye kadar olan sacların hassas kesme kalıplarında, soğuk zımbalarda, derin çekme kalıplarında, yüksek aşındırıcı özelliğe sahip plastiklerin kalıplarında, plastik kırma

bıçaklarında, soğuk hadde makaralarında, yonga bıçaklarında, kırılmaya maruz kalan kesitlerde, makas bıçaklarında, çapak alma kalıplarında, ağaç işleme takımlarında kullanılır [36].

AISI D3'ün özellikleri;

- Yüksek aşınma direnci
- Tokluk
- Isıl işlemde boyutsal kararlılık
- Basınca dayanıklılık
- Ledeburitik yapıya sahip [37].

AISI D3, Yüksek aşınma dayanımı ve ısıtılma sırasında boyutsal kararlılığı olan bir çeliktir. Basınca mukavemeti yüksektir. Ledeburitik yapılı soğuk iş çeliğidir. 4 mm kalınlığa kadar olan sacların için kesme kalıplarında, derin çekme kalıplarında, çekme yüzükleri, ahşap işleme takımları, aşındırıcı tozları presleme kalıpları, aşınmaya dayanıklı olması gereken plastik kalıplarında, profil rölelerinde kullanılır [38].

Deney numunelerinin işlenmemiş ölçüleri 152x52x52 mm boyutlarındadır. Malzemenin yüzeyleri, dış yüzey tabaka sertleşmesi ve yüzeylerin eğimli olması ihtimaline karşılık 1 mm talaş derinliğiyle yüzey frezeleme işlemine tabi tutulmuş ve 150x50x50 mm boyutlarında deneyler için hazır hale getirilmiştir. Ayrıca malzemelerin üzerine ivme ölçerin montajı için 4 mm çaplı bir delik delinip klavuz çekilmiştir.

4.3. Kesici Takımlar

Deneylerde *Makina Takım* ürünü olan iki farklı çapta (Ø8 mm ve Ø10 mm) ve iki farklı uzunluktaki DIN 338 ve DIN 340 standartlarındaki HSS kesici takımlar kullanılmıştır. Her deneye yeni bir kesici takım kullanılarak başlanmıştır. Her matkapla delik uzunluğu 50 mm olan 20 delik delinmesi hedeflenmiştir. 8 mm çaplı

bir matkapla 20 delik sonunda 50260 mm³, 10mm çaplı bir matkapla 20 delik sonunda 78520 mm³ talaş kaldırılmıştır. Deneylerde kullanılan kesici takımların boyutsal ve mekanik özellikleri Çizelge 4.4’de, kimyasal özellikleri Çizelge 4.5’de verilmiştir.

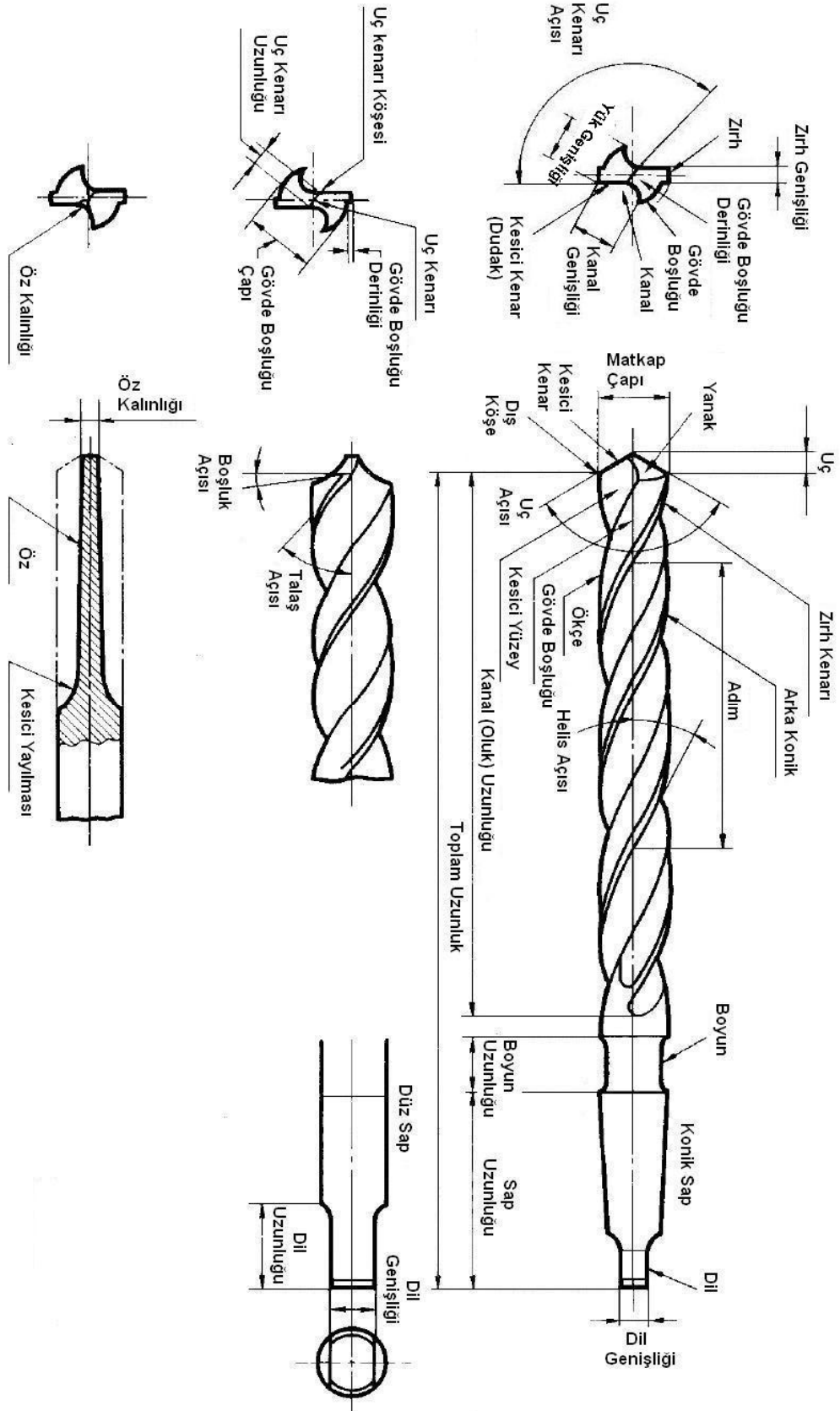
Çizelge 4.4. Matkapların boyutsal ve mekanik özellikleri

Matkap standartı	DIN 338	DIN 340	DIN 338	DIN 340
Matkap çapı, mm	8	8	10	10
Matkap malzemesi	HSS	HSS	HSS	HSS
Matkap tipi	İkiz, N	İkiz, N	İkiz, N	İkiz, N
Matkap uzunluğu, mm	117	165	133	184
Kesici kanal uzunluğu, mm	75	109	87	121
Kesici kenar sayısı	2	2	2	2
Kesici kenar uzunluğu, mm	3,25	3,25	4,5	4,5
Öz kalınlığı, mm	1,75	1,75	2	2
Zırh genişliği, mm	1	1	1,25	1,25
Uç açısı	118	118	118	118
Helis (talaş) açısı	30	30	30	30
Boşluk açısı (serbest açı)	8-12	8-12	8-12	8-12
Uç kenar açısı	55	55	55	55
Sap çeşidi	Silindirik	Silindirik	Silindirik	Silindirik
Kaplama	Yok	Yok	Yok	Yok
Kesme yönü	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ

Çizelge 4.5. HSS matkapların kimyasal bileşenleri

%Si	%V	%Cr	%Mn	%Fe
3,709	1,95	3,97	0,046	77,993
%Ni	%Nb	%Mo	%Co	
0,688	0,792	6,469	4,382	

Bir matkabın genel kısımları Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1. Matkabin genel kısımları

Çizelge 4.6. Kistler 9123C dönen tip dinamometrenin teknik özellikleri [39].

Hız		1/min	max. 10000
Aralık 1	Fx, Fy	kN	-5...5 ** -3...3***
	Fz	kN	-20...20
	Mz	Nm	-200...200
Aralık 2	Fx, Fy	N	-500...500
	Fz	kN	-2...2
	Mz	Nm	-20...20
Yüklü Aralık		%	20
Threshold	Fx, Fy	N	<1
	Fz	N	<4
	Mz	Nm	<0,04
Hassasiyet (Aralık 1)	Fx, Fy	mV/N	≈2
	Fz	mV/N	≈0,5
	Mz	mV/Nm	≈50
Doğrusallık		%FSO	≤+1
Gecikme		%FSO	≤1
Parazit	Fx↔Fy	%	≤±2
	Fz→Fx,y	%	≤±3
	Fx,y→Fz	%	≤±3
	Mz→Fz	1N/Ncm	≤±0,01
İşleme Sıcaklık Aralığı		°C	0...60
Soğutucu Basıncı		Bar	≤70
Emniyet Derecesi			IP67
Ağırlığı		Kg	≈3

** Tablanın üst noktasındaki kuvvet uygulamaları

*** Tablanın 100m üstündeki kuvvet uygulamaları

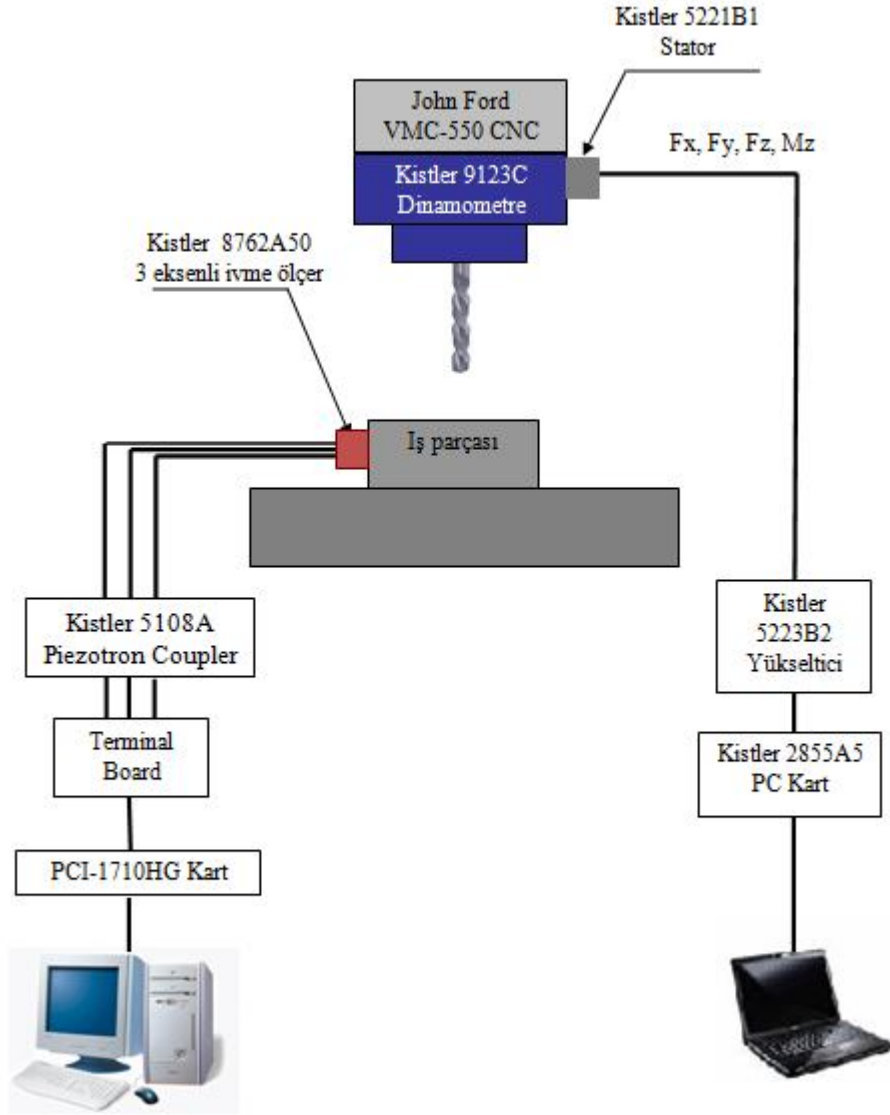
Dinamometrenin çalışma prensibi; kesici takım iş parçası malzemesini kestiğinde kuvvet takım boyunca dinamometreye uygulanır ve dinometredeki pizoelektrik kuvarslar gerilerek elektrik şarjı meydana gelir. Bu elektrik şarjı bağlantı kabloları

boyunca çok kanallı amplifikatöre iletilir ve bu şarj amplifikatörde yükseltilir. Çok kanallı amplifikatörde farklı parametreler ayarlanarak gerekli çözümleme başarılabilir. Aslında amplifikatörün çıkışında parametrelere bağlı olarak kuvvete eşdeğer olan voltaj ayarlanır. Ara yüz donanımındaki A/D kartta analog sinyal, yazılımın alınan verileri okuyabilmesi için, dijital sinyale dönüştürülür. (Milfelner,2005). Şekil 4.3’de gösterilen deney düzeneğinde dijital sinyale dönüştüren verilerin DynoWare Type 2825D-02 paket programıyla maksimum kuvvet ve moment değerleri alınmıştır. Programla ölçülen kuvvet ve moment grafiklerinden bir örnek Şekil 4.5’de verilmiştir. Matlab R2008b’de yazılan bir program yardımıyla 3 boyutlu olarak grafikleri çizilmiştir. Ayrıca SAS 9.0 programıyla varyans analizi ve regresyon analizi yapılmış ve sonuçlar yorumlanmaya çalışılmıştır.

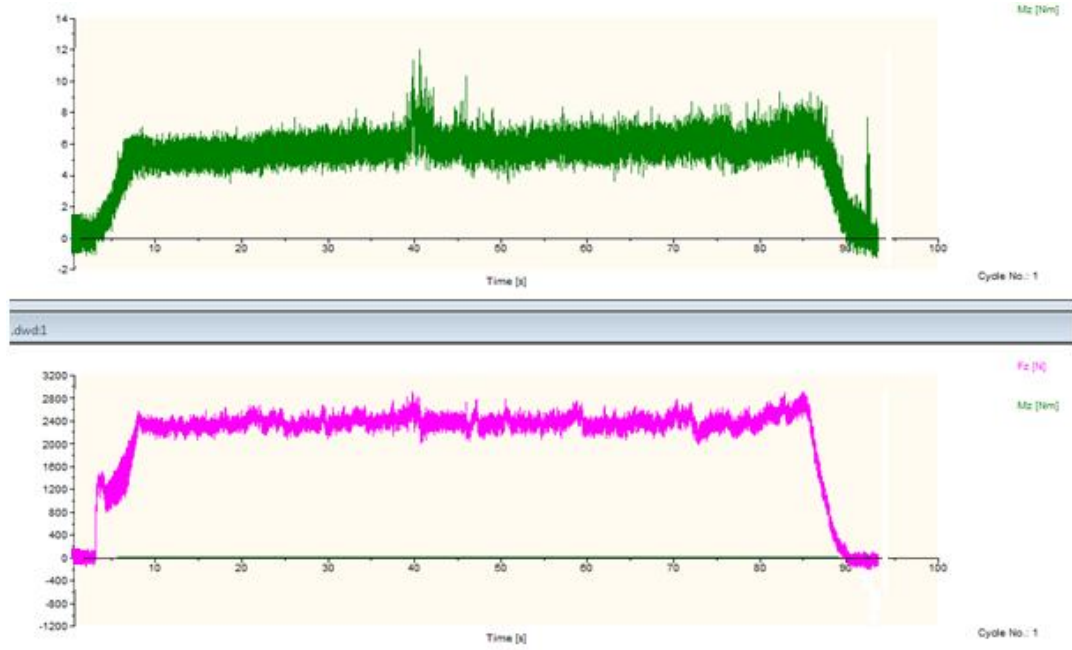


Şekil 4.3. Deney düzeneğinin fotoğrafı

Deney düzeneği şematik olarak verilmek istenildiğinde Şekil 4.4’deki gibi gösterilebilir.



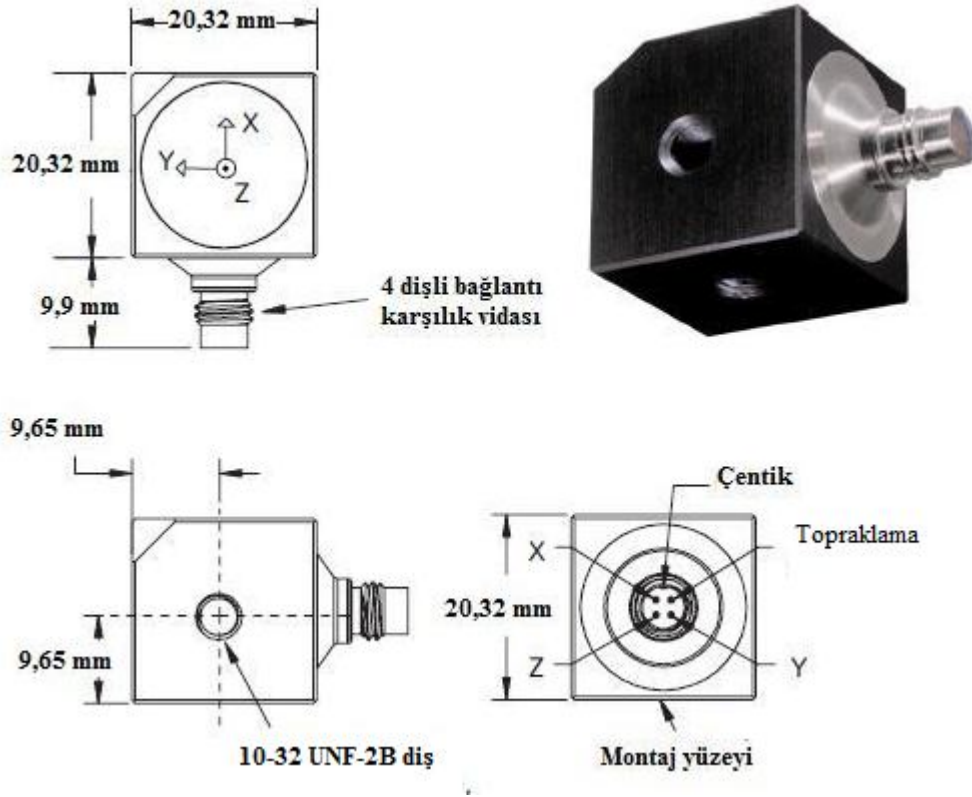
Şekil 4.4. Deney düzeneğinin şematik gösterimi



Şekil 4.5. DynoWare programıyla ölçülen kuvvet ve moment grafikleri

4.5. Titreşim Ölçümü

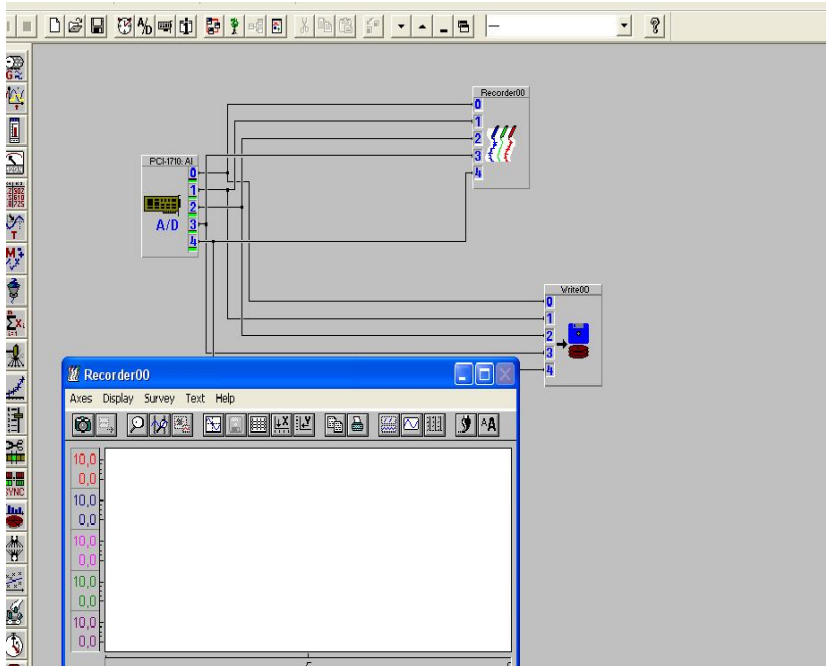
Titreşim ölçümlerinde Kistler 8762A50 tipi 3 eksenli ivme ölçer kullanılmıştır. İvme ölçerin fiziksel özellikleri ve fotoğrafı Şekil 4.6’da teknik özellikleri Çizelge 4.7’de gösterilmektedir. İvme sensörünün montajı için iş parçası malzemeleri üzerine Ø4mm’lik delik delinmiş, klavuz çekilmiş ve sensör bir vida yardımıyla takım tezgahının eksenlerine uygun olacak biçimde sabitlenmiştir. Deneyler esnasında oluşan titreşim verilerini bilgisayar ortamına almak için DasyLab 7.0 paket programı kullanılmıştır. Bu programda veri okumak ve kaydetmek için oluşturulan devre Şekil 4.7’de gösterilmektedir. Veriler ilk olarak bilgisayara DasyLab programı yardımıyla not defteri olarak kayıt edilmiş, daha sonra her bir matkap için excel dosyası oluşturulmuş ve Matlab paket programı yardımıyla 3 boyutlu grafikleri çizilmiştir. Ayrıca SAS programıyla varyans analizi yapılarak, sonuçlar grafiksel ve istatistiksel olarak yorumlanmaya çalışılmıştır.



Şekil 4.6. Kistler 8762A50 tipi 3 eksenli ivme ölçer

Çizelge 4.7. Titreşim sensörünün teknik özellikleri [40]

Teknik özellikler	Birim	
İvmelenme Aralığı	G	± 50
İvmelenme Sınırı	G _{pk}	± 80
ThereShold, nom.	Grms	0.0012
Hassasiyet, ± 5 %	mV/g	100
Resonant frequency mounted, nom	kHz	30
Frekans ölçüm aralığı	Hz	0,5....6000
Doğrusal olmayan genlik	%FSO	± 1
Zaman sürekliliği	S	1
Kullanım sıcaklık aralığı	°F	-65....175
Gövde		Seramik-Shear
Ağırlık	Gram	23



Şekil 4.7. DasyLab’da oluşturulan şematik program

4.6. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü

Deneyler gerçekleştirildikten sonra delik delinen yüzeylerin pürüzlülük ölçümleri “Mahr” Perthometer M1 tipi, masa üstü ve yazılı çıktı alınabilen yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı ile yapılmıştır. Çizelge 4.8’de kullanılan yüzey pürüzlülüğü cihazının teknik özellikleri verilmiştir.

Çizelge 4.8. Yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazının teknik özellikleri [41].

Model	M1
Tarama hızı	0,5 m/sn
Tarama kuvveti	0,75 mN
İğne uç yarı çapı	2 μ m
Ölçüm aralıkları	100-150 μ m
Profil çözünürlüğü	12 mm
Filtre	Gaussian
Örnekleme uzunluğu	0,25 – 0,8 – 2,5 (mm)
Ölçme uzunluğu	1,75 – 5,6 – 17,5 (mm)
Ölçülebilen parametreler	Ra, Rz, Rmax
Dil	Seçilebilir 10 Avrupa, 3 Asya
Güç kaynağı	Entegre, NiCd şarj edilebilir pil
Boyutlar	190 x 170 x 75 mm
Yaklaşık ağırlık	90 gr

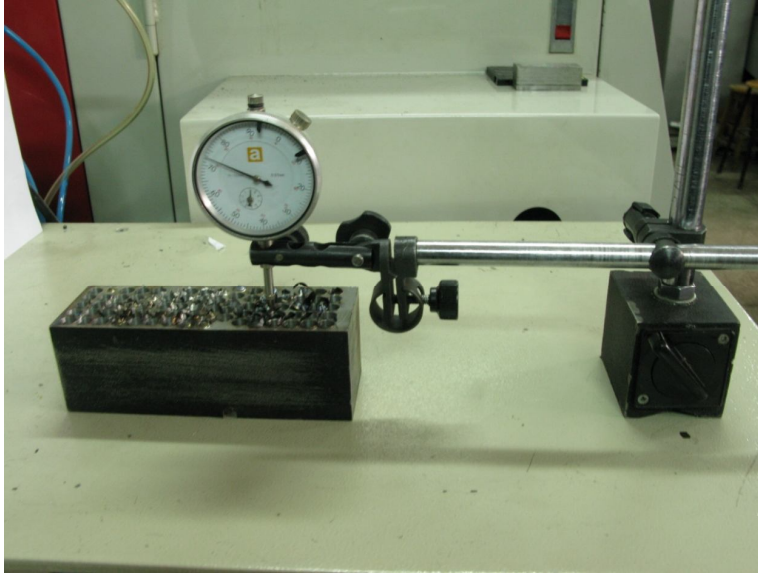
Her delik için yüzey pürüzlülüğü ölçümü yapılmasının fazla olacağı düşünüldüğünden her matkapla delinen 20 delikten 1., 5., 10., 15. ve 20.lerinin yüzey pürüzlülüğü ölçülmüştür. Yüzey pürüzlülük cihazı sabit tabla üzerine vidalanmış olan mile monte edilen plakanın üzerine konularak paralellik sağlanmış ve üç farklı noktada ölçüm yapılarak üç değer ortalama alınmıştır. Şekil 4.8’de ölçüm anının fotoğrafı görülmektedir. Pürüzlülük ölçümlerinde sadece ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_a) değerleri ölçülmüştür. Matlab R2008b’de yazılan bir program yardımıyla deney sonucunda elde edilen verilerin grafikleri çizilmiş ve SAS 9.0 programıyla varyans analizi ve regrasyon analizi yapılarak sonuçlar grafiksel ve istatistiksel olarak yorumlanmaya çalışılmıştır.



Şekil 4.8. Yüzey pürüzlülük ölçümü

4.7. Çapak Oluşumu

Çapak oluşumunun araştırılması, çıkış çapağı yüksekliklerinin ölçümü ve kesme hızına göre çapak oluşumunun değişimi çekilen dijital fotoğraflarla gerçekleştirilmiştir. Çapak yüksekliklerinin ölçümü için Şekil 4.9’da görüldüğü gibi komperatör kullanılmıştır. Ölçülen değerler ile deney değişkenlerinin çıkış çapağı yüksekliğini nasıl etkilediği, çekilen fotoğraflar ile çıkış çapağı oluşumu incelenmiştir.



Şekil 4.9. Çıkış çapağı yüksekliğinin ölçümü

4.8. Kesici Takım Aşınmasının Değerlendirilmesi

Aşınmaların değerlendirilmesi, kesici takımlar 50 mm uzunluğunda 20 delik deldikten sonra veya kesici takım ömrünü tamamladıktan sonra çekilen dijital ve SEM fotoğrafları yardımıyla yapılmıştır. Adobe Photoshop CS4 programı yardımıyla fotoğraflar üzerinden alınan aşınma değerleri ile grafikler çizilmiş ve analizler yapılmıştır. Takım aşınmasının değerlendirilmesi için kaldırılan talaş hacminin karşılaştırılmasının değilde delik uzunluğunun kullanılmasının sebebi matkaplarda bu yöntemin daha geçerli olacağının düşünülmesinden dolayıdır. Örneğin aynı kesme parametrelerinde 5 mm çaplı bir matkapla 16 delik delindiğinde kaldırılan talaş hacmi ile 20 mm çaplı matkapla bir delik delindiğinde kaldırılan talaş hacmi birbirine eşit olmasına rağmen 5 mm çaplı matkap 20 mm çaplı matkaptan daha fazla aşınacaktır. Bu sebepten dolayı aşınma, delinen delik uzunluğu üzerinden değerlendirilmiştir.

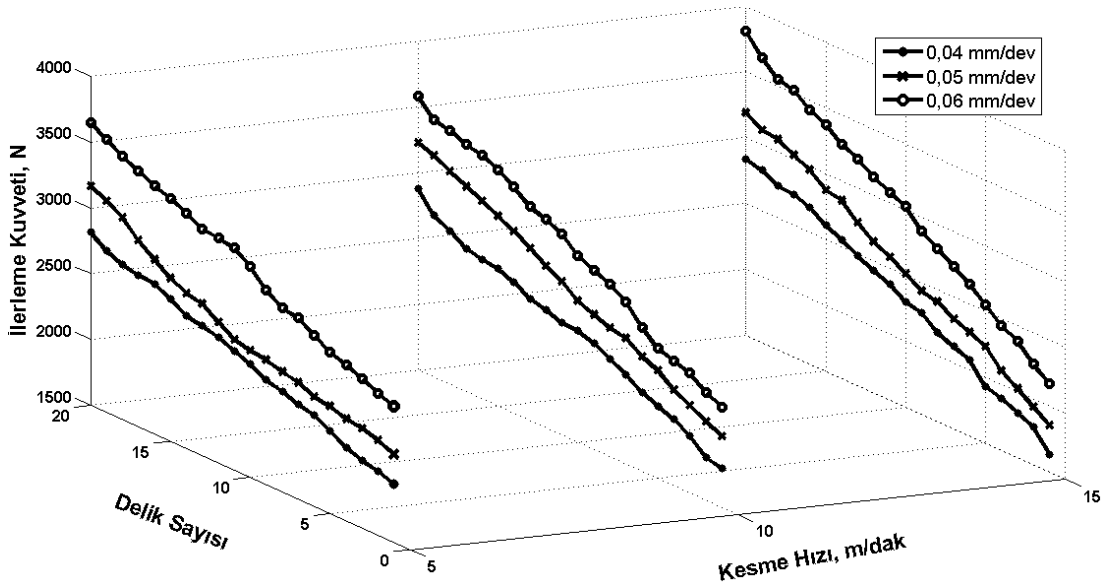
5. DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde AISI D2 ve AISI D3 malzemelerin delinmesi esnasında ortaya çıkan ilerleme kuvveti, moment, titreşim, yüzey pürüzlülüğü, çapak oluşumu ve kesici takım aşınması ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

5.1. İlerleme Kuvvetlerinin Değerlendirilmesi

Deneylerde, her kesme hızı ve ilerleme kombinasyonunda kullanılan matkaplar ile 20 delik delinmesi hedeflenmiştir. Her delinen delik için ilerleme (kesme) kuvveti ayrı ayrı ölçülmüştür. Her bir deneye, yeni kullanılmamış bir matkap ile başlanmıştır. İlerleme kuvveti ölçüm değerleri EK-1’de çizelge halinde verilmiş, bu çizelgedeki veriler kullanılarak varyans analizi yapılmış ve grafikler oluşturularak yorumlanmıştır.

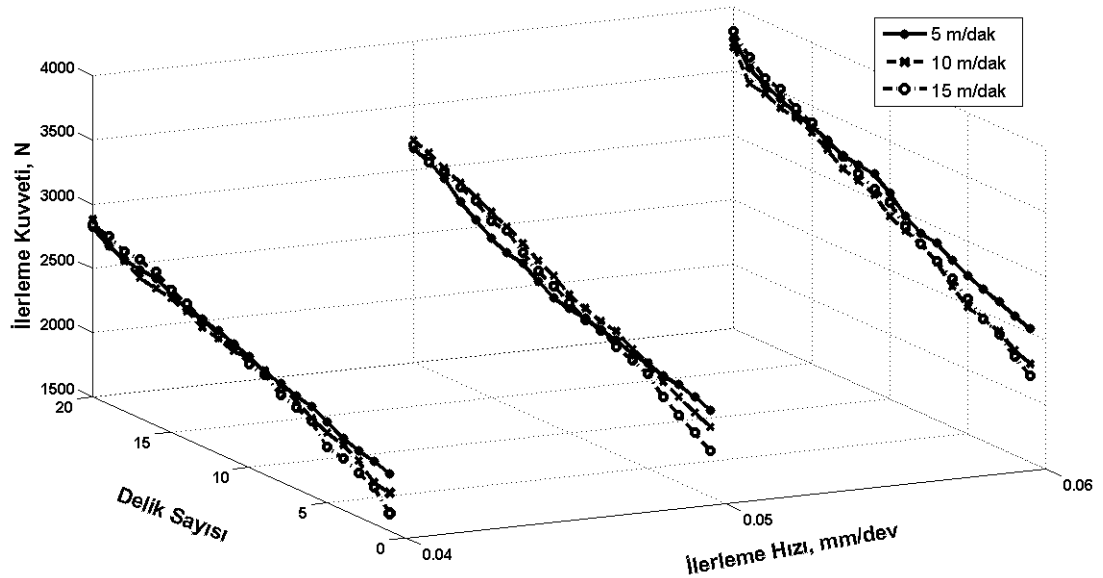
Şekil 5.1’de aynı matkapla birbiri peşi sıra delinen 20 deliğin ilerleme kuvveti değerleri verilmiştir. Grafikte ilerleme ve delik sayısının ilerleme kuvvetine etkisi mukayese edilebilir.



Şekil 5.1. Delik sayısı ve ilerleme hızının ilerleme kuvvetine etkisi

Şekil 5.1’de 20 HRC sertliğe sahip AISI D2 iş parçası malzemesinin 8 mm çaplı matkapla üç farklı ilerleme, üç farklı kesme hızı ile 20 delik delinirken ölçülen ilerleme kuvveti değerleri verilmiştir. Şekil 5.1’e bakıldığında deneylerde kullanılan ilerleme hızları arasında ilerleme kuvvetine etki bakımından fark olduğu, ilerleme hızı ve delik sayısı arttıkça ilerleme kuvvetinin arttığı açık bir şekilde görülmektedir. İlerleme hızının artışı iş parçası malzemesi ve takım arasındaki teması artırır ve birim zamanda kesilen talaş hacmi artacağı için metal koparılmaya daha fazla direnç gösterir bu da yüksek ilerleme kuvvetine sebep olur [45-47]. Matkabın ilk delik delmesinden sonra müteakip delikleri delmek için gerekli ilerleme kuvvetinde sürekli bir artış gözlenmiştir. Her deliğin delinmesinde matkabın az da olsa sürekli olarak aşıldığı ve bu aşınmanın artarak devam ettiği bilinmektedir. Kesici takım aşınması, malzemeyi kesmek için gereken ilerleme kuvvetinin artışında önemli bir etkidir.

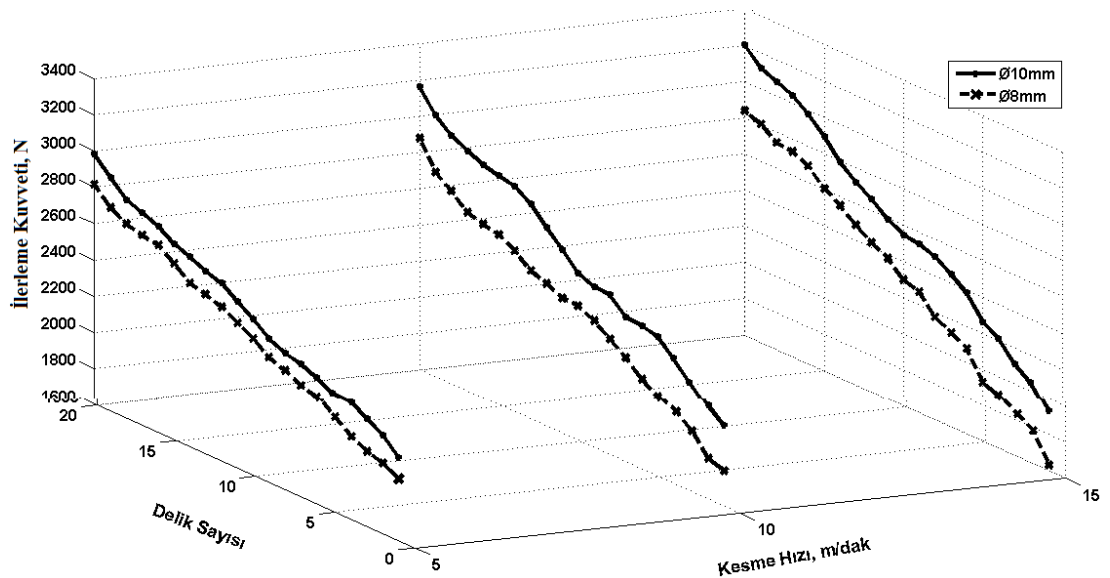
Şekil 5.2’de ise 20 HRC sertliğe sahip AISI D2 iş parçası malzemesinin üç farklı ilerleme ve üç farklı kesme hızında 8 mm çaplı matkaplarla 20 delik delinerek elde edilen ilerleme kuvveti verilerinin grafiği verilmiştir.



Şekil 5.2. Kesme hızı, ilerleme ve delik sayısının ilerleme kuvvetine etkisi

Kesme hızının ilerleme kuvvetine etkisini incelemek için Şekil 5.2'deki grafikte ilk delik delindiğinde ölçülen ilerleme kuvveti değerlerinin üç ilerleme hızında da en düşük ilerleme kuvveti değerinin 15 m/dak iken en yüksek ilerleme kuvveti değeri 5 m/dak olduğu görülmektedir. Yani kesme hızının artışı ilerleme kuvvetinin azalmasını sağlamıştır. Kesme hızının artmasına mukabil ilerleme kuvvetinin azalmasının başlıca sebebi takım ve malzeme arasındaki sürtünme kuvvetinin azalması olabilir [42-44]. Bunun yanı sıra kesme hızının artmasıyla kesme bölgesinde meydana gelen sıcaklıktaki artış dolayısıyla işlenen metal ve kaldırılan talaş daha plastik olmakta, talaş mikro sertliği azalmakta ve dolayısıyla işleme için gerekli kesme kuvveti azalmaktadır [45, 46]. Fakat delik sayısı arttıkça 15 m/dak kesme hızında en düşük ilerleme kuvvetinde delme işlemi yapılmasına rağmen 0,06 mm/dev ilerlemede kuvvet değerlerinin 5 m/dak ve 10 m/dak'ya oranla daha hızlı arttığı ve aradaki ilerleme kuvveti farkının azaldığı görülmektedir. Bunun sebebinin, ilerleme hızının artmasının kesici takım aşınmasını hızlandırmış olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca üç kesme hızında da ilerleme ve delik sayısının artmasıyla birlikte ilerleme kuvvetleri artmıştır.

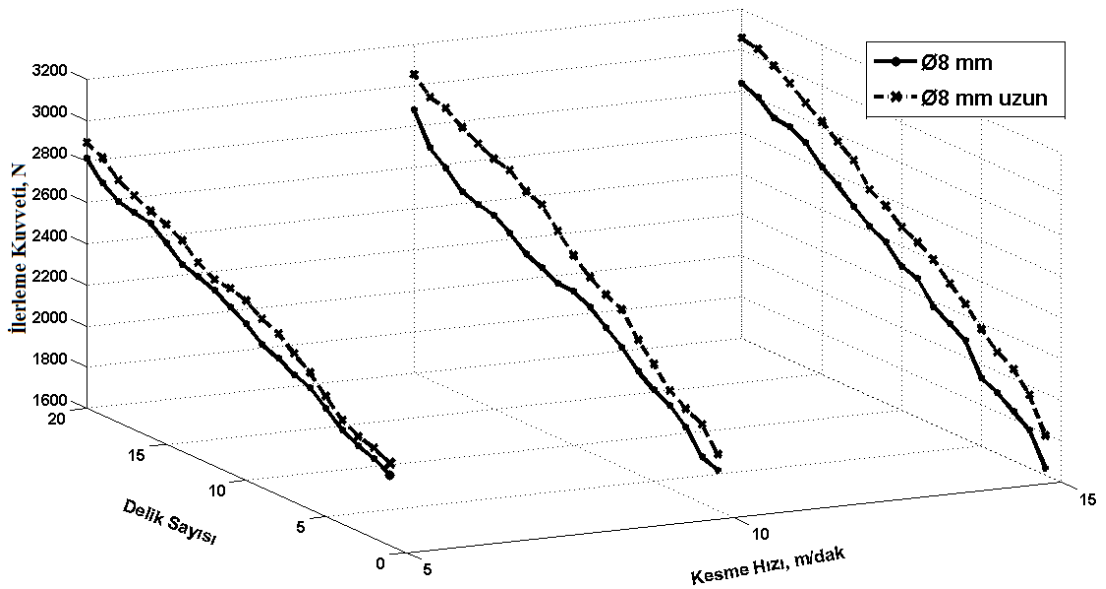
Şekil 5.3'de AISI D2 iş parçası malzemesinin sabit ilerlemede, üç farklı kesme hızı ve iki farklı çaptaki matkapla 20 delik delinmesi esnasındaki ilerleme kuvveti verilerinin grafiği verilmiştir.



Şekil 5.3. Matkap çapı, kesme hızı ve delik sayısının ilerleme kuvvetine etkisi

Şekil 5.3’de üç kesme hızında da 10 mm çaplı matkapların ilerleme kuvveti değerlerinin 8 mm çaplı matkaplarınkinden büyük olduğu görülmektedir. Matkap çapının artmasının ilerleme kuvvetini arttırmasının nedeni kaldırılan talaş hacminin artmasından dolayıdır.

Farklı uzunluktaki matkapların ilerleme kuvvetine etkisi Şekil 5.4’de verilmiştir. Ayrıca bu grafikte kesme hızı ve delik sayısının ilerleme kuvvetine etkisi de incelenebilir.

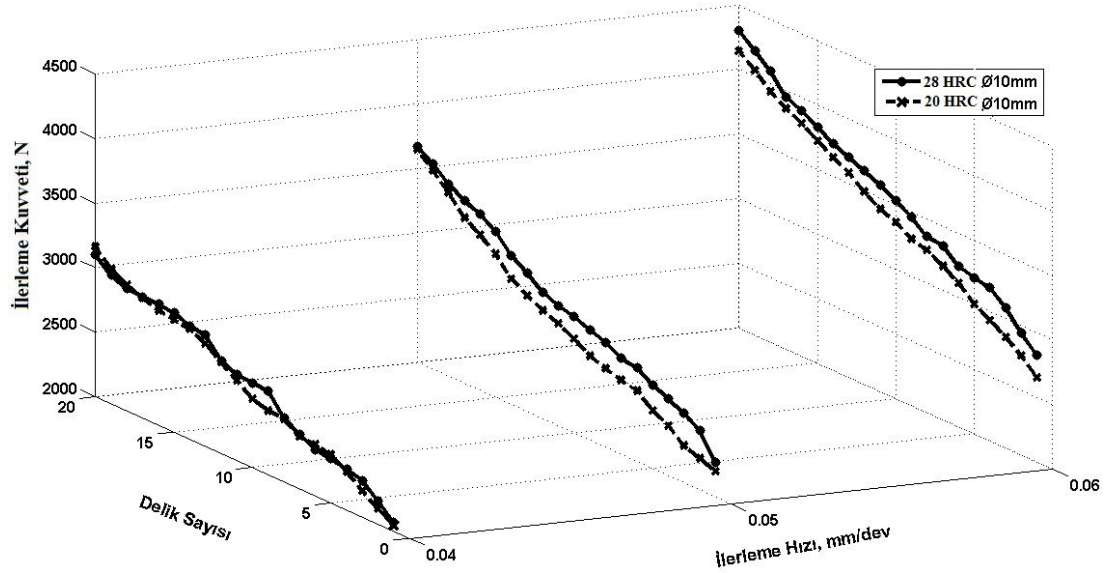


Şekil 5.4. Matkap uzunluğu, kesme hızı ve delik sayısının ilerleme kuvvetine etkisi

Üç kesme hızında da 8 mm çaplı uzun matkaplarla üretilen ilerleme kuvvetlerinin daha büyük olduğu ve delik sayısı arttıkça her iki matkapta da ilerleme kuvveti değerlerinin arttığı görülmektedir. Uzun matkaplarda ilerleme kuvvetinin daha fazla olmasının nedeninin sehimin ve kesici takımın yaptığı salgının artmasından dolayı deliğin delik ekseninden az da olsa kaçık delinmesi ve artan talaş hacminden dolayı olduğu düşünülmektedir. Kesme hızı değerleri incelendiğinde ise iki uzunluktaki matkapta da başlangıç delikleri için en düşük ilerleme kuvveti değerinin 15 m/dak kesme hızında, en yüksek ilerleme kuvveti değerinin 5 m/dak kesme hızında olduğu görülmektedir. Delik sayısının artması yani 20. deliğe gelirken ilerleme kuvvetlerinin

kesme hızının artmasıyla azalmamış hatta artmış olduğu söylenebilir. Bunun sebebinde kesme hızının artmasının kesici takımındaki aşınmayı hızlandırması olduğu düşünülmektedir.

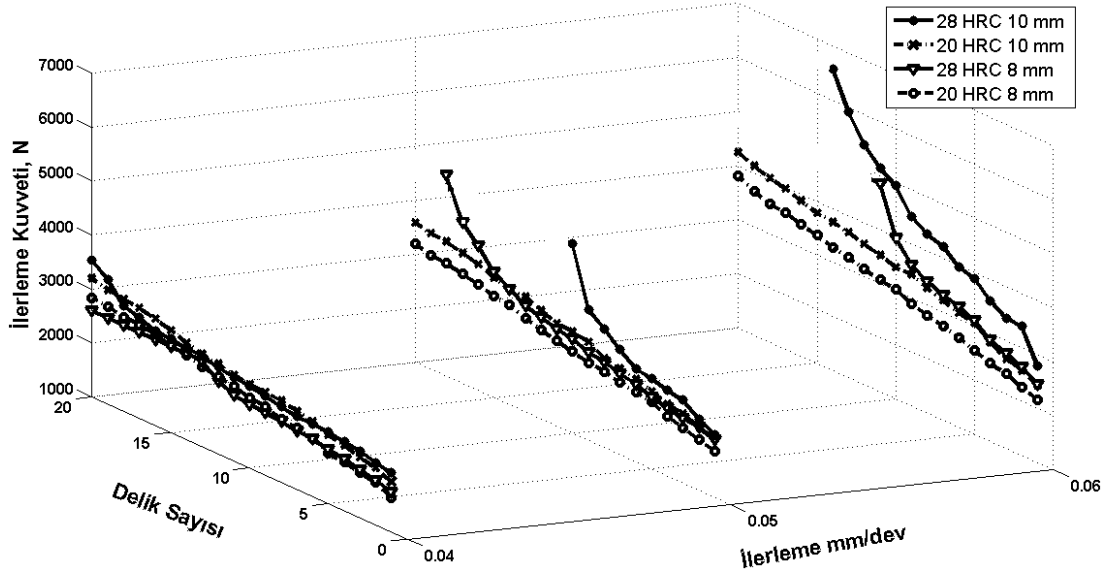
Deneylerde iş parçası malzemesi olarak imalat sanayisinde geniş kullanım alanı olan AISI D2 (DIN 1.2379) ve AISI D3 (DIN 1.2080) sırasıyla 20 HRC ve 28 HRC sertliğindeki soğuk iş takım çelikleri kullanılmıştır. Şekil 5.5 ve Şekil 5.6'da malzemelerin sertliğinin ilerleme kuvvetine etkisi grafik olarak verilmiştir.



Şekil 5.5. Sertlik, ilerleme ve delik sayısının ilerleme kuvvetine etkisi

Şekil 5.5'e bakıldığında 28 HRC sertlikteki iş parçası malzemesi delinirken ölçülen ilerleme kuvveti değerlerinin 20 HRC sertlikteki iş parçası malzemesine göre daha büyük olduğu, ilerleme hızı ve delik sayısı arttıkça ilerleme kuvvetinin de arttığı görülmektedir.

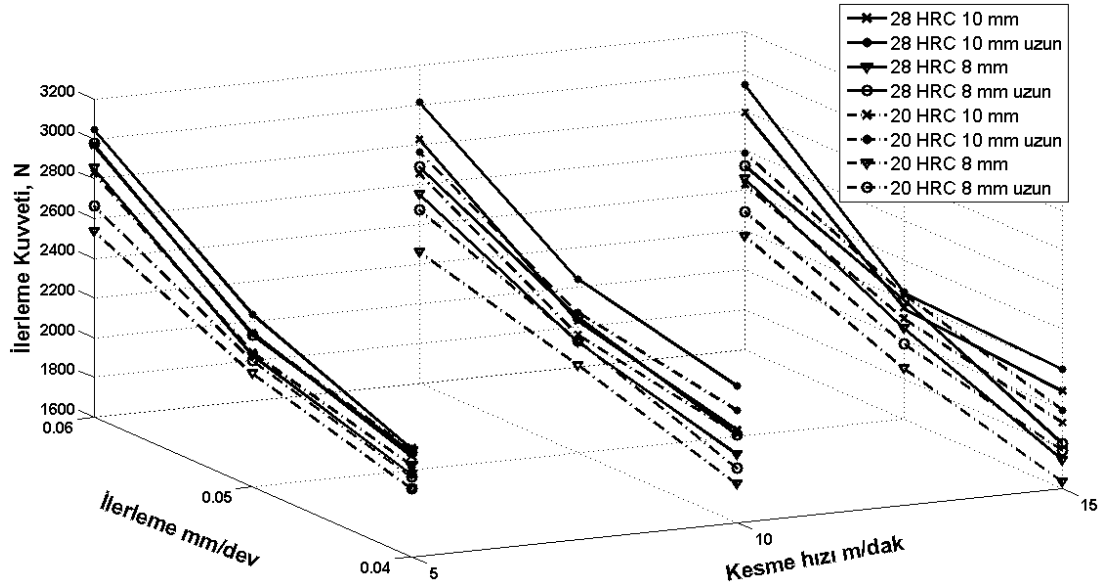
Şekil 5.6'da 28 HRC ve 20 HRC sertlikteki soğuk iş takım çeliği malzemelerin sabit kesme hızı, üç farklı ilerleme ve iki farklı çaptaki matkapla delinmesinden elde edilen ilerleme kuvveti değerlerinin grafiği görülmektedir.



Şekil 5.6. Sertlik, matkap çapı, ilerleme ve delik sayısının ilerleme kuvvetine etkisi

Şekil 5.6'da özellikle 0,05 mm/dev ve 0,06 mm/dev ilerleme hızlarında 28 HRC sertlikteki ilerleme kuvveti değerlerinin 20 HRC sertlikteki ilerleme kuvveti değerlerinden büyük olduğu görülmektedir. Ayrıca grafikte matkap çapı, ilerleme ve delik sayısının artmasının ilerleme kuvvetine etkisi incelendiğinde 10 mm çaplı matkapların 8 mm çaplı matkaplara göre daha üstte olduğu, ilerleme hızı ve delik sayısı arttıkça ilerleme kuvvetinde arttığı görülmektedir. Grafikte eksik olan verinin sebebi matkabın kırılarak delme yapamamasından dolayıdır.

Şekil 5.7'de araştırmalar için seçilen tüm deney değişkenlerinin kombinasyonunda matkaplarla delinen ilk delikteki ilerleme kuvveti değerleri verilmiştir.



Şekil 5.7. Sertlik, matkap çapı, matkap boyu, ilerleme ve kesme hızının ilerleme kuvvetine etkisi

Şekil 5.7’de 28 HRC sertliğe sahip AISI D3 ve 20 HRC sertliğe sahip AISI D2 iş parçası malzemelerinin üç farklı ilerleme, üç farklı kesme hızında 8 mm çaplı normal ve uzun, 10 mm çaplı normal ve uzun matkaplarla delinmesi esnasında ölçülen birinci delikteki ilerleme kuvveti verileri görülmektedir. Grafikte ilerleme arttıkça ilerleme kuvvetinin arttığı, kesme hızının artmasıyla ilerleme kuvvetinde az da olsa azalma olduğu, 10 mm çaplı matkapların 8 mm çaplı matkaplara göre, uzun matkapların normal matkaplara göre ve 28 HRC sertlikteki iş parçası malzemesinin 20 HRC sertlikteki iş parçası malzemesine göre daha yüksek ilerleme kuvvetine sebep olduğu görülmektedir.

Yukarıda deney bulgularını değerlendirirken ilerlemenin, kesme hızının, matkap çapının, matkap boynun, sertliğin ve delik sayısına göre ilerleme kuvvetindeki değişimi gösteren grafikler verilmiştir. Aşağıda ise deney parametrelerinin ilerleme kuvvetine etkisi istatistiksel olarak değerlendirilecektir. Bu araştırma için H_0 ve H_1 hipotezleri aşağıdaki gibi yazılabilir.

H_0 = Malzeme sertliği, matkap çapı, matkap boyu, kesme hızı, ilerleme ve delik sayısının ilerleme kuvveti üzerinde etkisi yoktur.

H_1 = Malzeme sertliği, matkap çapı, matkap boyu, kesme hızı, ilerleme ve delik sayısının ilerleme kuvveti üzerinde etkisi vardır.

Araştırma verileri varyans analizine tabi tutularak H_0 hipotezinin reddine veya kabulüne karar verilir. Mühendislik, tıp, ziraat, biyoloji gibi bir çok bilim dalında yapılan çalışmalar için genel olarak kabul görmüş yanılma olasılığı α : 0,05 (%5) dir. Deney değişkenlerinin ilerleme kuvvetine etkisini gösteren varyans analizi Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1. İlerleme kuvvetine etkili faktörlerin varyans analizi

Kaynak	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P
Sertlik	1	8858949	8858949	108,37	<,0001
Matkap çapı	1	27287788	27287788	333,80	<,0001
Matkap boyu	1	10897816	10897816	133,31	<,0001
Kesme hızı	2	10818648	5409324	66,17	<,0001
İlerleme	2	194779692	97389846	1191,34	<,0001
Delik sayısı	19	152408182	8021483	98,12	<,0001
Hata	1285	105046493	81748		
Toplam	1311	487182811			

Çizelge 5.1’de buna karşılık gelen P değerlerini incelediğimizde her değişken için yanılma olasılığının %5’in altında olduğu görülüyor. Dolayısıyla H_0 hipotezi reddedilir H_1 hipotezi kabul edilir. Yani varyans analiz tablosunda, ana etkiler olan malzeme sertliği, matkap çapı, matkap boyu, kesme hızı, ilerleme ve delik sayısının ilerleme kuvveti üzerinde etkili olduğu görülmektedir. Dolayısıyla tüm deney parametrelerinin ilerleme kuvveti üzerinde etkisi vardır denilebilir.

Deney parametrelerinin ilerleme kuvvetine etkilerinin kuvveti Çizelge 5.2’deki korelasyon katsayılarından anlaşılabilir.

Çizelge 5.2. Deney parametrelerinin ilerleme kuvvetine etkilerinin korelasyon katsayıları

Deney Değişkenleri	Sertlik	Matkap çapı	Matkap boyu	Kesme hızı	ilerleme hızı	Delik sayısı
İlerleme kuvveti	0,064	0,234	0,123	0,041	0,612	0,519
Korelasyon katsayısının önemi	0,0196	<,0001	<,0001	0,1357	<,0001	<,0001

Bu katsayılarla bakıldığında en büyük etkiye ilerleme hızı ve delik sayısının en az etkiye ise kesme hızı ve sertliğin sahip olduğu görülmektedir.

Deney parametrelerinin seviyeleri arasında fark olup olmadığının tespiti için Çizelge 5.3’de verilen Duncan analizi yapılmıştır.

Çizelge 5.3. Kesme parametreleri seviyelerinin ilerleme kuvvetine etkisinin Duncan analizi

İlerleme mm/dev	İlerleme kuvveti ortalaması, N*	Kesme hızı, m/dak	İlerleme kuvveti ortalaması, N*	Matkap çapı, mm	İlerleme kuvveti ortalaması, N*
0,06	3425 a	15	2988 a	10	3060 a
0,05	2829 b	10	2863 c	8	2775 b
0,04	2515 c	5	2916 b		
Matkap uzunluğu, mm	İlerleme kuvveti ortalaması, N*	Malzeme Sertliği, HRC	İlerleme kuvveti ortalaması, N*	Delik sayısı	İlerleme kuvveti ortalaması, N*
184, 165	2994 a	28(AISI D3)	2959 a	20	3471 a
133, 117	2884 b	20(AISI D2)	2880 b	19	3354 b
				18	3312 bc
				17	3259 bcd
				16	3229 cd
				15	3165 de
				14	3168 de
				13	3087 ef
				12	3021 fg
				11	2982 gh
				10	2939 gh
				9	2915 gh
				8	2889 hı
				7	2795 ij
				6	2762 jk
				5	2688 k
				4	2590 l
				3	2491 m
				2	2400 m
				1	2297 n

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur.

Çizelge 5.3’e bakıldığında deneylerde kullanılan üç farklı ilerlemenin, üç farklı kesme hızının, iki farklı çaptaki ve iki farklı uzunluktak matkapların, 28 HRC ve 20 HRC sertlikteki malzemelerin ilerleme kuvvetine etki bakımından farklı olduğu,

Duncan analizinde farklı gruplarda yer aldığı görülmektedir.

Ana etkiler dikkate alınarak yapılan regresyon analizi sonucunda, ilerleme kuvvetinin sertlik, matkap çapı, matkap boyu, kesme hızı, ilerleme hızı ve delik sayısına bağlı olarak tahmin edilmesine yönelik regresyon denklemi Eşitlik 5.1'deki gibi hesaplanmıştır.

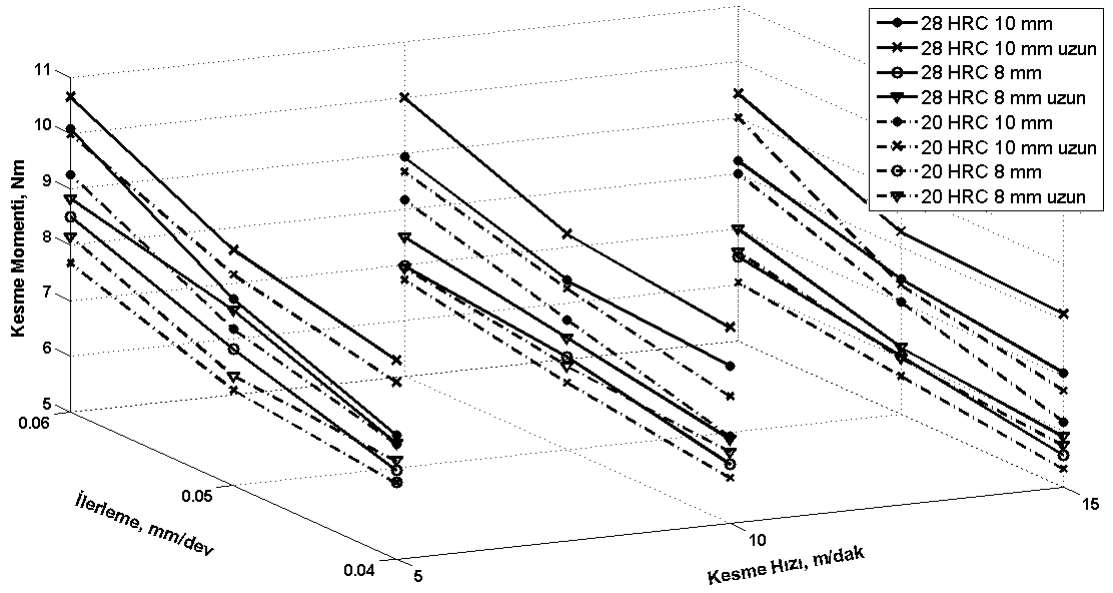
$$\begin{aligned} \text{İlerleme kuvveti} = & -1280,449 + 7,48 * \text{sertlik} + 98,08 * \text{matkap çapı} + 3,032 * \\ & \text{matkap boyu} - 0,935 * \text{kesme hızı} + 4183,2 * \text{ilerleme hızı} + 58,055 * \text{delik sayısı} \\ & (R^2 = 0,927) \end{aligned} \quad (5.1)$$

İlerleme kuvvetleri ile ilgili olarak genel bir değerlendirme aşağıdaki gibi yapılabilir.

Matkapla delik delmede elde edilen ilerleme kuvveti, malzeme sertliğinin matkap çapının, ilerleme hızının, delik sayısının, matkap uzunluğunun artmasıyla artmış, kesme hızının artmasıyla azalmıştır. Elde edilen bu bulgular J.S. Strenkowski, C.C. Hsieh, A.J. Shih, 2004, C.C. Tsao,*, H. Hocheng, 2008, R.F. Hamade, C.Y. Seif, F. Ismail, 2006, N. S. Mohan, A. Ramachandra, S.M. Kulkarni, 2005, L.B. Zhang, L.J. Wang, X.Y. Liu, H.W. Zhao, X. Wang, H.Y. Luo, 2001 gibi araştırmacıların yaptıkları araştırmaların sonuçlarına paralellik göstermektedir.

5.2. Kesme Momentlerinin Değerlendirilmesi

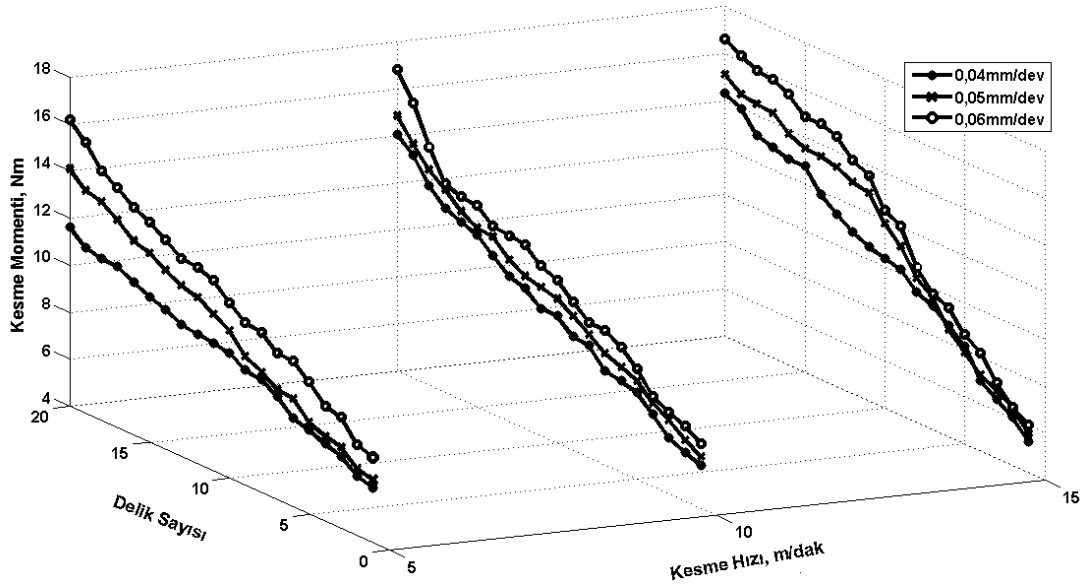
Kesme hızı, ilerleme, matkap boyu, matkap çapı ve malzeme sertliğine göre kesme momentindeki değişim Şekil 5.8'de verilmiştir.



Şekil 5.8. Kesme hızı, ilerleme, matkap boyu, matkap çapı ve iş parçası sertliğine göre kesme momentindeki değişim

Şekil 5.8’de 28 HRC sertliğe sahip AISI D3 ve 20 HRC sertliğe sahip AISI D2 iş parçası malzemelerinin üç farklı ilerleme, üç farklı kesme hızında 8 mm çaplı normal, 8 mm çaplı uzun, 10 mm çaplı normal, 10 mm çaplı uzun matkaplarla delinmesinde ölçülen kesme momenti verileri görülmektedir. Grafikte ilerleme arttıkça kesme momentinin arttığı, kesme hızının artmasıyla kesme momentinde azalma olduğu, 10 mm çaplı matkapların 8 mm çaplı matkaplara göre ve uzun matkapların normal matkaplara göre kesme momenti değerlerinin daha büyük olduğu görülmektedir.

Şekil 5.9’da ise aynı matkapla birbiri peşi sıra delinen delik sayısına göre kesme momentindeki değişim görülebilir. Ayrıca Şekil 5.9’da kesme hızı, ilerleme ve delik sayısının kesme momentine etkisi de mukayese edilebilir.



Şekil 5.9. Delik sayısı, ilerleme ve kesme hızının kesme momentine etkisi

Şekil 5.9’da delik sayısının da kesme parametrelerine eklenmesiyle 20 HRC sertliğe sahip AISI D2 malzemenin 8 mm çaplı matkapla üç farklı ilerleme, üç farklı kesme hızı ile peşi sıra delinen 20 deliğin ölçülen kesme momentleri verileri verilmiştir. Deneylerde kullanılan ilerleme hızları arasında kesme momentine etki bakımından fark olduğu, ilerleme ve delik sayısı arttıkça kesme momentinin arttığı, kesme hızının artmasıyla kesme momentinin az da olsa azaldığı görülmektedir. Bununla birlikte 0,04 mm/dev ve 0,05 mm/dev ilerleme hızlarında elde edilen kesme momentlerinin birbirine daha yakın olduğu 0,06 mm/dev ilerleme hızlarındaki kesme momentlerinin ise diğerlerinden daha büyük olduğu görülmektedir.

Deney parametrelerinin kesme momentine etkisini istatistiksel olarak değerlendirmek için yapılan varyans analizi Çizelge 5.4’de verilmiştir. Bu araştırma için H_0 ve H_1 hipotezleri aşağıdaki gibi yazılabilir.

H_0 = Malzeme sertliği, matkap çapı, matkap boyu, kesme hızı, ilerleme ve delik sayısının kesme momentinde etkisi yoktur.

H_1 = Malzeme sertliği, matkap çapı, matkap boyu, kesme hızı, ilerleme ve delik sayısının kesme momentinde etkisi vardır.

Çizelge 5.4. Kesme momentine etkili faktörlerin varyans analizi

Kaynak	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P
Sertlik	1	19,453	19,453	11,08	0,0009
Matkap Çapı	1	841,213	841,213	479	<,0001
Matkap Boyu	1	291,860	291,860	166,19	<,0001
Kesme hızı	2	244,4	122,200	69,58	<,0001
İlerleme	2	1454,911	727,455	414,22	<,0001
Delik Sayısı	19	6514,851	342,886	195,25	<,0001
Hata	1285	2256,698	1,7561		
Toplam	1311	11249,95			

Çizelgeye bakıldığında kesme momentine etki eden tüm deney parametrelerinin P değeri %5'in altındadır. Bu sonuçlara göre H_0 hipotezi reddedilip H_1 hipotezi kabul edilip malzeme sertliği, matkap çapı, matkap boyu, kesme hızı, ilerleme ve delik sayısının kesme momenti üzerinde etkisi vardır denilebilir. Deney parametrelerinin kesme momentine etkilerinin büyüklüğü Çizelge 5.5'de ki korelasyon katsayılarından anlaşılabilir.

Çizelge 5.5. Deney parametrelerinin kesme momenti için korelasyon katsayıları

Deney Değişkenleri	Sertlik	Matkap çapı	Matkap boyu	Kesme hızı	İlerleme hızı	Delik sayısı
Kesme Momenti	-0,038	0,266	0,134	-0,023	0,342	0,738
Korelasyon katsayısının önemi	0,159	<,0001	<,0001	0,403	<,0001	<,0001

Bu katsayılara bakıldığında en büyük etkiye delik sayısı ve ilerleme hızının en az etkiye ise kesme hızı ve sertliğin sahip olduğu görülmektedir.

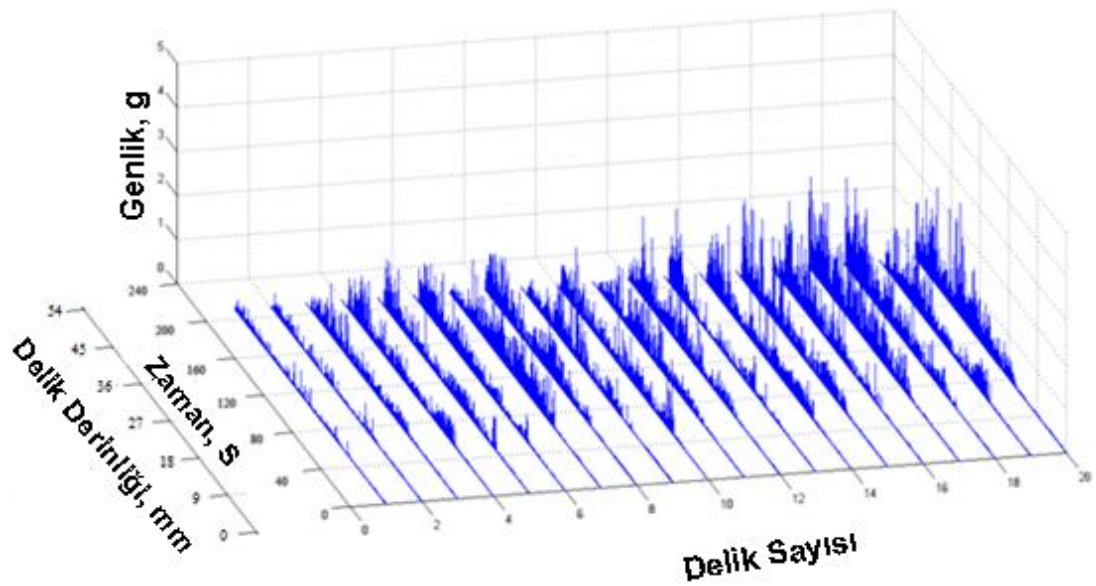
Ana etkiler dikkate alınarak yapılan regresyon analizi sonucunda, ilerleme kuvvetinin sertlik, matkap çapı, matkap boyu, kesme hızı, ilerleme hızı ve delik sayısına bağlı olarak tahmin edilmesine yönelik regresyon denklemi Eşitlik 5.2'deki gibi hesaplanmıştır.

$$\text{Moment} = -5,437 - 0,014 \cdot \text{sertlik} + 0,552 \cdot \text{matkap çapı} + 0,017 \cdot \text{matkap boyu} - 0,017 \cdot \text{kesme hızı} + 111,736 \cdot \text{ilerleme hızı} + 0,384 \cdot \text{delik sayısı} \quad (R^2 = 0,841) \quad (5.2)$$

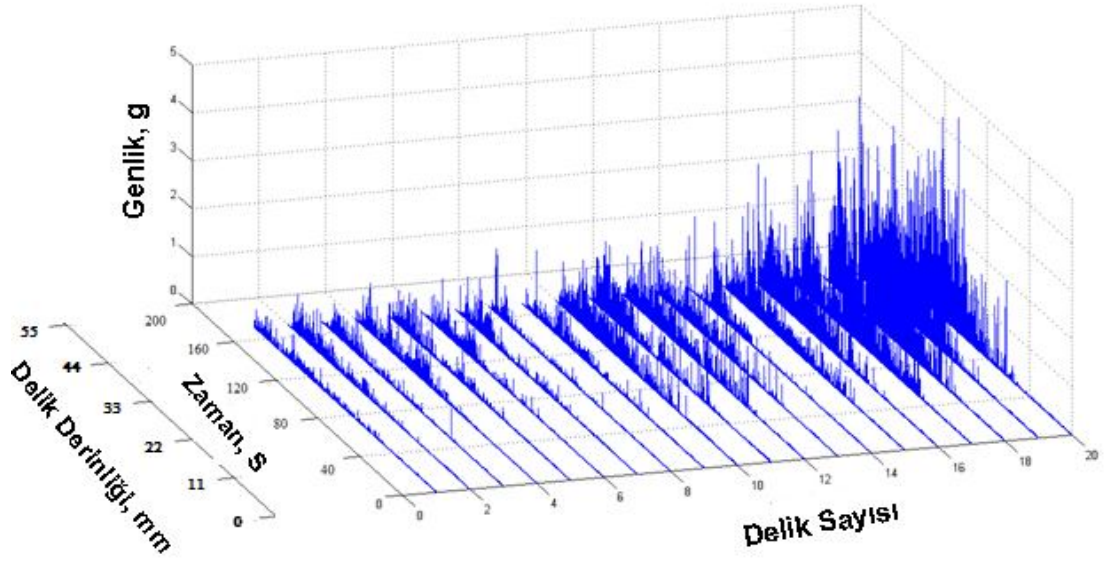
Matkapla delik delmede elde edilen kesme momenti, malzeme sertliğinin matkap çapının, ilerleme hızının, delik sayısının, matkap uzunluğunun artmasıyla artmış, kesme hızının artmasıyla azalmıştır. Elde edilen bu bulgular Young, J., C., Min, S. P., Chong, N., C., 2009, Zhu, L., Wang, J., 2006, Kim, D., Ramulu, M., 2004, gibi araştırmacıların yaptıkları çalışmalarların sonuçlarıyla paralellik göstermektedir.

5.3. Titreşim Verilerinin Değerlendirilmesi

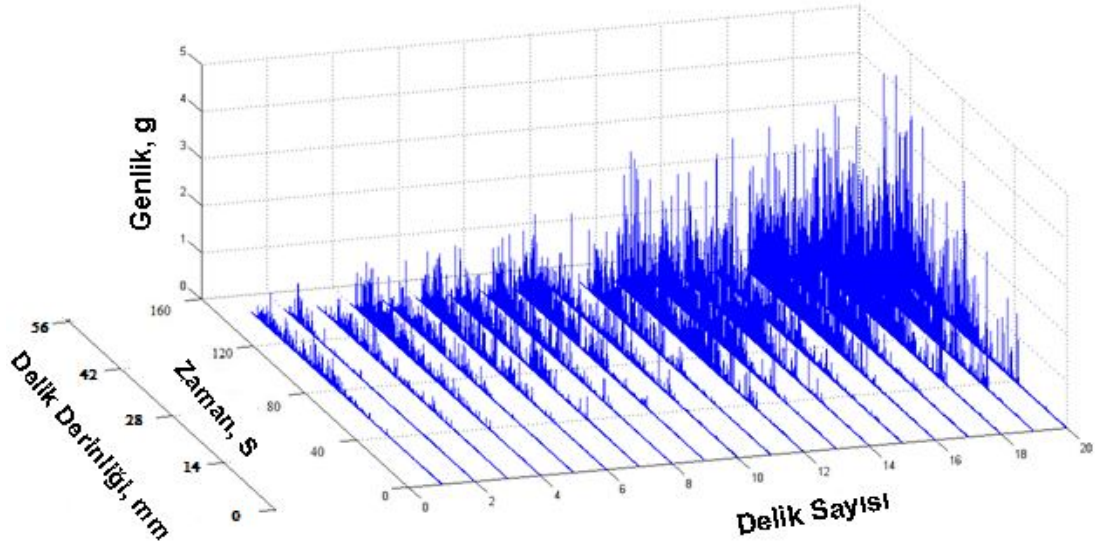
10 m/dak kesme hızının üç farklı ilerleme kombinasyonunda 8 mm çaplı matkapların AISI D2 iş parçası malzemesini 50 mm boyunda 20 delik delmesi sürecindeki titreşim genliğinin değişimi Şekil 5.10, Şekil 5.11 ve Şekil 5.12’de verilmiştir.



Şekil 5.10. 10 m/dak kesme hızı ve 0,04 mm/dev ilerlemede delik sayısı ve zamanın titreşime etkisi



Şekil 5.11. 10 m/dak kesme hızı ve 0,05 mm/dev ilerlemede delik sayısı ve zamanın titreşime etkisi

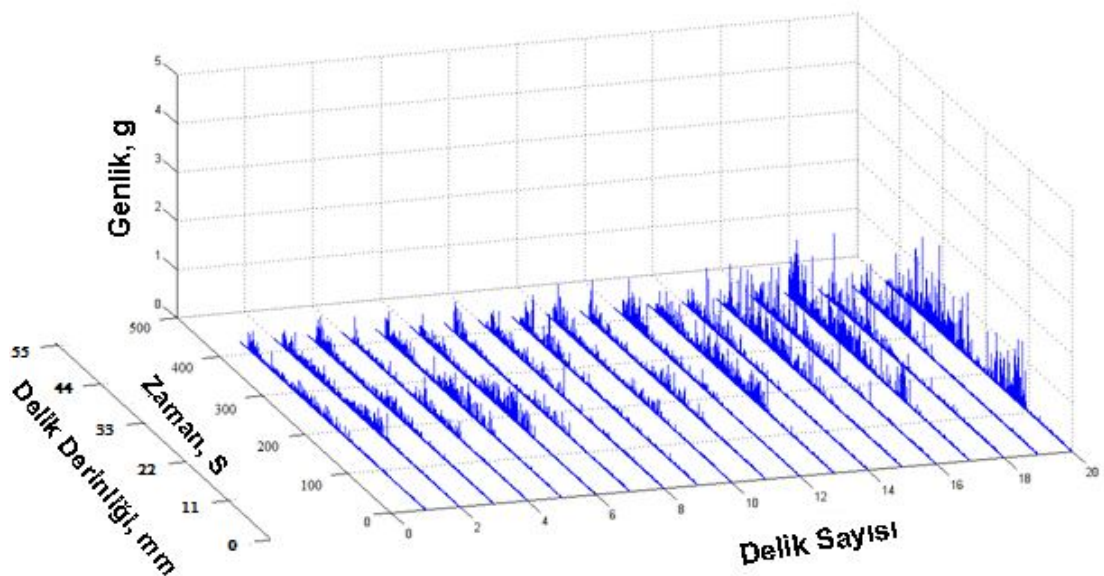


Şekil 5.12. 10 m/dak kesme hızı ve 0,06 mm/dev ilerlemede delik sayısı ve zamanın titreşime etkisi

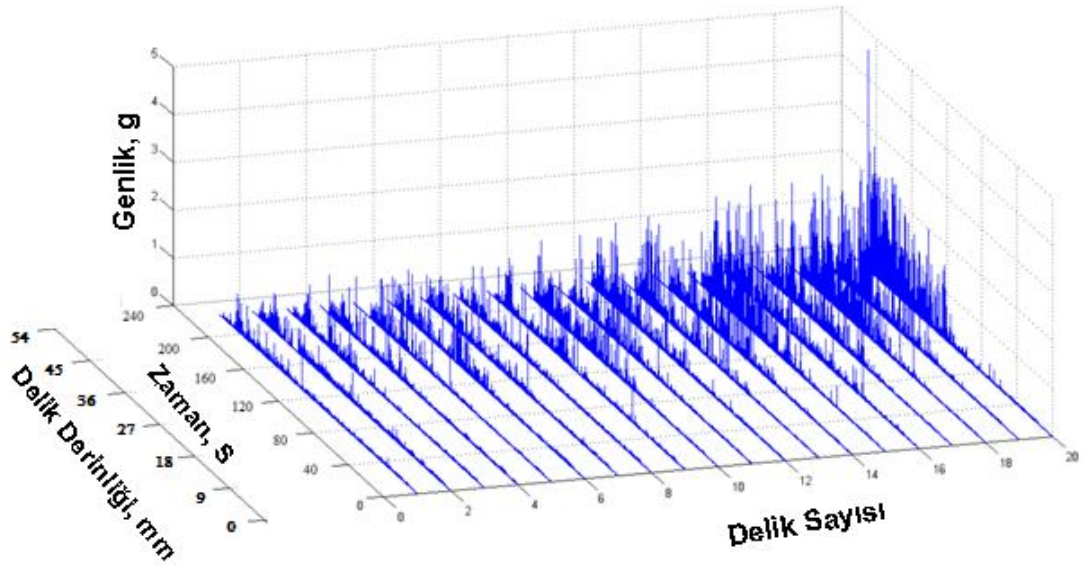
Üç grafikte de delik derinliği ve delik sayısının artmasıyla titreşim genliğinin arttığı görülmektedir. Ayrıca deneyler için seçilen en düşük ilerleme hızı olan 0,04 mm/dev'de titreşim değerlerinin en küçük seviyede olduğu, ilerleme hızının artmasıyla 0,05 mm/dev ve 0,06 mm/dev titreşim büyüklüklerinin arttığı, en büyük ilerleme değeri olan 0,06 mm/dev ise titreşim değerlerinin en büyük seviyede olduğu

ve diğer ilerleme değerlerine göre daha hızlı arttığı görülmektedir. Yani Şekil 5.12’de titreşim genliği 12. delikten sonra 2 g değerinin üzerine çıkmasına rağmen Şekil 5.11’de 17. delikten sonra titreşim genliği 2 g değerine ulaşmıştır. Şekil 5.10’da ise titreşim genliğinin 20. delikte 2 g’ye ulaştığı görülmektedir. Ayrıca aynı matkapla ilk delik delindiğinde ölçülen maksimum titreşim genliği ile 20. Delik delindiğinde ölçülen maksimum titreşim genliği artışı 0,04 mm/dev ilerleme hızında %359, 0,05 mm/dev ilerleme hızında %529, 0,06 mm/dev ilerleme hızında %593’dur. Yani en büyük artış en yüksek ilerleme değeri olan 0,06 mm/dev’de meydana gelmiştir. Bunun sebebinin ilerleme hızının artmasıyla aşınmanın artması ve aşınmanın da titreşimi olumsuz etkilemesi olduğu düşünülmektedir. Ayrıca ilerleme hızının artmasına mukabil titreşim ivme seviyelerinin artmasının sebebinin de takım tezgahının daha fazla güce ihtiyaç duyması ve dolayısı ile kesme frekanslarını olumsuz yönde etkilemesi olduğu düşünülmektedir [48].

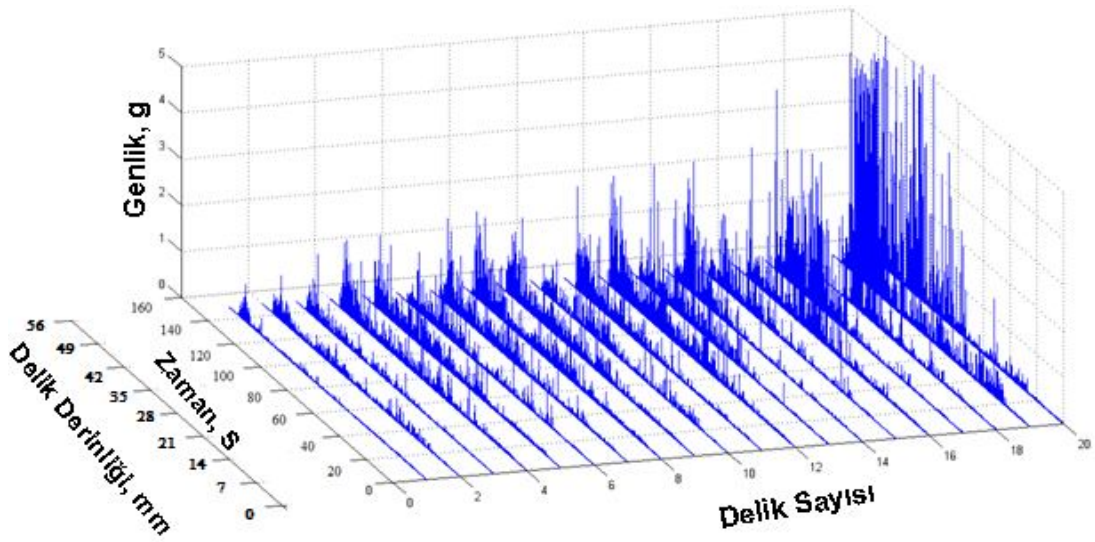
Kesme hızının titreşim genliği üzerindeki etkisini incelemek için AISI D2 iş parçası malzemesinin 8 mm çaplı matkaplarla, sabit 0,05 mm/dev ilerlemede ve 5 m/dak, 10 m/dak ve 15 m/dak kesme hızlarıyla delinmesinde, zaman ve delik sayısının artmasının titreşim genliğine etkisini gösteren grafikler Şekil 5.13, Şekil 5.14 ve Şekil 5.15’de verilmiştir.



Şekil 5.13. 0,05 mm/dev ilerleme 5 m/dak kesme hızında delik sayısı ve zamanın titreşime etkisi



Şekil 5.14. 0,05 mm/dev ilerleme 10 m/dak kesme hızında delik sayısı ve zamanın titreşime etkisi

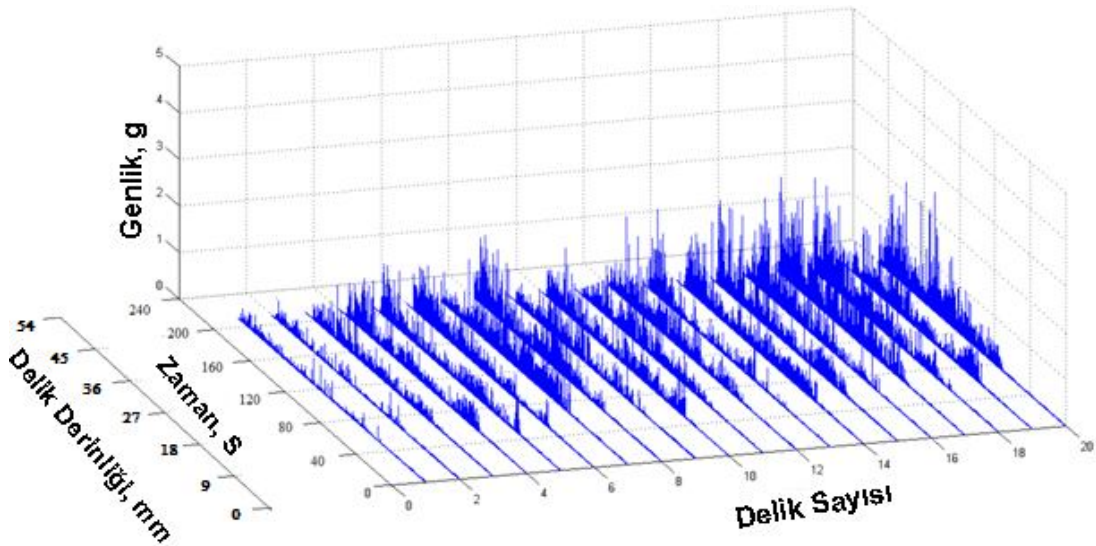


Şekil 5.15. 0,05 mm/dev ilerleme 15 m/dak kesme hızında delik sayısı ve zamanın titreşime etkisi

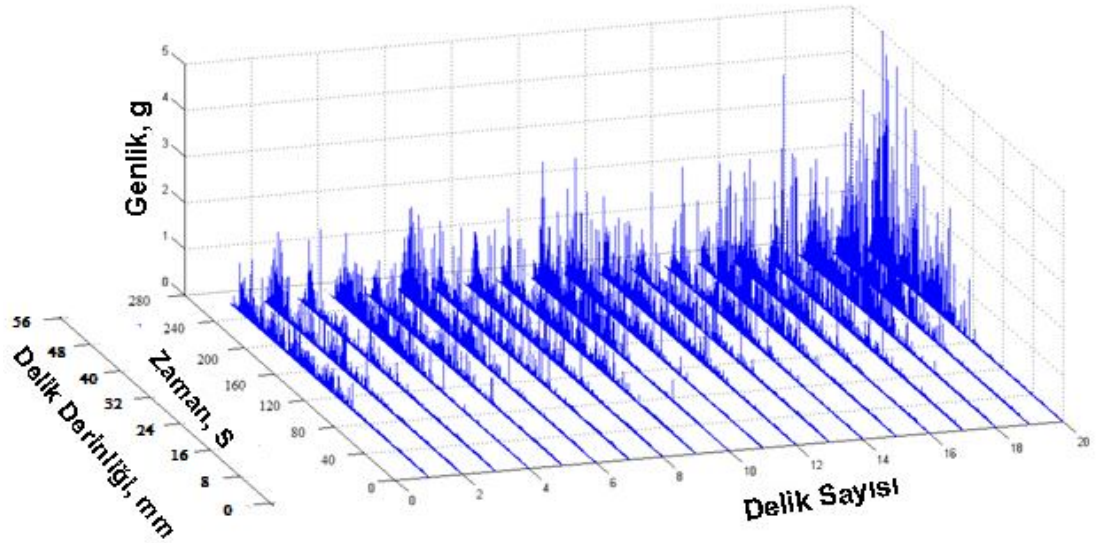
Üç grafikte de matkaplarla delinen delik sayısı ve delik derinliği arttıkça titreşim genliklerinin arttığı açık bir şekilde görülmektedir. Şekil 5.13, Şekil 5.14 ve Şekil 5.15'i tek tek değerlendirirsek ilk deliklerde en küçük titreşim değerlerinin 15 m/dak kesme hızında olduğu fakat delik sayısı arttıkça 5 m/dak kesme hızında titreşim

genliğinin daha yavaş arttığı ve en küçük titreşim değerlerinin 5 m/dak kesme hızında olduğu, en büyük titreşim değerlerinin ise 15 m/dak kesme hızında delme yapılandığında elde edildiği görülmektedir. Dolayısıyla kesme hızı arttığında başlangıçta titreşim seviyeleri düşük olmuş fakat delik sayısı arttıkça kesme hızının artması titreşim genliğini arttırmıştır. Kesme hızlarının artması ile titreşim ivmesinin artmasının sebebi kesici takımın kendi eksenini etrafında dönmesinden kaynaklanan radyal, aksenal ve teğetsel kuvvetlerden ve kesici takım ile iş parçası arasında birim zamanda meydana gelen sürtünmenin artması ve boşta geçen zamanın azalmasından kaynaklandığı düşünülmektedir [48]. Ayrıca aynı matkapla ilk delik delindiğinde ölçülen maksimum titreşim genliği ile 20. delindiğinde ölçülen maksimum titreşim genliği artışı 5 m/dak kesme hızında %300, 10 m/dak kesme hızında %588, 15 m/dak kesme hızında %593'dür. Yani en büyük artış en yüksek kesme hızı değeri olan 15 m/dak kesme hızında meydana gelmiştir. Bunun sebebinin yüksek kesme hızlarında aşınmanın artması ve aşınmanında titreşim genliğini arttırmış olduğu söylenebilir.

Farklı çaplardaki matkapların titreşime etkisi Şekil 5.16 ve Şekil 5.17 'de verilmiştir.



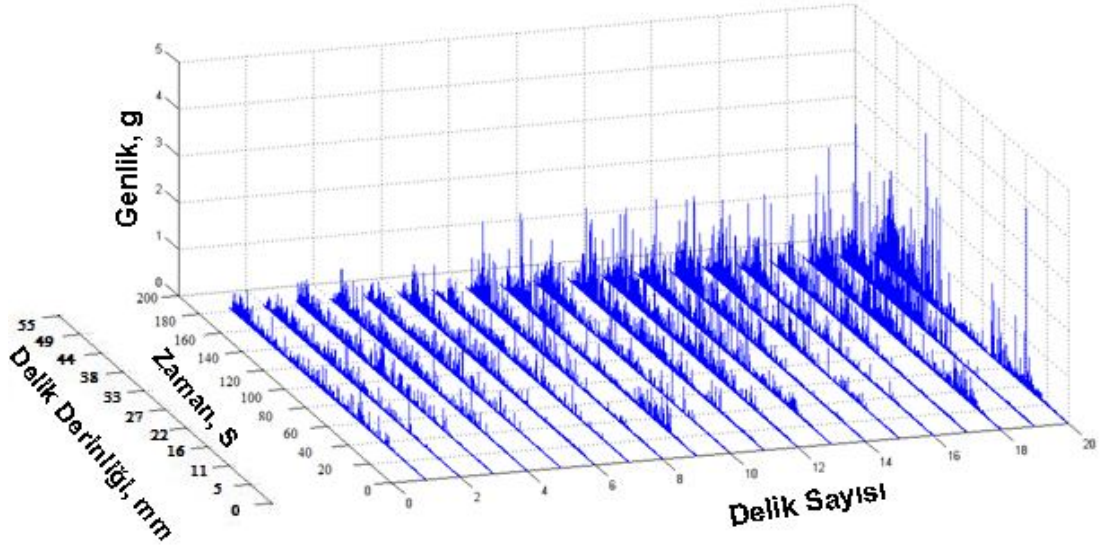
Şekil 5.16. 8 mm çaplı matkapla delik sayısı ve zamanın titreşime etkisi



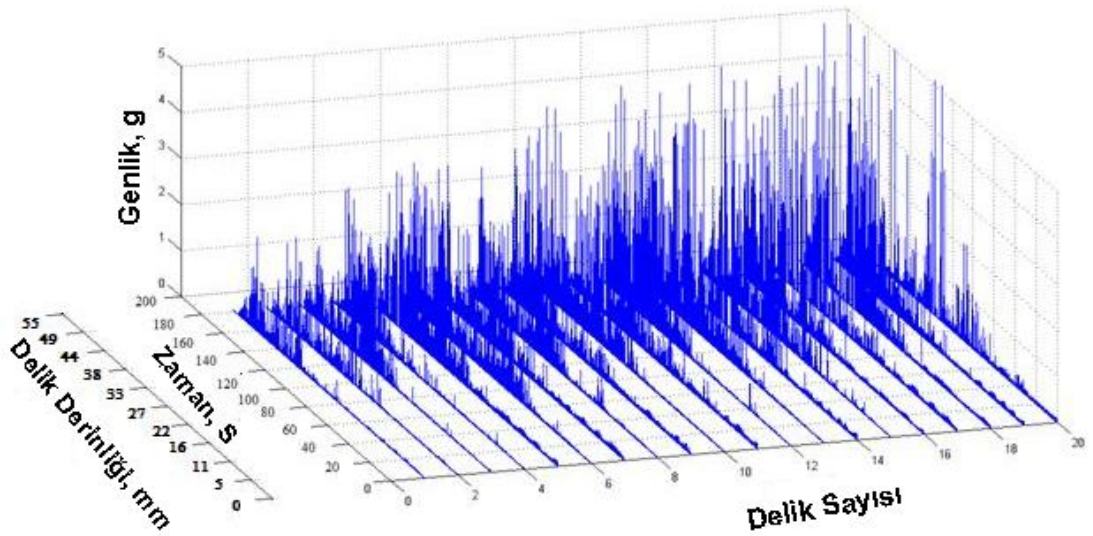
Şekil 5.17. 10 mm çaplı matkapla delik sayısı ve zamanın titreşime etkisi

Şekil 5.16 ve Şekil 5.17’de AISI D2 iş parçası malzemesi sabit kesme hızı ve sabit ilerlemeyle farklı çaplardaki (Ø8 mm ve Ø10 mm) matkaplarla delinmesi sırasında titreşim değerleri görülmektedir. Grafiklerde 10 mm çaplı matkapla delik delinmesinde elde edilen titreşim değerlerinin 8 mm çaplı matkapla delik delinmesinde elde edilen titreşim değerlerinden daha büyük olduğu ve aynı matkapla delinen delik sayısının ve zamanın artmasıyla titreşim genliklerinin arttığı görülmektedir. Ayrıca ilk deliklere bakıldığında da 10 mm çaplı matkaptaki titreşim genliği seviyelerinin 8 mm çaplı matkaba göre daha büyük olduğu görülmektedir. Titreşim değişimlerine bakıldığında ise 8 mm çaplı matkaptaki ilk delik ile 20. delik arasındaki artış %359, 10 mm çaplı matkaptaki artış %254 olmuştur.

AISI D2 iş parçası malzemesinin sabit kesme hızı (15 m/dak) ve sabit ilerlemede (0,04 mm/dev) 10 mm çaplı 133 mm ve 184 mm uzunluğundaki matkaplarla delinmesinin titreşim genliğine etkisi Şekil 5.18 ve Şekil 5.19’da incelenebilir.



Şekil 5.18. 133 mm'lik matkapta delik sayısı ve zamanın titreşime etkisi

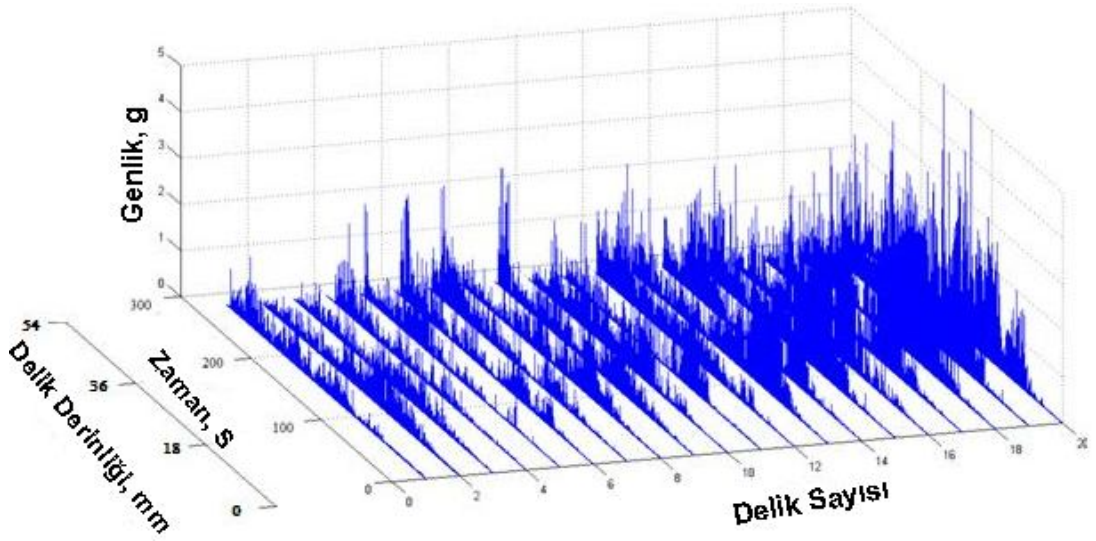


Şekil 5.19. 184 mm'lik matkapta delik sayısı ve zamanın titreşime etkisi

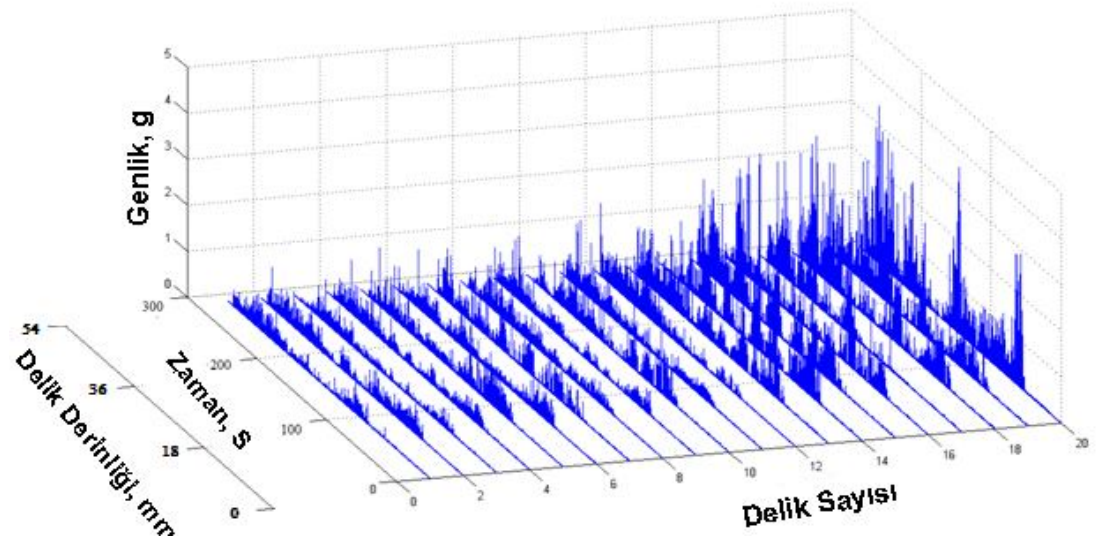
Matkap uzunluğu dışındaki kesme parametrelerinin sabit tutulduğu Şekil 5.18 ve Şekil 5.19'daki grafiklerde uzun matkabin titreşim genliğinin normal matkabin titreşim genliğinden daha büyük olduğu görülmektedir. Yani uzun matkapların daha fazla titreşime sebep olduğu söylenebilir. Bunun yanında delinen delik sayısının ve zamanın artmasıyla titreşim genliğinin arttığı görülmektedir. Ayrıca delinen ilk deliklere bakıldığında da uzun matkapla delik delindeğinde ortaya çıkan titreşimin normal matkaba göre daha büyük olduğu görülmektedir. Titreşim değişimlerine

bakıldığında ise 133 mm uzunluğundaki matkapta ilk delik ile 20. delik arasındaki artış %457, 188 mm çaplı matkaptaki artış %196 olmuştur.

Araştırmalarda kullanılan 28 HRC sertliğe sahip AISI D3 ve 20 HRC sertliğe sahip AISI D2 iş parçası malzemelerinin delinmesinde ortaya çıkan titreşim değerleri Şekil 5.20 ve Şekil 5.21’de verilmiştir.



Şekil 5.20. 28 HRC sertlikteki malzemenin delinmesinde delik sayısı ve zamanın titreşimine etkisi



Şekil 5.21. 20 HRC sertlikteki malzemenin delinmesinde delik sayısı ve zamanın titreşimine etkisi

Malzeme sertliğinin titreşim genliğine etkisi Şekil 5.20 ve Şekil 5.21’de karşılaştırıldığında 28 HRC sertlikteki malzemenin 20 HRC sertlikteki malzemeye göre daha büyük titreşim genliğine sebep olduğu görülmektedir. Dolayısıyla malzeme sertliğinin daha yüksek seviyedeki titreşimlere sebep olduğu söylenebilir. İlk deliklerdeki titreşim genliklerine bakıldığında da 28 HRC sertlikteki malzemenin delinmesinde ortaya çıkan titreşim seviyelerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca her iki malzemede de delinen delik sayısı ve zaman arttıkça titreşim genlikleri artmıştır. İlk delik ile 20. delik arasındaki titreşim artışına bakıldığında 20 HRC sertlikteki malzemedeki titreşim değişimi %362, 28 HRC sertlikteki malzemedeki titreşim değişimi %287’dir.

Yukarıda deney bulgularını değerlendirirken ilerlemenin, kesme hızının, matkap çapının, matkap boyunun, sertliğin ve delik sayısına göre titreşim genliğindeki değişimi gösteren grafikler verilmiştir. Aşağıda ise deney parametrelerinin titreşim genliğine etkisi istatistiksel olarak değerlendirilecektir. Bu araştırma için H_0 ve H_1 hipotezleri aşağıdaki gibi yazılabilir.

H_0 = Malzeme sertliği, matkap çapı, matkap boyu, kesme hızı, ilerleme ve delik sayısının titreşim genliği üzerinde etkisi yoktur.

H_1 = Malzeme sertliği, matkap çapı, matkap boyu, kesme hızı, ilerleme ve delik sayısının titreşim genliği üzerine etkisi vardır.

Kesme parametrelerinin titreşim genliğine etkisini gösteren varyans analizi Çizelge 5.6’da verilmiştir.

Çizelge 5.6. Titreşim genliğine etkili faktörlerin varyans analizi

Kaynak	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P
Sertlik	1	41,188	41,189	39,96	<,0001
Matkap Çapı	1	244,893	244,893	237,61	<,0001
Matkap Boyu	1	16,974	16,974	16,47	<,0001
Kesme hızı	2	469,232	234,616	227,64	<,0001
İlerleme	2	10,941	5,471	5,31	0,0051
Delik Sayısı	19	960,401	50,547	49,04	<,0001
Hata	1285	1324,382	1,0306		
Toplam	1311	3033,675			

Çizelge 5.6'daki P değerlerini incelediğimizde her değişken için yanılma olasılığının %5'in altında olduğu görülüyor. Dolayısıyla H_0 hipotezi reddedilir H_1 hipotezi kabul edilir. Yani varyans analiz tablosunda, ana etkiler olan malzeme sertliği, matkap çapı, matkap boyu, kesme hızı, ilerleme ve delik sayısının titreşim genliği üzerinde etkili olduğu görülmektedir. Dolayısıyla tüm deney parametrelerinin titreşim genliği üzerinde etkisi vardır denilebilir.

Deney parametrelerinin seviyeleri arasında fark olup olmadığının tespiti için Çizelge 5.7'de verilen Duncan analizi yapılmıştır.

Çizelge 5.7. Kesme parametreleri seviyelerinin titreşim büyüklüğüne etkisinin Duncan analizi

İlerleme mm/dev	Titreşim genliği ortalaması, g*	Kesme hızı, m/dak	Titreşim genliği ortalaması, g*	Matkap çapı, mm	Titreşim genliği ortalaması, g*
0,06	2,371 b	15	3,347 a	8	2,964 a
0,05	2,612 a	10	2,482 b	10	2,103 b
0,04	2,628 a	5	1,967 c		
Matkap uzunluğu, mm	Titreşim genliği ortalaması, g*	Malzeme Sertliği, HRC	Titreşim genliği ortalaması, g*	Delik sayısı	Titreşim genliği ortalaması, g*
184, 165	2,622 a	20 (AISI D2)	2,808 a	20	4,368 a
133, 117	2,461 b	28 (AISI D3)	2,218 b	19	3,941 b
				18	3,661 bc
				17	3,377 cd
				16	3,225 ed
				15	3,019 edf
				14	2,904 egf
				13	2,812 gf
				12	2,712 hgf
				11	2,631 higf
				10	2,564 hig
				9	2,528 hig
				8	2,401 hij
				7	2,264 kij
				6	2,045 kjl
				5	1,917 kl
				4	1,750 ml
				3	1,549 nm
				2	1,333 no
				1	1,066 o

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur.

Deney parametrelerinin titreşim genliğine etkilerinin kuvveti Çizelge 5.8'deki korelasyon katsayılarından anlaşılabilir.

Çizelge 5.8. Deney parametrelerinin titreşim için korelasyon katsayıları

Deney Değişkenleri	Sertlik	Matkap çapı	Matkap boyu	Kesme hızı	ilerleme hızı	Delik sayısı
Titreşim	0,1517	0,1822	0,1544	0,1155	0,2486	0,5880
Korelasyon katsayısının önemi	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001

Bu katsayılara bakıldığında titreşime en büyük etkinin delik sayısı ve ilerlemenin sahip olduğu söylenebilir.

Ana etkiler dikkate alınarak yapılan regresyon analizi sonucunda, titreşimin sertlik, matkap çapı, matkap boyu, kesme hızı, ilerleme hızı ve delik sayısına bağlı olarak tahmin edilmesine yönelik regresyon denklemi Eşitlik 5.3'deki gibi hesaplanmıştır.

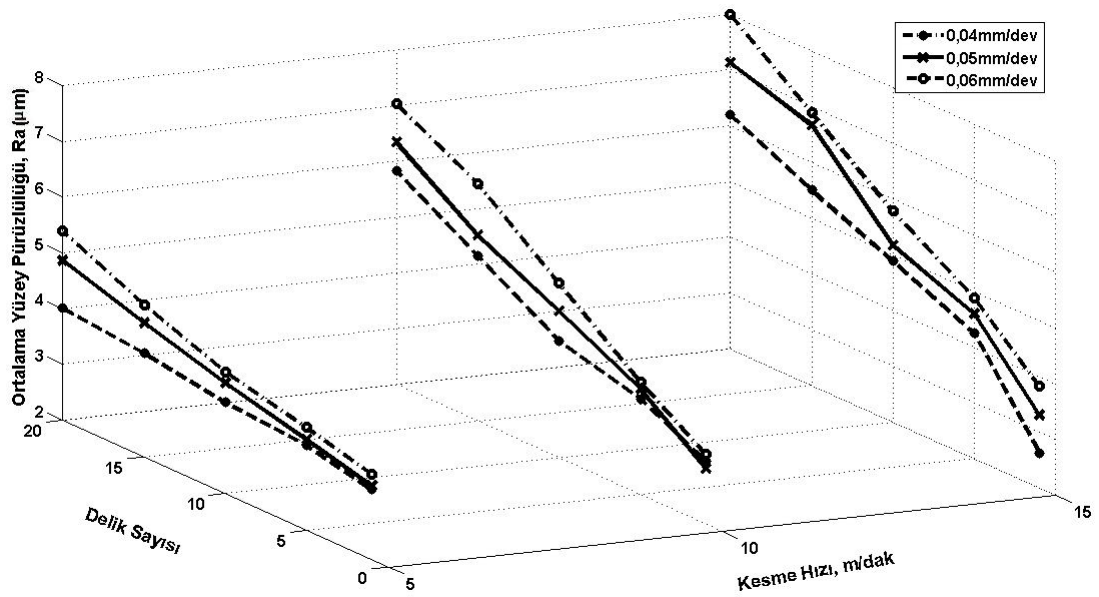
$$\text{Titreşim} = -5,559 - 0,054 * \text{sertlik} - 0,501 * \text{matkap çapı} + 0,004 * \text{matkap boyu} + 0,138 * \text{kesme hızı} - 13,931 * \text{ilerleme hızı} + 13,144 * \text{delik sayısı} \quad (R^2 = 0,560) \quad (5.3)$$

Çizelge 5.8'e bakıldığında deneylerde kullanılan üç farklı kesme hızının, iki farklı çaptaki ve iki farklı uzunluktaki matkapların, 28 HRC ve 20 HRC sertlikteki malzemelerin titreşim genliğine etki bakımından farklı olduğu Duncan analizinde farklı gruplarda yer aldığı görülmektedir. Kullanılan ilerleme hızlarında ise 0,04 mm/dev ve 0,05 mm/dev'in aynı grupta 0,06 mm/dev'in farklı grupta olduğu Duncan analizinde görülebilir.

Matkapla delik delmede meydana gelen titreşim, malzeme sertliğinin, matkap çapının, kesme hızının, ilerlemenin, delik sayısının, matkap uzunluğunun artmasıyla artmıştır. Bulunan bu sonuçlar Tekaüt, İ., Günay, M., Şeker, U., 2009, Yılmaz, V., 2009, Orhan, S., Er, A., O., Camuşcu, N., Aslan, E., 2007, gibi araştırmacıların sonuçlarıyla paralellik göstermektedir.

5.4. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü

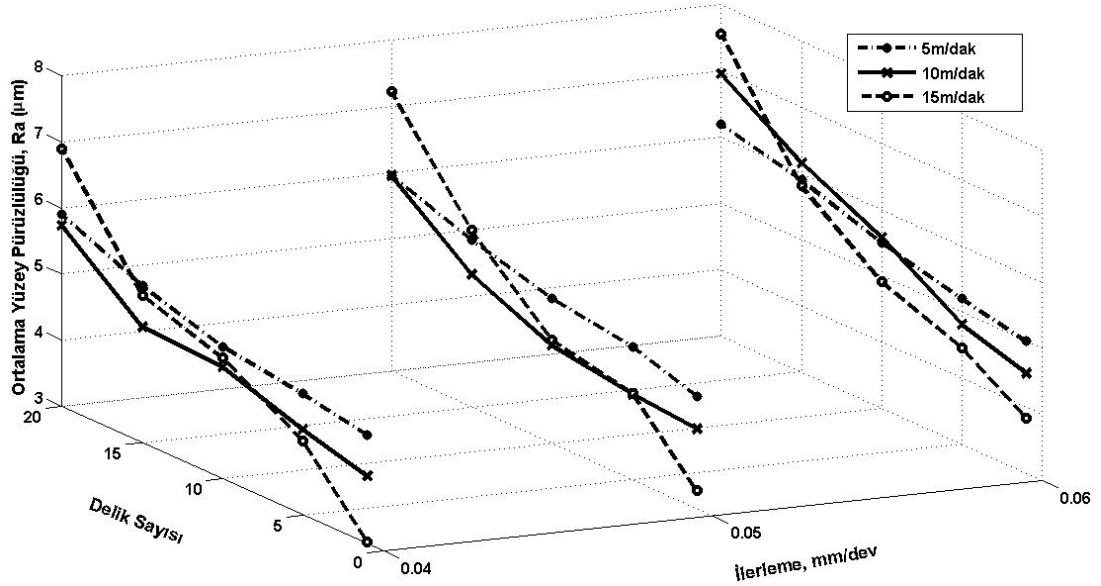
Şekil 5.22’de aynı matkapla birbiri peşi sıra delinen delik sayısına göre yüzey pürüzlülüğündeki değişim görülebilir. Ayrıca Şekil 5.22’de kesme hızı ve ilerlemenin de yüzey pürüzlülüğüne etkisi mukayese edilebilir.



Şekil 5.22. Delik sayısı, ilerleme ve kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi

Şekil 5.22’de 20 HRC sertlikteki malzemenin 8 mm çaplı matkaplarla üç farklı ilerleme, üç farklı kesme hızı ile 20 delik delindikten sonra ölçümleri yapılan yüzey pürüzlülüğü verileri grafiksel olarak verilmiştir. Deneylerde kullanılan ilerleme hızları arasında yüzey pürüzlülüğüne etki bakımından fark olduğu, ilerleme ve delik sayısı arttıkça yüzey pürüzlülüğünün arttığı, kesme hızının artmasıyla ilk delikte düşük olan yüzey pürüzlülüğü değerlerinin hızlı bir şekilde yükseldiği görülmektedir. 20 delik sonundaki yüzey pürüzlülüğü sonuçlarına bakıldığında ise üç ilerleme içinde en büyük değer 15 m/dak kesme hızında, daha sonra 10 m/dak kesme hızında, en küçük değer ise 5 m/dak kesme hızında olduğu görülmektedir. Bunun sebebinin de kesme hızının artmasıyla aşınmanın artması ve yüzey pürüzlülüğü değerlerinin de aşınmayla doğru orantılı olarak artması olduğu söylenebilir.

Kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi daha açık bir şekilde Şekil 5.23’de görülmektedir. Grafikte AISI D2 iş parçası malzemesinin üç farklı ilerleme ve üç farklı kesme hızında 10 mm çaplı matkaplarla delinmesinden sonra ölçülen yüzey pürüzlülüğü değerleri verilmiştir.



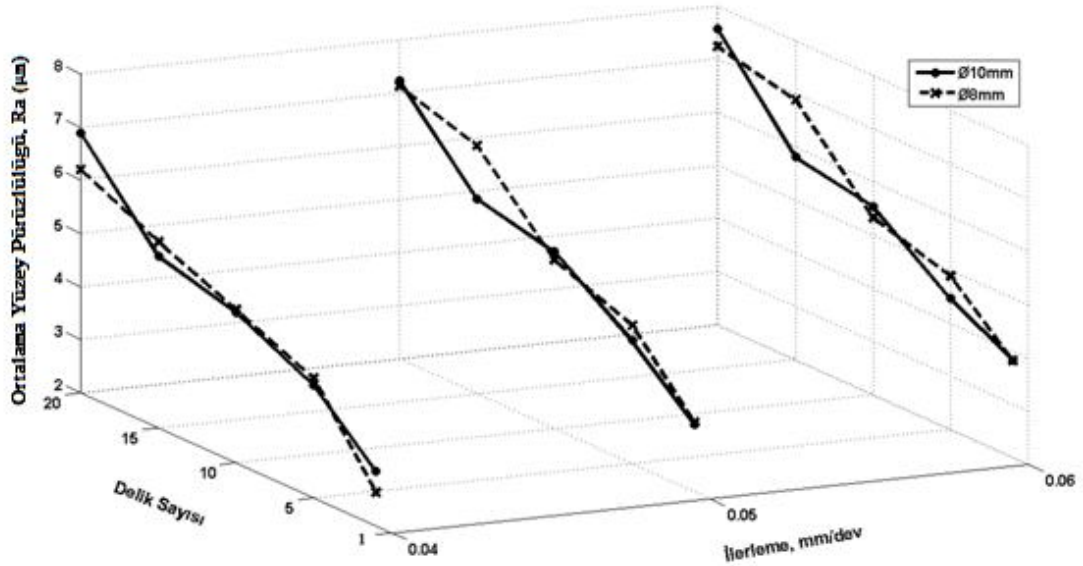
Şekil 5.23. Kesme hızı, ilerleme ve delik sayısının yüzey pürüzlülüğüne etkisi

Şekil 5.23’de ilk deliklere bakıldığında üç ilerleme hızında da en büyük yüzey pürüzlülüğü değerleri 5m/dak kesme hızında, en küçük yüzey pürüzlülüğü değerleri ise 15 m/dak kesme hızında olduğu görülmektedir. Dolayısıyla kesme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülüğü azalmaktadır denilebilir. Fakat bununla birlikte 20. deliğe gelindiğinde bu sıralamanın tersine döndüğü 15 m/dak kesme hızındaki yüzey pürüzlülüğü değerlerinin hızlı bir biçimde arttığı görülmektedir. Bunun sebebinin yüksek kesme hızlarında kesici takımın daha hızlı aşınması olduğu düşünülmektedir. Ayrıca Şekil 5.23’e bakılarak ilerleme ve delik sayısının artmasıyla yüzey pürüzlülüğü değerlerinin arttığı söylenebilir.

Yüksek kesme hızları ve düşük ilerleme miktarları ile kesici takıma birim zamanda düşen talaş miktarının azalacağı ve bu azalmanında yüzey kalitelerinde bir iyileşmeye neden olacağı yapılan araştırmada açıklanmış ve bu durumun aksine

yüksek ilerleme miktarlarının da yüzey pürüzlülüğünü olumsuz yönde etkileyeceği belirtilmiştir [49]. Ayrıca aynı matkapla delinen her delik az da olsa matkabı aşındırmış ve kesici takımın aşınması yüzey pürüzlülüğünü olumsuz etkilemiştir.

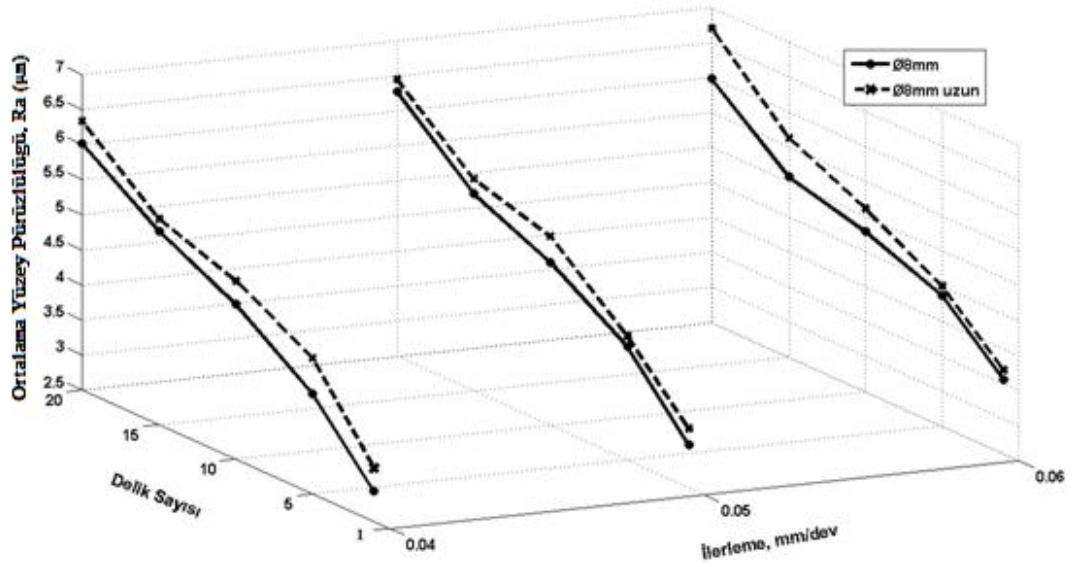
Matkap çaplarının artan delik sayısına göre yüzey pürüzlülüğüne etkisini mukayese etmek için AISI D2 iş parçası malzemesinin üç farklı ilerleme, sabit kesme hızında 8 mm'lik ve 10 mm'lik matkaplarla birbiri peşi sıra 20 delik delindikten sonra ölçülen yüzey pürüzlülüğü değerleri Şekil 5.24'de verilmiştir.



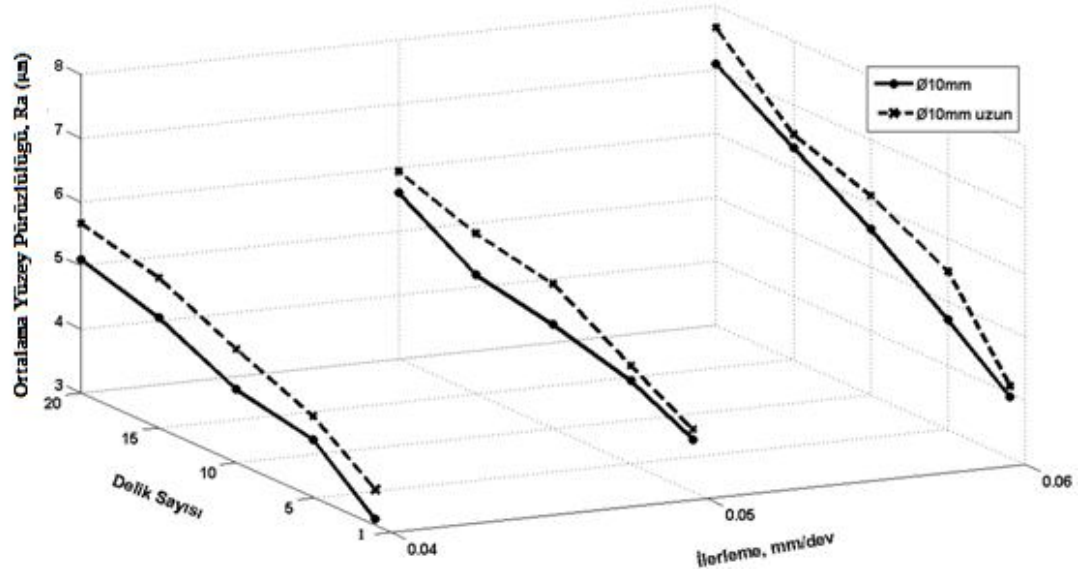
Şekil 5.24. Matkap çapı, ilerleme ve delik sayısının yüzey pürüzlülüğüne etkisi

Şekil 5.24'deki grafikte yüzey pürüzlülüğü değerleri belirli bir düzende, belirli bir eğilimde olmadığı için matkap çaplarının yüzey pürüzlülüğüne etki bakımından bir farkı olmadığı söylenebilir. Ayrıca grafikte ilerlemenin ve delik sayısının artmasının yüzey pürüzlülüğünü arttırdığı da görülmektedir.

Farklı uzunluktaki matkapların yüzey pürüzlülüğüne etkisi Şekil 5.25. ve Şekil 5.26.'daki grafiklerde verilmiştir.



Şekil 5.25. 8 mm çaplı matkapta uzunluk, ilerleme ve delik sayısının yüzey pürüzlülüğüne etkisi

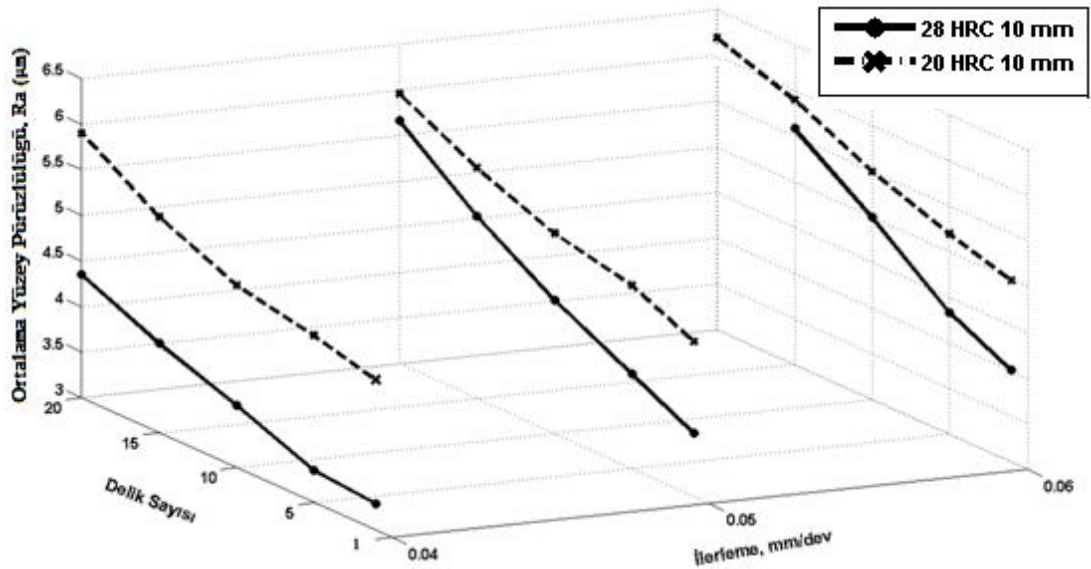


Şekil 5.26. 10 mm çaplı matkapta uzunluk, ilerleme ve delik sayısının yüzey pürüzlülüğüne etkisi

Şekil 5.25 ve Şekil 5.26’da AISI D3 iş parçası malzemesi farklı çap ve farklı uzunluktaki matkaplarla üç farklı ilerleme ve sabit kesme hızında (10 m/dak) delindikten sonra ölçülen yüzey pürüzlülüğü değerleri görülmektedir. Her iki grafikte de uzun matkapların yüzey pürüzlülüğü değerlerinin normal matkapların

yüzey pürüzlülüğü değerlerinden büyük olduğu görülmektedir. Bu sonuçlara dayanarak matkap uzunluğunun artması yüzey pürüzlülüğünü arttırıyor denilebilir. Bununla birlikte ilerlemenin ve delik sayısının artmasıyla yüzey pürüzlülüğünün arttığı görülmektedir.

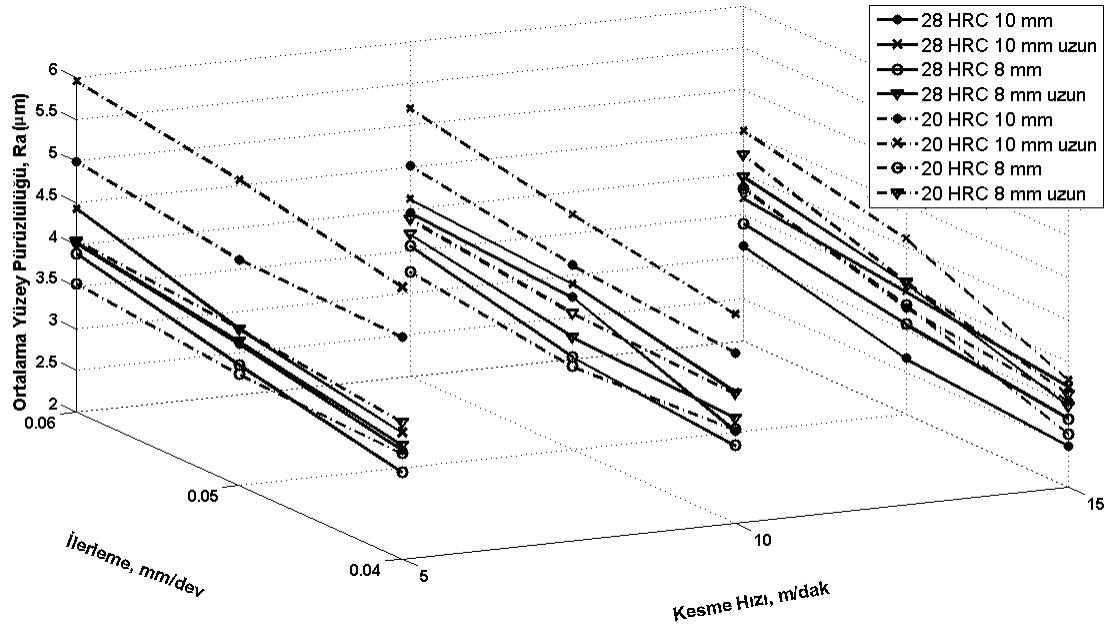
Deneylerde kullanılan 20 HRC sertliğe sahip AISI D2 soğuk iş takım çeliği ve 28 HRC sertliğe sahip AISI D3 soğuk iş takım çeliği malzelerin 10 mm çaplı matkaplarla üç farklı ilerlemede ve sabit kesme hızında (5 m/dak) 20 delik delindikten sonraki yüzey pürüzlülüğü değerleri Şekil 5.27’de verilmiştir.



Şekil 5.27 Malzeme sertliği, ilerleme ve delik sayısının yüzey pürüzlülüğüne etkisi

Şekil 5.27’de üç ilerleme hızında da 20 HRC sertlikteki iş parçası malzemesinin delinmesinde ortaya çıkan yüzey pürüzlülüğü değerlerinin 28 HRC sertlikteki iş parçasının delinmesinde ortaya çıkan yüzey pürüzlülüğü değerlerine göre daha büyük olduğu görülmektedir. Ayrıca grafikte eksik olan verinin sebebi matkabın 17. delikten sonra kırılarak delme yapamamasından dolayıdır.

Şekil 5.28’de delik sayısı haricindeki tüm parametrelerde delinen ilk deliklerdeki yüzey pürüzlülüğü değerleri verilmiştir.



Şekil 5.28. Malzeme sertliği, matkap çapı, matkap boyu, kesme hızı ve ilerlemenin yüzey pürüzlülüğüne etkisi

Şekil 5.28’de 28 HRC sertliğe sahip AISI D3 ve 20 HRC sertliğe sahip AISI D2 iş parçası malzemelerinin üç farklı ilerleme, üç farklı kesme hızında 8 mm çaplı normal ve uzun, 10 mm çaplı normal ve uzun matkaplarla delinmesi esnasında ölçülen yüzey pürüzlülüğü verileri görülmektedir. Grafikte ilerleme arttıkça yüzey pürüzlülüğü değerlerinin arttığı, kesme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülüğü değerlerinde azalma olduğu, uzun matkapların normal matkaplara ve 20 HRC’nin 28 HRC sertliğe göre daha fazla yüzey pürüzlülüğüne sebep olduğu görülmektedir. 10 mm çaplı matkaplar ile 8 mm çaplı matkapların yüzey pürüzlülüğüne etki bakımından farklarının olmadığı söylenebilir.

Yukarıda deney bulgularını değerlendirirken ilerlemenin, kesme hızının, matkap çapının, matkap boynun, sertliğin ve delik sayısına göre yüzey pürüzlülüğündeki değişimi gösteren grafikler verilmiştir. Aşağıda ise deney parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi istatistiksel olarak değerlendirilecektir. Bu araştırma için H_0 ve H_1 hipotezleri aşağıdaki gibi yazılabilir.

H_0 = Malzeme sertliği, matkap boyu, kesme hızı, ilerleme ve delik sayısının yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkisi yoktur.

H_1 = Malzeme sertliği, matkap boyu, kesme hızı, ilerleme ve delik sayısının yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkisi vardır.

H_0 hipotezinin reddine (H_1 hipotezinin kabulüne) veya kabulüne (H_1 hipotezinin reddine) karar vermek için yapılan varyans analizi Çizelge 5.9’da verilmiştir.

Çizelge 5.9. Yüzey pürüzlülüğüne etkili faktörlerin varyans analizi

Kaynak	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P
Sertlik	1	3,6614	3,6614	8,65	0,0035
Matkap çapı	1	1,1630	1,1630	2,75	0,0983
Matkap boyu	1	9,5943	9,5943	22,67	<,0001
Kesme hızı	2	22,772	11,3860	26,91	<,0001
İlerleme	2	15,520	7,76001	18,34	<,0001
Ölçüm sayısı	4	221,697	55,4243	130,97	<,0001
Hata	322	136,267	0,4231		
Toplam	333	410,676			

Çizelge 5.9’daki P değerlerini incelediğimizde matkap çapı dışındaki her değişken için yanılma olasılığının %5’in altında olduğu görülüyor. Dolayısıyla H_0 hipotezi reddedilir H_1 hipotezi kabul edilir. Yani varyans analiz tablosunda, ana etkiler olan malzeme sertliği, matkap boyu, kesme hızı, ilerleme ve delik sayısının yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkili olduğu görülmektedir. Dolayısıyla matkap çapı hariç tüm kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üstünde etkisi vardır denilebilir. Deney parametrelerinin seviyeleri arasında fark olup olmadığının tespiti için Duncan analizi yapılmış ve Çizelge 5.10’da verilmiştir.

Çizelge 5.10. Kesme parametreleri seviyelerine göre ortalama yüzey pürüzlülüğü

İlerleme mm/dev	Yüzey pürüzlülüğü ortalaması, μm^*	Kesme hızı, m/dak	Yüzey pürüzlülüğü ortalaması, μm^*	Matkap çapı, mm	Yüzey pürüzlülüğü ortalaması, μm^*
0,06	4,993 a	15	4,897 a	8	4,788 a
0,05	4,731 b	10	4,945 a	10	4,670 a
0,04	4,480 c	5	4,369 b		
Matkap uzunluğu, mm	Yüzey pürüzlülüğü ortalaması, μm^*	Malzeme Sertliği, HRC	Yüzey pürüzlülüğü ortalaması, μm^*	Delik sayısı	Yüzey pürüzlülüğü ortalaması, μm^*
165, 184	4,902 a	20(AISI D2)	4,827 a	20	5,847 a
117, 133	4,562 b	28(AISI D3)	4,617 b	15	5,412 b
				10	4,836 c
				5	4,234 d
				1	3,610 e

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur.

Çizelge 5.10'a bakıldığında deneylerde kullanılan üç farklı ilerlemenin, iki farklı uzunluktaki matkapların, 28 HRC ve 20 HRC sertlikteki malzemelerin ve delik sayısı yüzey pürüzlülüğüne etki bakımında farklı olduğu görülmektedir.

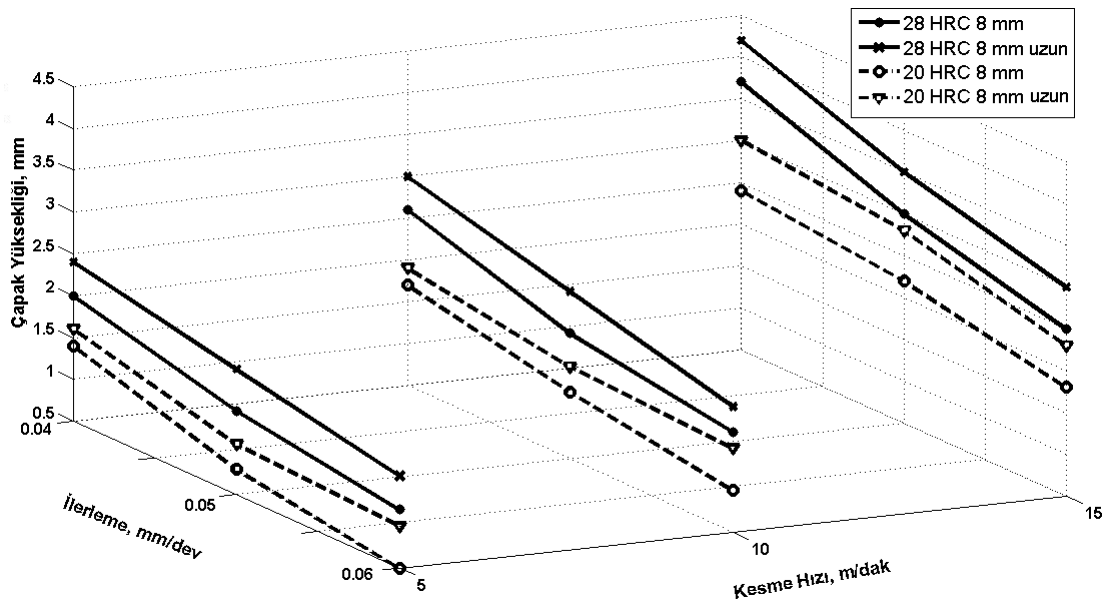
Ana etkiler dikkate alınarak yapılan regresyon analizi eşitlik 5.4'deki gibi hesaplanmıştır.

$$\text{Yüzey Pürüzlülüğü} = -1,113 - 0,006 * \text{Sertlik} + 0,020 * \text{Matkap boyu} + 0,076 * \text{Kesme hızı} + 31,256 * \text{İlerleme hızı} + 0,130 * \text{Delik sayısı} \quad (R^2=0,725) \quad (5.4)$$

Matkapla delik delmede meydana gelen yüzey pürüzlülüğü, delik sayısının, ilerlemenin, matkap uzunluğunun artmasıyla artmış, kesme hızının ve malzeme sertliğinin azalmasıyla azalmıştır. Elde edilen bu bulgular Sanjay, C., Jyothi, C., 2006, Yenen, H., E., Korkut, İ., Turgut, Y., Çiftçi, İ., 2009, Aslan, E., Camuşcu, N., 2005, Lin, T., R., 2002, Kim, D., Ramulu, M., 2004, gibi araştırmacıların sonuçlarıyla paralellik göstermektedir.

5.5. Çıkış Çapaklarının Değerlendirilmesi

Çıkış çapaklarının yüksekliği deneyler gerçekleştirildikten sonra bir komperatör yardımıyla ölçülmüştür. Fakat 10 mm çaplı matkaplarla delinen deliklerin çapakları döküldüğünden dolayı ölçümü yapılamamıştır. Dolayısıyla 10 mm çaplı matkaplar haricindeki diğer deney parametreleri olan kesme hızı, ilerleme, matkap boyu ve sertliğe göre çıkış çapaklarının yüksekliğindeki değişim Şekil 5.29’da verilmiştir.

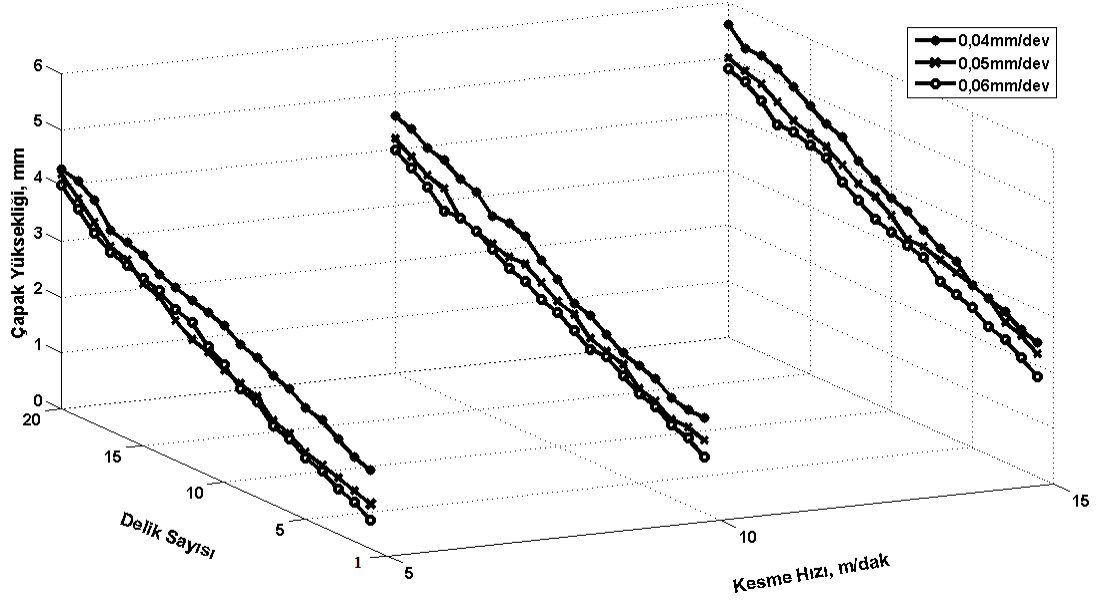


Şekil 5.29. Malzeme sertliği, matkap boyu, kesme hızı ve ilerlemenin çapak yüksekliğine etkisi

Şekil 5.29’da 28 HRC sertliğe sahip AISI D3 ve 20 HRC sertliğe sahip AISI D2 iş parçası malzemelerinin üç farklı ilerleme, üç farklı kesme hızında 8 mm çaplı normal ve uzun matkaplarla delindikten sonra ölçülen çıkış çapağı yüksekliği değerleri açık bir şekilde görülmektedir. Grafikte ilerleme arttıkça çapak yüksekliklerinin azaldığı, kesme hızının artmasıyla çapak yüksekliklerinin arttığı, uzun matkapların normal matkaplara ve 28 HRC sertlikteki malzemenin 20 HRC sertlikteki malzemeye göre daha yüksek çıkış çapağına sebep olduğu görülmektedir.

Şekil 5.30’da ise 20 HRC sertliğe sahip AISI D2 malzemenin 8 mm’lik matkapla üç farklı ilerleme, üç farklı kesme hızı ile birbiri peşi sıra delinen delik sayısına göre

çapak yüksekliğindeki değişim görülebilir. Aynı grafikte kesme hızı, ilerleme ve delik sayısının çapak yüksekliğine etkisi de mukayese edilebilir.



Şekil 5.30. Kesme hızı, ilerleme ve delik sayısının çapak yüksekliğine etkisi

Deneylerde kullanılan ilerleme hızları arasında çapak yüksekliğine etki bakımından fark olduğu ilerlemenin artmasıyla çapak yüksekliğinin azaldığı, ayrıca delik sayısı ve kesme hızının artmasıyla çapak yüksekliğinin arttığı görülmektedir.

Deneyler tamamlandıktan sonra çıkış çapaklarının fotoğrafları çekilmiş ve üç farklı biçimde çapak oluştuğu gözlenmiştir. 15 m/dak, 10 m/dak ve 5 m/dak kesme hızında oluşan çapak çeşitleri sırasıyla Şekil 5.31 Şekil 5.32 ve Şekil 5.33’de verilmiştir.



Şekil 5.31. 15 m/dak kesme hızında oluşan çapak çeşidi (Düzenli)



Şekil 5.32. 10 m/dak kesme hızında oluşan çapak çeşidi (Süreksiz)



Şekil 5.33. 5 m/dak kesme hızında oluşan çapak çeşidi (Taç)

Deney parametrelerinin çapak yüksekliğine etkisinin varyans analizi Çizelge 5.11’de verilmiştir.

Çizelge 5.11. Çapak yüksekliğine etkili faktörlerin varyans analizi

Kaynak	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P
Sertlik	1	83.0404	83.0404	1553.87	<.0001
Matkap boyu	1	33.9123	33.9123	634.57	<.0001
Kesme hızı	2	175.6192	87.8096	1643.11	<.0001
İlerleme	2	87.2569	43.6284	816.38	<.0001
Delik sayısı	19	574.6858	30.2466	565.98	<.0001
Hata	637	34.0419	0.0534		
Toplam	662	988.556			

Çizelge 5.11'deki P değerlerini incelediğimizde ana etkiler olan malzeme sertliği, matkap boyu, kesme hızı, ilerleme ve delik sayısının çapak yüksekliği üzerinde etkili olduğu görülmektedir.

Deney parametrelerinin çapak yüksekliğine etkilerinin kuvveti Çizelge 5.12'deki korelasyon katsayılarından anlaşılabilir.

Çizelge 5.12. Kesme parametrelerinin çapak yüksekliğine etkilerinin kuvvetinin korelasyon katsayıları

Deney Değişkenleri	Sertlik	Matkap boyu	Kesme hızı	ilerleme hızı	Delik sayısı
Çapak Yüksekliği	0.2898	0.1787	0.3683	-0.311	0.6984
Korelasyon katsayısının önemi	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001

Bu katsayılara bakıldığında en büyük etkiye delik sayısının ve kesme hızının en az etkiye ise ilerleme ile matkap boyunun sahip olduğu görülmektedir.

Deney parametrelerinin seviyeleri arasında fark olup olmadığının tespiti için Çizelge 5.13'de verilen Duncan analizi yapılmıştır.

Çizelge 5.13. Kesme parametreleri seviyelerine göre ortalama çapak yükseklikleri

İlerleme mm/dev	Çapak Yüksekliği, mm*	Kesme hızı, m/dak	Çapak Yüksekliği, mm*	Matkap uzunluğu, mm	Çapak Yüksekliği, mm*
0,06	3,071 c	15	4,202 a	184, 165	3,726 a
0,05	3,400 b	10	3,437 b	133, 117	3,289 b
0,04	4,002 a	5	3,042 c		
Malzeme Sertliği, HRC	Çapak Yüksekliği, mm*		Delik sayısı		Çapak Yüksekliği, mm*
20 (AISI D2)	3,172 b		20		4,975 a
28 (AISI D3)	3,882 a		19		4,775 b
			18		4,646 b
			17		4,470 c
			16		4,325 d
			15		4,170 e
			14		4,109 fe
			13		4,016 f
			12		3,868 g
			11		3,729 h
			10		3,550 i
			9		3,358 j
			8		3,188 k
			7		3,011 l
			6		2,925 l
			5		2,791 m
			4		2,605 n
			3		2,400 o
			2		2,233 p
			1		2,069 q

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur.

Çizelge 5.13.'e bakıldığında deneylerde kullanılan üç farklı ilerlemenin, üç farklı kesme hızının, iki farklı uzunluktaki matkapların, 28 HRC ve 20 HRC sertlikteki malzemelerin ve delik sayısının çapak yüksekliğine etki bakımında farklı olduğu, görülmektedir.

Ana etkiler dikkate alınarak yapılan regresyon analizi sonucunda, çapak yüksekliğinin sertlik, matkap boyu, kesme hızı, ilerleme hızı ve delik sayısına bağlı olarak tahmin edilmesine yönelik regresyon denklemi Eşitlik 5.5'deki gibi hesaplanmıştır.

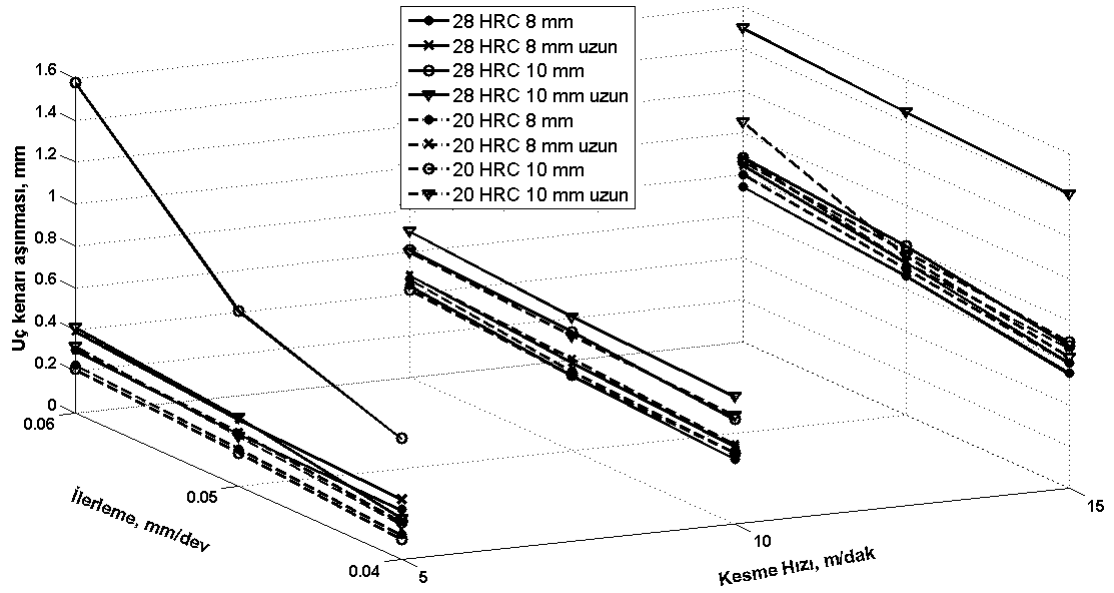
$$\begin{aligned} \text{Çapak Yüksekliği (mm)} = & -1,749 + 0,117 * \text{Sertlik} + 0,011 * \text{Matkap boyu} + 0,146 * \\ & \text{Kesme hızı} - 41,948 * \text{İlerleme hızı} + 0,162 * \text{Delik sayısı} \quad (R^2=0,941) \quad (5.5) \end{aligned}$$

Çapak yüksekliğiyle ilgili olarak aşağıdaki gibi genel bir değerlendirme yapılabilir.

Çapak yüksekliği kesme hızı, delik sayısı, matkap uzunluğu ve malzeme sertliğinin artmasıyla artmış, ilerlemenin artmasıyla azalmıştır. Elde edilen bu sonuçlar M.Ramulu, T. Branson, D. Kim 2001, Eder Silva Costa, Marcia Bacci da Silva, Allison Rocha Machado 2009, Tsann-Rong Lin 2000, Julie M. Steven, David A. Dornfeld 1997, gibi araştırmacıların yaptıkları araştırmaların sonuçlarına paralellik göstermektedir.

5.6. Kesici Takım Aşınmaları

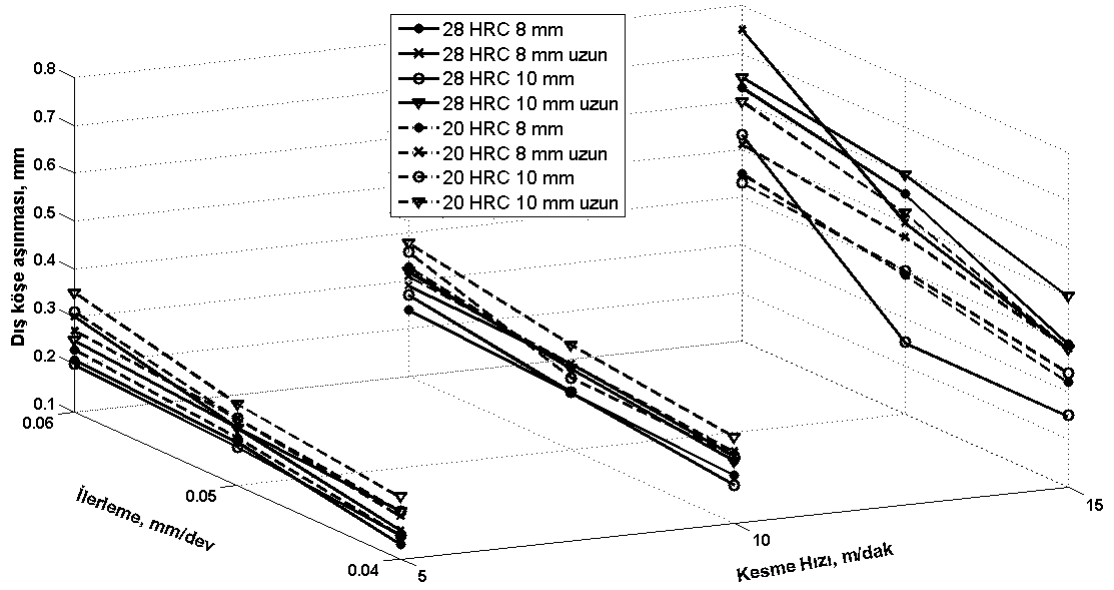
Malzeme çeşidi, ilerleme hızı, kesme hızı gibi parametrelere bağlı olarak delme kesici takımı üstünde farklı aşınma türleri oluşabilir. Literatürde bu aşınmalar dış köşe aşınması, kesici kenar aşınması (flank wear), kesici kenar kırılması, krater aşınması ve uç kenarı (chisel edge) aşınması olarak sınıflandırılmıştır [10]. Bu bölümde kesme parametrelerinin 20 delik delmiş veya 20 deliğe ulaşmadan ömrünü tamamlamış matkaplara etkisi grafikler, istatistiksel yöntemler ve SEM fotoğraflarıyla yorumlanmaya çalışılmıştır. Kesme parametrelerinin matkaplarda gözlemlenen üç çeşit aşınma türüne (uç kenarı, dış köşe ve kesici kenar) etkisi Şekil 5.34, Şekil 5.35 ve Şekil 5.36'daki grafiklerde verilmiştir.



Şekil 5.34. Kesme parametrelerinin uç kenarı aşınmasına etkisi

Şekil 5.34'e bakıldığında kesme hızının ve ilerlemenin artmasıyla uç kenarı aşınmasının arttığı ve en büyük uç kenarı aşınması değerlerinin AISI D3 iş parçası malzemesinin delinmesiyle meydana geldiği görülmektedir. Bununla birlikte 5m/dak kesme hızında en büyük uç kenarı aşınmasının 10mm çaplı matkapta, 10 m/dak ve 15 m/dak kesme hızında ise 10 mm çaplı uzun matkapta meydana geldiği görülmektedir. Yani uç kenarı aşınmasındaki en büyük değerler 28 HRC sertlikteki AISI D3 iş parçasının 10 mm'lik normal ve 10 mm'lik uzun matkaplarla delinmesinde ortaya çıkmıştır.

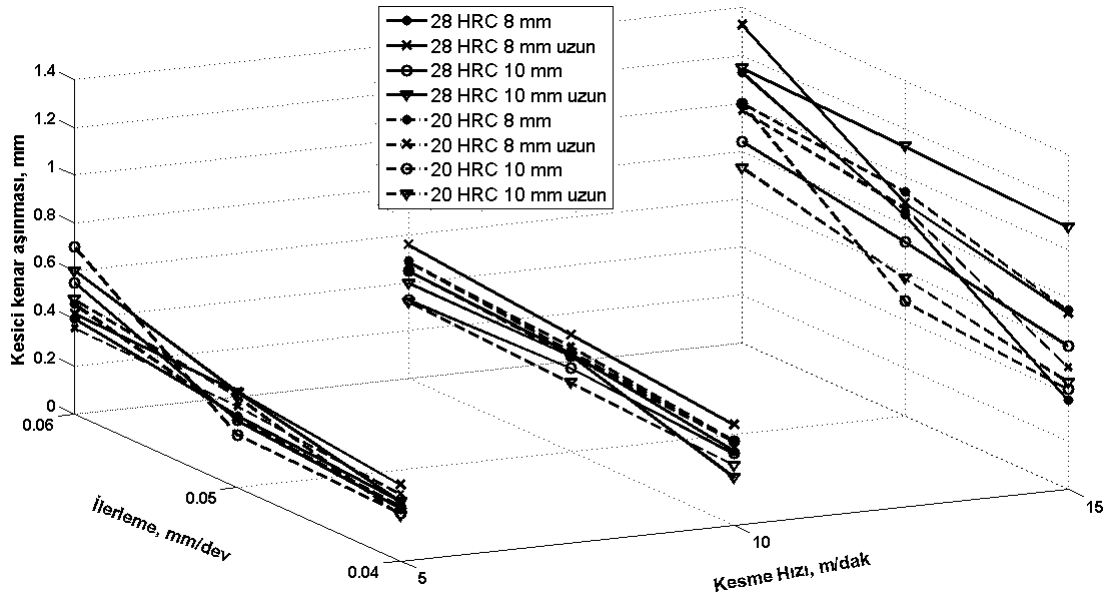
Deney değişkenlerinin dış köşe aşınmasına etkisinin grafiği Şekil 5.35'de verilmiştir.



Şekil 5.35. Kesme parametrelerinin dış köşe aşınmasına etkisi

Şekil 5.35’de kesme hızı ve ilerlemenin artmasının dış köşe aşınmasını arttırdığı görülmektedir. Ayrıca 5 m/dak ve 10 m/dak kesme hızında en büyük dış köşe aşınması değerlerinin 20 HRC sertlikteki AISI D2 iş parçası malzemesinin 10 mm çaplı uzun matkaplarla delinmesinde, 15 m/dak kesme hızında ise 28 HRC sertlikteki AISI D3 iş parçası malzemesinin 10 mm ve 8 mm çaplı uzun matkaplarla delinmesinde meydana geldiği görülmektedir.

Kesme parametrelerinin kesici kenar aşınmasına etkisi Şekil 5.36’daki grafikte verilmiştir.



Şekil 5.36. Kesme parametrelerinin kesici kenar aşınmasına etkisi

Şekil 5.36'da da Şekil 5.34 ve Şekil 5.35'deki gibi kesme hızı ve ilerlemenin artmasıyla aşınma büyüklüğü artmıştır. Yine Şekil 5.36'da 5 m/dak kesme hızında aşınma büyüklüklerinin birbirine çok yakın olduğu kesme hızı arttıkça 10 m/dak ve 15 m/dak kesme hızlarında kesme parametrelerinin kesici kenar aşınmasına etkilerinin belirginleştiği görülmektedir. Ayrıca 10 m/dak kesme hızında en büyük kesici kenar aşınmasının AISI D3 iş parçası malzemesinin 8 mm çaplı uzun matkaplarla delinmesinde, 15 m/dak kesme hızında ise yine AISI D3 iş parçası malzemesinin 8 mm ve 10 mm çaplı uzun matkaplarla delinmesinde meydana geldiği görülmektedir.

Matkaplarda gözlemlenen üç çeşit aşınma türü (uç kenarı, dış köşe ve kesici kenar) için yapılan varyans analizleri ve deney parametrelerinin seviyeleri arasında fark olup olmadığının tespiti için yapılan Duncan analizleri aşağıda verilmiştir.

Çizelge 5.14. Uç kenarı aşınmasına etkili faktörlerin varyans analizi

Kaynak	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P
Sertlik	1	0,3621	0,36216	9,78	0,0027
Matkap çapı	1	0,5335	0,53355	14,4	0,0003
Matkap boyu	1	0,0510	0,05103	1,38	0,2448
Kesme hızı	2	2,6278	1,31390	35,5	<,0001
İlerleme	2	0,3920	0,19603	5,30	0,0075
Hata	62	2,2948	0,03701		
Toplam	69	6,2613			

Çizelge 5.14'e bakıldığında tüm deney parametrelerinin uç kenarı aşınmasına etkili olduğu görülmektedir.

Deney parametrelerinin seviyeleri arasında fark olup olmadığının tespiti için Duncan analizi yapılmış ve Çizelge 5.15'de verilmiştir.

Çizelge 5.15. Kesme parametreleri seviyelerinin uç kenarı aşınmasına etkisinin Duncan analizi

İlerleme mm/dev	Aşınma büyüklüğü, mm*	Kesme hızı, m/dak	Aşınma büyüklüğü, mm*	Matkap çapı, mm	Aşınma büyüklüğü, mm*
0,06	0,639 a	15	0,807 a	10	0,617 a
0,05	0,495 b	10	0,417 b	8	0,447 b
0,04	0,465 b	5	0,341 c		
Matkap uzunluğu, mm	Aşınma büyüklüğü, mm*	Malzeme Sertliği, HRC	Aşınma büyüklüğü, mm*		
165, 184	0,554 a	28 (AISI D3)	0,604 a		
117, 133	0,510 a	20 (AISI D2)	0,460 b		

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur.

Çizelge 5.15'e bakıldığında deneylerde kullanılan üç farklı kesme hızının, iki farklı çaptaki matkapların ve iki farklı sertlikteki malzemelerin uç kenarı aşınmasına etki bakımından fark olduğu görülmektedir.

Ana etkiler dikkate alınarak yapılan regresyon analizi sonucunda, uç kenar aşınmasının sertlik, matkap çapı, kesme hızı ve ilerleme hızına bağlı olarak tahmin edilmesine yönelik regresyon denklemi Eşitlik 5.6'daki gibi hesaplanmıştır.

$$\text{Uç kenar aşınması (mm)} = -1,581 + 0,018 * \text{sertlik} + 0,086 * \text{matkap çapı} + 0,046 * \text{kesme hızı} + 8,839 * \text{ilerleme} \quad (R^2 = 0,594) \quad (5.6)$$

Dış köşe aşınmasına etkili faktörlerin varyans analizi Çizelge 5.16’da verilmiştir.

Çizelge 5.16. Dış köşe aşınmasına etkili faktörlerin varyans analizi

Kaynak	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P
Sertlik	1	0,00009	0,00009	0,03	0,8699
Matkap çapı	1	0,00144	0,00144	0,43	0,5060
Matkap boyu	1	0,06970	0,06970	20,61	<,0001
Kesme hızı	2	0,73917	0,36958	109,2	<,0001
İlerleme	2	0,18050	0,09025	26,68	<,0001
Hata	62	0,20970	0,00338		
Toplam	69	1,20062			

Çizelge 5.16’ya bakıldığında iş parçası malzemesinin sertliği haricindeki diğer kesme parametrelerinin dış köşe aşınmasına etkili olduğu görülmektedir.

Ana etkiler dikkate alınarak yapılan regresyon analizi sonucunda, dış köşe aşınmasının matkap boyu, kesme hızı ve ilerleme hızına bağlı olarak tahmin edilmesine yönelik regresyon denklemi Eşitlik 5.7’deki gibi hesaplanmıştır.

$$\text{Dış kenar aşınması (mm)} = -0,404 + 0,01 * \text{matkap boyu} + 0,023 * \text{kesme hızı} + 6,150 * \text{ilerleme} \quad (R^2 = 0,740) \quad (5.7)$$

Deney parametrelerinin seviyeleri arasında fark olup olmadığının tespiti için yapılan Duncan analizi Çizelge 5.17’de verilmiştir.

Çizelge 5.17. Kesme parametreleri seviyelerinin dış köşe aşınmasına etkisinin Duncan analizi

İlerleme mm/dev	Aşınma büyüklüğü, mm*	Kesme hızı, m/dak	Aşınma büyüklüğü, mm*	Matkap çapı, mm	Aşınma büyüklüğü, mm*
0,06	0,379 a	15	0,466 a	10	0,321 a
0,05	0,314 b	10	0,269 b	8	0,312 a
0,04	0,260 c	5	0,227 c		
Matkap uzunluğu, mm	Aşınma büyüklüğü, mm*	Malzeme Sertliği, HRC	Aşınma büyüklüğü, mm*		
165, 184	0,348 a	28 (AISI D3)	0,316 a		
117, 133	0,285 b	20 (AISI D2)	0,318 a		

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur.

Çizelge 5.17.'e bakıldığında deneylerde kullanılan üç farklı ilerlem, üç farklı kesme hızı ve iki farklı uzunluktaki matkabin dış köşe aşınmasına etki bakımından farklı olduğu görülmektedir.

Kesici kenar aşınmasına etkili faktörlerin varyans analizi Çizelge 5.18'de verilmiştir.

Çizelge 5.18. Kesici kenar aşınmasına etkili faktörlerin varyans analizi

Kaynak	SD	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P
Sertlik	1	0,24757	0,24757	4,53	0,0373
Matkap çapı	1	0,00924	0,00924	0,17	0,6823
Matkap boyu	1	0,20972	0,20972	3,84	0,0546
Kesme hızı	2	2,43870	1,21935	22,32	<,0001
İlerleme	2	0,73397	0,36698	6,72	0,0023
Hata	62	3,38750	0,05463		
Toplam	69	7,02672			

Çizelge 5.18'deki varyans analizi tablosuna bakıldığında matkap çapı haricindeki kesme parametrelerinin kesici kenar aşınmasına etkili olduğu görülmektedir.

Kesici kenar aşınmasına etkili deney parametrelerinin seviyeleri arasında fark olup olmadığının tespiti için yapılan Duncan analizi Çizelge 5.19'da verilmiştir.

Çizelge 5.19. Kesme parametreleri seviyelerinin kesici kenar aşınmasına etkisinin Duncan analizi

İlerleme mm/dev	Aşınma büyüklüğü, mm*	Kesme hızı, m/dak	Aşınma büyüklüğü, mm*	Matkap çapı, Mm	Aşınma büyüklüğü, mm*
0,06	0,613 a	15	0,791 a	8	0,529 a
0,05	0,556 a	5	0,402 b	10	0,503 a
0,04	0,385 b	10	0,377 b		
Matkap uzunluğu, mm	Aşınma büyüklüğü, mm*	Malzeme Sertliği, HRC	Aşınma büyüklüğü, mm*		
165, 184	0,569 a	28 (AISI D3)	0,576 a		
117, 133	0,463 a	20 (AISI D2)	0,457 b		

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur.

Çizelge 5.19.'a bakıldığında deneylerde kullanılan farklı sertlikteki malzemelerin kesici kenar aşınmasına etki bakımından farklı olduğu görülmektedir.

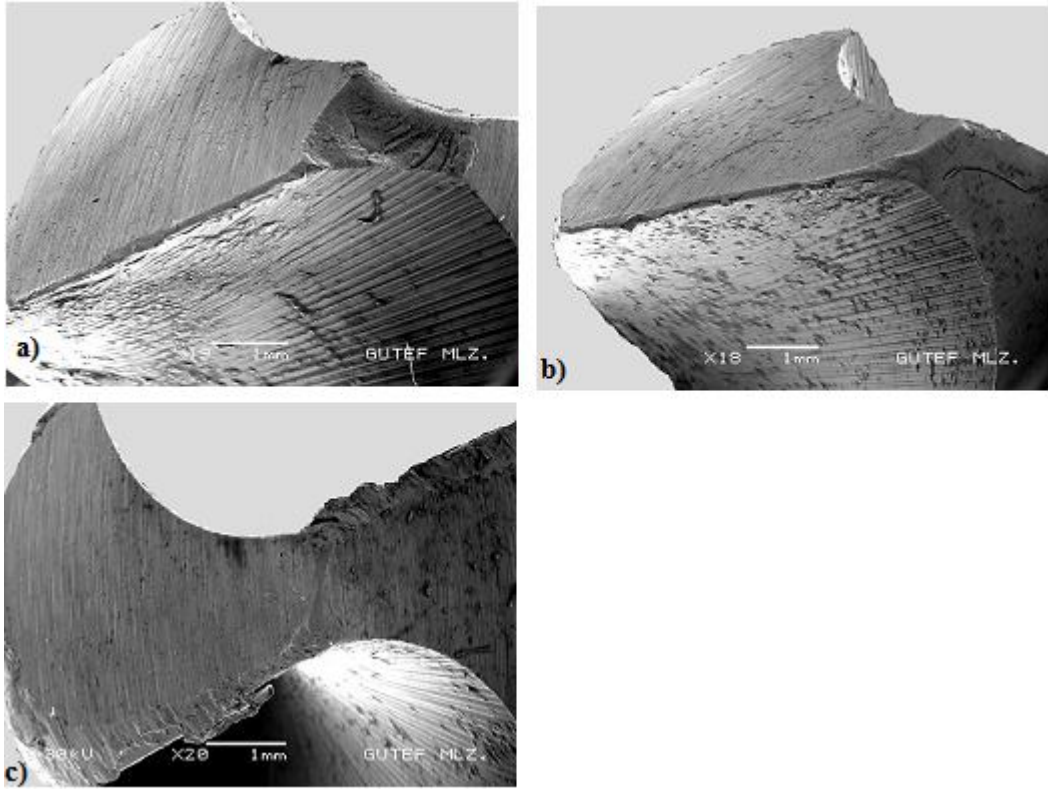
Ana etkiler dikkate alınarak yapılan regresyon analizi sonucunda, kesici kenar aşınmasının sertlik, matkap boyu, kesme hızı ve ilerleme hızına bağlı olarak tahmin edilmesine yönelik regresyon denklemi Eşitlik 5.8'deki gibi hesaplanmıştır.

$$\text{Kesici kenar aşınması (mm)} = -1,15 + 0,014 * \text{sertlik} + 0,002 * \text{matkap boyu} + 0,038 * \text{kesme hızı} + 11,65 * \text{ilerleme} \quad (R^2 = 0,395) \quad (5.8)$$

Yukarıda aşınma çeşitleri grafikler ve istatistiksel yöntemlerle yorumlanmaya çalışılmıştır. Aşağıda ise kesme parametrelerinin kesici takım aşınmasına etkisi fotoğraflar yardımıyla yorumlanmaya çalışılmıştır.

Deneylerde matkapla bir delik delmede malzemedan kaldırılan talaş hacmi 10 mm çaplı matkap deliği için 3926 mm³ ve 8 mm çaplı matkap deliği için 2513 mm³ tür.

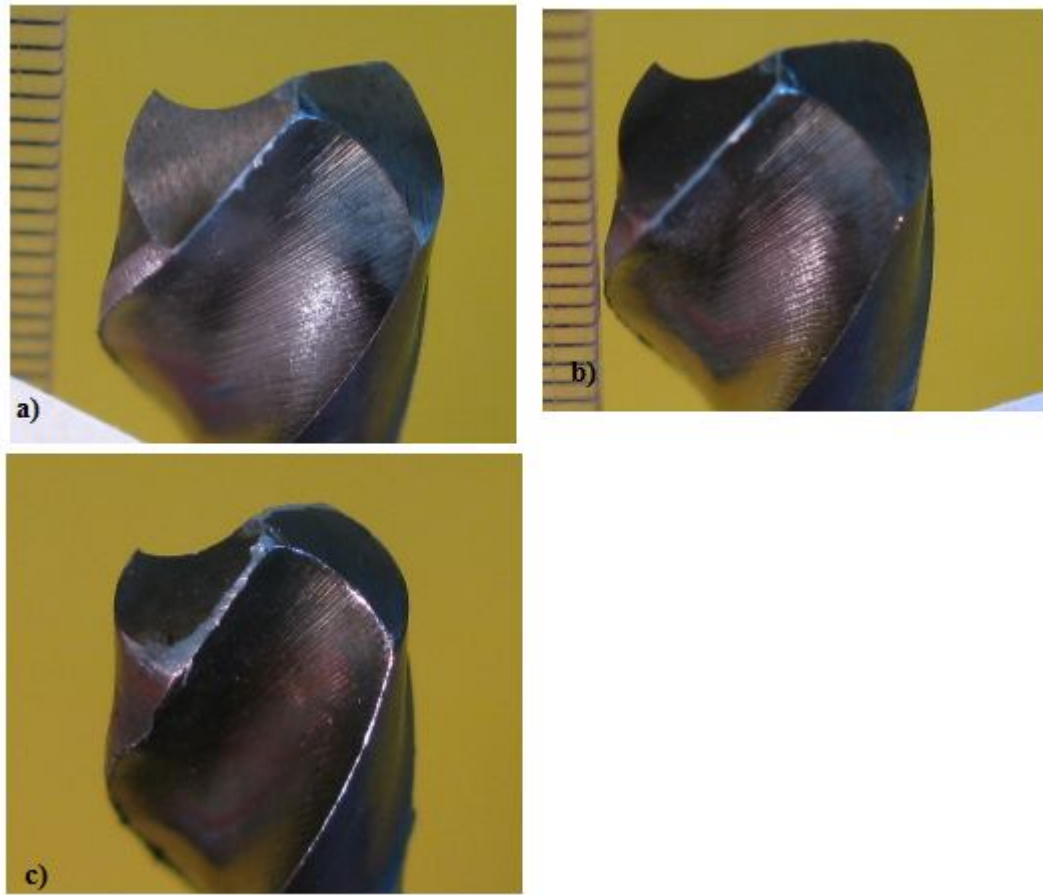
28 HRC sertlikteki malzemenin üç farklı kesme hızı kullanılarak delinmesiyle kesici takımda meydana gelen kesici kenar aşınması, uç kenarı aşınması, dış köşe aşınması, yığıntı talaş oluşumunu gösteren fotoğraflar Şekil 5.37 ve Şekil 5.38'de verilmiştir.



Şekil 5.37. 0,06 mm/dev ilerlemede 28 HRC sertlikteki malzemenin 10 mm'lik matkaplarla farklı kesme hızlarında delinmesi sonucunda meydana gelen aşınmalar

- a) 5 m/dak kesme hızında 17 delik sonrası meydana gelen uç kenarı aşınması
- b) 10 m/dak kesme hızında 20 delik sonrası meydana gelen kesici kenar aşınması, yan kesici kenar ve dış köşe aşınması
- c) 15 m/dak kesme hızında 14 delik sonrası meydana gelen kesici kenar aşınması, yan kesici kenar, dış köşe aşınması ve yığıntı talaş oluşumu

Şekil 5.37'de en düşük seviyedeki kesici takım aşınmasının 10 m/dak kesme hızında olduğu ve meydana gelen aşınmanın uç kenarı aşınması şeklinde gerçekleştiği söylenebilir. 5 m/dak kesme hızında ise uç kenarı aşınmasının arttığı hatta kesicinin uç kenarının yok olduğu görülmektedir.



Şekil 5.38. 0,05 mm/dev ilerlemede 28 HRC sertlikteki malzemenin 10 mm'lik matkaplarla farklı kesme hızlarında delinmesi sonucunda meydana gelen aşınmalar

- a) 5 m/dak kesme hızında 20 delik sonrası meydana gelen uç kenarı aşınması
- b) 10 m/dak kesme hızında 20 delik sonrası meydana gelen uç kenarı aşınması, kesici kenar aşınması ve dış köşe aşınması
- c) 15 m/dak kesme hızında 10 delik sonrası meydana gelen uç kenarı aşınması, kesici kenar aşınması ve dış köşe aşınması

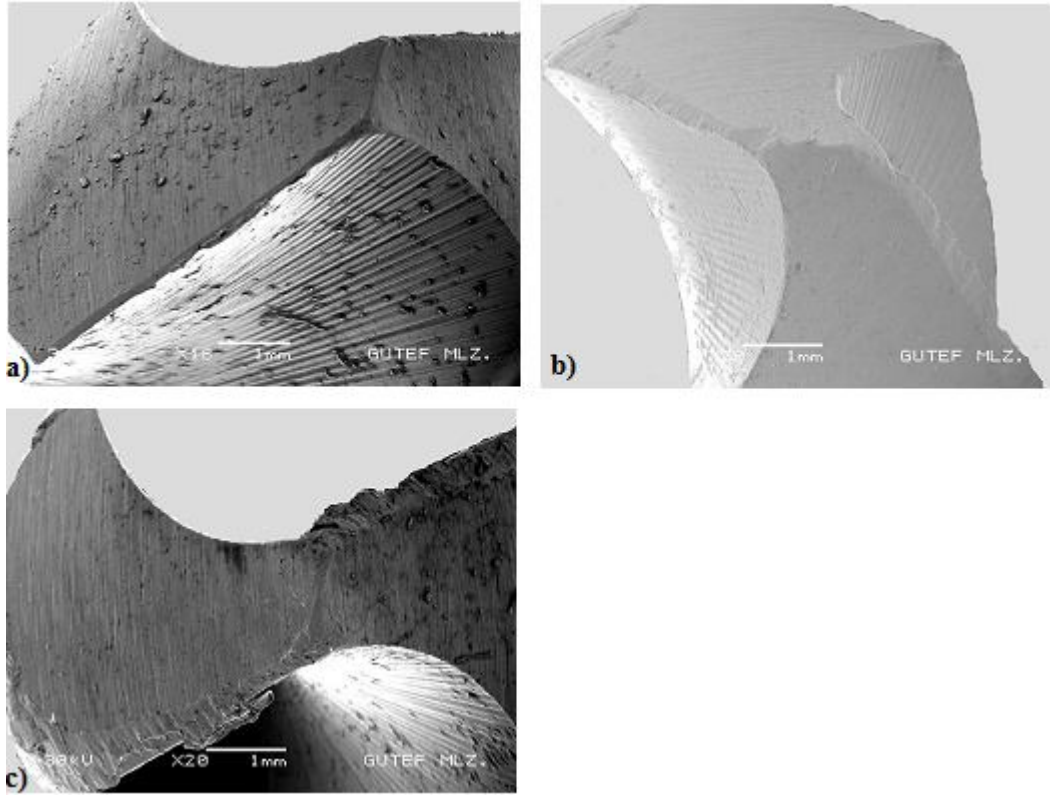
Şekil 5.37 ve Şekil 5.38'de 15 m/dak kesme hızında aşınma büyüklüğünün ve çeşidinin arttığı takımın kesici kenarlarında ve dış köşelerinde aşınmalar olduğu, ayrıca 0,06 mm/dev ilerlemede matkabın kesici kenarından dış köşesine doğru yığıntı talaş oluştuğu görülmektedir. Şekil 5.37 ve Şekil 5.38'deki aşınma türlerini sınıflandırırsak 5 m/dak ve 10 m/dak kesme hızlarında delme yapan kesici takımda meydana gelen en önemli aşınma çeşidi uç kenarı aşınmasıdır. Bununla birlikte az da olsa kesici kenar ve dış köşe aşınması da görülmektedir. 15 m/dak kesme hızında ise

büyük oranda kesici kenar aşınması, dış köşe aşınması ve yığıntı talaş oluşumu görülmektedir. Bu bilgiler doğrultusunda düşük kesme hızlarında uç kenarı aşınmasının olduğu, yüksek kesme hızlarında ise kesici kenar ve dış köşe aşınmalarının meydana geldiği söylenebilir.

Ayrıca matkapların delik delme miktarlarına bakıldığında Şekil 5.37'deki matkaplardan en fazla delik delme 20 delik (78520 mm^3) ile 10 m/dak kesme hızında daha sonra 17 delik (66742 mm^3) ile 5 m/dak kesme hızında en az delik delme miktarı ise 14 delik (54964 mm^3) ile en yüksek kesme hızı olan 15 m/dak'da gerçekleşmiştir. Şekil 5.38.'de ise 5 m/dak ve 10 m/dak kesme hızında 20 delik (78520 mm^3) tamamlanmış en yüksek kesme hızı olan 15 m/dak'da ise 10 delik (39260 mm^3) delindikten sonra kesici takım ömrünü tamamlamıştır. Dolayısıyla her iki şekil içinde kesici takımda meydana gelen en hızlı aşınma, denenen kesme hızları içerisinde en yüksek değer olan 15 m/dak kesme hızında gerçekleşmiştir denilebilir.

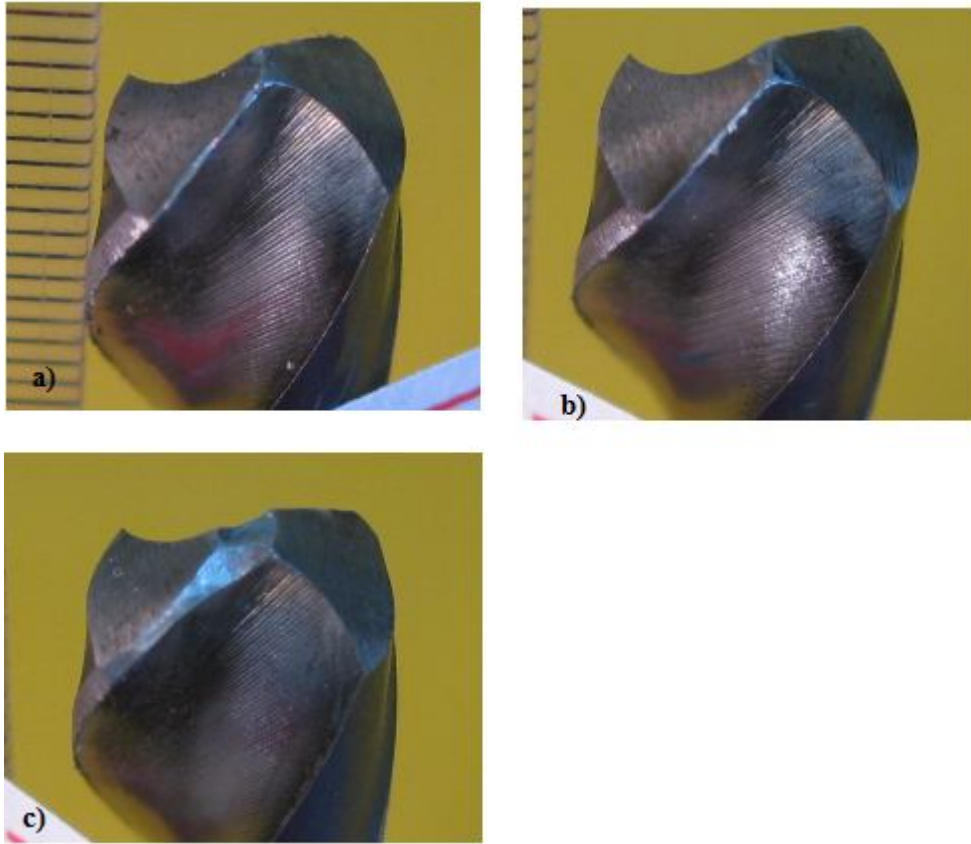
Yüksek kesme hızlarında aşınmanın artmasının sebebi takımın talaş yüzeyindeki sıcaklığın önemli biçimde artmasından kaynaklanmaktadır. Metal kesme işlemlerinde ısıнын oynadığı rol deneysel çalışmalarda ilk çalışılan konulardan biridir. Taylor'da kabul etmiştir ki kesme hızının artması kesici takımda sıcaklığın artmasını sağlamaktadır dolayısıyla bu da takım ömrünün azalmasına sebep olur [50]. Aynı ilerleme oranında düşük kesme hızlarındaki kırılmaların sebebinin matkabın delme yapmakta zorlanması olduğu düşünülmektedir. Bu sebeplerden dolayı kesici takım aşınması açısından, denenen kesme hızları içerisinde en uygun kesme hızı 10 m/dak'dır denilebilir.

28 HRC sertlikteki malzemenin üç farklı ilerlemeyle işlenmesinde kesici takımda meydana gelen uç kenarı aşınması, kesici kenar aşınması, dış köşe aşınması ve yığıntı talaş oluşumu Şekil 5.39 ve Şekil 5.40'da verilmiştir.



Şekil 5.39. 15 m/dak kesme hızında 28 HRC sertlikteki malzemenin 10 mm'lik matkaplarla farklı ilerlemelerde delinmesi sonucunda meydana gelen aşınmalar

- a) 0,04 mm/dev ilerleme hızında 20 delik sonrası meydana gelen uç kenarı aşınması, kesici kenar aşınması ve dış köşe aşınması
- b) 0,05 mm/dev ilerleme hızında 10 delik sonrası uç kenarı aşınması, kesici kenar aşınması ve dış köşe aşınması
- c) 0,06 mm/dev ilerleme hızında 14 delik sonrası meydana gelen kesici kenar aşınması ve yığıntı talaş oluşumu



Şekil 5.40. 5 m/dak kesme hızında 28 HRC sertlikteki malzemenin 10 mm'lik matkaplarla farklı ilerlemelerde delinmesi sonucunda meydana gelen aşınmalar

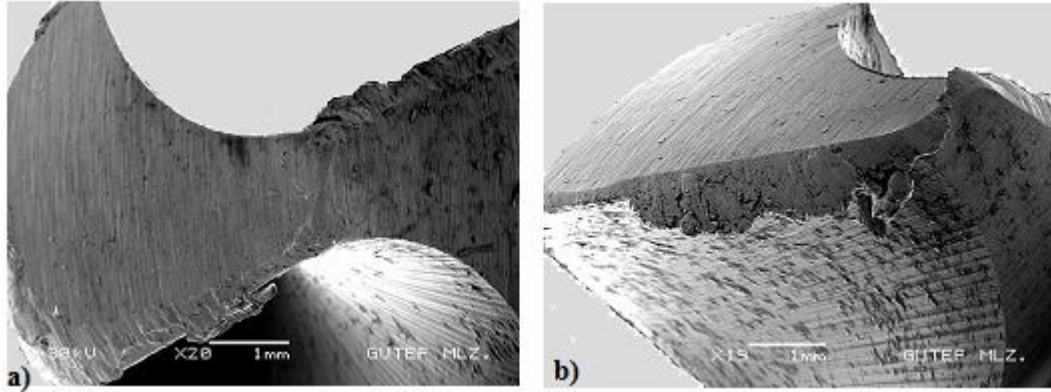
- a) 0,04 mm/dev ilerleme hızında 20 delik sonrası meydana gelen uç kenarı aşınması ve kesici kenar aşınması
- b) 0,05 mm/dev hızında 20 delik sonrası meydana gelen uç kenarı aşınması ve kesici kenar aşınması
- c) 0,06 mm/dev hızında 17 delik sonrası meydana gelen uç kenarı aşınması, kesici kenar aşınması ve dış köşe aşınması

Şekil 5.39 ve Şekil 5.40'da sırasıyla 15 m/dak ve 5 m/dak kesme hızlarında ilerlemenin değişiminin kesici takım aşınması üzerindeki etkisi verilmiştir. Şekil 5.39'da en az aşınmanın denenen en düşük ilerleme miktarı olan 0,04 mm/dev ilerlemede gerçekleştiği, ilerleme hızının artmasıyla 0,05 mm/dev ve 0,06 mm/dev'de kesici takımların kesici kenar, dış köşe ve uç kenarlarında aşınmaların arttığı açık bir şekilde görülmektedir. Şekil 5.40'da ise 0,04 mm/dev ve 0,05 mm/dev ilerlemede meydana gelen uç kenarı ve kesici kenar aşınmalarının büyüklüğünün 0,06 mm/dev ilerlemelerde meydana gelen aşınmaların büyüklüğünden daha az

olduğu görülmektedir. Talaş kaldırma miktarlarına bakıldığında da Şekil 5.39'da en fazla talaş 0,04 mm/dev ilerleme hızında, Şekil 5.40'da 0,04 mm/dev ve 0,05 mm/dev ilerleme hızlarında 20 delik delinip 78520 mm³ talaş kaldırılarak gerçekleşmiştir. Ayrıca Şekil 5.39 ve Şekil 5.40'da 0,05 mm/dev ilerlemede, 15 m/dak kesme hızındaki aşınma büyüklüğünün 5 m/dak kesme hızındaki aşınma büyüklüğünden fazla olması yüksek kesme hızlarında aşınmanın arttığını göstermektedir.

İlerleme hızının artmasıyla takım aşınmasının özellikle arttığı gözlenmiştir. Bunun sebepleri arasında ilerleme hızının artmasıyla birim zamanda kesilen talaş hacminin artmasından dolayı metalin kopmaya daha fazla direnç göstermesi, iş parçasıyla takım arasındaki temasın artması sayılabilir [45].

Deneylerde kullanılan 20 HRC ve 28 HRC sertlikteki malzemelerin 15 m/dak kesme hızı 0,06 mm/dev ilerlemede 10 mm'lik matkaplarla delik delinmesinde kesici takımlarda meydana gelen aşınmalar Şekil 5.41'de görülmektedir.

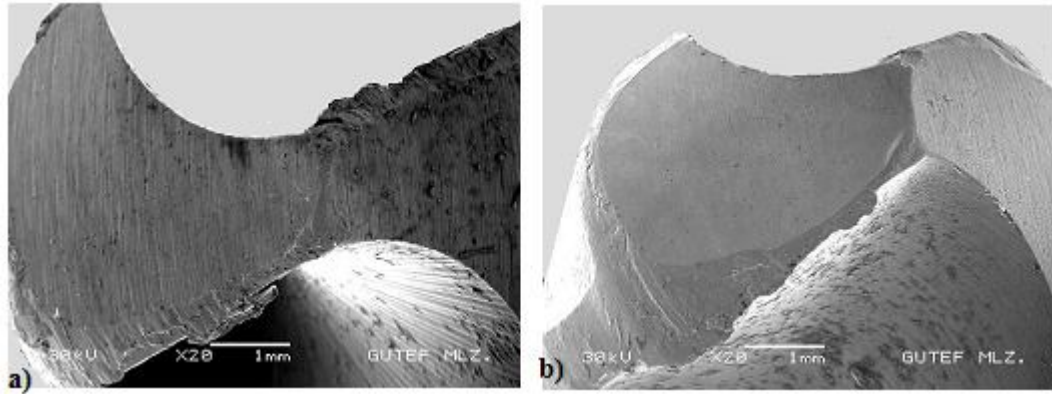


Şekil 5.41. 15 m/dak kesme hızı 0,06 mm/dev ilerlemede 28 HRC ve 20 HRC sertlikteki malzemelerin 10 mm'lik matkapla delinmesi sonucunda meydana gelen aşınmalar

- a) 28 HRC sertlikte 14 delik sonrası meydana gelen uç kenarı aşınması, kesici kenar aşınması ve dış köşe aşınması
- b) 20 HRC sertlikte 20 delik sonrası meydana gelen yığıntı talaş oluşumu

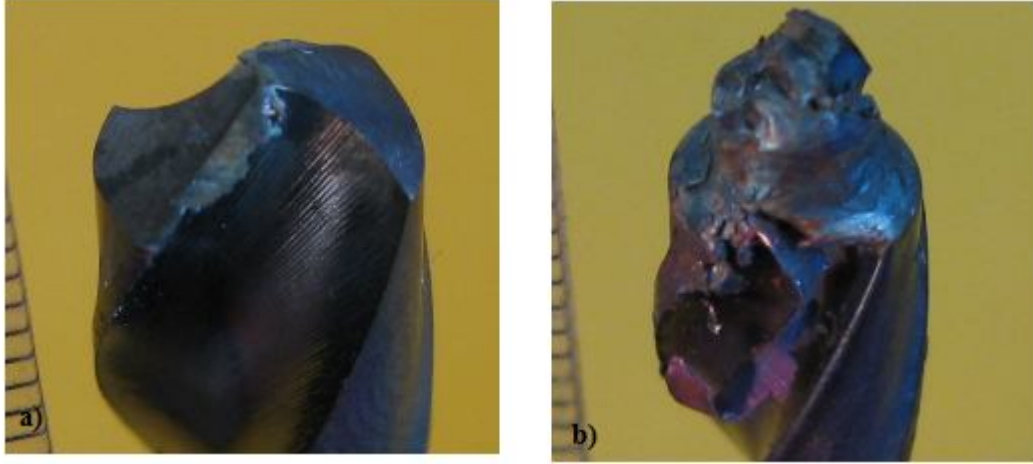
Farklı sertlikteki malzemelerin kesici takım aşınmasına etkisi incelendiğinde, 20 HRC sertlikteki malzemede (Şekil 5.41-b) delik delinmesi sonucunda matkabın kesici kenarlarında yoğun şekilde yığıntı talaş (BUE) olduğu görülmektedir. 28 HRC sertlikteki malzemede (Şekil 5.41-a) delik delinmesi sonucunda ise kesici takımda yığıntı talaşın pek oluşmadığı fakat kesici takımın dış kenarı, uç kenarı ve kesici kenarlarının büyük oranda aşınmış olduğu görülmektedir. Ayrıca aynı kesme parametrelerinde 20 HRC sertlikte 20 delik (78520 mm^3) delinebilmesine rağmen 28 HRC sertlikte 14 delik (54964 mm^3) delindikten sonra aşınmadan dolayı matkap delik delme becerisini kaybetmiştir. Dolayısıyla malzeme sertliğinin artması kesici takımdaki aşınma sürecini hızlandırmıştır.

Deneylerde kullanılan iki farklı çaptaki (8 mm - 10 mm) matkapların sabit kesme hızı (15 m/dak) ve sabit ilerlemede (0,06 mm/dev) 28 HRC sertlikteki (Şekil 5.42) ve 20 HRC sertlikteki (Şekil 5.43) malzemeleri delmesi sonucunda kesici takımda meydana gelen uç kenarı, dış köşe, kesici kenar aşınmaları, plastik deformasyon ve BUE oluşumu aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.42. 15 m/dak kesme hızı 0,06 mm/dev ilerlemede 28 HRC sertlikteki malzemenin 8 mm ve 10 mm'lik matkaplarla delinmesi sonucunda meydana gelen aşınmalar

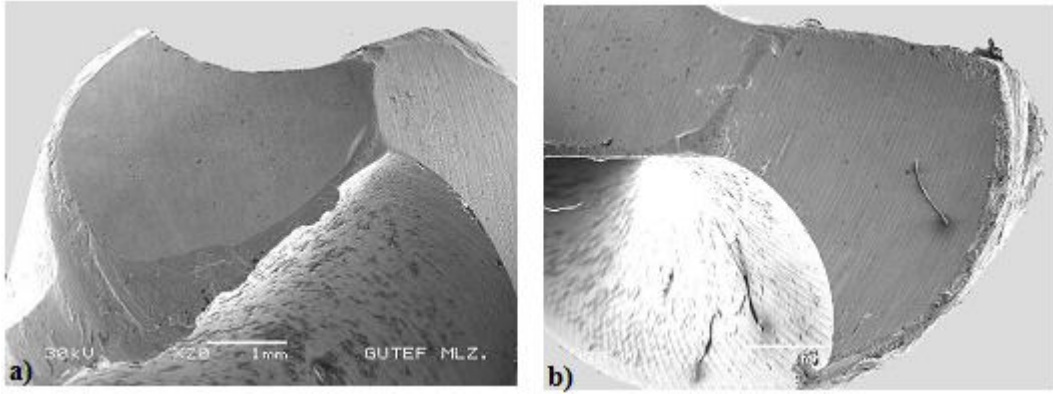
- a) 10 mm matkapta 14 delik sonrası meydana gelen uç kenarı aşınması, kesici kenar aşınması, dış köşe aşınması ve yığıntı talaş oluşumu
- b) 8 mm matkapla 11 delik sonrası meydana gelen uç kenarı aşınması, kesici kenar aşınması ve dış köşe aşınması



Şekil 5.43. 15 m/dak kesme hızı 0,06 mm/dev ilerlemede 20 HRC sertlikteki malzemenin 8 mm ve 10 mm’lik matkaplarla delinmesi sonucunda meydana gelen aşınmalar
 a) 10 mm matkapta 20 delik sonrası meydana gelen yığıntı talaş oluşumu
 b) 8mm matkapla 20 delik sonrası meydana gelen plastik deformasyon

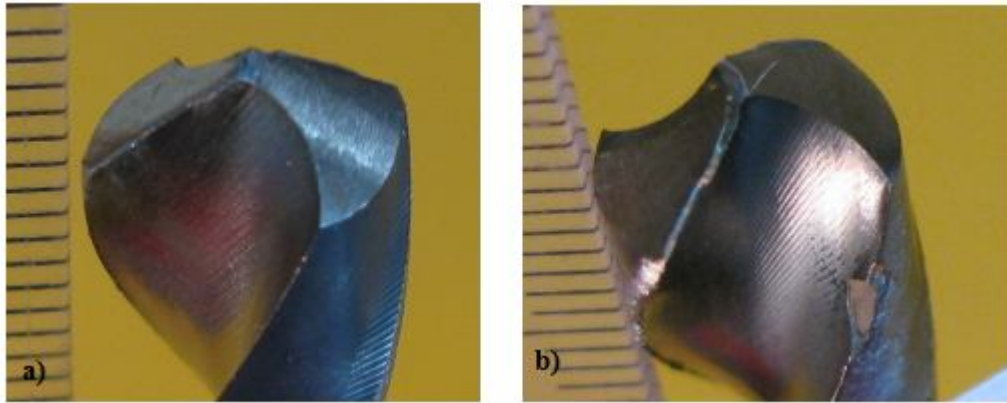
Şekil 5.42’ye bakıldığında her iki çaptaki matkabında oldukça aşındığı görülmektedir. Aşınma biçimlerini sınıflandırmak gerekirse her ikisinde de en yüksek aşınma dış köşe aşınması ve kesici kenar aşınması olarak meydana gelmiştir. Delik delme sayıları göz önünde bulundurulduğunda 10 mm’lik matkabın 8 mm’lik matkaptan üç delik daha fazla delerek ömrünü tamamladığını görülmektedir. Şekil 5.43’de malzeme sertliğinin azalmasıyla, her iki çaptaki matkabında deneylerin planlanma aşamasında matkapların delmesi için yeterli olacağı düşünülen delik sayısına (20 delik) ulaştığı görülmektedir. Fakat 8 mm’lik matkabın aşınmanın artması ve kesme bölgesinde oluşan sıcaklığın etkisiyle plastik deformasyona uğradığı, 10 mm’lik matkabın ise yan kesici kenarlarında yığıntı talaş oluşumu görülmektedir. Bu sonuçlardan yola çıkarak aynı kesme şartlarında 8mm’lik matkapların 10 mm’lik matkaplara göre daha hızlı aşındığı söylenebilir.

Farklı uzunluktaki matkapların aşınma durumlarını incelemek için 8 mm ve 10 mm çaplı matkaplarla delinmesi sonucunda meydana gelen kesici takım aşınmaları Şekil 5.44 ve Şekil 5.45’de verilmiştir.



Şekil 5.44. 15 m/dak kesme hızı 0,06 mm/dev ilerlemede 28 HRC sertlikteki malzemenin 117 mm ve 165 mm uzunluğundaki 8 mm'lik matkaplarla delinmesi sonrasında oluşan aşınmalar

- a) 117 mm'lik matkapla 11 delik sonrası meydana gelen uç kenarı aşınması, kesici kenar aşınması ve dış köşe aşınması
- b) 165 mm'lik matkapla 6 delik sonrası meydana gelen uç kenarı aşınması, kesici kenar aşınması ve dış köşe aşınması



Şekil 5.45. 5 m/dak kesme hızı 0,05 mm/dev ilerlemede 20 HRC sertlikteki malzemenin 133 mm ve 184 mm uzunluğundaki 10 mm'lik matkaplarla delinmesi sonrasında oluşan aşınmalar

- a) 133 mm'lik matkapla 20 delik sonrası meydana gelen kesici kenar aşınması
- b) 184 mm'lik matkapla 20 delik sonrası meydana gelen uç kenarı, kesici kenar, dış köşe aşınmaları ve zırh bölgesindeki kırılmalar

Şekil 5.44'de aynı kesme parametrelerinde delme işlemi yapan her iki kesici takımında özellikle dış köşelerinin ve kesici kenarlarının büyük oranda aşındığı bununla birlikte 165 mm uzunluğundaki matkapta yığılmaların olduğu ve dış köşesinin aşınmadan dolayı yok olduğu söylenebilir. Kesici takımların ömrünü

tamamlayana kadar deldikleri delik sayılarına bakıldığında 165 mm'lik matkabın 6 delik deldikten sonra ömrünü tamamladığı görülmektedir. Şekil 5.45'de 5 m/dak kesme hızında her iki uzunluktaki matkapta 20 delik delmiştir. Fakat aşınma oranlarına bakıldığında 133 mm'lik matkabın pek fazla aşınmadığı, 184 mm'lik matkabın ise uç kenarında, kesici kenarında, dış köşesinde aşınmalar, zırh bölgesinde de kırılmalar olduğu görülmektedir. Bu sonuçlara dayanarak uzun matkapların daha hızlı aşındığı değerlendirilmesi yapılabilir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Delik delme süreci esnasında farklı parametrelerin ilerleme kuvveti, moment, titreşim, yüzey pürüzlülüğü, çıkış çapağı oluşumu ve takım aşınmasına etkisini değerlendirmeyi amaçlayan bu çalışmada üç farklı kesme hızı (5 m/dak, 10 m/dak, 15 m/dak) üç farklı ilerleme değeri (0,04 mm/dev, 0,05 mm/dev, 0,06 mm/dev), iki farklı çap (8 mm - 10 mm) ve iki farklı uzunlukta matkap ile 20 HRC sertliğe sahip AISI D2 soğuk iş takım çeliği ve 28 HRC sertliğe sahip AISI D3 soğuk iş takım çeliği malzemeler kullanılmıştır. Deneysel bulgular neticesinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Malzeme sertliğinin, matkap çapının, matkap boyunun, ilerlemenin ve delik sayısının artmasıyla ilerleme kuvvetinin arttığı fakat kesme hızının artmasıyla ilerleme kuvvetinin azaldığı, en büyük etkiye ilerleme hızı ve delik sayısının, en az etkiye ise kesme hızı ve malzeme sertliğinin sahip olduğu görülmüştür.
- Malzeme sertliğinin, matkap çapının, matkap boyunun, ilerlemenin ve delik sayısının artmasıyla kesme momentinin arttığı fakat kesme hızının artmasıyla kesme momentinin azaldığı, kesme momentine en büyük etkiye delik sayısı ve ilerlemenin en az etkiye ise kesme hızı ve malzeme sertliğinin sahip olduğu görülmüştür.
- Malzeme sertliğinin, matkap çapının, matkap boyunun, ilerlemenin, kesme hızının ve delik sayısının artmasıyla titreşim genliğinin arttığı, titreşim genliğine en büyük etkiye delik sayısı ve ilerlemenin en az etkiye ise kesme hızı ve sertliğin sahip olduğu görülmüştür.
- Malzeme sertliğinin, matkap boyunun, ilerlemenin ve delik sayısının artmasıyla yüzey pürüzlülüğünün arttığı kesme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülüğünün azaldığı, yüzey pürüzlülüğüne en büyük etkiye ilerleme hızı ve delik sayısının en az etkiye kesme hızı ve sertliğin sahip olduğu görülmüştür.

- Malzeme sertliği, matkap boyu, kesme hızı ve delik sayısının artmasıyla apak yüksekliğinin arttığı fakat ilerlemenin artmasıyla apak yüksekliklerinin azaldığı, apak yüksekliğine en buyk etkinin delik sayısı ve kesme hızının en az etkiye ise ilerleme ve matkap boyunun sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca 5 m/dak kesme hızında ta, 10 m/dak kesme hızında süreksiz, 15 m/dak kesme hızında düzenli (kapak) tipi apak oluşumu gözlemlenmiştir.
- Malzeme sertliği, kesme hızı, ilerleme, matkap boyu ve delik sayısı arttıķa aşınmanın arttığı, 8 mm çaplı matkapların 10 mm çaplı matkaplardan, uzun matkapların normal matkaplara göre daha hızlı aşındığı görülmüştür. Yüksek kesme hızlarında aşınmanın kesici kenar aşınması, dış köşe aşınması biçimde, düşük kesme hızlarında uç kenarı aşınması biçiminde oluştuğu görülmüştür.

Bu çalışmanın sonuçlarına göre řu öneriler yapılabilir;

Yapılan araştırmalarda kesme parametrelerinin kesme kuvveti, moment, titreşim, yüzey pürüzlülüğü, takım aşınması ve çıkış çapağı oluşumuna etkileri incelenmiştir. Hem tez sresinin hem de tez kapsamının sınırlılığı sebebiyle deney değişkenlerinin birbirleri arasındaki ilişkiler (kesme kuvvetinin titreşimle arasındaki ilişki, kesme kuvveti ve titreşim yüzey pürüzlülüğüne etkisi, takım aşınmasının kesme kuvveti, moment, titreşim, yüzey pürüzlülüğü, çıkış apağına etkisi vb.) ayrıntılı biçimde yorumlanamamıştır. Bu konular çerçevesinde bundan sonra yapılacak olan benzer çalışmalarda bu faktörler göz önüne alınarak delik delme performansının incelenmesi faydalı olacaktır. Bununla birlikte farklı malzemede ve farklı kaplamalı kesici takımların kullanılması da önerilebilir.

KAYNAKLAR

1. 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).
2. Halamoglu T., “Metal püskürtme yöntemiyle aşınmaya dayanıklı kaplamalar”, *Yüzey işlemleri Dergisi*, (1998).
3. Şahin Y., “İmal Usulleri”, *Gazi Kitapevi*, Ankara, 248-259 (2003).
4. Şeker U. “ Kesici Takım Tasarımı Ders Notları”, *G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Ders Notları*, Ankara, (2008).
5. Ertunç H. M., Sevim I. “ Kesici takımların aşınmasını gözlemleme üzerine yapılan çalışmalar”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 14: 55-62 (2001).
6. El-Wardany T. I., Gao D., Elbestawi M. A., “Tool condition monitoring in drilling using vibration signature analysis”, *International Journal of Machine Tools and Manufacturing*, 36: 687-711 (1996).
7. Şahin Y., “Talaş Kaldırma Prensipleri 1”, *Nobel Yayın Dağıtım Ltd. Şti.*, Ankara, 39 (2000).
8. Orhan S., Er A. O., Camuşcu N., Aslan E., “Tool wear evaluation by vibration analysis during end milling of AISI D3 cold work tool steel with 35 HRC hardness”, *NDT&E international*, 40: 121-126 (2007).
9. Kıvak T., “Inconel 718’in delinebilirliğinin araştırılması” Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (2008)
10. Mahfouz I. A., “Drilling wear detection and classification using vibration signals and artificial neural network,” *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 43: 707–720 (2003).
11. Armerago E. J. A., Cheng O. Y., “Drilling with flat rake face and conventional twist drill-II. experimental investigation”, *Int. J. Mach. Tool Des. Res.*, 12:37-54 (1972).
12. Rashid A., Nicolescu M. C., “Design and implementation of tuned viscoelastic dampers for vibration control in milling”, *Int. J. Mach. Tools Manufact.*, 48:1036-1053 (2008).
13. Tsao C., Hocheng H., “Effect of tool wear on delamination in drilling composite materials”, *Internatioanl Journal of Mechanical Sciences*, (2007).

14. Haggerty W. A., "Effect of point geometry and dimensional symmetry on drill performance", *Int. J. Mach. Tool Des. Res.*, 1: 41-58 (1961).
15. Nouari M., List G., Girot F., Coupard D., "Experimental analysis and optimisation of tool wear in dry machining of aluminium alloys", *Wear*, 255: 1359-1368
16. Fernandes M., Cook C., "Drilling of carbon composites using a one shot drill bit. Part I: Five stage representation of drilling and factors affecting maximum force and torque", *International Journal of Machine Tools&Manufacture*,
17. Özçatalbaş Y., "Kesici takım aşınması ve iş parçası mekanik özelliklerinin yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetlerine etkisi", *Journal of Politehic*, 47-52 (2002).
18. Chelladurai H., Jain V., K., Vyas N. S., "Development of a cutting tool condition monitoring system for high speed turning operation by vibration and strain analysis", *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, (2007).
19. Krar F. S., Rapisarda M., Check F. A., "Machine Tool and Manufacturing Technology" *Delmar Publishers*, U.S.A., (1998).
20. Korucu S., "Delik işlemlerinde kesiciler üzerine etki eden gerilmelerin matematiksel olarak modellenmesi", Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (2007).
21. Kaynak Y., "Matkap ile delik delme esnasında kesme parametrelerinin kesme kuvveti ve sıcaklığın değişimine etkisinin deneysel olarak incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2006).
22. Sandvik, "Coromant kesici takım el klavuzu", (2009).
23. Akkurt M., "Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları", *Birsan Yayınevi*, Ankara (1998).
24. Akkurt A., "Delik yüzeylerine uygulanan yüzey iyileştirme işlemlerinin alüminyum alaşımı malzemeler üzerinde araştırılması", *Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu* (2009).
25. Demir K., "Yüzey pürüzlülüğü ve pürüzlülüğün ölçülmesi", Mezuniyet Tezi, *Gazi Üniversitesi*, 26: 40-44 (2002).
26. Neşeli S., Yıldız S., "Tornalamada Takım Geometrisi ve Tırlama Titreşimlerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi", Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi*, 49-53 (2006).

27. Gural A., “Çift fazlı çeliklerde martenzit hacim oranı ve morfolojisinin işlenebilirlik özellikleri üzerine etkileri”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi*, (1999).
28. Bayrak M., “Kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi ve uzman sistemle karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Makine Mühendisliği Bölümü*, 1-35 (2002).
29. Özses B., “Bilgisayar sayısal denetimli takım tezgahlarında değişik işleme koşullarının yüzey pürüzlülüğüne etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü*, Ankara, 6-25 (2002).
30. Bahar E. M., “Titreşim sebepli yüzey kalitesi üzerinde takım tutucu modifikasyonlarının etkisinin deneysel olarak araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* (2006).
31. Bordinassi E. C., Almeida Filho C. O. C, Filho M. S., Batalha G. F., “Deburring control and cutting forces”, *Máquinas e Metais*, 104-119, Portekiz, (2004).
32. Kaminise A. K., “Study of burr formation during cylindrical turning of ABNT 1045 steel, MSc. Dissertation, *Universidade Federal de Uberlândia*, Portekiz, (2004).
33. Soares F., M., “Study of burr formation in the drilling process”, *MSc dissertation*, Portekiz, (1995).
34. Min S., Kim J., Dornfeld D. A., “Development of a drilling burr control chart for low alloy steel, AISI 4118”, *Journal of Materials Processing Technology*, 113: 4-9 (2001).
35. <http://www.kalipteknolojisi.net/eklentiler/dokuman/takimcelikleri/1.2379-D2-TakimCeligiOzellikleri.pdf>
36. <http://www.saglammetal.com/pdf/200812311472647.pdf>
37. <http://www.ozct.com.tr/tr/urunler.asp?sno=1>
38. <http://www.saglammetal.com/pdf/200811013145314.pdf>
39. http://www.kistler.com/mediaaccess/9123CXX11__000-121e-01.04.pdf
40. http://www.kistler.com/mediaaccess/8762A50__000-456e-06.08.pdf
41. Tekaüt İ. “Takım tezgahlarındaki kesici takım titreşiminin yüzey pürüzlülüğüne etkisi” Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (2008).

42. Trent E. M., “Metal Cutting 2nd ed.”, **Butterworths**, London, (1989).
43. Degarmo P. E., Black J. T., Ronald A. K., “Material and process in manufacturing”, **Prentice Hall International Inc.**, (1997).
44. Şeker U., Kurt A., Çiftçi İ., “Design and construction of a dynamometer for measurement of cutting forces during machining with linear motion”, **Materials and Design**, 23: 355-360 (2002).
45. Fnides B., Aouici H., Yallese M. A., “Cutting forces and surface roughness in hard turning of hot work steel X38CrMoV5-1 using mixed ceramic”, **Mechanika**, 2: 73-78 (2008).
46. Thamizhmanii S., Hasan S., “Measurement of surface roughness and flank wear on hard martensitic stainless steel by CBN and PCBN cutting tools”, **Journal of Achievements in Materials**, (2008).
47. Singh R. V. S., Latha B., Senthilkumar, V. S., “Modeling and analysis of thrust force and torque in drilling GFRP composites by multi-facet drill using fuzzy logic”, **International Journal of Recent Trends in Engineering**, 66-70 (2009).
48. Yılmaz V., “Frezeleme uygulamalarında işleme parametrelerinin sebep olduğu titreşimlerin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, (2009).
49. Bouzid Sai W., Ben Salah N., Lebrun J. L., “Influence of machining by finish milling on surface characteristics”, **Journal Machine Tools and Manufac.**, 41: 443-450 (2001).
50. Nouari M., List G., Girot F., Gehin D., ”Effect of machining parameters and coating on wear mechanisms in dry drilling of aluminium alloys”, **International Journal of Machine Tools&Manufacture**, 45: 1436-1442 (2005).

EKLER

EK-1 28 HRC sertlikteki malzemenin 10 mm aplı matkaplarla delinmesi sırasında ölülen ilerleme kuvveti değerleri

	5m/dak			10m/dak			15m/dak		
mm/dev	0,04	0,05	0,06	0,04	0,05	0,06	0,04	0,05	0,06
1	2106	2374	2968	2067	2264	2825	2091	2158	2790
2	2154	2482	3064	2180	2457	2944	2154	2313	3395
3	2269	2538	3141	2283	2535	3088	2239	2535	3417
4	2384	2570	3290	2318	2593	3188	2276	2581	3606
5	2425	2633	3389	2341	2648	3210	2321	2667	3876
6	2458	2684	3467	2359	2723	3245	2341	2730	3969
7	2480	2738	3502	2422	2743	3347	2347	2943	4216
8	2524	2793	3548	2493	2813	3362	2396	3196	4306
9	2570	2838	3594	2547	2854	3457	2471	3422	4501
10	2572	2879	3626	2555	2905	3479	2516	4508	4942
11	2595	2926	3679	2565	2931	3495	2551	xxx	5148
12	2620	2986	3707	2615	2982	3554	2603	xxx	5438
13	2610	3028	3726	2662	3075	3605	2676	xxx	5917
14	2658	3096	3757	2677	3153	3652	2689	xxx	6584
15	2696	3098	3824	2724	3287	3689	2734	xxx	xxx
16	2710	3130	4021	2736	3317	3704	2755	xxx	xxx
17	2752	3183	4463	2738	3366	3763	2867	xxx	xxx
18	2854	3241	xxx	2745	3390	3877	2958	xxx	xxx
19	2933	3344	xxx	2795	3422	3948	3312	xxx	xxx
20	3116	3433	xxx	2967	3471	4003	3535	xxx	xxx

EK-1 (Devam) 28 HRC sertlikteki malzemenin 10 mm çaplı uzun matkaplarla delinmesi sırasında ölçülen ilerleme kuvveti değerleri

	5m/dak			10m/dak			15m/dak		
mm/dev	0,04	0,05	0,06	0,04	0,05	0,06	0,04	0,05	0,06
1	2143	2468	3048	2287	2473	3012	2202	2237	2930
2	2204	2631	3105	2294	2548	3138	2232	2296	3500
3	2344	2784	3154	2337	2647	3170	2286	2399	3884
4	2420	2915	3239	2396	2658	3203	2364	2504	4930
5	2525	3119	3308	2466	2703	3285	2417	2694	5431
6	2621	3298	3374	2519	2769	3362	2488	2792	5651
7	2680	xxx	3425	2581	2805	3404	3106	3221	6161
8	2686	xxx	3473	2629	2873	3455	3320	4381	7141
9	2731	xxx	3527	2658	2920	3497	4062	5531	xxx
10	2750	xxx	3597	2685	2970	3550	xxx	xxx	xxx
11	2800	xxx	3689	2704	3007	3340	xxx	xxx	xxx
12	2837	xxx	3759	2754	3049	3615	xxx	xxx	xxx
13	2857	xxx	3801	2783	3076	3685	xxx	xxx	xxx
14	2871	xxx	3853	2878	3146	3710	xxx	xxx	xxx
15	2933	xxx	3920	2923	3090	3712	xxx	xxx	xxx
16	2962	xxx	3973	2953	3195	3764	xxx	xxx	xxx
17	3028	xxx	3923	2972	3151	3804	xxx	xxx	xxx
18	3091	xxx	3999	3036	3189	3905	xxx	xxx	xxx
19	3210	xxx	4072	3045	3235	3898	xxx	xxx	xxx
20	3257	xxx	4108	3371	3383	3942	xxx	xxx	xxx

EK-1 (Devam) 28 HRC sertlikteki malzemenin 8 mm aplı matkaplarla delinmesi sırasında llen ilerleme kuvveti değerleri

	5m/dak			10m/dak			15m/dak		
mm/dev	0,04	0,05	0,06	0,04	0,05	0,06	0,04	0,05	0,06
1	2014	2261	2854	1942	2157	2552	1745	2059	2458
2	2043	2363	2912	2010	2191	2594	1824	2167	2643
3	2097	2368	2987	2063	2234	2668	1887	2202	2758
4	2173	2392	3053	2093	2287	2706	1964	2260	2875
5	2244	2471	3098	2173	2331	2767	1998	2328	3105
6	2284	2510	3146	2218	2400	2821	2062	2439	3233
7	2314	2578	3201	2240	2456	2872	2084	2507	3309
8	2347	2657	3282	2280	2485	2894	2127	2589	3442
9	2386	2674	3300	2329	2536	2940	2158	2625	3607
10	2409	2713	3318	2374	2570	3001	2180	2753	3985
11	2451	2771	3400	2446	2619	3029	2212	2806	4850
12	2469	2832	3488	2494	2642	3051	2345	2881	xxx
13	2482	2875	3564	2533	2680	3102	2591	2963	xxx
14	2507	2899	3574	2586	2702	3171	xxx	3150	xxx
15	2531	2907	3584	2626	2750	3232	xxx	3332	xxx
16	2547	2923	3586	2667	2803	3260	xxx	3685	xxx
17	2605	2950	3636	2729	2851	3295	xxx	3986	xxx
18	2650	2975	3729	2797	2858	3339	xxx	4732	xxx
19	2815	2985	3781	2812	2984	3333	xxx	xxx	xxx
20	2988	3132	4053	3009	3046	3434	xxx	xxx	xxx

EK-1 (Devam) 28 HRC sertlikteki malzemenin 8 mm aplı uzun matkaplarla delinmesi sırasında lülen ilerleme kuvveti değerleri

	5m/dak			10m/dak			15m/dak		
mm/dev	0,04	0,05	0,06	0,04	0,05	0,06	0,04	0,05	0,06
1	2125	2366	2977	2041	2284	2690	1828	2200	2522
2	2150	2418	3009	2079	2331	2742	1899	2456	3005
3	2212	2487	3067	2107	2405	2793	1934	3123	3388
4	2265	2528	3097	2181	2467	2843	2009	3635	3824
5	2297	2593	3128	2260	2533	2874	2107	4648	4085
6	2332	2623	3174	2292	2617	2982	2220	xxx	6069
7	2370	2694	3209	2372	2661	3051	2342	xxx	xxx
8	2402	2744	3300	2378	2713	3113	2418	xxx	xxx
9	2453	2745	3356	2438	2723	3173	2504	xxx	xxx
10	2474	2827	3394	2500	2771	3212	2572	xxx	xxx
11	2528	2859	3478	2554	2835	3268	2670	xxx	xxx
12	2549	2889	3546	2601	2867	3306	2752	xxx	xxx
13	2628	2958	3567	2614	2923	3415	2827	xxx	xxx
14	2630	3014	3643	2650	3014	3473	3281	xxx	xxx
15	2634	3067	3735	2695	3052	3497	xxx	xxx	xxx
16	2686	3151	3808	2700	3109	3534	xxx	xxx	xxx
17	2719	3190	3889	2705	3131	3557	xxx	xxx	xxx
18	2799	3287	3943	2708	3203	3609	xxx	xxx	xxx
19	2938	3292	4014	2710	3248	3652	xxx	xxx	xxx
20	3166	3326	4150	2800	3276	4201	xxx	xxx	xxx

EK-1 (Devam) 20 HRC sertlikteki malzemenin 10 mm aplı matkaplarla delinmesi sırasında lülen ilerleme kuvveti değerleri

	5m/dak			10m/dak			15m/dak		
mm/dev	0,04	0,05	0,06	0,04	0,05	0,06	0,04	0,05	0,06
1	2060	2276	2830	2045	2195	2654	1931	2106	2429
2	2142	2383	2898	2116	2242	2771	2051	2175	2572
3	2197	2438	3032	2205	2287	2861	2115	2283	2655
4	2249	2473	3082	2295	2385	2934	2213	2333	2833
5	2255	2566	3100	2375	2449	3004	2267	2435	3057
6	2302	2642	3167	2398	2547	3114	2385	2532	3115
7	2338	2712	3212	2404	2574	3190	2451	2598	3220
8	2361	2785	3235	2488	2610	3260	2510	2650	3314
9	2380	2826	3323	2495	2653	3290	2538	2829	3431
10	2407	2881	3385	2531	2730	3365	2550	2886	3436
11	2424	2927	3413	2621	2793	3413	2595	2903	3531
12	2489	2959	3498	2705	2839	3492	2669	3015	3603
13	2515	2963	3569	2794	2900	3583	2720	3133	3689
14	2555	3043	3611	2854	2973	3650	2795	3143	3746
15	2589	3077	3614	2871	3114	3720	2896	3223	3781
16	2643	3145	3641	2889	3207	3803	2981	3347	3879
17	2751	3203	3723	2929	3284	3861	3044	3417	3967
18	2813	3268	3852	2976	3424	3940	3079	3498	4037
19	2895	3415	4008	3045	3540	4052	3114	3520	4126
20	2983	3506	4242	3163	3652	4144	3201	3584	4249

EK-1 (Devam) 20 HRC sertlikteki malzemenin 10 mm çaplı uzun matkaplarla delinmesi sırasında ölçülen ilerleme kuvveti değerleri

	5m/dak			10m/dak			15m/dak		
mm/dev	0,04	0,05	0,06	0,04	0,05	0,06	0,04	0,05	0,06
1	2135	2372	2971	2164	2305	2761	1995	2228	2586
2	2190	2464	3011	2234	2405	2807	2065	2367	2785
3	2257	2570	3115	2264	2470	2890	2136	2451	2890
4	2325	2675	3195	2346	2515	2953	2274	2597	3064
5	2340	2692	3277	2422	2643	3020	2377	2690	3140
6	2402	2759	3354	2540	2707	3112	2401	2760	3249
7	2454	2784	3393	2606	2785	3235	2496	2890	3353
8	2481	2831	3455	2676	2881	3278	2600	2999	3442
9	2547	2899	3536	2692	2916	3359	2642	3203	3585
10	2579	2978	3619	2727	2969	3462	2731	3301	3698
11	2583	3021	3638	2769	3046	3535	2732	3378	3808
12	2631	3123	3719	2767	3094	3627	2794	3480	3894
13	2653	3195	3745	2768	3153	3698	2821	3594	3994
14	2671	3230	3772	2880	3171	3797	2861	3716	4092
15	2693	3263	3782	2910	3231	3845	2952	3865	4215
16	2762	3318	3816	2915	3271	3887	3044	4079	4373
17	2813	3382	3880	2960	3366	3929	3152	xxx	4536
18	2879	3437	3847	2981	3544	4039	3237	xxx	4641
19	2953	3531	3881	3110	3649	4138	3227	xxx	4754
20	3146	3709	3971	3230	3816	4356	3366	xxx	4796

EK-1 (Devam) 20 HRC sertlikteki malzemenin 8 mm çaplı matkaplarla delinmesi sırasında ölçülen ilerleme kuvveti değerleri

	5m/dak			10m/dak			15m/dak		
mm/dev	0,04	0,05	0,06	0,04	0,05	0,06	0,04	0,05	0,06
1	1943	2170	2537	1794	2040	2262	1633	1857	2170
2	1989	2223	2580	1824	2097	2317	1784	1942	2264
3	2014	2259	2636	1935	2165	2409	1838	2026	2385
4	2058	2274	2684	2004	2227	2449	1898	2108	2451
5	2126	2316	2727	2045	2322	2486	1931	2236	2552
6	2194	2333	2795	2101	2374	2593	2078	2288	2657
7	2219	2388	2877	2181	2456	2729	2127	2337	2732
8	2264	2414	2896	2244	2481	2811	2174	2410	2812
9	2296	2450	2979	2307	2526	2861	2274	2438	2895
10	2361	2467	3102	2348	2576	2920	2300	2517	3023
11	2408	2495	3192	2352	2668	3031	2381	2586	3076
12	2456	2572	3211	2394	2732	3085	2426	2648	3140
13	2487	2658	3224	2426	2811	3126	2485	2738	3223
14	2510	2682	3290	2494	2885	3221	2554	2854	3278
15	2579	2741	3349	2544	2945	3297	2606	2877	3372
16	2642	2829	3389	2563	3006	3356	2691	2975	3432
17	2656	2919	3447	2590	3062	3378	2732	3032	3525
18	2678	3039	3501	2668	3123	3434	2742	3099	3554
19	2730	3110	3579	2731	3187	3459	2806	3113	3665
20	2817	3167	3651	2881	3229	3586	2839	3191	3808

EK-1 (Devam) 20 HRC sertlikteki malzemenin 8 mm çaplı uzun matkaplarla delinmesi sırasında ölçülen ilerleme kuvvetleri

	5m/dak			10m/dak			15m/dak		
mm/dev	0,04	0,05	0,06	0,04	0,05	0,06	0,04	0,05	0,06
1	1999	2234	2664	1873	2164	2474	1792	1978	2294
2	2039	2269	2700	1982	2205	2573	1956	2131	2381
3	2060	2310	2788	2023	2256	2632	2044	2189	2496
4	2104	2386	2883	2076	2358	2726	2091	2243	2662
5	2166	2426	2908	2171	2457	2830	2169	2323	2792
6	2215	2446	3007	2253	2501	2932	2256	2411	2927
7	2323	2511	3037	2365	2617	3013	2321	2528	3053
8	2385	2583	3136	2403	2652	3104	2402	2583	3176
9	2420	2602	3224	2454	2702	3185	2451	2655	3265
10	2475	2703	3280	2524	2771	3214	2490	2755	3337
11	2499	2777	3403	2606	2855	3362	2559	2843	3432
12	2506	2869	3446	2699	2985	3407	2602	2934	3654
13	2554	2930	3493	2729	3023	3492	2709	3015	3804
14	2526	3103	3600	2798	3110	3592	2766	3112	3923
15	2609	3115	3676	2817	3186	3678	2828	3172	4002
16	2684	3150	3729	2856	3225	3685	2883	3218	4236
17	2739	3178	3765	2838	3255	3713	2944	3281	xxx
18	2754	3297	3818	2858	3302	3734	2997	3331	xxx
19	2853	3300	3855	2927	3344	3768	3040	3386	xxx
20	2893	3311	3886	3053	3396	3813	3059	3430	xxx

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : KAPLAN, Yavuz
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 16.09.1985 Bursa
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : 0 (505) 872 44 82
 e-mail : yvzkpln@hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Gazi Üni./ Makine Eği. Bölümü	2008
Lise	Tophane Endüstri Meslek Lisesi	2002

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2009-2010	Gold Grup	Autocad Eğitmeni

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Bilgisayar teknolojileri, Yürüyüş, Sinema, Fotoğraf