

**TORNALAMA TAKIM TEZGAHLARINDA DELİK DELME
OPERASYONLARI SIRASINDA ORTAYA ÇIKAN KESME
KUVVETLERİ VE ISI ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

Muharrem USTA

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

TEMMUZ 2010

ANKARA

Muharrem USTA tarafından hazırlanan TORNALAMA TAKIM TEZGAHLARINDA DELİK DELME OPERASYONLARI SIRASINDA ORTAYA ÇIKAN KESME KUVVETLERİ VE ISI ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Yunus KAYIR

.....

Tez Danışmanı, Makine Eğitimi Anabilim Dalı

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

Prof. Dr. Mahmut GÜLESİN

.....

(Makine Eğitimi, Gazi Üniversitesi)

Prof. Dr. Ulvi ŞEKER

.....

(Makine Eğitimi, Gazi Üniversitesi)

Doç. Dr. Yusuf ÖZÇATALBAŞ

.....

(Metal Eğitimi, Gazi Üniversitesi)

Yrd. Doç. Dr. Hakan DİLİPAK

.....

(Makine Eğitimi, Gazi Üniversitesi)

Yrd. Doç. Dr. Yunus KAYIR

.....

(Makine Eğitimi, Gazi Üniversitesi)

Tarih:/...../.....

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.

Muharrem USTA

**TORNALAMA TAKIM TEZGAHLARINDA DELİK DELME
OPERASYONLARI SIRASINDA ORTAYA ÇIKAN KESME KUVVETLERİ
VE ISI ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI
(Yüksek Lisans Tezi)**

Muharrem USTA

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Temmuz 2010**

ÖZET

Bu çalışmada, DDK 40 küresel dökme demir ve AISI 1050 malzemeleri karbür matkaplarla delinmiştir. Deneylerde TiAlN kaplamalı ve kaplamasız iki ağızlı helisel karbür matkap kullanılmıştır. Farklı kesme parametreleri kullanılarak, universal ve CNC torna tezgahlarında 150 civarında delik delinmesiyle deney yapılmıştır. Deliklerin delinmesi sırasında kesme kuvvetleri ve sıcaklıklar ölçülmüştür. Kesme kuvvetlerinin ve torkun ölçülmesinde dinamometre, sıcaklığın ölçülmesinde ise ısı çifti (termokupl) yöntemi kullanılmıştır. CNC ve universal torna tezgahlarına yönelik olarak kuvvetlerin ölçülebilmesi için özel bağlama aparatları tasarlanarak imal edilmiştir. Isıl çifti ile sıcaklıkların ölçülmesinde matkapların iç soğutma kanallarından faydalanılmıştır. Malzemelerin boydan boya delinmesiyle elde edilen delikler üzerinde, yüzey pürüzlülüğü, çap büyümesi ve sapmalar ölçülmüştür. Elde edilen tüm veriler kayıt altına alındıktan sonra değerlendirilmiştir. Sonuç olarak ilerleme arttıkça, tork ve ilerleme kuvvetinin arttığı, delik boyunca sıcaklığın arttığı gözlenmiştir. Elde edilen delikler üzerinde ise, çap büyümesi, daireselliğin değiştiği ve eksen sapmaları gibi bulgular tespit edilmiştir.

Bilim Kodu : 708.3.028
Anahtar Kelimeler : Helisel matkaplar, kesme kuvvetleri, delik delme, kesme kuvvetleri ölçme, sıcaklık ölçme
Sayfa Adedi : 208
Tez Yöneticisi : Yrd. Doç. Dr. Yunus KAYIR

**INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF CUTTING FORCES AND
TEMPERATURE WHICH OCCURE DURING DRILLING OPERATIONS
ON LATHES
(M. Sc. Thesis)**

Muharrem USTA

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

ABSTRACT

In this study, DDK 40 ductile iron and AISI 1050 steel have been drilled by carbide drills. In the experiments TiAlN coated and uncoated carbide twist drills with two cutting edges were used. Around 150 experiments were carried out by using different cutting parameters on universal and CNC lathes. Cutting forces and temperature were measured during the drilling processes. The cutting forces including torques and feed forces were measured by using a dynamometer. The temperatures were measured by using a thermocouple. Two fixturing apparatus were designed and manufactured to mount the dynamometer on universal and CNC turning machine tools. The temperatures of the drills were measured by using two thermocouples from the drill's coolant holes. After the experiments were carried out, some geometrical properties were controlled for work parts. The experimental results show that torques and feed forces increased with increasing federate, temperature increased with increasing length of drilling holes. Moreover, diameter enlargements, deviations of roundness and axis of holes were determined.

Science Code : 708.3.028

Key Words : Twist drills, cutting forces, drilling, measurement of cutting forces, measuring temperature

Page Number: 208

Adviser : Yrd. Doç. Dr. Yunus KAYIR

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla ben yönlendiren Hocam Yrd. Doç. Dr. Yunus KAYIR'a, manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan çok değerli nişanlım Rabia SÖNMEZ'e, Elektrik Öğretmeni mezunu Şakir KUZHEY'e, dönem arkadaşım Selçuk YAĞMUR'a ve laboratuvar çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen tüm çalışma arkadaşlarıma ve hayatım boyunca yanımda olduklarını hep hissettiren aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca, bu çalışmanın proje olarak desteklenmesinde Gazi Üniversitesi Rektörlüğü ve Bilimsel araştırmalar birimi çalışanlarına teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xii
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xxv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xxix
1. GİRİŞ.....	1
2. TEZGAH - KESİCİ - İŞ PARÇASI İLİŞKİSİ.....	3
2.1. Tornalama Takım Tezgahları.....	4
2.1.1. Üniversal torna tezgahı.....	4
2.1.2. CNC (Bilgisayarlı sayısal denetim) torna tezgahı.....	4
2.2. Kesici.....	5
2.3. İş Parçası.....	5
3. MATKAPLAR.....	7
3.1. Matkapların Sınıflandırılması.....	9
3.1.1. İçten soğutmalı matkaplar.....	11
3.2. Matkap Ucu Bileme Geometrisi.....	11
3.2.1. Matkap ucunun aşınması.....	12
4. DELİK DELME.....	14
4.1. Delme İşleminin Özellikleri.....	15

Sayfa

4.2. Delik Delmede Kesme Kuvvetleri ve Ölçülmesi.....	17
4.2.1. Dinamometre.....	21
4.3. Delik Delmede Sıcaklık ve Ölçülmesi.....	21
4.3.1. Veri kaydedici (Datalogger).....	22
4.3.2. Isıl çift (Termokupl).....	22
5. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	30
6. MATERYAL VE METOT.....	41
6.1. Malzeme Seçimi.....	41
6.2. Kesici Seçimi.....	47
6.3. Delik Delmek İçin Kesme Parametrelerinin Tayin Edilmesi.....	48
6.4. Kesme Kuvvetlerinin Ölçülmesine Yönelik Deney Düzeneğinin Tasarımı ve İmalatı.....	49
6.4.1. Matkapların dinamometreye bağlanabilmesine yönelik bir bağlama aparatinın tasarımı ve imalatı.....	51
6.4.2. Dinamometrenin universal torna tezgahına bağlanabilmesine yönelik bir bağlama aparatinın tasarımı ve imalatı.....	52
6.4.3. Dinamometrenin CNC torna tezgahına bağlanabilmesine yönelik bir bağlama aparatinın tasarımı ve imalatı.....	54
6.5. Sıcaklık Ölçümüne Yönelik Bir Düzeneğin Tasarımı ve Kurulması.....	57
6.6. Deneylerin Yapılması.....	59
6.6.1. Deneyler için universal torna tezgahının hazırlanması.....	60
6.6.2. Deneyler için CNC torna tezgahının hazırlanması.....	66
6.6.3. Deney çalışmalarında ölçümler için kullanılan bilgisayar programları.....	68
6.6.4. Delik delme.....	80

Sayfa

6.6.5. Ölçülen verilerin değerlendirilmesi.....	82
6.6.6. Ölçülen verilerin grafik üzerinden çıkartılması.....	85
6.7. Elde Edilen Delikler Üzerinde Yapılan İncelemeler.....	97
6.7.1. Delik geometrik bilgilerinin çıkarılması.....	97
6.7.2. Yüzey pürüzlülüklerinin belirlenmesi.....	100
6.7.3. Delik yüzeyi boyunca fotoğrafların alınması.....	101
6.7.4. Delik yüzeyi boyunca sertliklerin alınması.....	102
7. DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRİLMESİ.....	104
7.1. Kesme Kuvvetleri.....	104
7.2. Sıcaklık.....	150
7.3. Delik Çapı.....	173
7.4. Delik İçi Yüzey Pürüzlülükleri.....	175
7.5. Delik İçi Sertlikler.....	176
7.6. Kesici Takım.....	179
7.7. Delik Çıkışı.....	184
7.8. Çıkan Talaşlar.....	187
7.7. Delik Çıkışı.....	184
7.8. Çıkan Talaşlar.....	187
8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	194
KAYNAKLAR.....	197
EKLER.....	201
EK – 1 Takım tutucu.....	202
EK – 2 Üniversal torna tezgahı için bağlama aparatı ana gövdesi.....	203
EK – 3 Üniversal torna tezgahı için bağlama aparatı.....	204
EK – 4 CNC torna tezgahı için bağlama aparatı ana gövdesi.....	205

Sayfa

EK – 5 CNC torna tezgahı için bağlama aparatı.....	206
EK – 6 Deney kartı.....	207
ÖZGEÇMİŞ.....	208

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Helis adımlarına göre matkap çeşitleri ve kullanıldığı yerler.....	10
Çizelge 4.1. Çeşitli malzemeler için kullanılan özgül kesme direnci değerleri.....	18
Çizelge 4.2. Isıl çiftinin sıcaklık limitleri ve standart kodları.....	24
Çizelge 4.3. DIN ve IEC standardı ısı çifti renk kodları.....	26
Çizelge 4.4. Isıl çifti eleman çaplarına göre sıcaklık dağılımı.....	27
Çizelge 6.1. Deney malzemesinin kimyasal kompozisyonu (Ağırlık%).....	42
Çizelge 6.2. Çeliklerin normalizasyon ve sertleştirme sıcaklık değerleri.....	42
Çizelge 6.3. AISI 1050 malzemesi için çekme testi sonucu (ortalama).....	44
Çizelge 6.4. DDK 40 malzemenin özellikleri.....	45
Çizelge 6.5. DDK 40 malzemesi için çekme testi sonucu (ortalama).....	47
Çizelge 6.6. Deneylerde kullanılan kesme şartları.....	49
Çizelge 6.7. CNC tezgahı için yazılan program.....	81
Çizelge 6.8. Mean Value yöntemi kullanıldığında ekrana gelen bilgiler.....	88
Çizelge 6.9. Belirlenen zaman aralıkları için elde edilen kuvvet değerlerinin çizelgesi.....	91
Çizelge 7.1. Deney malzemelerinin üzerinden alınan sertlik ölçüleri.....	176
Çizelge 7.2. Deney malzemelerinin deliğin üzerinden alınan yüzey sertliklerin ortalaması.....	177

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Tezgah, kesici, iş parçası ilişkisi.....	3
Şekil 3.1. Bir matkabın kısımları.....	7
Şekil 3.2. Matkap ucunun 118° taşlanarak bilenmesi.....	8
Şekil 3.3. Matkabın bilenmesinde kesici kenarın arka tarafına verilen boşluk açısı....	8
Şekil 3.4. Matkabın helisel olukları arasında kalan öz.....	9
Şekil 3.5. İçten soğutmalı matkap.....	11
Şekil 3.6. Kesici ucu bileme formları.....	11
Şekil 3.7. Helisel matkap ucunda aşınmanın meydana gelişi.....	12
Şekil 3.8. Helisel matkap ucunun talaş açısının çapa bağlı olarak değişmesi.....	13
Şekil 4.1. Delik delme operasyonu.....	14
Şekil 4.2. Değişik delik işleme yöntemleri.....	15
Şekil 4.3. Kesme hızı ile ilerleme hızı.....	16
Şekil 4.4. Talaş derinliği.....	16
Şekil 4.5. Kesici kenar başına ilerleme ve talaş kesit alanı.....	17
Şekil 4.6. Kesme kuvvetlerinin birleşenleri.....	19
Şekil 4.7. Isıl çiftinde sıcak ve soğuk nokta sıcaklığının önemi.....	23
Şekil 4.8. Isıl çift sıcaklık-mV eğrisi.....	25
Şekil 4.9. İzolatör tipleri.....	26
Şekil 4.10. Komple ısı çift seti.....	29
Şekil 5.1. Dörr ve arkadaşlarının deney düzeneği.....	32
Şekil 6.1. Deneyde kullanılan AISI 1050 malzemesinin boyutları.....	42
Şekil 6.2. Çekme çubuğunun teknik özellikleri.....	43

Şekil	Sayfa
Şekil 6.3. Deneyde kullanılan DDK 40 malzemesinin boyutları.....	46
Şekil 6.4. Deneyde kullanılan karbür uçlu helisel matkap ve boyut ölçüleri.....	48
Şekil 6.5. Deney seti kurulumu.....	51
Şekil 6.6. Üniversal torna tezgahı için bir CAD ortamında tasarlanarak montajı yapılan dinamometre deney düzeneği.....	54
Şekil 6.7. CNC torna tezgahı için bir CAD ortamında tasarlanarak montajı yapılan dinamometre deney düzeneği.....	56
Şekil 6.8. Üniversal torna için tasarlanan sıcaklık deney düzeneği.....	58
Şekil 6.9. CNC torna için tasarlanan sıcaklık deney düzeneği.....	59
Şekil 6.10. DynoWare programının ekran görüntüsü.....	69
Şekil 6.11. Dinamometrenin kalibre değerlerinin programa girilmesi.....	70
Şekil 6.12. Ölçüm yapma ayarları.....	71
Şekil 6.13. Deney bilgilerinin girildiği program sayfası.....	71
Şekil 6.14. Programı başlatma menüsü.....	72
Şekil 6.15. Datalogger programın ana açılış sayfasının görüntüsü.....	72
Şekil 6.16. Program “Sistem Konfigürasyon” sayfası.....	73
Şekil 6.17. İletişim ayarları menüsünün ekran görüntüsü.....	73
Şekil 6.18. Cihaz tanımları menüsünün ekran görüntüsü.....	74
Şekil 6.19. Cihaz ekle menüsünün ekran görüntüsü.....	74
Şekil 6.20. E-680 konfigürasyonun ekran görüntüsü.....	75
Şekil 6.21. Kayıt konfigürasyon ekran görüntüsü.....	76
Şekil 6.22. Elimko datalogger sistem başlatma menüsünün ekran görüntüsü.....	77
Şekil 6.23. Grafik sayfasının ekran görüntüsü.....	77
Şekil 6.24. Grafik sayfasından yeni kayıt açma ekran görüntüsü.....	78

Şekil	Sayfa
Şekil 6.25. Çoklu grafik konfigürasyonunun yeni kayıt açma ekran görüntüsü.....	78
Şekil 6.26. Çoklu grafik sayfasında farklı kaydet menüsünün ekran görüntüsü.....	79
Şekil 6.27. Sıcaklık ölçümü için deney ekran görüntüsü.....	80
Şekil 6.28. $n=1000$ dev/dk, $f=0,18$ mm/dev, Ø14 mm kaplamalı matkap ile AISI 1050 malzemesinin delinmesinde elde edilen kuvvet grafiği.....	83
Şekil 6.29. $n=1000$ dev/dk, $f=0,32$ mm/dev, Ø14 mm kaplamalı matkap ile DDK 40 malzemesinin delinmesinde elde edilen kuvvet grafiği.....	84
Şekil 6.30. $n=1000$ dev/dk, $f=0,18$ mm/dev, Ø14 mm kaplamalı matkap ile AISI 1050 malzemesinin delinmesinde elde edilen sıcaklık grafiği.....	85
Şekil 6.31. Grafik üzerinde bir zaman aralığı belirleme.....	86
Şekil 6.32. Grafik üzerinde tanımlanan istatistiksel veriler.....	86
Şekil 6.33. Zaman aralığının belirlenmesi ve kuvvetler için istatistiksel bilgiler.....	88
Şekil 6.34. Grafik üzerinde delik delme süresinin ilk 5.33 saniyenin belirlenmesi....	89
Şekil 6.35. Grafik üzerinde bir bölgenin “Zoom On” yapılması.....	90
Şekil 6.36. Seçilen bölgenin “Zoom On” yapılmış hali.....	91
Şekil 6.37. Grafik üzerinde uygun zaman aralıklarının belirlenmesi.....	92
Şekil 6.38. İlk 10 mm gelen kuvvetlerin belirlenmesi.....	93
Şekil 6.39. Sıcaklığa yönelik “Elimko Datalogger Manager” programının görüntüsü.....	94
Şekil 6.40. Sıcaklık grafiklerin “Excel” formatına dönüştürme görüntüsü.....	95
Şekil 6.41. Verilerin excel formatında kaydı.....	95
Şekil 6.42. Sıcaklık grafiklerin JPEG görüntüsü.....	96
Şekil 6.43. Delik daresinden alınan ölçüm noktaları.....	99

Şekil	Sayfa
Şekil 7.1. Üniversal tornada; $n=2000$ dev/dak, $f=0.24$ mm/dev, DDK 40 malzemesinin kaplamalı matkapla delinmesinde ölçülen kuvvetlere ait elde edilen grafik.....	105
Şekil 7.2. CNC tornada; $n=2000$ dev/dak, $f=0.18$ mm/dev, AISI 1050 malzemesinin kaplamalı matkapla delinmesinde oluşan kuvvet grafiği...	106
Şekil 7.3. Üniversal tornada 1000 dev/dak'da DDK 40 AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde ilerlemeye bağlı olarak oluşan delme kuvvetleri (F_z).....	107
Şekil 7.4. Üniversal tornada 1000 dev/dak'da DDK 40 AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde ilerlemeye bağlı olarak oluşan momentler (M_z).....	108
Şekil 7.5. Üniversal tornada 1400 dev/dak'da DDK 40 AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde ilerlemeye bağlı olarak oluşan delme kuvvetleri (F_z).....	109
Şekil 7.6. Üniversal tornada 1400 dev/dak'da DDK 40 AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde ilerlemeye bağlı olarak oluşan momentler (M_z).....	109
Şekil 7.7. Üniversal tornada 2000 dev/dak'da DDK 40 AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde ilerlemeye bağlı olarak oluşan delme kuvvetleri (F_z).....	110
Şekil 7.8. Üniversal tornada 2000 dev/dak'da DDK 40 AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde ilerlemeye bağlı olarak oluşan momentler (M_z).....	111
Şekil 7.9. CNC tornada 1000 dev/dak'da DDK 40 AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde ilerlemeye bağlı olarak oluşan delme kuvvetleri (F_z).....	112
Şekil 7.10. CNC tornada 1000 dev/dak'da DDK 40 AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde ilerlemeye bağlı olarak oluşan momentler (M_z).....	112
Şekil 7.11. CNC tornada 1400 dev/dak'da DDK 40 AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde ilerlemeye bağlı olarak oluşan delme kuvvetleri (F_z).....	113

Şekil	Sayfa
Şekil 7.12. CNC tornada 1400 dev/dak'da DDK 40 AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde ilerlemeye bağlı olarak oluşan momentler (M_z).....	113
Şekil 7.13. CNC tornada 2000 dev/dak'da DDK 40 AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde ilerlemeye bağlı olarak oluşan delme kuvvetleri (F_z).....	114
Şekil 7.14. CNC tornada 2000 dev/dak'da DDK 40 AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde ilerlemeye bağlı olarak oluşan momentler (M_z).....	114
Şekil 7.15. Üniversal tornada 0.18 mm/dev'de DDK 40 AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde devire bağlı olarak oluşan delme kuvvetleri (F_z).....	116
Şekil 7.16. Üniversal tornada 0.18 mm/dev'de DDK 40 AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde devire bağlı olarak oluşan momentler (M_z).....	116
Şekil 7.17. Üniversal tornada 0.24 mm/dev'de DDK 40 AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde devire bağlı olarak oluşan delme kuvvetleri (F_z).....	117
Şekil 7.18 Üniversal tornada 0.24 mm/dev'de DDK 40 AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde devire bağlı olarak oluşan momentler (M_z).....	117
Şekil 7.19. Üniversal tornada 0.32 mm/dev'de DDK 40 AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde devire bağlı olarak oluşan delme kuvvetleri (F_z).....	118
Şekil 7.20. Üniversal tornada 0.32 mm/dev'de DDK 40 AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde devire bağlı olarak oluşan momentler (M_z).....	118
Şekil 7.21. CNC tornada 0.18 mm/dev'de DDK 40 AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde devire bağlı olarak oluşan delme kuvvetleri (F_z).....	119
Şekil 7.22. CNC tornada 0.18 mm/dev'de DDK 40 AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde devire bağlı olarak oluşan momentler (M_z).....	120

Şekil	Sayfa
Şekil 7.23. CNC tornada 0.24 mm/dev’de DDK 40 AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde devire bağlı olarak oluşan delme kuvvetleri (Fz).....	120
Şekil 7.24. CNC tornada 0.24 mm/dev’de DDK 40 AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde devire bağlı olarak oluşan momentler (Mz).....	121
Şekil 7.25. CNC tornada 0.32 mm/dev’de DDK 40 AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde devire bağlı olarak oluşan delme kuvvetleri (Fz).....	121
Şekil 7.26. CNC tornada 0.32 mm/dev’de DDK 40 AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde devire bağlı olarak oluşan momentler (Mz).....	122
Şekil 7.27. Üniversal tornada 1000 dev/dak’da DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan delme kuvvetleri (Fz).....	124
Şekil 7.28. Üniversal tornada 1000 dev/dak’da AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan delme kuvvetleri (Fz).....	124
Şekil 7.29. Üniversal tornada 1400 dev/dak’da DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan delme kuvvetleri (Fz).....	125
Şekil 7.30. Üniversal tornada 1400 dev/dak’da AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan delme kuvvetleri (Fz).....	125
Şekil 7.31. Üniversal tornada 2000 dev/dak’da DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan delme kuvvetleri (Fz).....	126
Şekil 7.32. Üniversal tornada 2000 dev/dak’da AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan delme kuvvetleri (Fz).....	126
Şekil 7.33. Üniversal tornada 0.18 mm/dev’de DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan delme kuvvetleri (Fz).....	127

Şekil	Sayfa
Şekil 7.34. Üniversal tornada 0.18 mm/dev’de AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan delme kuvvetleri (Fz).....	128
Şekil 7.35. Üniversal tornada 0.24 mm/dev’de DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan delme kuvvetleri (Fz).....	128
Şekil 7.36. Üniversal tornada 0.24 mm/dev’de AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan delme kuvvetleri (Fz).....	129
Şekil 7.37. Üniversal tornada 0.32 mm/dev’de DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan delme kuvvetleri (Fz).....	129
Şekil 7.38. Üniversal tornada 0.32 mm/dev’de AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan delme kuvvetleri (Fz).....	130
Şekil 7.39. Üniversal tornada 1000 dev/dak’da DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan momentler (Mz).....	131
Şekil 7.40. Üniversal tornada 1000 dev/dak’da AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan momentler (Mz).....	131
Şekil 7.41. Üniversal tornada 1400 dev/dak’da DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan momentler (Mz).....	132
Şekil 7.42.. Üniversal tornada 1400 dev/dak’da AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan momentler (Mz).....	132
Şekil 7.43. Üniversal tornada 2000 dev/dak’da DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan momentler (Mz).....	133
Şekil 7.44. Üniversal tornada 2000 dev/dak’da AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan momentler (Mz).....	133
Şekil 7.45. Üniversal tornada 0.18 mm/dev’de DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan momentler (Mz).....	134

Şekil	Sayfa
Şekil 7.46. Üñiversal tornada 0.18 mm/dev’de AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan momentler (Mz).....	135
Şekil 7.47. Üñiversal tornada 0.24 mm/dev’de DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan momentler (Mz).....	135
Şekil 7.48. Üñiversal tornada 0.24 mm/dev’de AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan momentler (Mz).....	136
Şekil 7.49. Üñiversal tornada 0.32 mm/dev’de DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan momentler (Mz).....	136
Şekil 7.50. Üñiversal tornada 0.32 mm/dev’de AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan momentler (Mz).....	137
Şekil 7.51. CNC tornada 1000 dev/dak’da DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan delme kuvvetleri (Fz).....	138
Şekil 7.52. CNC tornada 1000 dev/dak’da AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan delme kuvvetleri (Fz).....	138
Şekil 7.53. CNC tornada 1400 dev/dak’da DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan delme kuvvetleri (Fz).....	139
Şekil 7.54. CNC tornada 1400 dev/dak’da AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan delme kuvvetleri (Fz).....	139
Şekil 7.55. CNC tornada 2000 dev/dak’da DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan delme kuvvetleri (Fz).....	140
Şekil 7.56. CNC tornada 2000 dev/dak’da AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan delme kuvvetleri (Fz).....	140
Şekil 7.57. CNC tornada 0.18 mm/dev’de DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan delme kuvvetleri (Fz).....	141

Şekil	Sayfa
Şekil 7.58. CNC tornada 0.18 mm/dev’de AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan delme kuvvetleri (Fz).....	141
Şekil 7.59. CNC tornada 0.24 mm/dev’de DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan delme kuvvetleri (Fz).....	142
Şekil 7.60. CNC tornada 0.24 mm/dev’de AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan delme kuvvetleri (Fz).....	142
Şekil 7.61. CNC tornada 0.32 mm/dev’de DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan delme kuvvetleri (Fz).....	143
Şekil 7.62. CNC tornada 0.32 mm/dev’de AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan delme kuvvetleri (Fz).....	143
Şekil 7.63. CNC tornada 1000 dev/dak’da DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan momentler (Mz).....	144
Şekil 7.64. CNC tornada 1000 dev/dak’da AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan momentler (Mz).....	144
Şekil 7.65. CNC tornada 1400 dev/dak’da DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan momentler (Mz).....	145
Şekil 7.66. CNC tornada 1400 dev/dak’da AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan momentler (Mz).....	145
Şekil 7.67. CNC tornada 2000 dev/dak’da DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan momentler (Mz).....	146
Şekil 7.68. CNC tornada 2000 dev/dak’da AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan momentler (Mz).....	146
Şekil 7.69. CNC tornada 0.18 mm/dev’de DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan momentler (Mz).....	147

Şekil	Sayfa
Şekil 7.70. CNC tornada 0.18 mm/dev’de AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan momentler (Mz).....	147
Şekil 7.71. CNC tornada 0.24 mm/dev’de DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan momentler (Mz).....	148
Şekil 7.72. CNC tornada 0.24 mm/dev’de AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan momentler (Mz).....	148
Şekil 7.73. CNC tornada 0.32 mm/dev’de DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan momentler (Mz).....	149
Şekil 7.74. CNC tornada 0.32 mm/dev’de AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan momentler (Mz).....	149
Şekil 7.75. Üniversal tornada; n=1000 dev/dak, f=0.18 mm/dev, DDK 40 malzemesinin kaplamalı matkapla delinmesinde oluşan sıcaklık grafiği.....	151
Şekil 7.76. Üniversal tornada; n=1000 dev/dak, f=0.18mm/dev, AISI 1050 malzemesinin kaplamalı matkapla delinmesinde oluşan sıcaklık grafiği.....	152
Şekil 7.77. Üniversal tornada 1000 dev/dak’da DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde ilerlemeye bağlı olarak oluşan sıcaklıklar (°C).....	153
Şekil 7.78. Üniversal tornada 1400 dev/dak’da DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde ilerlemeye bağlı olarak oluşan sıcaklıklar (°C).....	154
Şekil 7.79. Üniversal tornada 2000 dev/dak’da DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde ilerlemeye bağlı olarak oluşan sıcaklıklar (°C).....	154
Şekil 7.80. CNC tornada 1000 dev/dak’da DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde ilerlemeye bağlı olarak oluşan sıcaklıklar (°C).....	155
Şekil 7.81. CNC tornada 1400 dev/dak’da DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde ilerlemeye bağlı olarak oluşan sıcaklıklar (°C).....	156

Şekil	Sayfa
Şekil 7.82. CNC tornada 2000 dev/dak'da DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde ilerlemeye bağlı olarak oluşan sıcaklıklar (°C).....	156
Şekil 7.83. Üniversal tornada 0.18 mm/dev'de DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde devire bağlı olarak oluşan sıcaklıklar (°C).....	157
Şekil 7.84. Üniversal tornada 0.24 mm/dev'de DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde devire bağlı olarak oluşan sıcaklıklar (°C).....	158
Şekil 7.85. Üniversal tornada 0.32 mm/dev'de DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde devire bağlı olarak oluşan sıcaklıklar (°C).....	158
Şekil 7.86. CNC tornada 0.18 mm/dev'de DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde devire bağlı olarak oluşan sıcaklıklar (°C).....	159
Şekil 7.87. CNC tornada 0.24 mm/dev'de DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde devire bağlı olarak oluşan sıcaklıklar (°C).....	159
Şekil 7.88. CNC tornada 0.32 mm/dev'de DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde devire bağlı olarak oluşan sıcaklıklar (°C).....	160
Şekil 7.89. Üniversal tornada 1000 dev/dak'da DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan sıcaklıklar (°C).....	161
Şekil 7.90. Üniversal tornada 1000 dev/dak'da AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan sıcaklıklar (°C).....	161
Şekil 7.91. Üniversal tornada 1400 dev/dak'da DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan sıcaklıklar (°C).....	162
Şekil 7.92. Üniversal tornada 1400 dev/dak'da AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan sıcaklıklar (°C).....	162

Şekil	Sayfa
Şekil 7.93. Üniuersal tornada 2000 dev/dak'da DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan sıcaklıklar (°C).....	163
Şekil 7.94. Üniuersal tornada 2000 dev/dak'da AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan sıcaklıklar (°C).....	163
Şekil 7.95. Üniuersal tornada 0.18 mm/dev'de DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan sıcaklıklar (°C).....	164
Şekil 7.96. Üniuersal tornada 0.18 mm/dev'de AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan sıcaklıklar (°C).....	164
Şekil 7.97. Üniuersal tornada 0.24 mm/dev'de DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan sıcaklıklar (°C).....	165
Şekil 7.98. Üniuersal tornada 0.24 mm/dev'de AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan sıcaklıklar (°C).....	165
Şekil 7.99. Üniuersal tornada 0.32 mm/dev'de DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan sıcaklıklar (°C).....	166
Şekil 7.100. Üniuersal tornada 0.32 mm/dev'de AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan sıcaklıklar (°C).....	166
Şekil 7.101. CNC tornada 1000 dev/dak'da DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan sıcaklıklar (°C).....	167
Şekil 7.102. CNC tornada 1000 dev/dak'da AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan sıcaklıklar (°C).....	167
Şekil 7.103. CNC tornada 1400 dev/dak'da DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan sıcaklıklar (°C).....	168
Şekil 7.104. CNC tornada 1400 dev/dak'da AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan sıcaklıklar (°C).....	168
Şekil 7.105. CNC tornada 2000 dev/dak'da DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan sıcaklıklar (°C).....	169

Şekil	Sayfa
Şekil 7.106. CNC tornada 2000 dev/dak'da AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan sıcaklıklar (°C).....	169
Şekil 7.107. CNC tornada 0.18 mm/dev'de DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan sıcaklıklar (°C).....	170
Şekil 7.108. CNC tornada 0.18 mm/dev'de AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan sıcaklıklar (°C).....	170
Şekil 7.109. CNC tornada 0.24 mm/dev'de DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan sıcaklıklar (°C).....	171
Şekil 7.110. CNC tornada 0.24 mm/dev'de AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan sıcaklıklar (°C).....	171
Şekil 7.111. CNC tornada 0.32 mm/dev'de DDK 40 malzemesini kaplamalı kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan ve sıcaklıklar (°C).....	172
Şekil 7.112. CNC tornada 0.32 mm/dev'de AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan sıcaklıklar (°C).....	172
Şekil 7.113. Deney malzemelerinin n=1000 dev/dak'da kaplamalı matkaplarla delinmesinde elde edilen çap değişimleri.....	173
Şekil 7.114. Deney malzemelerinin n=1400 dev/dak'da kaplamalı matkaplarla delinmesinde elde edilen çap değişimleri.....	174
Şekil 7.115. Deney malzemelerinin n=2000 dev/dak'da kaplamalı matkaplarla delinmesinde elde edilen çap değişimleri.....	174
Şekil 7.116. Deney malzemelerinin n=1000 dev/dak'da kaplamalı matkaplarla delinmesinde elde edilen yüzey pürüzlülük değişimleri.....	176
Şekil 7.117. Deney malzemelerinin n=1000 dev/dak'da kaplamalı matkaplarla delinmesinde elde edilen yüzey sertlikleri.....	178
Şekil 7.118. Deney malzemelerinin n=1400 dev/dak'da kaplamalı matkaplarla delinmesinde elde edilen yüzey sertlikleri.....	178
Şekil 7.119. Deney malzemelerinin n=1400 dev/dak devir kullanılarak kaplamalı matkaplarla elde edilen yüzey sertlikleri.....	179

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Üniuersal torna tezgahı.....	4
Resim 2.2. CNC torna tezgahı.....	5
Resim 6.1. AISI 1050 malzemesinin markalanması.....	43
Resim 6.2. AISI 1050 deney parçaları için yapılmış olan çekme deneyi.....	43
Resim 6.3. AISI 1050 malzemesinin mikro yapısı.....	44
Resim 6.4. DDK 40 malzemesinin markalanması.....	46
Resim 6.5. DDK 40 deney parçaları için yapılmış olan çekme deneyi.....	47
Resim 6.6. DDDK 40 malzemesinin mikro yapısı.....	47
Resim 6.7. Deneylerde kullanılan dinamometre.....	50
Resim 6.8. Veri alma kartı (data kart).....	50
Resim 6.9. Dört kanaldan veri akışını düzenleyen amplifier.....	51
Resim 6.10. Matkabın dinamometreye bağlanması için yapılan takım tutucu.....	52
Resim 6.11. Karbür uçlu matkabın bağlanması için tasarlanan düzenek.....	52
Resim 6.12. Üniuersal torna tezgahı için bağlama aparatı ana gövdesi.....	53
Resim 6.13. Üniuersal torna tezgahı için ara bağlama aparatı.....	53
Resim 6.14. Üniuersal torna tezgahı üzerine montajı yapılan deney düzeneği.....	54
Resim 6.15. CNC torna tezgahı için bağlama aparatı ara parçası.....	55
Resim 6.16. CNC torna tezgahı için bağlama aparatı ana gövdesi.....	55
Resim 6.17. CNC torna tezgahına montajı yapılan deney düzeneği.....	56
Resim 6.18. Isıl çift (Termokupl).....	57
Resim 6.19. Veri kaydedici (Datalogger).....	58
Resim 6.20. Matkabın bağlanma boyu.....	60

Resim	Sayfa
Resim 6.21. Üiversal torna tezgahın sportu ve kalemligi.....	61
Resim 6.22. Üiversal torna tezgahın kalemliginin sök÷lm÷ş hali.....	61
Resim 6.23. Üiversal torna tezgahın matkabın bağlanmış hali.....	62
Resim 6.24. Üiversal torna için; matkap ile parça arasındaki eksen ayarını yapmak için hazırlanan çubuklar.....	62
Resim 6.25. Üiversal tornanın aynası ile matkabın aynı merkeze getirilişi.....	63
Resim 6.26. Üiversal tornanın yatay olarak ekseninin ayarlanması.....	64
Resim 6.27. Üiversal tornanın dikey olarak ekseninin ayarlanması.....	64
Resim 6.28. Matkaba ısıt çiftin takılmış hali.....	65
Resim 6.29. Üiversal torna tezgahının deney setinin hazır hali.....	65
Resim 6.30. CNC torna tezgahın matkabın bağlanmış hali.....	66
Resim 6.31. CNC torna tezgahında eksen ayarlaması.....	67
Resim 6.32. CNC torna tezgahı için hazırlanan deney seti.....	68
Resim 6.33. Üç boyutlu koordinat ölçüm tezgahı (CMM: Coordinate Measurement Machine).....	98
Resim 6.34. Yüzey pürüzlülük cihazı.....	100
Resim 6.35. Boydan boya kesilmiş G28 deney parçası.....	101
Resim 6.36. C10 (AISI 1050) deney parçası delik yüzeyi.....	102
Resim 6.37. AISI 1050 malzemesi için delik yüzeyinde yapılan sertlik ölçümleri..	103
Resim 6.38. DDK 40 malzemesi için delik yüzeyinde yapılan sertlik ölçümleri.....	103
Resim 7.1. AISI 1050 malzemesini n:2000 dev/dak, f:0.24 mm/dev kaplamalı karbür matkabın üzerine talaş yapışması (BUE).....	180
Resim 7.2. AISI 1050 malzemesini n:2000 dev/dak, f:0.32 mm/dev kaplamalı karbür matkabın zırh kısmındaki aşınma.....	181

Resim	Sayfa
Resim 7.3. AISI 1050 malzemesini n:1000 dev/dak, f:0.32 mm/dev kaplamalı karbür matkabın üzerine talaş yapışması (BUE).....	181
Resim 7.4. DDK 40 malzemesini n:2000 dev/dak, f:0.32 mm/dev kaplamasız karbür matkabın üzerine talaş yapışması (BUE).....	182
Resim 7.5. AISI 1050 malzemesini n:1000 dev/dak, f:0.32 mm/dev kaplamasız karbür matkabın üzerine talaş yapışması (BUE).....	182
Resim 7.6. Delik delerken kesicinin renk değıştirmesi.....	183
Resim 7.7. Kesicinin kenarlarının kırılması.....	183
Resim 7.8. DDK 40 malzemesini n:1000 dev/dak, f:0.24 mm/dev kaplamalı karbür matkabın delik çıkışı.....	184
Resim 7.9. DDK 40 malzemesini n:2000 dev/dak, f:0.18 mm/dev kaplamalı karbür matkabın delik çıkışı.....	184
Resim 7.10. DDK 40 malzemesini n:1400 dev/dak, f:0.24 mm/dev kaplamalı karbür matkabın delik çıkışı.....	185
Resim 7.11. AISI 1050 malzemesini n:1000 dev/dak, f:0.24 mm/dev kaplamalı karbür matkabın delik çıkışı.....	186
Resim 7.12. AISI 1050 malzemesini n:2000 dev/dak, f:0.32 mm/dev kaplamalı karbür matkabın delik çıkışı.....	186
Resim 7.13. DDK 40 malzemesini n:1000 dev/dak, f:0.18 mm/dev kaplamalı karbür matkapla delinmesi sırasında çıkan talaşlar.....	187
Resim 7.14. DDK 40 malzemesini n:1000 dev/dak, f:0.32 mm/dev kaplamalı karbür matkapla delinmesi sırasında çıkan talaşlar.....	188
Resim 7.15. DDK 40 malzemesini n:1400 dev/dak, f:0.24 mm/dev kaplamalı karbür matkapla delinmesi sırasında çıkan talaşlar.....	188
Resim 7.16. DDK 40 malzemesini n:2000 dev/dak, f:0.32 mm/dev kaplamalı karbür matkapla delinmesi sırasında çıkan talaşlar.....	189
Resim 7.17. DDK 40 malzemesini n:2000 dev/dak, f:0.32 mm/dev kaplamasız karbür matkapla delinmesi sırasında çıkan talaşlar.....	189
Resim 7.18. AISI 1050 malzemesini n:1000 dev/dak, f:0.18 mm/dev kaplamalı karbür matkapla delinmesi sırasında çıkan talaşlar.....	190

Resim	Sayfa
Resim 7.19. AISI 1050 malzemesini n:1000 dev/dak, f:0.32 mm/dev kaplamalı karbür matkapla delinmesi sırasında çıkan talaşlar.....	191
Resim 7.20. AISI 1050 malzemesini n:2000 dev/dak, f:0.18 mm/dev kaplamalı karbür matkapla delinmesi sırasında çıkan talaşlar.....	191
Resim 7.21. AISI 1050 malzemesini n:2000 dev/dak, f:0.32 mm/dev kaplamalı karbür matkapla delinmesi sırasında çıkan talaşlar.....	192
Resim 7.22. AISI 1050 malzemesini n:1000 dev/dak, f:0.32 mm/dev kaplamasız karbür matkapla delinmesi sırasında çıkan talaşlar.....	192
Resim 7.23. AISI 1050 malzemesini n:1400 dev/dak, f:0.32 mm/dev kaplamasız karbür matkapla delinmesi sırasında çıkan talaşlar.....	193
Resim 7.24. AISI 1050 malzemesini n:2000 dev/dak, f:0.24 mm/dev kaplamasız karbür matkapla delinmesi sırasında çıkan talaşlar.....	193

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler	Açıklama
V_c	Kesme hızı, m/dak
D	Matkap çapı, mm
f	İlerleme, mm/dev
V_f	Dalma hızı, mm/dak
n	Devir, dev/dak
a_p	Talaş derinliği, mm
z	Kesici kenar sayısı
A	Kesit alanı, mm ²
f_z	Kenar başına ilerleme, mm/ağız
Q	Talaş debisi, mm ³ /dak
k_c	Özgül kesme direnci, N/ mm ²
F_p	Delme kuvveti, N
K_r	Yanaşma açısı
F_c	Teğetsel kesme kuvveti, N
M	Tork, Nm
r_A	Talaş alanının merkeze olan yarıçapı, mm
d	Daha önceden delinmiş delik çapı, mm
R_a	Ortalama yüzey pürüzlülüğü
F_z	Kesme kuvveti, N
M_z	Moment, Ncm

Kısaltmalar	Açıklama
CNC	Computer Numerical Control – Bilgisayarlı Sayısal Denetim
DIN	Deutsches Institut für Normung – Alman Standart Enstitüsü
HSS	High Speed Steel – Yüksek Hız Çeliği
IEC	International Electrotechnical Commission – Uluslararası Elektroteknik Komisyonu
FEM	Finite Element Method – Sonlu Elemanlar Metodu
AISI	American Iron and Steel Institute – Amerikan Demir ve Çelik Enstitüsü
CMM	Coordinate Measurement Machine – Koordinat Ölçme Tezgahı
BUE	Built Up Edge – Yığılma Kenar
ASTM	American Society for Testing and Materials – Amerikan Test ve Malzemeler Derneği
KOSGEB	Küçük ve Orta Ölçekli Sanayi Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı
BHN	Brinell Hardness Number – Brinell Sertlik Numarası
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu
CAD	Computer Aided Design – Bilgisayar Destekli Tasarım

1. GİRİŞ

Matkaplarla delik delme operasyonları imalat sanayisinin birçok kolunda yaygın olarak kullanılmaktadır. Matkapların genel olarak kullanıldıkları yerler arasında; otomasyon, kalıpcılık, makine imalatı, uçak ve otomotiv sanayisi vb. gibi alanlar sayılabilir. Genelde matkaplar ile delik delme basit bir işlem gibi düşünülür. Fakat delik delme sırasında çok karmaşık olaylar gerçekleşir.

Matkaplarda delme işlemi, radyal ağzın parçaya dalmasıyla başlar ve ana kesme ağızlarının aktif kesme işlemini gerçekleştirmesiyle devam eder. Kesme ağızları tarafından kesilerek parçadan ayrılan talaşlar helisel kanallar vasıtasıyla tahliye edilir. Radyal ağız kesme yapmaz, sadece dönme ve ilerleme hareketi sayesinde iş parçasını ezerek ağızlama yapar ve matkabın kolayca ilerlemesini sağlar. Kesici ağız ise, parçanın dönme ve matkabın ilerleme hareketiyle helis bir yüzey oluşturarak, iş parçasını keser. Helis adımı, matkabın bir devirde yaptığı ilerleme miktarı olarak ifade edilebilir. Dolayısıyla helisel yüzey boyunca hareket eden takımda kesme ağızlarının etki yönü sürekli değiştiğinden, matkabın etkili kesme açıları da değişecektir [1].

Matkapların aşınması ve hasar görmesi talaş kaldırma operasyonlarında teknolojik ve ekonomik olarak önemlidir. Aşınmış bir matkap ucu, deliğin kalitesini etkilediği gibi verimlilik ve üretim maliyetinin artmasını da beraberinde getirir.

Genelde matkaplarda aşınma, kesici kenarın zırh ile birleştiği noktada başlayarak, kesici ağızlar ve serbest yüzeylerde devam eder. Kesici ağızlarda aşınmanın artması, serbest yüzeylerde boşluk açısı kaybolmuş konik yüzey meydana getirir. Oluşan bu konik yüzey, serbest yüzeylerde aşınma şeritlerini temsil eder. Serbest yüzeylerdeki aşınma, kesme işleminin yerini sürtünme ve zorlamalara bırakarak, ısı oluşumunu artırır ve aşınma hızlanarak takımı köreltir.

Oluşan aşınma değerleri kabul edilir sınırı aştığında, delme işlemlerinde oldukça önemli olan delik geometrisinin (dairesellik, çap ölçüsü) ve yüzey kalitesinin

bozulmasına neden olur. Delme işlemlerinde kullanılan matkapların kesme işlemi sırasında oluşan torku ve kesme kuvvetlerini, sıcaklık, kimyasal ve abraziv etkileri karşılayabilmesi için bazı özelliklere sahip olması gerekir. Bu özelliklere sahip matkapları bulmak için birçok deneysel işlemler yapılarak matkaplar geliştirilmeye çalışılmaktadır.

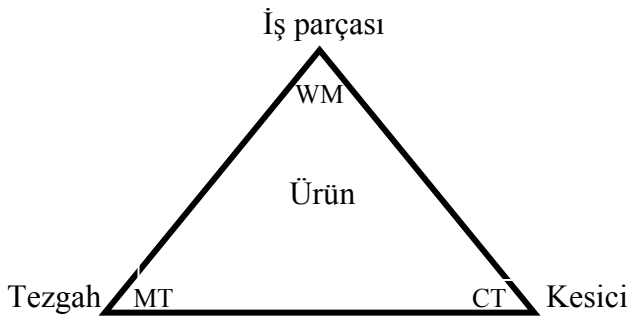
Delme işleminde kesme sıcaklığının takım ömrüne etkisi özellikle kuru delmede önemli bir problemdir. Bununla birlikte delme performansı ve delik kalitesi temelde kesme kuvvetlerine bağlıdır.

Bu çalışmada, değişik kesme parametreleri (devir, ilerleme) ile kullanılan karbür matkapların (kaplamalı, kaplamasız) oluşan kesme sıcaklıkları ve kesme kuvvetlerinin delik delmeye etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla da, 150 civarında delik delme deneyleri yapılmıştır. Deneyler, soğutma sıvısı kullanılmadan (kuru kesme), Ø14 mm çapında kaplamalı ve kaplamasız karbür matkaplar ile AISI 1050 çelik ve DDK 40 küresel dökme demir malzemelerine delikler açılması şeklinde yapılmıştır.

Deneyler, üniversal torna tezgahı ve CNC torna tezgahında ayrı ayrı tekrarlanmıştır. Yapılan delik delme işlemi sırasında ortaya çıkan sıcaklıklar ve kesme kuvvetleri ölçülmüştür. Sıcaklık ölçümünde ısı çifti (termokupl), kuvvet ölçümünde ise dinamometre kullanılmıştır.

2. TEZGAH - KESİCİ - İŞ PARÇASI İLİŞKİSİ

Günlük hayatta kullanılan birçok parça, farklı imal usullerinden biri kullanılarak üretilmektedir. İmal usullerinden biri olan talaş kaldırma, iş parçasının nihai şeklinin ham bir malzemenin bir kesici ile işlenmesidir. Talaş kaldırma işlemlerinde kullanılan değişik tezgâhlarda; tornalama, frezeleme, delik delme, taşlama vb. işlemler için bir kesici takım kullanılır. Ham parçadaki fazlalıklar, tezgâha bağlanmış kesici takım ile talaş kaldırarak alınır. Malzemeden talaş kaldırılması, kesici takım ucunun/kenarının iş parçası yüzeyine temas etmesi ve bu etki bölgesinde, tezgâhtan iş parçasına iletilmesi ile sağlanır. Bu sebeple tezgâh/kesici/iş parçası üçgeni arasındaki ilişki (Şekil 2.1) çok iyi kurulmalıdır. Böylelikle de kullanılan kesme parametreleri ile talaş kaldırma süresince meydana gelen sıcaklık, kesme kuvvetlerinin takım ömrüne etkisi en aza indirilebilir [2].



Şekil 2.1. Tezgah, kesici, iş parçası ilişkisi [2]

Minimum takım aşınması ve düşük güç sarfıyatı; talaş kaldırma işlemlerinde ekonomikliği etkileyen en önemli unsurlardır. Uygun kesme parametreleri için gerekli bilgiler, genellikle deneysel çalışmalarla belirlenmekte ve kesmenin etkili olduğu bölgede oluşan kesme kuvvetleri bu deneysel sonuçlara bağlı olarak elde edilen ampirik eşitliklerle hesaplanmaktadır. Özellikle takım ömrü ve takım değiştirme sıklığı, takım tezgâhlarının verimli kullanılması için en önemli parametrelerden biridir.

2.1. Tornalama Takım Tezgahları

Parçaya kesici takım önünde dönme hareketi vererek talaş kaldırmaya tornalamak, bu işlemleri yapan tezgahlara da torna tezgahı denir. Üretim aracı olarak takım tezgahlarının kullanılması insanlık tarihi ile başlamıştır. İlk torna tezgahı, iki ağaç arasına bağlanmış bir gerecin döndürülmesiyle ortaya çıkmış ve buna ağaç tornası denilmiştir. Metal gereçlerden yapılan ilk torna 1850' de geliştirilmiştir. Geliştirilen bütün torna tezgahlarının çalışma prensipleri aynı olmakla beraber, bugün çok daha modern torna tezgahları geliştirilmiştir. Bugüne kadar geliştirilen tezgahlar içerisinde en eski ve günümüzde de en çok kullanılan universal torna tezgahıdır. Torna tezgahlarının birçok çeşidi olmasına rağmen, burada sadece universal ve CNC torna tezgahları hakkında bilgi verilecektir.

2.1.1. Universal torna tezgahı

Universal torna tezgahı, belli bir özel işleme amacı için değil de, genel kullanım amaçlı tasarlanmış tezgahlardır (Resim 2.1). Bu tezgahlarda kesici hareketleri operatör yardımı ile yapılmaktadır. Universal tornalar, CNC torna tezgahların yaygınlaşmasından önce imalat sanayisinde en çok tercih edilen tezgahlardan biriydi.



Resim 2.1. Universal torna tezgahı

2.1.2. CNC (Bilgisayarlı sayısal denetim) torna tezgahı

CNC torna tezgahları özellikle çubuk malzemelerinin seri imalatında kullanılırlar (Resim 2.2). Bu tezgahlarda parçanın bağlanması, takım değiştirilmesi, kesicinin

talaş kaldırma hareketleri el yerine otomatik olarak yapılmaktadır. Bu tezgahlarda kesici hareketleri programlanabilmektedir.



Resim 2.2. CNC torna tezgahı

2.2. Kesici

Bütün kesici takımlar talaş kaldırma işlemleri sırasında aşınır ve bu aşınma; kesici, takım ömrünü tamamlayıncaya kadar devam eder. Kesici kenar ömrü dakika olarak ifade edilir. Günümüzde takım ömrü, eskiden olduğundan daha azdır [2]. Çünkü günümüz tezgahlarındaki hareketlerin hızlı yapılmasındaki teknolojik gelişmeler ve malzemelerdeki iyileştirmeler mevcut kesici üzerinde takım ömrünü günden güne kısaltmaktadır.

Takım ömrü; bir kesici ile iş parçalarının kabul edilebilir kesme parametreleri dahilinde işleminde kesicinin körelmesine kadar geçen zaman olarak tarif edilmektedir. İlk zamanlarda, takım ömrü parametresi sadece takımın artık daha fazla kesme yapmaması gibi basitçe ifade edilirken günümüzde; yüzey kalitesi, geometrik ölçü hassasiyeti, talaş oluşumu vb. gibi yaygın parametreler söz konusudur.

2.3. İş Parçası

İş parçası malzemesinin metalurjik ve kimyasal yapısı, mekanik özellikleri, ısıt işlemleri vb. özellikleri, kesici bağlama, takım tezgahı, operasyon (işlem) gibi

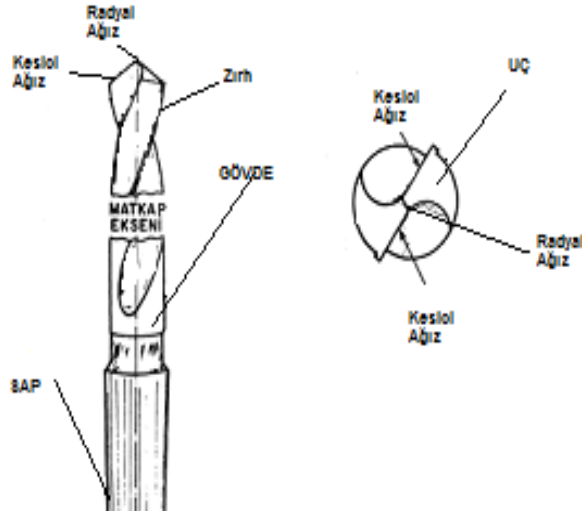
işlenebilirlik şartları üzerinde etkilidir. Bir malzeme için kullanılan en ideal işlenebilirlik değerleri bile ilerleyen teknolojik gelişmeler sonucunda uygun bir optimizasyon için başlangıç değerlerine kılavuzluk eder.

İş parçası malzemesini tanımak, başarılı bir işleme operasyonun gerçekleştirmek için birçok faktörün değerlendirilmesi önemlidir. Bununla beraber işlenen her parçanın maliyeti, yapılan imalatın tahmin edilebilir bir takım ömrü gibi öncelikler, işlenebilirliğin vazgeçilmezleridir. İşlenebilirliği geliştirmek için; döküm kalitesini iyileştirmek, malzemeyi kolay işlenebilir hale getirmek, takım malzemesini, takım geometrisini, bağlama şartlarını veya kesme sıvısı vb. değiştirmek gerekebilir [2].

3. MATKAPLAR

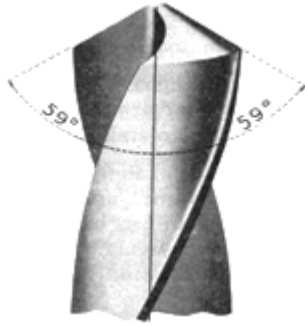
İmalat sanayisinde en çok kullanılan matkaplar; temelde 3 kısma ayrılarak geometrik tanımlaması yapılmaktadır (Şekil 3.1) [3];

- i) Uç,
- ii) Gövde,
- iii) Sap.

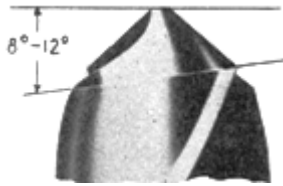


Şekil 3.1. Bir matkabin kısımları [3]

1. Uç: Matkabin kesici kenarlarının (ağızların) bulunduğu kısımdır, malzemeden keserek talaş kaldırılmasını ve deliklerin açılmasını sağlar. Matkaplar; genelde 2 kesici ağızlı olarak imal edilmektedir. Fakat 3 ağızlı matkaplarda bulunmaktadır. Matkapların uç geometrisi taşlanarak elde edilir. Uç kısmın taşlanması; kesici ağız kenarların oluşturulması şeklinde gerçekleşir. Kesici uç geometrisi oluşturulması, kesici uç açısının ve kesici kenarın arka boşluk açısının verilmesi şeklinde yapılmaktadır. Matkaplar, normal işleme şartları için 118° (Şekil 3.2) uç açısında ve 8° - 12° kesici kenar arka boşluk açısı (Şekil 3.3) ile taşlanmaktadır [4].



Şekil 3.2. Matkap ucunun 118° taşlanarak bilenmesi [4]



Şekil 3.3. Matkabın bilenmesinde kesici kenarın arka tarafına verilen boşluk açısı [4]

2. Gövde: Matkapların helisel olukların bulunduğu kısımdır, kesicinin ucundan başlayıp kesicinin sapına kadar devam eder. Helisel oluklar; delik delinmesi sırasında matkabın ucundaki kesici kenarlarla kesilen talaşların dışarı atılması görevini yerine getirmektedir. Helisel oluk sayısı kesici ağız (kenar) sayısı kadardır. Olukların helis açısı farklı derecelerde imal edilmektedir. Helisel oluklar, kesici kenarların talaş açılarını oluşturmaktadır. Gövde üzerinde, helisel olukların arka kısımları belli bir set oluşturacak şekilde taşlanmaktadır. Bu setler kesicinin zırh kısımlarını meydana getirmektedir. Matkaplar dönerek talaş kaldırma esnasında gövdenin delik yüzeylerine sürtünmesini engeller. Matkapların gövdeleri, belli bir açıda konik olacak şekilde imal edilirler. Bu oran çok küçüktür. Amaç kesicinin parça içine dalarak ilerlemesi sırasında sıkışmasını önlemektedir. Helisel olukların arasında kalan kısım kesicinin özü olarak adlandırılır. Kesici özü, kesici ucundan kesici sapına doğru koniktir. Helisel oluklar, kesici ucundan kesici sapına doğru konik olarak açılmaktadır (Şekil 3.4). Koniklik; kesicinin dönerek talaş kaldırması sırasında kesme kuvvetlerinin oluşturacağı torka (M_z) kesicinin kırılmadan dayanabilmesini sağlar [4].



Şekil 3.4. Matkabın helisel olukları arasında kalan öz [3]

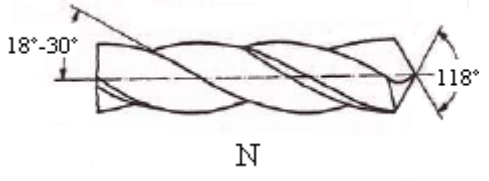
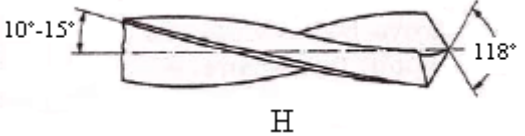
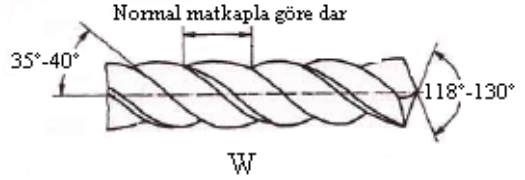
3. Sap: Matkabın tezgaha bağlanmasını sağlayan kısımdır. Sap kısımları; genelde belli bir matkap çapına kadar silindirik yapılmaktadır. Fakat, özellikle büyük çaplı matkaplar; bağlanma kolaylığı nedeni ile konik yapılmaktadır [4].

3.1. Matkapların Sınıflandırılması

İş parçası malzemesine bağlı ve kesme açılarına göre DIN standardında (DIN 1414) N, H ve W ile simgelenen üç çeşit matkap vardır. Bunlardan N tipi çelik ve dökme demir gibi normal; H tipi pirinç alaşımları ve W tipi ise alüminyum alaşımları gibi yumuşak malzemeler içindir. Bunlara plastik malzemeler için geçerli olan değiştirilmiş H tipi de ilave edilebilir. Bu matkapların her birinin kesme açıları farklı olup her tip için kesme açıları matkabın çapına bağlıdır.

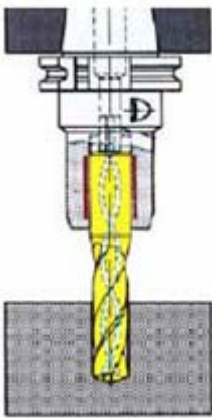
Uç açıları 118° 'den daha küçük olan matkaplara sivri; daha büyük olanlara ise düz denir [1]. Malzeme sertliği arttıkça matkapların uç açıları artar (düzleşir), malzeme sertliği azaldıkça da uç açıları azalır (sivrileşir). Çizelge 3.1'de, matkapların helis ve uç açılarına göre kullandıkları malzemeler verilmiştir.

Çizelge 3.1. Helis adımlarına göre matkap çeşitleri ve kullanıldığı yerler [5]

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

3.1.1. İçten soğutmalı matkaplar

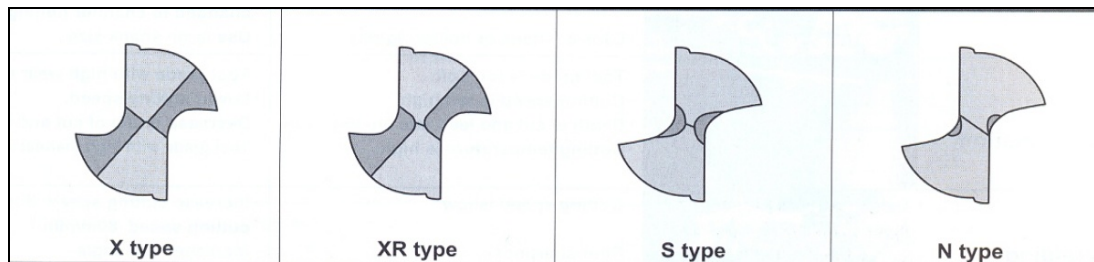
Bu matkaplar kesme sıvısının matkap içinden sevk edilmesini sağlarlar (Şekil 3.5); sıvının girişi sap ucundan veya yandan yapılır. Deliklerden basınç ile verilen kesme sıvısı matkap ucuna ulaşır ve burada biriken talaş ve pislikleri dışarıya taşır. İçten soğutmalı matkaplar genellikle derin deliklerde ve uzun süren çok işlemlerle operasyonlarda kullanılır.



Şekil 3.5. İçten soğutmalı matkap [6]

3.2. Matkap Ucu Bileme Geometrisi

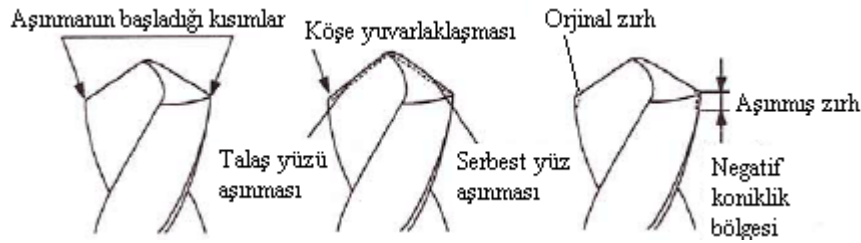
İmal edilen matkaplar, kullanılacağı malzemeye göre değişik açılarda bilenerek uç geometrileri oluşturulmaktadır. Genel olarak Şekil 3.6’da verilen kesici uç bileme formları yaygın olarak kullanılmaktadır. Fakat, kesici imal eden birçok firma kendilerine özgü kesici uç bileme formlarını da piyasaya çıkarabilmektedir.



Şekil 3.6. Kesici ucu bileme formları [7]

3.2.1. Matkap ucunun aşınması

Helisel matkap ucunun fonksiyonlarını tamamen yerine getirilebilecek şekilde bilmesi için, aşınmanın ortaya çıkış türü hakkında bilgi sahibi olmak gerekmektedir. Helisel matkap uçlarında aşınma, genellikle kesici kenarların zırh ile birleştiği köşelerde başlar. Kesici ağızlarda ve zırh üzerinde gelişir. Köşelerdeki aşınma süresince köşelerin yuvarlanması şekline dönüşür. Aynı anda kesici kenarların aşınması ile matkapta aşınmalar meydana gelir. Şekil 3.7’de bir matkabın körelmesindeki aşamalar gösterilmektedir.

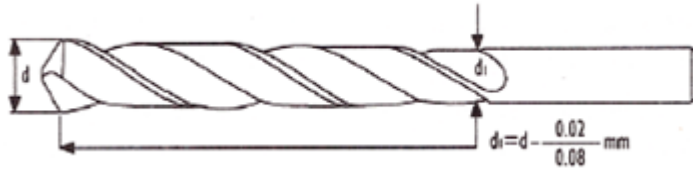


Şekil 3.7. Helisel matkap ucunda aşınmanın meydana geliş [8]

Kesici kenarındaki aşınmanın artması her iki serbest yüzeyde sırt düşürmesi kaybolmuş genişliği dar olan konik yüzey meydana getirir. Konik yüzey serbest yüzeylerdeki aşınma şeritlerini temsil eder. Kesme işlemi yerine sürtme ve zorlamalarla açığa çıkan ısı artar, körlenme hızlanır. Aşınma diğer taraftan da zırh üzerinde gelişir. Bu aşınma yukarıda sözü edilen köşe yuvarlanmalarının devamıdır. Matkaplardaki zırhın aşınması:

- Matkap ucu çap ölçüsünü düşürür,
- Uç kısımda negatif (ters) koniklik meydana getirir.

Matkap ucu imal edilirken takımın delik içinde rahat çalışmasını ve helisin arka kısmının deliğe sürtünmemesini temin edebilmek amacıyla konik taşlanır. DIN 1414'de talaş kanalı boyunca önerilen koniklik 10 mm'de 0.02-0.08mm'dir. Uç kısımda ortaya çıkan negatif koniklik bu prensibe ters düştüğünden bileme esnasında konikliği ters olan kısmın kesilip atılması gerekir.



Şekil 3.8. Helisel matkap ucunun talaş açısının çapa bağlı olarak değişmesi [4]

Diğer kesicilerin aksine matkaplar köreldiklerinde atılmazlar. Körelen matkaplar, uçtan bilenerek tekrar kullanılabilir. [4]

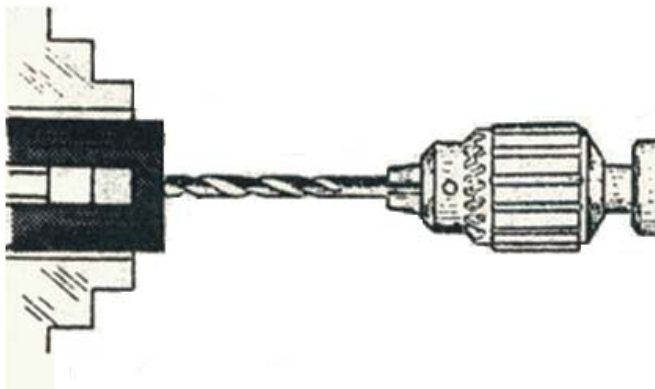
25 mm çapında bir matkap ucu ile belirli çalışma şartları altında, matkap ucu tamamen körlenip kesmeyi reddedinceye kadar çalışmaya devam edildiğinde, yaklaşık 100 adet delik delinebilmektedir. Ancak zırh üzerindeki aşınmadan dolayı görülen ters konikliği giderebilmek için, uç kısımdan 25 mm'lik mesafenin kesilmesi gerekmektedir. Eğer 75 delik delindikten sonra matkap ucu bilenmeye alınırsa, ortaya çıkan ters koniklik uzunluğunun yaklaşık 8 mm olduğu görülmektedir. Yani matkap ucundan kesilip atılması gereken miktar 8 mm'dir. Sonuç olarak 75 delikte bir bilenene matkap ucu 225 delik delindikten sonra 24 mm kısaltılmış hale gelir. Bu ise bir bilenmede 100 delik delen matkap ucuna kıyasla %225 ekonomiklik sağlar [4].

4. DELİK DELME

Delik delme, iş parçasından talaş kaldıran bir takım ile silindirik delik açma metotlarının tamamına verilen bir addır. Dönen ve eksenel bir hareket eden iki ağza sahip bir kesici ile iş parçası üzerinde silindirik boşluklar elde etmek üzere yapılan işleme matkapla delik delme denir.

Delme terimi, delik açma işlemleri için olduğu kadar broşlama, raybalama, havşa başı açma işlemleri gibi çeşitli işlemler için de kullanılır [1]. Bütün bu işlemlerin ortak noktası, takımın kendi eksenine etrafında dönme hareketi ile ilerleyerek yapılan bir talaş kaldırma operasyonu olmasıdır [9]. Geleneksel, derin delik delme ve kısa delik delme gibi birkaç çeşit delik delme metodu vardır [10].

Delik delme işlemi birçok yönden tornalama ve frezeleme işlemleriyle mukayese edilebilir. Ancak delik delme işleminde talaşın kırılması ve boşaltılması çok daha büyük önem taşır. Delik derinleştikçe işlemin kontrolü ve talaşın boşaltılması zorlaşır. Dolayısı ile delinen delik boyu, kullanılacak olan kesme parametrelerini ve yöntemleri değiştirebilmektedir. Şekil 4.1’de bir universal torna tezgahında matkap ile yapılan delik delme işlemi görülmektedir.



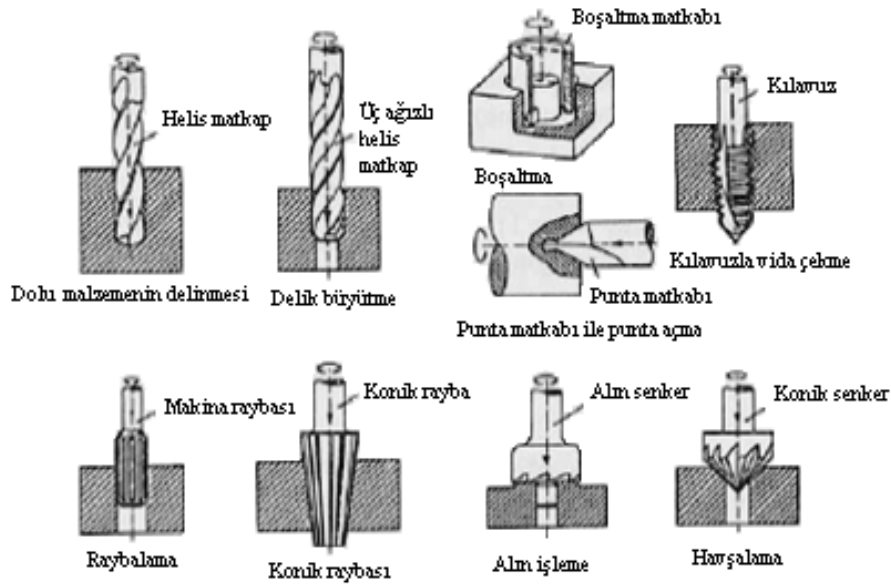
Şekil 4.1. Delik delme operasyonu [11]

En yaygın delik delme metodu dolu bir malzemenin yekpare bir takım kullanılarak belli bir çapa, tek operasyonda delinmesidir. Bazı işlemlerde delinecek deliğin yüzey

kalitesinin ve delik toleransının iyileştirilmesi istenirse delme işlemini ardından delik büyütme gibi ek bir işleminin uygulanması tavsiye edilir [9].

4.1. Delme İşleminin Özellikleri

Delik delme ve işleme, birçok değişik iş parçasına ve malzemeye uygulanabilir. Normal şartlarda, matkapla delik delme veya büyütme diğer yöntemlere göre (tornalama, frezeleme, vb.) imalat ve yüzey kalitesi bakımından hassas bir işlemin olmadığı ifade edilir. Dolayısı ile matkapla yapılan delik delme işlemlerinden sonra, ilave işlemler yapılabilmektedir (Şekil 4.2).

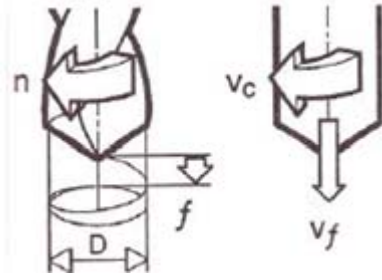


Şekil 4.2. Değişik delik işleme yöntemleri [4]

Delik delme işleminin gerçekleştirilmesinde etkili olan ilerleme ve kesme hızı en önemli kesme parametreleridir. Kesme hızı: V çevresel hızdan yararlanılarak belirlenir, bu hız dakikadaki devir sayısı bilindiği takdirde kolaylıkla hesaplanabilir. Takım çapı: D olmak kaydıyla matkap bir dönüşte, kendi çapı kadar bir daire çizer. Eğer çap mm cinsinden verilmişse, kesme hızının m/dak cinsinden aşağıda verilen Eş. 4.1'deki gibi hesaplanır.

$$V = \frac{D \times \pi \times n}{1000} \quad (\text{m/dak}) \quad (4.1)$$

Devir başına ilerleme (f: mm/dev), ilerleme hızını hesaplamak için kullanılan bir büyüklük olup takım veya iş parçasının bir devirdeki ilerlemesidir (Şekil 4.3).

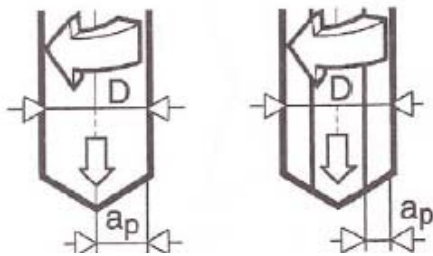


Şekil 4.3. Kesme hızı ile ilerleme hızı [12]

Takım ilerleme hızı veya takımın parça içine dalma hızı (V_f : mm/dak), birim zamanda alınan yol olarak tanımlanarak Eş. 4.2'deki gibi hesaplanır. Bu, aynı zamanda tezgahın veya tablanın ilerleme hızı olarak da bilinir.

$$V_f = f \times n \quad (\text{mm/dak}) \quad (4.2)$$

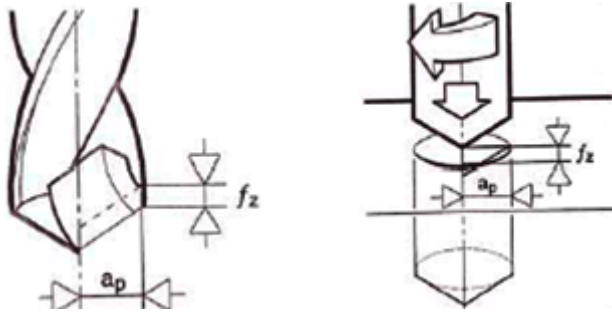
Talaş genişliği veya radyal talaş genişliği (a_p : mm) takımın temasta olduğu iş parçası yüzeyidir ve tornalamada olduğu gibi yarıçap cinsinden ifade edilir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Talaş derinliği [12]

Takımda birden fazla kesici kenar olduğundan (z: kesici kenar sayısı) iş kesit alanının (A : mm²) tanımında kenar başına ilerleme (Eş. 4.3) değeri kullanılır (Şekil

4.5). Bu alan bir kenar tarafından kaldırılan malzemenin alanıdır ve radyal talaş derinliği ile kesici kenar başına ilerlemenin çarpımına eşittir (Eş. 4.4).



Şekil 4.5. Kesici kenar başına ilerleme ve talaş kesit alanı [12]

$$f_z = \frac{f}{Z} \quad (\text{mm/ağız}) \quad (4.3)$$

$$A = a_p \times f_z \quad (\text{mm}^2) \quad (4.4)$$

Bu tanımlardan bazıları kullanılarak talaş debisi (Q : mm^3/dak) veya birim zamanda kaldırılan talaş hacmi hesaplanabilir. Burada talaş hacmi, kesme hızı ile talaş kesit alanının çarpımıdır. Kesme hızı (V : m/dak) cinsinden ifade edilirse, talaş debisinin (mm^3/dak) cinsinden de edilebilmesi için aşağıdaki eşitlik kullanılır (Eş. 4.5).

$$Q = A \times V \times 1000 \quad (\text{mm}^3/\text{dak}) \quad (4.5)$$

4.2. Delik Delmede Kesme Kuvvetleri ve Ölçülmesi

Delme işleminde oluşan kesme kuvvetleri ve tork hem kesici takımın kesme kenarlarına hem de delinen deliğin kalitesine (boyutsal toleranslar, yüzey pürüzlülüğü v.b.) tesir etmektedir. Standart bir matkabın, uç açısı, radyal ağız açısı, radyal ağız uzunluğu, kesici uç uzunluğu ve helis açısı gibi imalat parametreleri vardır. Bu parametrelerden her biri kesme kuvveti ve delik kalitesini değişik şekillerde etkilemektedir.

Matkaplar genelde iki ana kesme ağzından oluşmaktadır, bunlar; radyal ağız ve kesici kenarlardır. Radyal ağız iş parçasına basınç uygular ve büyük ölçüde itme kuvvetine katkı sağlamaktadır. Kesici kenarlar malzemeyi kesmekte ve bununla beraber delme torku ve basıncı uygulamaktadırlar. Delme işlemi süresince, talaşlar kesici ağız boyunca şekillenmekte ve helis açısını takip ederek iş parçasından dışarı çıkmaktadır.

Matkap geometrisi, kesme kuvvetlerine anlaşılması güç ve karmaşık etkilerde bulunmaktadır. Buna ilave olarak kesme kuvvetlerine, takıma, iş parçası malzemesine ve işleme şartlarına bağlıdır. Kesme kuvvetlerinin delik imalatında form ve şekil hatalarına, titreşime, takım aşınmasına büyük etkisi bulunmaktadır.

Özgül kesme direnci (k_c : N/mm^2), talaş kaldırması için gerekli olan gücün, torkun ilerleme kuvvetinin hesaplanmasında önem taşır. Özgül kesme direnci, belirli bir talaş açısı ve talaş kalınlığı için belirli bir malzemenin işlenebilirlik ölçüsüdür. Diğer bir deyişle, özgül kesme direnci bir milimetrekarelik bir talaş kesit alanını kesme için gerekli olan kuvvet olarak tanımlanır. Örneğin karbon çeliği (%8 C) için bu değer $2700 N/mm^2$, normal bir alüminyum alaşımı için ise $750 N/mm^2$ 'dir. Çizelge 4.1'de bazı malzemeler için özgül kesme dirençleri verilmiştir.

Çizelge 4.1. Çeşitli malzemeler için kullanılan özgül kesme direnci değerleri [12]

Malzeme	Özgül Kesme Direnci (N/mm^2)
St 37	1550
St 50	1750
St 60	1940
St 70	1960
C 15	1590
C 35	1570
GG-14	935
GG-25	1140
GS-45	1570
GS-52	1750

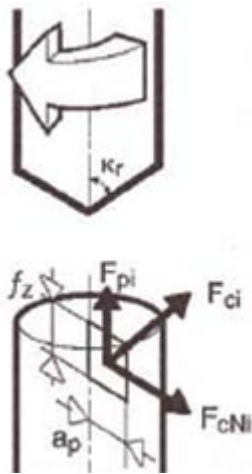
Özgöl kesme direnci pozitif talaş açısı ve ortalama talaş kalınlığı arttıkça azalma gösterir. Talaş açısının her bir derecelik artışı için özgöl kesme değeriindeki azalma % 1-1.5 civarındadır.

Teorik olarak talaş alanının merkezine etki ettiği kabul edilen kesme kuvveti, teğetsel, radyal ve ilerleme yönlerde etkiyen 3 bileşenden oluşur (Şekil 4.6). Bu bileşenler iş parçası malzemesi, talaş derinliği, ilerleme ve takım geometrisi gibi faktörlere bağlı olarak değişim gösterirler. Kesici kenar sayısı ile kesici kenar başına eksenel kuvvetin (F_{pi}) çarpımına eşit olan toplam eksenel kuvvet ilerleme kuvvetine veya delme basıncına (F_p : N cinsinden) eşittir. Tezgah ana milinin işlem için çok yetersiz kalıp kalmadığı ve ilerleme mekanizmasının işlem için uygun olup olmadığı ilerleme kuvvetine bağlıdır.

Aşağıdaki eşitlikte görüldüğü (Eş. 4.6) gibi ilerleme kuvveti, K_r yanaşma açısının artmasıyla artar. Yanaşma açısı, ana kesici kenar ile ilerleme yönü arasındaki açıdır.

$$F_p = 0,5 \times k_c \times a_p \times f_z \times \sin K_r \quad (N) \quad (4.6)$$

$$F_t = k_c \times a_p \times f_z \quad (N) \quad (4.7)$$



Şekil 4.6. Kesme kuvvetlerinin bileşenleri [12]

Toplam teğetsel kuvvet (F_c : N cinsinden) veya ana kesme kuvveti bir tork (M : Nm) oluşturur. İlerleme kuvveti gibi ana kesme kuvveti de kesici kenar sayısı ile kenar başına teğetsel kesme kuvvetinin (F_{ci}) çarpımına eşittir (Eş. 4.7). Tork her bir kesici kenardaki momentlerin toplamıdır, bu ise matkabın maruz kaldığı toplam delme momentinin teğetsel kesme kuvveti ile talaş alanının merkezine olan yarıçapın (r_A) çarpımına eşit olması demektir (Eş. 4.8). Eş. 4.9 ve 4.10'daki delik çapı (D) ve daha önceden delinmiş deliğin çapı (d) mm cinsinde ifade edilmişlerdir. İlerlemenin (mm/dev) cinsinden verilmesi halinde torkun (Nm) cinsinden ifade edilebilmesi için çarpımın sonucu 1000'e bölünür.

$$M = F_c \times r_A \quad (\text{Nm}) \quad (4.8)$$

$$r_A = \frac{d}{2} + \frac{a_p}{2} = \frac{D+d}{4} \quad (\text{mm}) \quad (4.9)$$

$$M = \frac{K_c \times f}{1000} \times \frac{(D^3 - d^3)}{8} \quad (\text{Nm}) \quad (4.10)$$

İlerlemedeki artış, talaş kalınlığının artmasına, buna bağlı olarak daha küçük bir özgül kesme kuvvetinin oluşumuna neden olur. Ancak o zamanda talaş alanı da artar, dolayısıyla artan ilerleme toplamda daha büyük bir teğetsel kuvvet ve tork oluşumuna yol açar. Bununla beraber, uç açısı arttırılırsa (bu talaş kalınlığını da arttıracaktır) daha küçük bir “ K_c ” değeri sayesinde teğetsel kuvvet ve tork azaltılabilir.

Matkabın tipi, uç geometrisi, helis açısı, kesici ağızların simetrikliği, iş parçası malzemesi, kesme şartları vb. gibi birçok faktör delme performansına etki etmektedir. Dolayısı ile açılan deliğin ölçü toleransları ve yüzey kalitesi değişebilmektedir [12].

4.2.1. Dinamometre

Dinamometre, talaş kaldırma sırasında oluşan kesme kuvvetleri ve momentin ölçülmesinde kullanılan bir cihazdır. Dinamometre üzerinde uygulanan yükleri ve uygulama yönlerine göre belirleyerek sinyaller üretir.

Dinamometre ile ölçüm yapılırken, bazı donanımlara ihtiyaç duyulur. Bunlar;

- Veri alma ünitesi,
- Amplifier.

Veri alma ünitesi için alınan elektronik kart (data kartı) PCI olup çok kanaldan gelecek verileri alacak kapasitededir. Aynı zamanda veri alma ünitesi, dinamometrenin ölçtüğü kuvvetleri ve torku bilgisayara aktarılmasında görev yapmaktadır.

Amplifier, dinamometrenin ölçtüğü kuvvetleri ve torku veri alma ünitesi (PCI kart) tarafından alınabilecek hale dönüştürülmesinde görev yapmaktadır.

4.3. Delik Delmede Sıcaklık ve Ölçülmesi

Delik delme işleminde, kesici ile iş parçası ara yüzeyinde sıcaklık artışı olur. Bu ısınmadan dolayı takımın kesici kenarlarının körelmesine sebep olan olaylar başlar. Bunun sonucunda artan kesme kuvvetleri ile birlikte delik kalitesinin bozulmasına sebep olur.

Yapılan bu çalışmada delik delinirken matkabın ucundaki sıcaklığı ölçebilmek için bilgisayara bağlı olan veri kaydedici ve ısı çift kullanılmıştır.

4.3.1. Veri kaydedici (Datalogger)

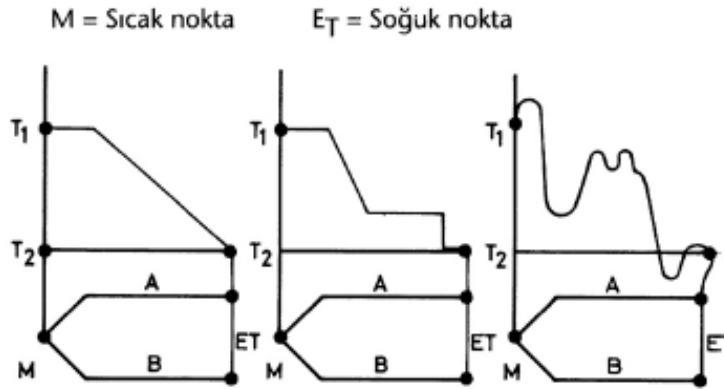
Datalogger Türkçe'de veri kaydedici anlamına gelmekle beraber belirli zaman aralıkları ile yapılan sıcaklık, nem, akım, gibi değerlerin ölçümelerini kaydeden cihazlardır.

Standart bir termometre ile veri kaydediciler arasındaki temel fark zaman içerisinde karşılaşılan koşulların kaydedilerek gözden kaçmasının engellenebilmesidir. Bu da kullanıcıya raporlama ve geriye dönük olarak koşullardaki değişimlerin analiz edilmesi imkanını sağlayarak aksaklıkların kaynağının bulunması ve düzeltilmesi imkanını vermektedir [13].

4.3.2. Isıl çift (Termokupl)

Sıcaklık ölçümleri giderek artan oranda önemli bir konu haline gelmiştir. Çok çeşitli fiziksel özellikleri etkileyen bir parametre olması nedeniyle ölçülmesi gereken önemli bir değişkendir. Sıcaklık ölçümü için çok çeşitli yöntemler vardır. Bunlar içinde elektronik dünyanın en çok kullandığı sensörlerden birisi ısıl çiftidir. Isıl çiftleri -200°C ile $+2000^{\circ}\text{C}$ arasında ölçüm yapılabilir [13].

Isıl çifti iki farklı alaşım ucunun kaynaklanması ile oluşturan basit bir sıcaklık ölçü elemanıdır. Kaynak noktası sıcak nokta, diğer açık iki uç soğuk nokta (veya referans noktası) olarak anılır. Isıl çifti ile ölçme, sıcak nokta ile soğuk nokta arasındaki sıcaklık farkından doğar. Bu sıcaklık farkına orantılı, soğuk nokta uçlarında mV mertebesinde gerilim üretilir. Isıl çiftleri sıcak noktası ve soğuk noktası arasındaki sıcaklık dağılımı nasıl olursa olsun üretilen gerilim, sıcak ile soğuk nokta arasındaki sıcaklık farkına orantılıdır (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Isıl çiftinde sıcak ve soğuk nokta sıcaklığının önemi [13]

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

4.3.2.1. Isıl çift tel tipleri

-200°C'den 2320°C'ye kadar çeşitli sıcaklık aralıklarında en çok kullanılan DIN 43710 ve IEC 584 standart ısıl çifti telinin bazı çeşitleri şöyledir [13]:

- | | |
|-------------------|--|
| • Cu-Const (CuNi) | Bakır-Konstantan |
| • Fe-Const (CuNi) | Demir-Konstantan |
| • Cr-Al | Kromel-Alümel |
| • NiCr-Ni | Nikelkrom-Nikel |
| • Nikrosil-Nisil | NikelkromSilikon-Nikelsilikonmagnezyum |
| • Pt%13Rh-Pt | Platin Rodyum-Platin (%13) |
| • Tn-Tn%26Re | Tungsten-Tungsten %26 Renyum |

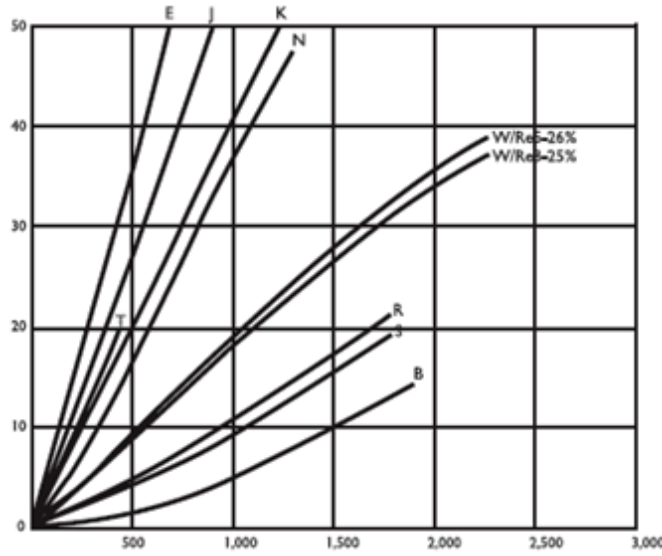
Bu ısıl çiftinin sıcaklık limitleri ve standart kodları Çizelge 4.2’te gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Isıl çiftinin sıcaklık limitleri ve standart kodları [13]

ISIL ÇİFT	DIN 43710	DIN 43710 IEC 584	SICAKLIK ARALIĞI
Cu-Const (CuNi)	U	T	-200 ile 300°C
Fe-Const (CuNi)	L	L	-200 ile 800°C
Cr-Al		K	-200 ile 1200°C
NiCr-Ni		K	-200 ile 1200°C
Cr-Const		E	-200 ile 1200°C
Nikrosil-Nisil		N	0 ile 1200°C
Pt%10Rh-Pt		S	0 ile 1500°C
Pt%13Rh-Pt		R	0 ile 1600°C
Pt%18Rh-Pt		B	0 ile 1800°C
Tn-Tn%26Re		W	0 ile 2000°C

Isıl çift tellerinin sıcaklık-mV eğrilerini inceleyecek olursak doğrusal olmadıklarını görürüz. Isıl çift sıcaklık-mV eğrileri incelendiğinde (Şekil 4.8) her birinin sıcaklık ölçümü açısından diğerine nazaran daha uygun olduğu bölgeler vardır. Örneğin 0-800°C sıcaklık ölçümü yapabilen Fe-Const ile 0-1200°C’ye kadar ölçüm yapabilen NiCr-Ni eleman tellerinin mV eğrisi karşılaştırıldığında 300-600°C arasında Fe-Const, NiCr-Ni’e nazaran daha doğrusaldır. Bu nedenle bu aralıkta Fe-Const ile çalışma tercih edilir. Yine aynı yaklaşımla PtRh-Pt ısıl çiftler için 800-1600°C arası uygun bir çalışma bölgesidir. 800°C’nin altında doğrusallık çok bozuktur.

Yapılan bu çalışmada NiCr-Ni ısıl çift (Çizelge 4.2’te boyalı satır) tercih edilmiştir.



Şekil 4.8. Isıl çift sıcaklık-mV eğrisi [13]

4.3.2.2. Isıl çift tellerinin izole edilmesi

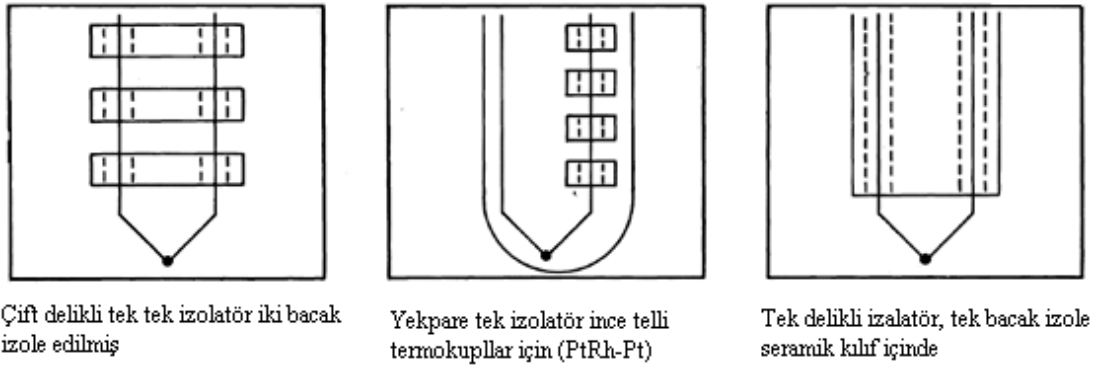
Isıl çift ucu kaynaklandıktan sonra koruyucu tüp içine yerleştirilsin yerleştirilmesin (+) ve (-) bacaklar bir birinden izole edilirler. İzolasyon için seramik izolatörler kullanılır. Bu izolatörlerde, sıcaklık limitlerine ve ortam şartlarına göre seçilirler. Genellikle DIN standardında KER 610 olarak bilinen özel porselen izolatörler çok yaygınca kullanılmaktadır.

Isıl çift eleman tellerinde ilk yazılan bacak (+) referanslıdır. Yani diğer bacağa nazaran (+) yüklüdür. Diğer bacak (-) değerdedir. Bu yüzden ısı çift cihaz üzerine (+) ve (-) uçları dikkate alınarak bağlanmalıdır. Dünya standartlarında ısı çift uçları belli renk kodları ile kodlanmıştır (Çizelge 4.3). DIN standartlarında (+) bacaklar kırmızı, negatif bacaklar ısı çiftinin cinsine göre değişmektedir. IEC standartlarında (-) bacaklar beyaz, pozitif bacaklar ısı çiftinin cinsine göre değişmektedir. Aşağıdaki tabloda DIN ve IEC standardı ısı çifti renk kodları verilmiştir [13].

Çizelge 4.3. DIN ve IEC standardı ısı çifti renk kodları [13]

+	RENK		-	RENK	
	DIN 43710	IEC 584		DIN 43710	IEC 584
Cu	Kırmızı	Kahve	Const	Kahve	Beyaz
Fe	Kırmızı	Siyah	Const	Mavi	Beyaz
NiCr	Kırmızı	Yeşil	Ni	Yeşil	Beyaz
PtRh	Kırmızı	Portakal	Pt	Beyaz	Beyaz

1400-1500°C'nin üzerinde veya özel ortam şartlarında KER 799 olarak bilinen saf alümina izolatörlerde kullanılır. 1200°C'nin altındaki sıcaklıklarda Cu-Const, Fe-Const, NiCr-Ni gibi eleman telleri genel olarak tek parça olmayan parçalı izolatörlerle, PtRh-Pt ısı çiftleri tek parça izolatörle izole edilir. Şekil 4.9'da izolatör tipleri görülmektedir.



Şekil 4.9. İzolatör tipleri [13]

4.3.2.3. Isıl çift tellerinin sıcaklık limiti

Isıl çift tellerinin dayanabileceği sıcaklık limitleri eleman tel çapına bağlıdır. Çap kalınlaştıkça çıkabileceği max. sıcaklık arttığı gibi, kalın çaplı tel inceye nazaran daha uzun ömürlü olabilecektir. Isıl çiftlerinde kullanılan tellerin çapları seçilirken şüphesiz kullanılan boru çapları da göz önüne alınır. Ayrıca tablodan izleneceği üzere Cu-Const, Fe-Const, NiCr-Ni gibi eleman telleri 0.5 mm, 1 mm, 1.6 mm, 2 mm, 3 mm gibi çaplarda üretilirken PtRh-Pt eleman telleri en kalın 0.5 mm çapta

olabilmekte, yaygın kullanılan ϕ 0.35 mm olmaktadır. Aşağıdaki tabloda ısı çift eleman ϕ larına göre sıcaklık dağılımı verilmiştir [13].

Yapılan bu çalışmada 1 mm ϕ ında NiCr-Ni ısı çifti (Çizelge 4.4'te boyalı satır) kullanılmıştır.

Çizelge 4.4. Isıl çift eleman ϕ larına göre sıcaklık dağılımı [13]

ELEMAN CİNSİ	SÜREKLİ °C	MAX °C	TEL ÇAPI
Cu-Const	300	600	0.2 mm
	300	600	0.5 mm
	300	600	1 mm
Fe-Const	400	600	0.5 mm
	600	800	1 mm
	600	800	1.5 mm
	700	900	2 mm
	700	900	2.5 mm
	700	900	3 mm
NiCr-Ni	600	800	0.5 mm
	800	1000	1 mm
	900	1100	1.38 mm
	900	1100	1.5 mm
	1000	1200	2 mm
	1000	1200	2.5 mm
	1000	1200	3 mm
	1000	1200	3 mm
PtRh-Pt	1300	1600	0.35 mm
	1300	1600	0.5 mm
	1300	1700	0.6 mm

4.3.2.4. Koruyucu kılıflar

Isıl çifti uygulamalarında dış koruyucu kılıfların önemi büyüktür. Eleman tellerinin proses içinde mekanik darbeler, kimyasal veya fiziksel aşınmalara karşı belli bir ömre sahip, dayanaklı olmaları için ortam şartlarına göre çeşitli kılıflar kullanılır. Isıl çiftin tel uçları kaynaklı ve izolatörlü bu kılıflar içine monte edilir. Genel olarak 1200°C'ye kadar metal, 1200°C'nin üzerinde seramik koruyucu kılıflar kullanılır. Bazı özel uygulamalarda 1200°C'nin altında seramik kılıflar kullanıldığı gibi 1200°C'nin biraz üstüne kadar olan uygulamalarda da özel alaşımlı metal kılıflar kullanılabilir [13].

a) Metal kılıflar

Metal koruyucular, kullanılacağı ortamın kimyasal aşınmalarına, mekanik darbelerine ve korozyon gazlarına karşı çok çeşitli alaşımlarda üretilmektedir. Koruyucu kılıf seçiminde yukarıda sayılan özelliklerin yanı sıra sıcaklık sınırları çok önemli bir faktördür. Bu faktörler göz önüne alınarak çalışacağı ortama en uygun koruyucu kılıf seçilir.

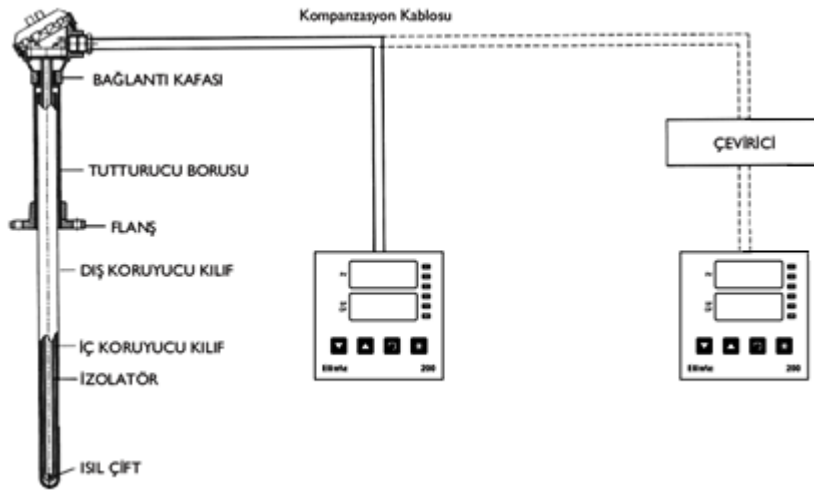
b) Seramik tüpler

Isıl çift uygulamalarında genellikle 1200°C'nin üzerine çıkıldığı uygulamalarda seramik tüpler kullanılır. Bu konuda en fazla kullanılan DIN standardı seramik kılıflar;

- KER 530 (Poroz seramik)
- KER 610 (Özel porselen)
- KER 799 (Saf alümina) dır.

4.3.2.5. Koruyucu kılıf seçimi

Isıl çiftin dış koruyucu kılıfı, tamamen ortam şartlarına, işlemin durumuna göre seçilmelidir. Çalışma şartları koruyucu kılıf seçiminde çok önemli bir faktördür. Isıl çiftin ömrü, doğru veya yanlış koruyucu kılıf seçimine bağlı olarak artacak veya azalacaktır. Şekil 4.10'da bir deney setinde kullanılan örnek bir ısıl çift gösterilmiştir.



Şekil 4.10. Komple ısıl çift seti [13]

5. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Yapılan araştırmalar sonucu ulaşılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Habalı ve Kıvrak [14], süper alaşım Inconel 718 malzemesinin kaplamalı ve kaplamasız karbür matkaplarla delinmesi esnasında kesme parametrelerinin, kesme kuvvetleri üzerindeki etkisi analiz edilmeye çalışmışlardır. Delme deneyleri kaplamasız, TiN ve TiAlN kaplı karbür matkaplar kullanılarak, kuru kesme şartlarında CNC dik işleme merkezinde, dört farklı kesme hızı (10, 12,5, 15, 17,5 m/dak) ve üç farklı ilerleme (0,05, 0,075, 0,1 mm/dev) kullanılarak yapılmışlardır. Deliklerin delinmesi esnasında kesme kuvvetleri ölçülerek, kesici takımlar arasında mukayese yoluyla değerlendirmeler yapılmışlardır. Genel olarak kesme kuvvetlerinin artmasında, ilerleme miktarının kesme hızından daha etkili olduğu görülmüşlerdir. Bütün kesme hızı ve ilerleme miktarı kombinasyonlarında en yüksek kuvvet değerleri TiAlN kaplı takımlardan elde edilmişlerdir. Kesme kuvvetleri açısından kaplamasız, TiN ve TiAlN kaplı takımlar ele alındığında en iyi performans kaplamasız takımlarda gözlenmiştir.

El-Tammimi ve arkadaşı [15], CNC tezgahı kullanılarak açılan delikler ile klasik matkap tezgahı kullanılarak elle açılan delikleri karşılaştırmıştır. Bu deneylerde, farklı çaplardaki karbür helisel matkapları kullanılmış ve oluşan kesme kuvvetleri dinamometre ile ölçülmüştür. Yapılan deneylerde, CNC tezgahı ile klasik matkap tezgahı arasında karşılaştırmalar yapılmıştır. CNC tezgahında yapılan deneylerde, kesici çapı büyüdükçe kesme kuvvetinin arttığı, kesme hızının artıkça kesme kuvvetinin azaldığı belirlenmiştir. Açılan delik çap ölçüsündeki sapma miktarı CNC tezgahında çok küçük aralıkta kalırken bu oran klasik matkap tezgahında büyümektedir (yaklaşık 2-3 katı). Açılan delik boylarındaki sapmalar (paralellik) CNC tezgahında çok küçük olurken bu miktar klasik tezgahta açılan deliklerde çok daha fazla (yaklaşık 2-3 katı) oluşmaktadır.

DeVries [16], ise kesici ağız boyunca oluşan sıcaklığı tahmin için bir analitik model geliştirmiştir. DeVries'in yaptığı bu çalışma Agapiou ve DeVries tarafından tekrar

irdelenerek spiral matkap ucunda (kesici ağız ve talaş yüzeyindeki) geçici sıcaklık dağılımının analitik modelini geliştirmişlerdir. Bu model, takım talaş ara yüzündeki talaşın sıcaklığının hesaplanması temeline dayanmaktadır. Elde ettikleri bu sonuçları deneysel çalışmalarında elde ettikleri verilerle karşılaştırmışlardır. Analitik yöntemle hesaplanan sıcaklıkların, deney yöntemiyle elde edilen sıcaklıklara oldukça yakın olduğu tespit etmişlerdir.

Agapiou ve Stephenson [17], yeni bir model geliştirmiştir. Bu modelde geçici ve sürekli sıcaklık dağılımı gelişigüzel nokta geometrisinde hesaplanmıştır. Burada genel olarak; takımı, yarı sonsuz yapı davranışı olarak kabullenmek vasıtası ile ısı akışı ve sıcaklık dağılımı analitik olarak modellenmiştir. Bu modeller farklı matkap uçlarındaki sıcaklığı hesaplamakta kullanılmış ve deneysel verilerle karşılaştırılmıştır.

Sushanta ve arkadaşları [18], talaş kırıcısının matkapların kesici kenarı üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Yaptıkları deneyde matkabın kesici kenarına talaş kırıcısı oluşturmuşlardır. Bu işlem sonucunda; çıkan talaşların kıvrılarak çıkmadığı dolayısı ile delme kuvvetinin ve kesme torkunun azaldığını tespit etmişlerdir. Bunun da kesici kenarın ömrünü artırdığını belirlemişlerdir.

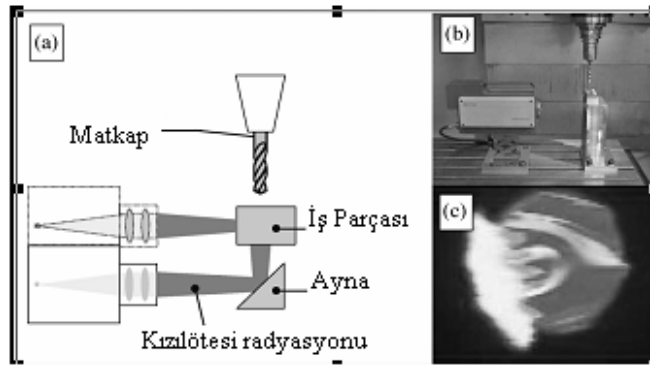
Bono ve Ni [19], çalışmalarında matkabın kesici ağzında oluşan maksimum sıcaklığı FEM (sonlu elemanlar) modelini kullanarak belirlemeye çalışmışlardır. Bono'ya göre, maksimum sıcaklık radyal ağızda oluşmaktadır. Bu modelini deneysel uygulamayla karşılaştırarak doğrulamışlardır.

Bono ve Ni [20], yaptıkları başka bir çalışmada kuru delme şartlarında açılan delik çapı ve silindirikliğine ısı yayılmanın etkisi için modeller oluşturmuşlardır. Bu çalışmada iki farklı FEM modeli kullanmışlardır. Birincisi, silindirik iş parçası için iki boyutlu asimetrik FEM modeldir ve bu modeli oluşturmak için ABAQUS yazılımını kullanmışlardır. İkincisi ise; 4 düğümlü bilineer sıcaklık ve yer değişim elementlerini kullanmışlardır. Bu modellerini doğrulamak için deneysel çalışma da

yapmışlardır. Deneysel çalışmada, ısı çifti kullanarak sıcaklığı ölçmüşlerdir. Deneysel sonuçları da ısı yayılmanın oldukça etkili bir faktör olduğunu göstermiştir.

Ertunç ve arkadaşları [21], delik delme operasyonu sırasında oluşan kesme kuvveti ve tork değerlerini ölçmüşlerdir. Bunun için; İki bileşenli bir dinamometre kullanmışlardır. Anlık olarak ölçülen kesme ve tork değerlerinin değerlendirilmesine yönelik bir HM modeli geliştirmişlerdir. Geliştirilen sistem; delik delme anında zamana bağlı olarak değişen kesme kuvveti, tork, vb. şartları daha önceden oluşturulmuş olan değerler tablosu ile karşılaştırarak yorumlamaktadır. Kıyas için kullanılan değerler tablosu; kesicinin kör (kullanılmış) ve keskin (ilk defa kullanımı) olması durumuna göre elde edilen kesme kuvveti, tork, vb. değerlerden oluşturulmuştur. Sistem; kesicinin zamana bağlı olarak aşınmasını (körelmesini) tahmin yoluna gittiğinden delik delme hassasiyetinin korunmasını sağlamaktadır.

Dörr ve arkadaşları [22], infrared tekniğini (temassız sıcaklık ölçme) ve yüksek çözünürlükteki termografik kamera kullanarak (Şekil 5.1) kesici takım ile iş parçası arasındaki temas noktasının sıcaklığını ve talaş akışının sıcaklığını ölçmüştür.



Şekil 5.1. Dörr ve arkadaşlarının deney düzeneği [22]

Dörr ve arkadaşları bu çalışmaları ile matkapların değişik kaplama türlerinin sıcaklığa tesirini araştırmışlardır. Bu yaptıkları araştırmalar sonucunda sıcaklığa karşı en iyi kaplamanın TiAlN+ZrO₂ olduğunu iddia etmişlerdir.

Hashmi ve arkadaşı [23], delik delme operasyonları için en uygun kesme şartlarını (kesme hızı, ilerleme) belirlenmesine yönelik olarak bulanık mantık (Fuzzy Logic) yöntemini kullanmışlardır. Bu yöntemde; 3 tip malzeme (orta karbonlu, düşük karbonlu ve imalat çeliği) değişik çap ve kalitedeki HSS matkaplarını kullanmışlardır. Geliştirilen bulanık mantık yöntemi; delinecek malzeme sertliği ile kesme hızı arasında kurulan ilişkiye yönelik çıkarımlar yapmaktadır. Sistem bilinenden hareketle bilinmeyi tahmin etme şeklinde çalışmaktadır. Sistemin kullandığı ilk değerler (bilgiler); imalata yönelik hazırlanmış olan el kitaplarından derlenmiştir. Sistem üç farklı malzeme ve kullanılacak olan kesiciler için en uygun kesme hızı ve ilerleme değerlerini tahmin edebilmektedir. Sistem; sertliği artan malzeme için düşük kesme hızı ve ilerleme önerirken sertliği düşen malzeme için de yüksek kesme hızı ve ilerleme önermektedir.

Matthew, ve Jun [24], yaptıkları çalışmada delik delme işlemi sırasında kesici ucunda oluşan ısının delik silindirikliğine olan etkisini araştırmışlardır. Deneylerinde kesici olarak HSS, iş parçası olarak alüminyum malzemesi ve kesici ucunda oluşan ısıyı ölçmek için de termokupl kullanmışlardır. Deneyler; kesici çapı 9.92 mm; devir 7000, 800, 9000 dev/dak; ilerleme 0.127, 0.251, 0.381 mm/dev şartları ile yapılmıştır. Açılan delik çapında meydana gelen büyümeler ölçülmüştür. Açılan deliğin; parça üst yüzeyindeki çapı (delik başlangıç çapı) ile parçanın tabandaki çapı (delik çıkış çapı) arasında yaklaşık 0.025 mm sapma (büyüme) tespit edilmiştir.

Bağcı ve Özçelik [25], delik derinliği, devir ve ilerlemenin matkap ucundaki sıcaklığa tesirini incelemişlerdir. AISI 1040 ve Al 7075-T651 iş parçası delinerek yapılan araştırmada, sıcaklık ölçümü spiral matkap içerisinden geçirilen ısı çift yöntemi ile yapılmıştır. Ayrıca, kademeli ve sürekli delme yaparak bunun matkap uç sıcaklığına etkisini araştırmışlardır. Bu çalışmalarda matkap sabitlenerek iş parçası döndürülmüştür. Bağcı ve Özçelik başka bir çalışmalarında [26] ise deneysel verileri karşılaştırmak için sayısal metodla matkap uçundaki sıcaklığı tahmin etmişlerdir. Bu sayısal çalışmada ise Third Wave AdvantEdge yazılımını kullanmışlardır.

Chung [27], delme işleminin ısı davranış modelini oluşturmuştur. Buna ilaveten kesme sıcaklığının ölçümünü FEM yöntemiyle gerçekleştirmiştir. Chung, delmede sıcaklığın analizi için bir ve iki boyutlu ısı problemlerini önermiştir. Ayrıca, ters ısı problemlerini çözmek için doğrulama algoritması oluşturmuştur.

Kalidas ve arkadaşları [28], farklı matkap kaplamaların, kuru ve sulu delme şartları altında gösterdiği performansı ve delinen deliğin yapısı ve kalitesi üzerine etkisini deneysel olarak incelemişlerdir. Sıcaklık ölçümünde ısı çift yöntemini tercih etmişlerdir. Isıl çifti silindirik iş parçası üzerinde değişik noktalara açtığı deliklere yerleştirmek suretiyle değişik noktalarda matkap uç noktasına 1.27 – 2.54 mm kadar yaklaşmayı başarmışlardır.

Heinemanna ve arkadaşları [29], yaptıkları çalışmada, derin delik delme işlem sırasında oluşan çok düşük seviyedeki yağlamanın (MQL: minimum quantity lubrication) takım ömrüne olan etkisini araştırmışlardır. Bu işlem için iş parçası malzemesi olarak adi karbonlu çelik, kesici olarak 1.5 mm çapında helisel iki ağızlı matkap, oluşan kesme kuvvetlerini ölçmek için bir deney seti kullanmıştır. Yaptıkları deneyde; kesici uçta yeteri kadar yağlama yapılamaması durumunda oluşan ısı ile birlikte matkap ucunda ani bozulmaların (takım ömrü) olduğunu tespit etmişlerdir.

Rivero ve arkadaşları [30], farklı türde kaplanmış matkapların kuru delmedeki performansını araştırmıştır. Yaptıkları deneysel çalışmada ısı çift kullanmıştır. Sıcaklık ölçümünü gerçekleştirmek için iş parçası içerisine ısı çift yerleştirerek matkap uçuna 0.2 mm kadar yaklaşmayı başarmışlardır. Bununla birlikte, bir sıcaklık ölçüm metodu olan pirometre ile de temassız sıcaklık ölçümünü gerçekleştirmişlerdir. Her iki yöntem ile elde edilen sıcaklıklar karşılaştırılmıştır. Rivero ve arkadaşları ayrıca değişik kesme parametrelerinin sıcaklık değişimine tesirini de araştırmışlardır.

Nouari ve arkadaşları [31], değişik işleme parametrelerinin ve matkap kaplama tipinin kuru delmede aşınmaya ve sıcaklığa tesirlerini incelemişlerdir. Bu çalışmada alüminyum iş parçalarını tercih etmişlerdir. Çalışmalarında özellikle matkap

aşınmasını inceleyen araştırmacılar bununla birlikte delik formları ve sıcaklığını da incelemişlerdir. Nouari ve arkadaşları alüminyum alaşımının kuru delmede kesici takım aşınmasının deneysel olarak analizini ve optimizasyonunu yapmışlardır. Kesme parametrelerinin delik kalitesine tesirini inceleyerek, alüminyum malzeme için optimal kesme hızının $V = 65$ m/min olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Ayrıca, deliğin ortalama yüzey pürüzlülüğünü, çapak boyunu ve sapmalarını da kesme parametrelerine bağlı olarak incelemişlerdir. Ayrıca, değişik kaplama türlerinin delik kalitesine tesirini de inceleyen Nouari ve arkadaşları [32], kaplamaların işleme kalitesini ciddi mahiyette etkilemediğini ortaya koymuşlardır. Kesici takım yüzeyindeki sıcaklık dağılımında ise yazılım olarak Third Wave AdvantEdge kullanmışlardır. Aşınmada ve sıcaklığı belirlemede ise sürtünme kanunu olarak Columb'un Kanununu referans alıp modele uygulamışlardır.

Zeilmann ve Weingaertner [33], Ti6Al4V iş parçasının delinmesi esnasında karbür matkabın ulaşabileceği maksimum sıcaklığı ısı çift kullanarak araştırmışlardır. Bu deneyde değişik kaplamalı (TiAlN, CrCN ve TiCN) karbür matkaplar kullanılmıştır. Çalışmalarında minimum yağlama miktarı (MQL) şartlarında değişik kaplamaların sıcaklığını değerlendirmişlerdir. Isıl çift için kesici takım ile malzeme arasında (ısı çift malzemenin içine gömme suretiyle, matkap ile ısı çift arasındaki mesafe) 0,2 mm mesafeye inmişlerdir.

Kelly ve Cotterell [34], çalışmalarında değişik kesme sıvılarını minimum seviyede kullanarak ve kullanmadan kuru delme yapmışlardır. Çalışmalarında iş parçası olarak Alüminyum alaşımı ve sıcaklık ölçümünde ise ısı çift kullanmıştır. Isıl çifti alüminyum malzemeye gömerek, kesici takımın dış çapına yaklaşık 0,2 mm kadar yaklaşmış ve delme esnasında kesici takım dış çapında oluşan sıcaklığı, iş parçası sıcaklığını değerlendirmişlerdir. Ayrıca, finiş yüzeyini ve delinmiş deliğin doğruluğunu da incelemişlerdir.

Hamade ve Ismail [35], yüksek hızlarda ve yüksek ilerleme değerleri ile alüminyum malzemeleri matkapla delinmesi (aggressive drilling) deneyleri yapmışlardır. Deneylerinde 40° helis açısına sahip karbür, PCD matkaplar kullanmışlardır.

Yaptıkları çalışmada işleme zamanı ve kaldırılan talaşın işleme maliyetlerine etkisini araştırmışlardır. En ekonomik imalat yöntemlerini belirlemeye çalışmışlardır.

Lazoğlu ve Pirtini [36], çalışmalarında delme işleminin mekanik ve dinamik hareketi esas alarak, kesme kuvvetleri ve delik kalitesinin tahmini için matematik model geliştirmişlerdir. Yapısal dinamik modüllerle iş mili (spindle) ve modele entegre edilen kesici takımın sisteminin titreşimlerini, delik kalitesini tahmin etmek için ölçmüşlerdir. Kesme kuvvetleri tahmin edilmesinin yanında delinmiş deliğin 3 boyutlu modelinin belirlenmesi ve görülmesini sağlamışlardır. Geliştirdikleri model üzerinde imalat ve tolerans limitlerini en uygun şekilde seçmişlerdir. Teorik model sonuçları ile ölçülen kuvvetleri ve CMM delik profilini doğrulamak için çok sayıda deney yapmışlardır. Sonuç olarak model üzerinden tahmin edilen geometrik bilgiler ile CMM ölçümleri arasında ciddi farklılık çıkmadığını ifade etmişlerdir.

Mohan ve arkadaşları [37], cam elyaf takviyeli kompozit malzemenin delinmesi esnasında kesme parametrelerinin kesme kuvvetleri ve torka tesirini araştırmışlardır. Bu çalışmalarında Taguchi optimizasyon metodolojisini kullanarak cam elyaf takviyeli kompozit malzemeler için kesme parametrelerini optimize etmişlerdir. Mohan ve arkadaşları çalışmalarında elde ettikleri verileri toplamak ve analiz etmek için MINITAB14 yazılımını kullanmışlardır. Sonuç verilerine dayanarak; delmede torka tesir eden en önemli parametrelerin iş parçası kalınlığı ve matkap çapı olduğunu ifade etmişlerdir.

Fernandes ve Cook [38], deneysel çalışmalarında, karbon kompozit malzemeyi delme esnasında kuvvet ve torkun delik kalitesi ve aşınmaya tesirini incelemişlerdir. Ayrıca takım aşınması ve iş parçası kalınlığının kesme süresi boyunca kesme kuvveti ve torka tesirini araştırmışlardır. Bu çalışma sonucunda aynı matkap ucuyla delinen delik sayısı arttıkça eksenel kuvvetinin (F_z) arttığı, fakat torkun çok fazla etkilenmediğini gözlemlemişlerdir. Sonuç olarak küçük bir iş parçası kalınlığının dahi büyük oranlarda eksenel kuvvete neden olduğunu dolayısı ile de iş parçası kalınlığının kesici takım aşınmasında önemli rol oynadığını, ifade etmişlerdir.

Kim ve Ahn [39], çalışmalarında spiral matkabın takım geometrisi ve kesme şartlarını referans alarak kuvvet ve gerilme analizi yapmışlardır. Eksenel kuvveti ve torkun tahmini için teorik modeller geliştirerek, kuvvetlerin tahmini için sonlu elemanlar modeli kullanmıştır. Eğik kesme için kesici ağzın modelini ve dik kesme içinde radyal ağzın modelini çıkartarak, eksenel kuvveti ve torku alarak analitik olarak tahmin etmeye çalışmışlardır. Gerilme analizinde ise ANSYS yazılımını kullanmışlardır. Elde ettikleri sonuçlar sonucunda matkap tasarımı uygulanabilir veriler olduğunu ifade etmişlerdir.

Strenkowski ve arkadaşları [40], spiral matkap ile delik delme esnasında oluşan eksenel kuvveti ve torku tahmin etmek için analitik sonlu elemanlar tekniği geliştirmişlerdir. Kullandıkları yöntemde, kesici uçtaki kesme kuvvetlerini, eğik kesme davranışı olarak ve radyal bölgedeki kesme kuvvetlerini ise dik kesme davranışı olarak kabul etmektedirler. Her iki kısımdaki eksenel kuvveti ve torklar birleştirilmiş ve böylece toplam kesme kuvvetleri belirlenmeye çalışılmıştır. Tahmin edilen ve ölçülen, eksenel kuvveti ve torklar arasındaki fark oldukça az olduğunu görmüşlerdir. Bu çalışmalarında AISI 1020 çeliği değişik çaplarda, değişik kesme hızlarında ve ilerlemelerde delinerek matkap sıcaklığı analitik olarak tahmin etmeye çalışmışlardır. Dik (Orthogonal) kesmede talaş açısı değerleri; -30, -15, 0, 10, 20 ve 30 tercih edilmiştir. Tüm takımların kesici ağız serbest açısı 10° seçilmiştir. Eğik (Oblique) kesme de ise talaş açısı sıfır derece ama eğim açısı ise 5, 15, 25, 35 ve 45 seçilmiştir. Strenkowski ve arkadaşları çalışmalarında elde ettikleri verileri incelediklerinde; talaş açısı arttığı zaman, eksenel kuvvet azaldığı ve matkap çapı büyüdüğü zaman ise delmedeki eksenel kuvvetinin arttığını görmüşlerdir.

Onwubolu ve arkadaşı [41], yaptığı çalışmada yüzey tesir metodolojisi (Response surface methodology) yöntemini temel alarak, kesme hızı, ilerleme ve matkap çapı gibi delme kontrol parametrelerinin eksenel kuvvet ve torka tesirini tahmin etmek için matematiksel model geliştirmiştir. Matematiksel modeli geliştirmek için Microsoft Excel regresyon analiz modülünü kullanmıştır. Sonuç olarak da bu parametrelerin delmede optimal kullanımı ile eksenel kuvvet ve torkta önemli ölçüde azalma meydana geleceğini vurgulamışlardır.

Bakkal ve arkadaşları [42], çalışmalarında zirkonyum esaslı cam elyafli kompozitin delinmesi sırasında oluşan kesici takım aşınması, tork ve eksenel kuvveti araştırmışlardır. Bu malzemenin yüksek hızlarda delinmesi sırasında çıkan talaştan ışık yayılması sonucu kesici takımın aşırı ısınması ve aşınması meydana gelmiştir. Kesici ağızlarda talaş yapışması (Build Up Edge-BUE) meydana geldiği gözlenmiştir. Bu durum kesmeyi zorlaştırdığı için daha fazla kesme kuvvetine ihtiyaç duyulmuştur. Deneylerde WC-Co içerikli takımları kullanılmışlardır. Yapılan deneylerde, takım aşınması ve BUE oluşumunu incelenmiştir. Bakkal ve Shih'in yaptıkları deneyler sonucunda, çıkan talaşın ışık saçması ile takım aşınmasının arttığını tespit etmişlerdir. Fakat çıkan talaş rengi ışık saçmayacak şekilde olması durumunda ise takım aşınmasının aşırı olmayacağı şeklinde bir yorum getirmişlerdir.

Yapılan araştırmada, matkaplara yönelik çalışmaların az ve yeni olduğu görülmüştür. Özetlenen tüm bu çalışmalarda, sıcaklığın talaşlı imalatla özellikle kuru delme işleminde önemli kriter olduğu görülmüştür. Sıcaklık, hem kesici hem de iş parçasını etkilemektedir. Özellikle, kesici üzerinde değişik aşınma türleri göstermesi ile takımın ömrünü beklenen süreden daha kısa zamanda tamamlamasına neden olmaktadır. Sıcaklık değeri belli bir noktayı geçtiği zamanda iş parçasının yüzey kalitesine olumsuz tesir etmektedir. Bu problemleri aşabilmek için değişik alternatifler araştırılmış ve özellikle günümüzde kullanımı yaygın olan malzemelerin işlenmelerinde oluşan sıcaklık değerleri belirlenmesine gidilmiştir. Böylelikle de optimal kesici takım ve kesme şartları belirlenmeye çalışılmıştır.

İncelenen makalelerde sıcaklık ölçümü için değişik metotlar denenmiştir. Örneğin, deneysel çalışmalarda en çok uygulanan metot; ilk olarak Stephenson ve Agapiou tarafından ortaya atılan ve kullanılan ısı çift yöntemi tercih edilmekle beraber, bu yöntemde bazı kısıtlamaları olduğu değişik araştırmalarda ortaya çıkmaktadır. Deneysel çalışmalarda kullanılan diğer bir metot ise temassız ölçüm yöntemi (infrared) denilen yöntemdir. Temassız sıcaklık ölçüm yöntemi bazı talaşlı imalat metotlarında daha verimli olurken delik delme gibi talaşlı imalat yöntemlerinde ise uygulanması ve doğru sonuçlar alınması oldukça güç olduğu ifade edilmektedir.

Hızlı delik delmede kesme kuvvetleri ile ilgili literatür araştırmasında yapılan çalışmaların bir kısmı ve araştırma konuları; matkap ile delik delmede kesme kuvveti ve tork'un incelenmesi ve araştırılması yukarıda atıf yapılan çalışmalarla sınırlı olmamakla beraber bu çalışmalara paralel birçok çalışma literatürde mevcuttur. Bu çalışmalardan farklı olabilecek yönü ise kullanılan iş parçası olmaktadır. Özellikle kompozit malzemeler, alüminyum alaşımlar, süper alaşımlar vb. malzemelerin delinmesi esnasında oluşan kesme kuvveti ve torklar incelenmiş bu parametrelerin delik kalitesine etkileri araştırılmıştır.

Yapılan literatür taramasında, deneysel çalışmaların çoğunlukla CNC freze ve matkap tezgahlarında yapıldığı görülmüştür. Deneylerde prizmatik iş parçalarının kullanıldığı, kesme kuvvetlerin ve sıcaklıkların ölçüldüğü tespit edilmiştir.

Genelde, kesme kuvvetlerinin ölçülmesinde; dinamometre kullanılmıştır. Sıcaklığın ölçülmesinde ise değişik yöntemler denendiği öğrenilmiştir. Sıcaklığın ölçülmesinde; genelde ise temas ve uzaktan algılama yöntemleri kullanılmıştır. CNC freze ve matkap tezgahlarında yapılan deneylerde delinen prizmatik iş parçalarının delinmesinde sıcaklık; delinen malzeme üzerinden alınmıştır.

Isıl çift delinen malzemeye gömülerek (Delinen delik duvarına en yakın 0.2 mm yaklaştırılabilmiştir) temas ettirilmiş veya uzaktan ısı algılayıcıları ile sıcaklık tahmin edilmeye çalışılmıştır.

Sıcaklığın matkap üzerinden alınabilmesine yönelik bazı deneysel çalışmalar da yapılmıştır. CNC freze tezgahlarında yapılan bir çalışmada, silindirik olarak hazırlanan deney parçaları tezgahın fener miline kesici takım gibi bağlanmış, kesici takım olarak kullanılan matkaplar da tezgahın tablasına sabitlenen dinamometrenin üzerine montaj edilmiştir. Sıcaklık matkabın iç soğutma kanallarının içinden geçirilen ısıl çift ile (temas yöntemi) ölçülmüştür. Bu yöntemde kullanılan silindirik iş parçaları kesici gibi kullanılmıştır.

Bu çalışmada, çapı 25 mm boyu 50 mm olan AISI 1050 ve DDK 40 malzemeleri niversal ve CNC torna tezgahlarında, kaplamalı ve kaplamasız karbür matkaplarla boydan boya delinirken oluşan kesme kuvvetleri ve sıcaklık değişimleri incelenmiştir. Kuvvet ölçümlerine dinamometre kullanılmıştır. Dinamometrenin torna tezgahlarına uygun şekilde montajını sağlayan bağlama aparatları tasarlanarak imal edilmiştir. Sıcaklık lm için ise ısıl çift kullanılarak ölçümlerin matkabın uç kısmından yapılması sağlanmıştır. Delilen delikler üzerinden yüzey pürüzlülüğü, delik içi sertliği, çap değişimleri, çap daireselliği ve deliğin eksen sapmaları tespit edilerek gerekli yorumlamalar yapılmıştır.

6. MATERYAL VE METOT

Bu tezde, helisel matkaplarla yapılan talaş kaldırma süresince oluşan kesme mekanizmaları ve etkilerinin anlaşılması sağlanmıştır. Delik delinmesinde, belirlenen kesme parametrelerinin (devir, ilerleme) ve matkap kaplama türünün etkilerinin ortaya çıkmasına yardımcı olmuştur. Bu çalışmaların gerçekleştirilmesi için sırası aşağıda belirtilen işlemler yapılmıştır.

- 1) Malzeme seçimi,
- 2) Kesici seçimi,
- 3) Delik delmek için kesme parametrelerinin tayin edilmesi,
- 4) Kesme kuvvetlerinin ölçülmesine yönelik deney düzeneğinin tasarımı ve imalatı,
- 5) Sıcaklık ölçümüne yönelik bir düzeneğin tasarımı ve kurulması,
- 6) Deneylerin yapılması,
- 7) Elde edilen deliklerin üzerinde yapılan incelemeler,

6.1. Malzeme Seçimi

Malzeme olarak çelik (AISI 1050) ve küresel dökme demir (DDK 40) kullanılmıştır. Deneyler için bu malzemelerin seçilmesi, makine imalat alanında yaygın olarak kullanılması ve ekonomik olması açısından uygun görülmüştür.

AISI 1050: AISI 1050 çeliği makine, otomotiv ve imalat sanayinin yanı sıra özellikle cer kancaları, dişliler, kazıcılar, transmisyon milleri, raylar v.b. birçok alanda kullanılan bir malzemedir.

Deneylerde kullanılacak AISI 1050 malzemesinin kimyasal bileşimleri, normalize ve sertleştirme sıcaklıkları aşağıdaki Çizelge 6.1 ve Çizelge 6.2’de verilmiştir.

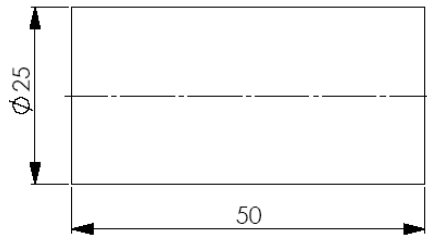
Çizelge 6.1. Deney malzemesinin kimyasal kompozisyonu (Ağırlık%) [4]

Malzeme	C	Si	Mn	P	S	Fe	Sertlik (BHN)
AISI 1050	0.45	0.10	0.60	0.04	0.04	Kalan	195

Çizelge 6.2. Çeliklerin normalizasyon ve sertleştirme sıcaklık değerleri [4]

Malzeme	Normalizasyon Sıcaklığı (°C)	Sertleştirme Sıcaklığı (°C)	Soğutma Ortamı
AISI 1050	900	845	Su

Deneyde kullanılacak olan AISI 1050 malzemesi, piyasadan Ø28x6000 mm ölçülerinde alınıp torna tezgahında taşlama toleransı bırakılarak işlenmiştir. Deney parçaları torna tezgahında işlendikten sonra taşlama tezgahında taşlanmıştır (alın ve silindirik yüzeyleri). Taşlamanın amacı malzemenin daha hassas (salgısız) bağlanabilmesi ve oluşabilecek eksen kaçıklığını önlemek amaçlıdır. Taşlama yapıldıktan sonra deney parçasının boyutları Ø25x50 mm ölçülerine gelmiştir. Deneylerde kullanılmak üzere hazırlanan parça boyutu Şekil 6.1’de verilmiştir.



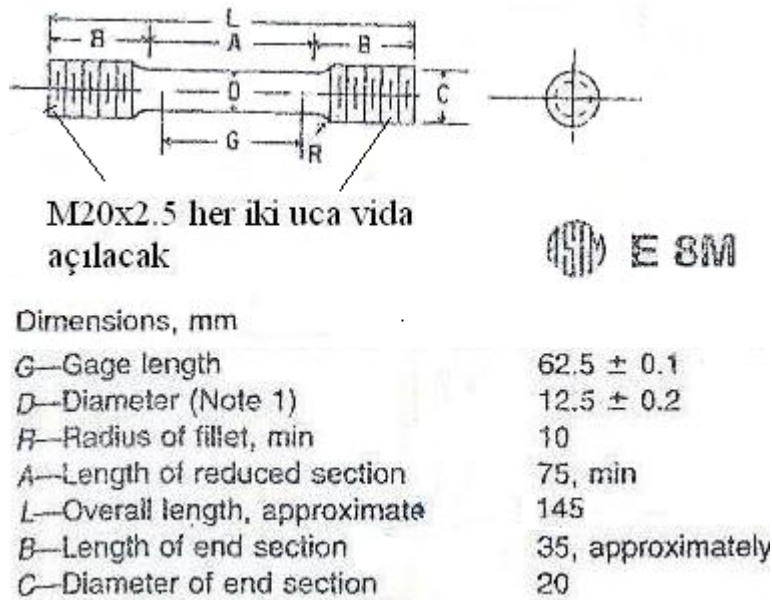
Şekil 6.1. Deneyde kullanılan AISI 1050 malzemesinin boyutları

Deney parçaları kendi içinde tasnif edilip numarator kullanılarak markalanmıştır. Markalama işleminde; malzeme grubunu belirten bir harf ve parça numarasını belirten bir rakam kullanılmıştır. Böylelikle; her bir deney parçasının bir kimliğinin olması sağlanmıştır. Örneğin AISI 1050 malzemesine “C” harfi kullanılarak markalanmıştır (Resim 6.1).



Resim 6.1. AISI 1050 malzemesinin markalanması

AISI 1050 malzemesi için deney parçalarının hazırlanması sırasında çekme testi olarak kullanılacak parçalar da hazırlanmıştır. Hazırlanan çekme deney çubukları ASTM standardına uygun hazırlanmış (Şekil 6.2), KOSGEB laboratuvarında teste tabi tutulmuştur. Çekme deneyi sonucunda kopan deney çubukları test sonuçları Çizelge 6.3'te ve çekme testine tutulan bir numunede Resim 6.2'de verilmiştir.



Şekil 6.2. Çekme çubuğunun teknik özellikleri [4]



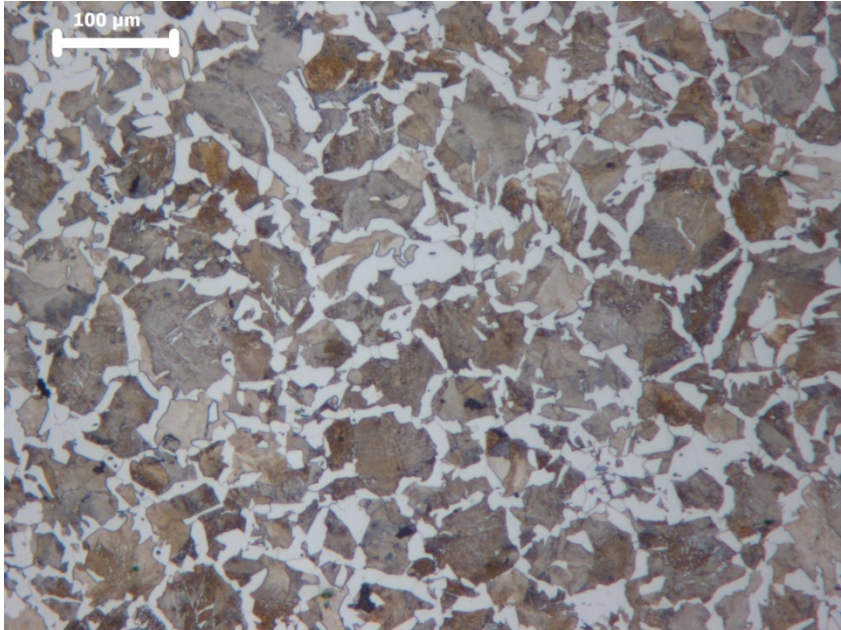
Resim 6.2. AISI 1050 deney parçaları için yapılmış olan çekme deneyi

Çizelge 6.3. AISI 1050 malzemesi için çekme testi sonucu (ortalama)

AISI 1050 (N/mm ²)	691
--------------------------------	-----

Deneylerde kullanılan AISI 1050 malzemenin mikro yapısı incelemeleri de yapılmıştır. Bu amaçla mikro yapı numuneleri hazırlanmıştır. Hazırlanan numuneler için deney parçasının bir bölümünden alınan küçük parçalar kullanılmıştır. Bu işlemler için Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesinin Metal Eğitimi Bölümü Malzeme Laboratuvarı imkanları kullanılmıştır.

Deneylerde kullanılan malzemelere ait mikro yapı görüntüleri Leica marka optik mikroskop kullanılarak çekilmiştir. Kullanılan optik mikroskop ile elde edilen malzemenin mikro yapı görüntüsü Resim 6.3’de verilmiştir.



Resim 6.3. AISI 1050 malzemesinin mikro yapısı

DDK 40: Bu tür dökme demirler sfero (küresel) dökme demir, ductile dökme demir, vb. isimlerle adlandırılmaktadır. Küresel dökme demirlerin (GGG/DDK) makine imalat sanayisinin birçok alanında yaygın olarak kullanılmaktadır. Sfero dökme demirin çekme mukavemeti gri dökme demirden çok daha yüksektir. Dolayısıyla

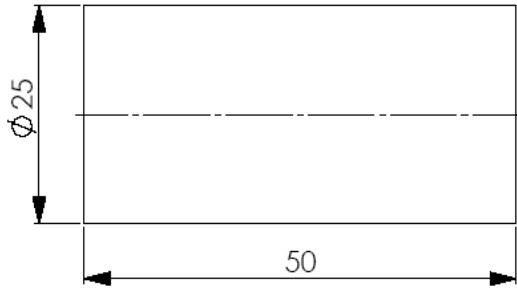
sfero dökme demir, çekme mukavemetinin yüksek oluşu nedeni ile kullanımda, gri dökme demire oranla malzeme ağırlığında tasarruf sağlamaktadır. Küresel grafitli dökme demirin mekanik özelliklerinin iyi olmasının yanında, talaşlı imalat işçiliği de kolaydır. Bu gibi sebeplerden, sfero dökme demirler; başta otomotiv sanayisinde ve devamında diğer birçok alanda tercih edilmektedir. DDK 40 küresel dökme demir malzemesinin özellikleri Çizelge 6.4’te verilmiştir.

Çizelge 6.4. DDK 40 malzemenin özellikleri [4]

Kimyasal Analizi											
C	Si	Mn	P	S	Mg	Cr	Ni	Mo	Cu	Ti	Sn
3,58	2,69	0,146	0,026	0,006	0,045	0,025	0,023	0,005	0,067	0,014	0
Mekanik Testler ve Mikro Yapı Analizi											
Grafit Boyu			Küre Sayısı		Küre %		Mikro Yapı		Sertlik (BHN)		
4 -5			150		95		95F – 5P		151		

DDK 40 küresel dökme demir (GGG/DDK) malzemeleri piyasada hazır olarak bulunmadığından bu malzemeler; döküm alanında deneyimli bir firmaya dökülmüştür. Malzemelerin dökümü için gereken bir model uygun ölçülerde hazırlanmıştır. Hazırlanan model ile DDK 40 malzemesi Ø30x600 mm ölçülerinde dökülmüştür. Döküm yolu ile elde edilen malzemeler torna tezgahında taşlama toleransı bırakılarak işlenmiştir. Malzeme torna tezgahında işlendikten sonra taşlama tezgahında ölçüsünde taşlanmış ve kesilmiştir. Taşlama yapıldıktan sonra deney parçasının boyutları Ø25x50 mm ölçülerine gelmiştir.

Deneylerde kullanılacak DDK 40 malzemesine ait elde edilen deney parçaları ve boyutları Şekil 6.3’de verilmiştir.



Şekil 6.3. Deneyde kullanılan DDK 40 malzemesinin boyutları

Deney parçaları kendi içinde tasnif edilip numarator kullanılarak markalanmıştır (Resim 6.4). Markalama işleminde; malzeme grubunu belirten bir harf ve parça numarasını belirten bir rakam kullanılmıştır. Böylelikle; her bir deney parçasının bir kimliğinin olması sağlanmıştır. DDK 40 malzemesi, “G” harfi kullanılarak markalanmıştır (Resim 6.4).



Resim 6.4. DDK 40 malzemesinin markalanması

Deney parçalarının hazırlanması sırasında çekme testi olarak kullanılacak parçalar da hazırlanmıştır. Hazırlanan çekme deney çubukları ASTM standardına uygun hazırlanmış (Şekil 6.2), KOSGEB laboratuvarında teste tabi tutulmuştur. Çekme deneyi test sonuçları Çizelge 6.5’te ve çekme testine tabi tutulmuş örnek bir numunede Resim 6.5’de verilmiştir.

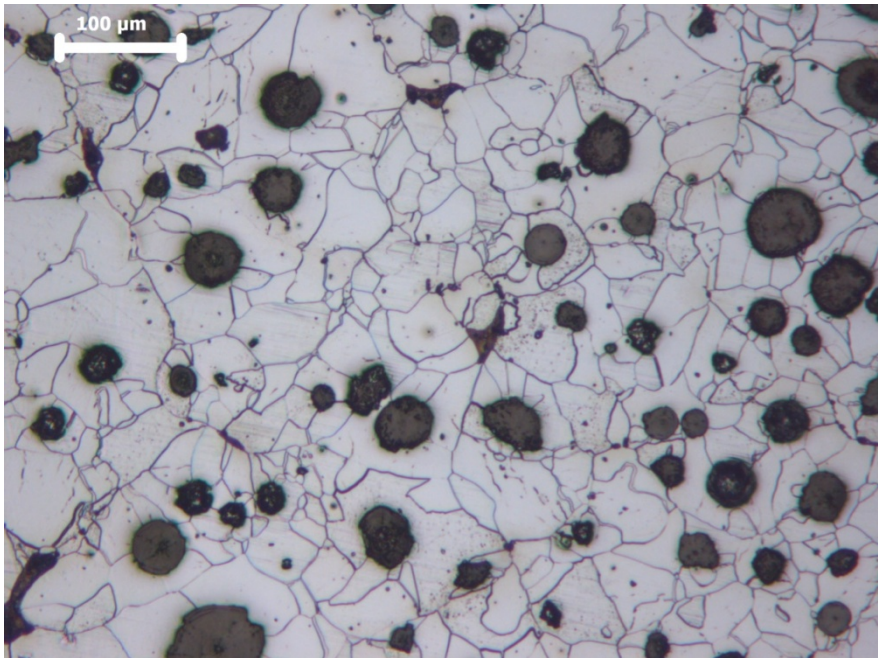


Resim 6.5. DDK 40 deney parçaları için yapılmış olan çekme deneyi

Çizelge 6.5. DDK 40 malzemesi için çekme testi sonucu (ortalama)

DDK 40 (N/mm ²)	438
-----------------------------	-----

Deneyleerde kullanılan DDK 40 malzemenin mikro yapısı incelemeleri de yapılmıştır. Bu amaçla mikro yapı numuneleri hazırlanmıştır. Hazırlanan numunelerinden mikro yapı görüntüleri alınmıştır. Resim 6.6'da DDK 40 malzemesine ait çekilen mikro yapı görüntüsü verilmiştir.

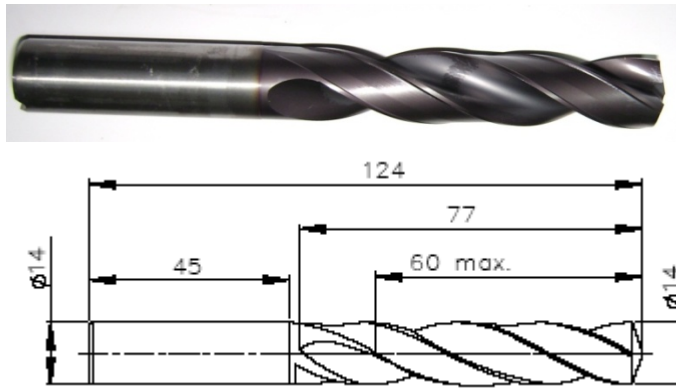


Resim 6.6. DDK 40 malzemesinin mikro yapısı

6.2. Kesici Seçimi

Kesici temini için yapılan piyasa araştırmalarında, çok farklı özelliklere sahip matkapların olduğu görülmüştür (Farklı çaplarda, farklı helis ve uç açısında, farklı

ağız sayılarında, farklı kaplama tipinde v.b). Fakat imalat sanayisinde yaygın kullanıma sahip matkapların, kesici kenar sayısı (ağız sayısı) olarak iki ağızlı HSS ve karbür kesiciler olduğu tespit edilmiştir. İncelemeler sonucunda deneylerde çapı Ø14 mm olan 2 ağızlı içten soğutmalı karbür matkapların kullanılmasına karar verilmiştir. Karar verilen Ø14 mm matkap, kesici ucundaki sıcaklığın ısı çifti ile ölçülmesinde ısı çiftinin bağlanması minimum şartları sağlamaktadır. Matkabın standardı DIN 6537 L'dir. Seçilen matkap karbonlu çelik, alaşımlı çelik, dökme demir v.b gibi malzemeleri kesmeye elverişlidir. Şekil 6.4'te deneyde kullanılan matkap ve boyut ölçüleri verilmiştir.



Şekil 6.4. Deneyde kullanılan karbür uçlu helisel matkap ve boyut ölçüleri [43]

Deneylerde kaplamalı ve kaplamasız olarak kullanılan matkapların helis açısı 30° ve uç açısı 140° 'dir. Ø14 mm olan matkabın kesme ağzının toleransı $-0,007 / +0,025$ (m7) ve matkabın tutucu boyunun çap toleransı $-0,000 / +0,011$ toleransına sahiptir. Kaplamalı matkapların kaplama tipi TiAlN'dir. Matkap kaplama kalınlığı 4 μ (mikron)'dur.

6.3. Delik Delmek İçin Kesme Parametrelerinin Tayin Edilmesi

Delik delme işleminde kesme parametreleri, matkabın tipine ve çapına, tezgah özelliklerine ve delinecek malzemenin cinsine göre seçilmiştir.

Kesme parametrelerin belirlenmesinde; öncelikle matkabın katalog değerleri dikkate alınmıştır. Tayin edilen bu kesme parametreler ile deneylerin yapılacağı universal ve CNC torna tezgahları üzerindeki müsaade edilen kesme parametreleri (ilerleme ve devir) ile karşılaştırmıştır. Karşılaştırma sırasında universal torna tezgahının müsaade ettiği kesme parametreleri referans alınmıştır. Universal torna tezgahları, CNC torna tezgahları gibi bilgisayar kontrollü olmadığı için belirli (sabit) değerlere sahiptir. Bu değerler matkabın katalog değerlerine bakılarak en uygun değerler seçilmiştir. Deneyler soğutma sıvısı kullanılmadan kuru kesme şartlarında yapılmıştır. Yapılan tespitlerin ardından deneylerde kullanılacak olan kesme şartları Çizelge 6.6'da verilmiştir.

Çizelge 6.6. Deneylerde kullanılan kesme şartları

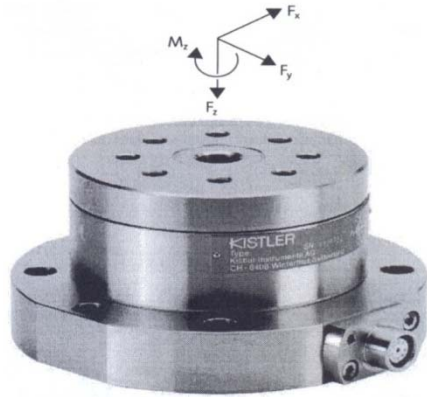
Devir (n = dev/dak)	Kesme Hızı (V = m/dak)	İlerleme (f = mm/dev)
1000 dev/dak	43,96 m/dak	0,18 mm/dev
1400 dev/dak	61,54 m/dak	0,24 mm/dev
2000 dev/dak	87,92 m/dak	0,32 mm/dev

6.4. Kesme Kuvvetlerinin Ölçülmesine Yönelik Deney Düzenəğinin Tasarımı ve İmalatı

CNC ve universal torna tezgahlarında kaplamalı ve kaplamasız matkaplar ile deliklerin delinmesi sırasında meydana gelen kesme kuvvetleri dinamometre (Resim 6.7) kullanılarak ölçülmüştür. Bunun içinde TÜBİTAK projesi kapsamında, okula kazandırılan dinamometre deney düzenəğı kullanılmıştır (Şekil 6.5). Fakat, bu deney düzenəğı, CNC freze tezgahlarında delik delinmesine yönelik, kesme kuvvetlerin ve momentin ölçülmesi için alınmıştır.

Resim 6.7’de gösterilen dinamometre 4 bileşenli (F_x , F_y , F_z ve M_z) olup hassas ölçüm yapabilecek kapasitededir. Bu dinamometrenin kuvvet ölçme aralığı ve etki yönleri aşağıda verilmiştir.

- F_x için -5kN... 5 kN
- F_y için -5kN... 5 kN
- F_z için -5 kN... 20 kN
- M_z için -200 Nm 200 Nm



Resim 6.7. Deneylerde kullanılan dinamometre

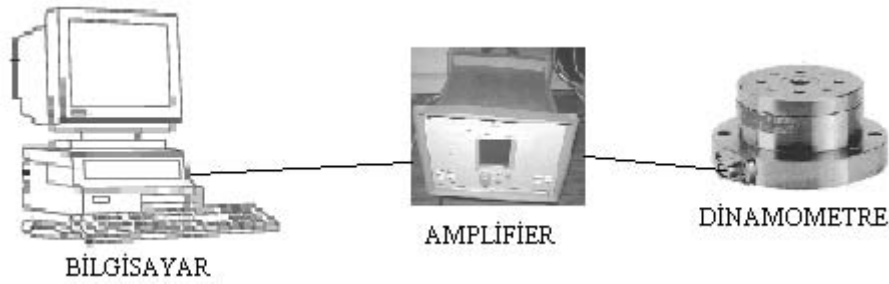
Dinamometre ile ölçüm yapılırken Resim 6.8’deki veri alma kartı (data kart) ve Resim 6.9’daki amplifier ile bilgisayara aktarılır.



Resim 6.8. Veri alma kartı (data kart)



Resim 6.9. Dört kanaldan veri akışını düzenleyen amplifier



Şekil 6.5. Deney seti kurulumu

Deneyler, universal torna ve CNC torna tezgahlarında ayrı ayrı yapılacağından mevcut deney düzeneğinin torna tezgahları için adapte edilmesi gerekmiştir. Bunun içinde dinamometrenin torna tezgahlarına ve matkapların da dinamometreye bağlanabildiği deney düzeneklerinin tasarlanmasına gidilmiştir.

6.4.1. Matkapların dinamometreye bağlanabilmesine yönelik bir bağlama aparatının tasarımı ve imalatı

Matkapların dinamometreye bağlanması için bir takım tutucu tasarlanmıştır. Takım tutucu, matkapların kolaylıkla bağlanabilmesi ve sökülebilmesinde standart bir pens takımını kullanabilecek şekilde tasarlanmıştır (Resim 6.10).



Resim 6.10. Matkabın dinamometreye bağlanması için yapılan takım tutucu

Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi matkabın dinamometreye bağlanması için bir tasarım yapılmıştır (Parçanın imalat resimleri ekler kısmında Ek-1’de verilmiştir). Bu tasarıma göre malzeme CNC torna ve CNC freze tezgahlarında işlenerek gerekli ölçülere getirilmiştir (Resim 6.11).



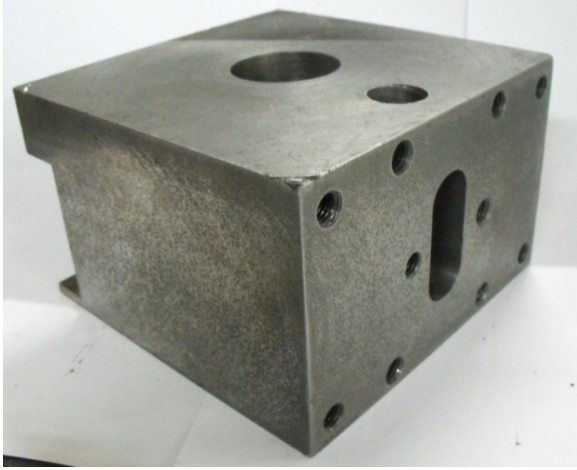
Resim 6.11. Karbür uçlu matkabın bağlanması için tasarlanan düzenek

6.4.2. Dinamometrenin universal torna tezgahına bağlanabilmesine yönelik bir bağlama aparatının tasarımı ve imalatı

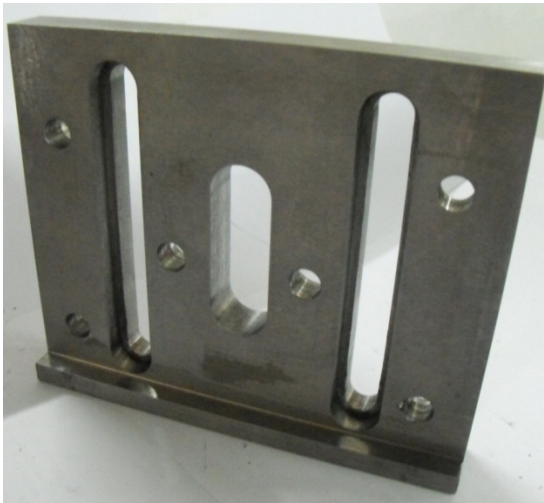
Kesme kuvvetleri için daha önce bir proje kapsamında CNC freze tezgahında kullanılmış olan dinamometrenin universal torna tezgahlarına adaptasyonuna gidilmiştir. Dinamometre universal torna tezgahının sportu üzerine bağlanmıştır. Bunun içinde bir bağlama aparatının tasarımı yapılmıştır. Tasarlanan bağlama aparatı

iki ana parçadan oluşmaktadır. Bunlar: ana bağlama gövdesi ve ara bağlama parçasıdır.

Tasarlanan aparatın önce, tezgah sportun üzerine kalemlik gibi oturtulan ana gövde imal edilmiştir (Resim 6.12). Sonrasında bu bağlama aparatının üzerine dinamometreyi bağlamak amacıyla ara bağlama parçasının (Resim 6.13) imalatı yapılmıştır (Bağlama aparatı ana gövde ve ara parçasının imalat resimleri ekler kısmında Ek-2 ve Ek-3’de verilmiştir). Ara parça aynı zamanda matkabın eksen ayarlarını yapabilecek şekilde imal edilmiştir.

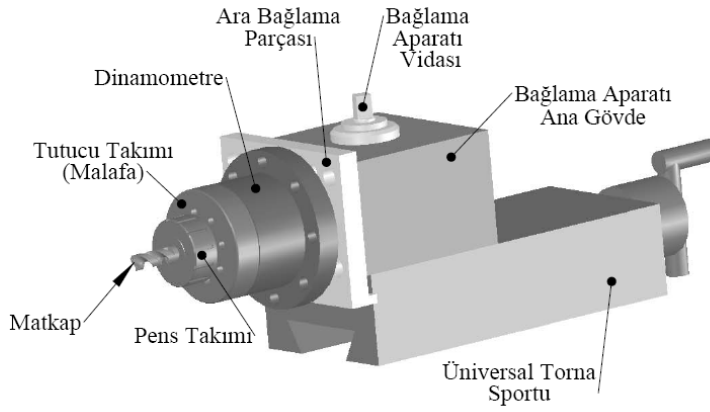


Resim 6.12. Universal torna tezgahı için bağlama aparatı ana gövdesi

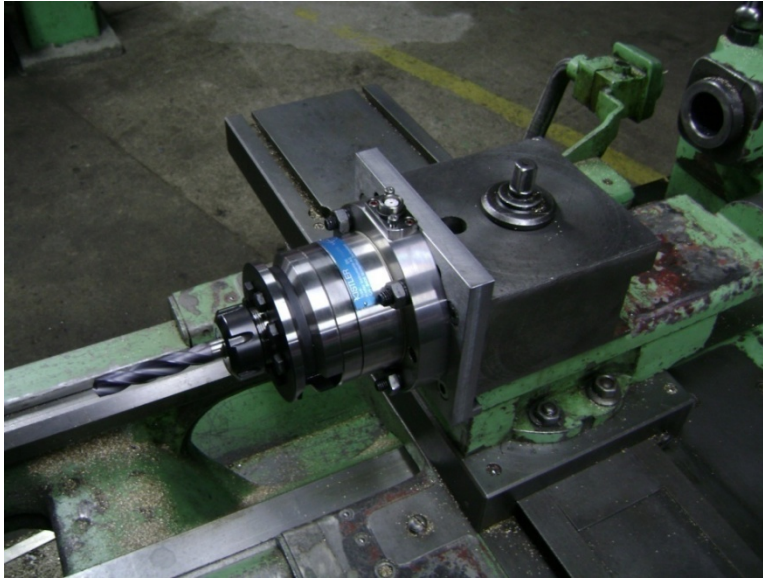


Resim 6.13. Universal torna tezgahı için ara bağlama parçası

İmalatı yapılan bağlama aparatının ve dinamometrenin tezgah üzerine montajı yapıldığında Şekil 6.6’da bir CAD ortamında modellenen temsili şekli ve Resim 6.14’deki gerçek görünümü verilmiştir.



Şekil 6.6. Üniversal torna tezgahı için bir CAD ortamında tasarlanarak montajı yapılan dinamometre deney düzeneği



Resim 6.14. Üniversal torna tezgahı üzerine montajı yapılan deney düzeneği

6.4.3. Dinamometrenin CNC torna tezgahına bağlanabilmesine yönelik bir bağlama aparatının tasarımı ve imalatı

CNC torna tezgahları için dinamometre, tezgahın kesici takımların bağlandığı döner başlığa (taret) bağlanmıştır. Tarete dinamometreyi bağlamak için iki ayrı parçanın

tasarlanarak imal edilmesi gerekmiştir (Parçaların imalat resimleri ekler kısmında Ek-4 ve Ek-5’te verilmiştir). Aparatın tasarımında, CNC torna tezgahının taretine dinamometre (dinamometreye matkabın bağlanması ile elde edilen montajda matkap eksenini) ile CNC fener milinin ekseninin birbirini karşılamasına dikkat edilmiştir. Bu parçalara ait resimler Resim 6.15 ve Resim 6.16’da verilmiştir.

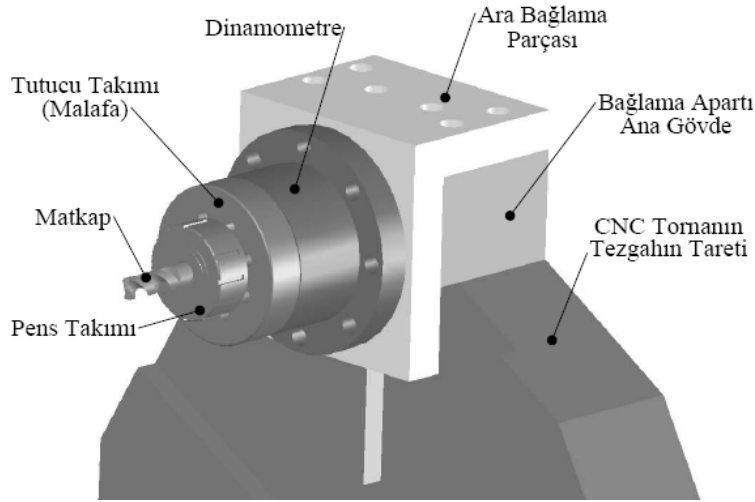


Resim 6.15. CNC torna tezgahı için bağlama aparatı ara parçası



Resim 6.16. CNC torna tezgahı için bağlama aparatı ana gövdesi

Tasarımı yapılan bağlama aparatın parçaları CNC freze tezgahında işlenerek ölçüsüne getirilmiştir. Şekil 6.7’de bir CAD programından alınan montaj şekli, Resim 6.17’de ise CNC tezgah üzerinde yapılan montaja ait fotoğraf verilmiştir.



Şekil 6.7. CNC torna tezgahı için bir CAD ortamında tasarlanarak montajı yapılan deney dinamometre düzeneği



Resim 6.17. CNC torna tezgahına montajı yapılan deney düzeneği

İmalatı yapılan bağlama aparatları yardımı ile matkapla delik delme işleminde kesme kuvveti (F_z) ve momenti (M_z) doğru bir şekilde ölçümü sağlanmıştır.

6.5. Sıcaklık Ölçümüne Yönelik Bir Düzeneğin Tasarımı ve Kurulması

Matkapla delik delinmesi sırasında oluşan ısının ölçülmesi için bir deney düzeneğinin kurulması gerekmiştir. Bu çalışmada sıcaklığın, kesicinin ucundan ölçülmesini sağlayacak bir sistem kurulmuştur. Sistem için tüm dünyada yaygın olarak kullanılan “Isıl çift” ve “Veri kaydedici” kullanılmıştır. Çapı $\varnothing 1$ mm olan ısıl çifti (Resim 6.18), karbür matkapların iç soğutma sıvısı kanallarından geçirilerek, matkabın ucuna yaklaştırılmıştır. Böylelikle, sıcaklık değişiminin matkap ucundan alınabilmesi sağlanmıştır. Isıl çiftinin diğer uçları da veri kaydediciye bağlanmıştır (Resim 6.19). Veri kaydediciye bağlanan bir bilgisayar ile de sıcaklık değerleri anlık olarak toplanmıştır.

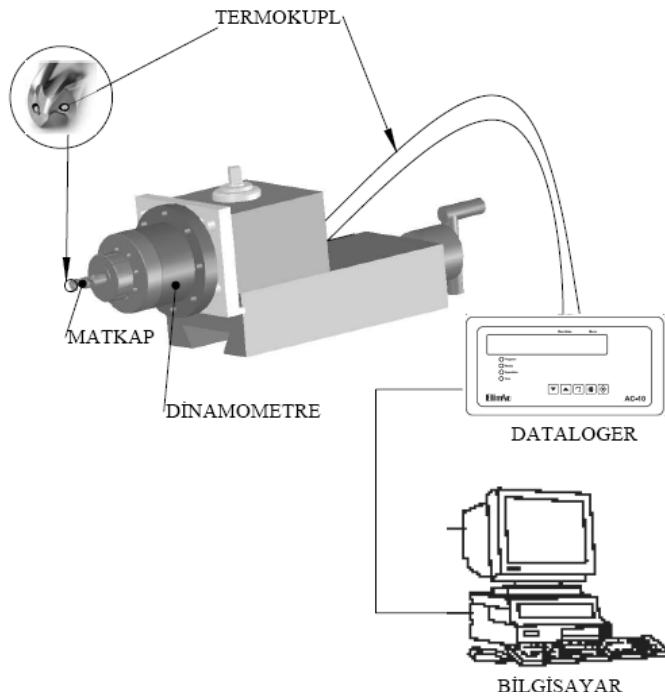


Resim 6.18. Isıl çift (Termokupl)

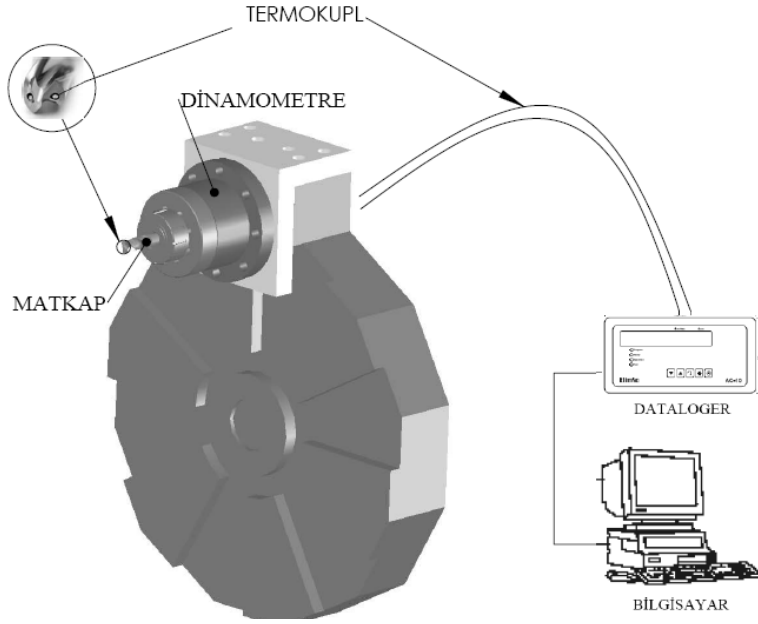


Resim 6.19. Veri kaydedici (Datalogger) [13]

Sıcaklık ölçümü için kurulan düzenek, universal torna tezgahı için Şekil 6.8’de ve CNC torna tezgahı için ise Şekil 6.9’daki gibi kurulmuş olup deneylerde kullanılmıştır.



Şekil 6.8. Universal torna için tasarlanan sıcaklık deney düzeneği



Şekil 6.9. CNC torna için tasarlanan sıcaklık deney düzeneği

6.6. Deneylerin Yapılması

Deneyler, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Talaşlı Üretim Anabilim dalı bünyesinde bulunan üretim atölyesi ve sanayi tipi CNC tezgahları laboratuvarında yapılmıştır. Deneylerin yapılmasında, AISI 1050 ve DDK 40 malzemelerine Ø14 mm olan kaplamalı ve kaplamsız karbür matkaplarla delikler açılmıştır. Deliklerin açılmasında, universal torna ve CNC torna olmak üzere iki farklı tezgah kullanılmıştır.

Kesici (matkap), imalatı yapılan takım tutucuya (malafa) bağlanarak dinamometreye monte edilmiştir. Kesici değişimlerinde; kesicilerin takım tutucusuna aynı boyda bağlanmasına dikkat edilmiştir. Deneyler boyunca kullanılan tüm matkaplar tutucuya 95 mm uzunluğunda bağlanmıştır (Resim 6.20).

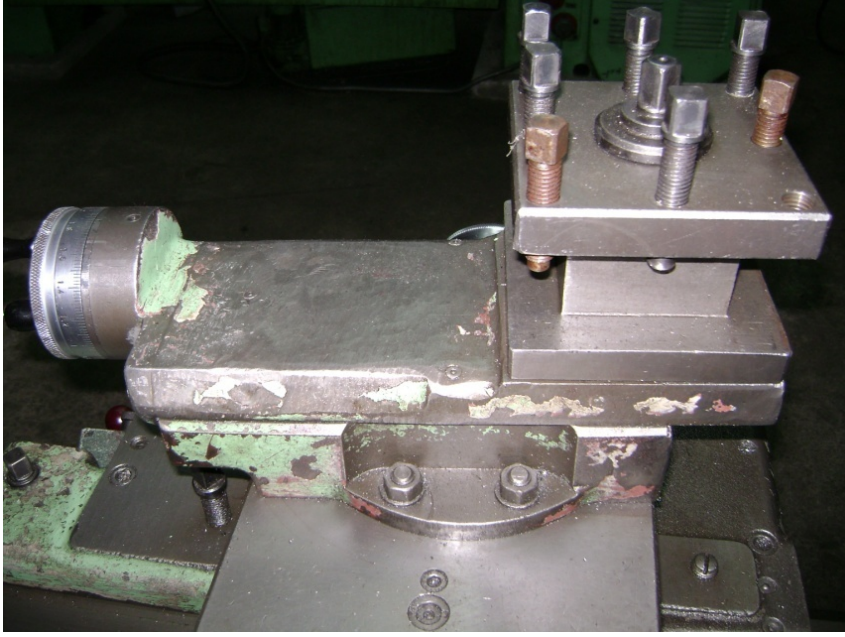


Resim 6.20. Matkabin bağlanma boyu

6.6.1. Deneyler için universal torna tezgahının hazırlanması

Deney parçalarının universal torna tezgahına bağlamak için dört ayaklı bir ayna kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan Dört ayaklı ayna hiç kullanılmamış olan yeni bir aynadır. Aynanın tezgaha takılabilir hale getirmek için ara bağlantı elemanı (flanş) yapılmıştır. Dört ayaklı aynanın kullanılmasının sebebi, delinen parçaların hareketsiz olarak (rijit) tutulabilmesinde yüzey sürtünme alanının artırılmasıdır. Dört ayaklı aynada, parça yüzeyine temasta dört ayak bulunmaktadır. Bu durum sürtünen yüzey sayısını ve sürtünme kuvvetlerini artırmaktadır.

Ayna universal torna tezgahına monte edildikten sonra parçanın bağlanması sağlanmıştır. Deney parçasının bağlanmasından sonra, sportun üzerine bulunan torna kalemligi sökülerek (Resim 6.21 ve 6.22). Dinamometre bağlama aparatı bağlanmıştır. Sonrasında aparat üzerine dinamometre ve takım (matkap için) tutucusu da bağlanarak universal torna tezgahı deneyler için hazır hale getirilmiştir (Resim 6.23).



Resim 6.21. Üniversal torna tezgahın sportu ve kalemligi



Resim 6.22. Üniversal torna tezgahın kalemliginin sök÷lmüş hali



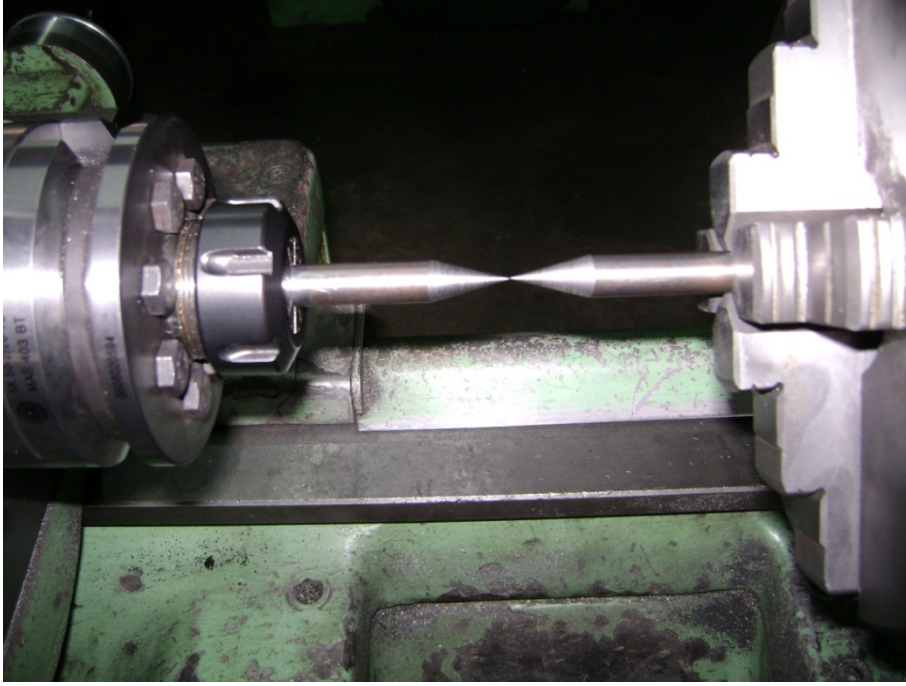
Resim 6.23. Üniversal torna tezgahın matkabın bağlanmış hali

Kuvvet ölçümü için deney düzeneğinin üniversal tornaya montajından sonra matkap ile deney parçasının aynı ekseninde olması için ayar işlemleri yapılmıştır. Bu işlem içinde daha önceden master olarak hazırlanmış çubuklar (miller) kullanılmıştır (Resim 6.24).



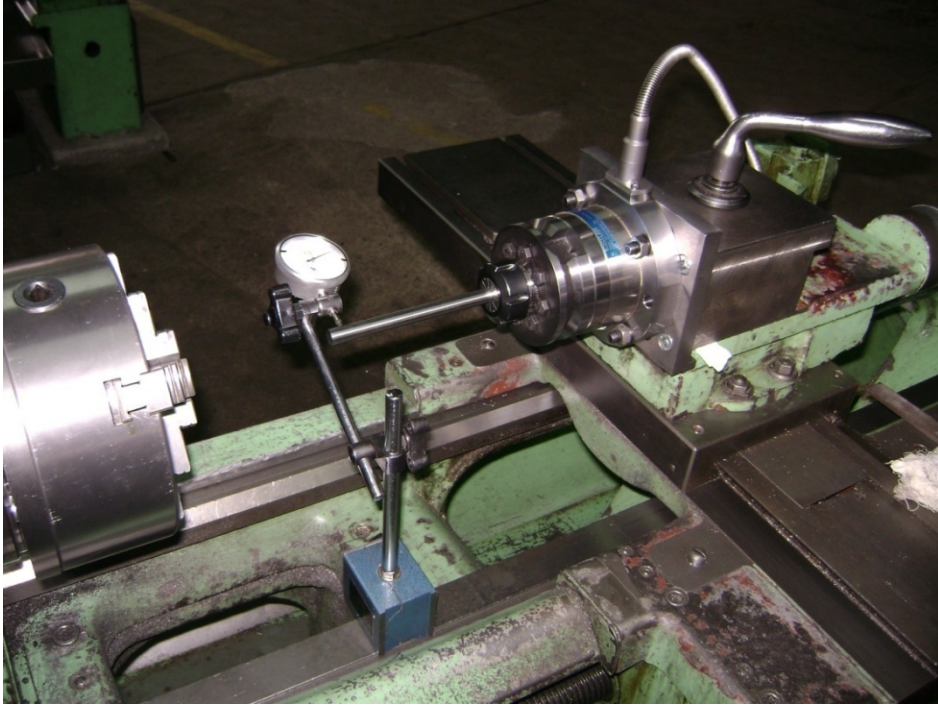
Resim 6.24. Üniversal torna için; matkap ile parça arasındaki eksen ayarını yapmak için hazırlanan çubuklar

Yukarıdaki Resim 6.24’de görüldüğü gibi iki adet çubuğun uçları konik şekilde işlenmiş ve bu çubuklardan bir tanesini aynaya ötekini pense takmak suretiyle merkezleme yapılmıştır (Resim 6.25).



Resim 6.25. Üniversal tornanın aynası ile matkabın aynı merkeze getirilişi

Merkezleme işlemi yapıldıktan sonra, üniversal torna aynasının ile matkap eksenin birbirine bir noktada birleşmesi sağlanmıştır. Bu işlemin ardından, piyasadan hazır olarak temin edilmiş parça (piston için kullanılan çelik çubuk) takım tutucusuna matkap gibi bağlanmış ve hassas bir komparatör (0.001 mm hassasiyetli) ile master üzerinde kontroller (merkezleme kaçıklığı) yapılmıştır (Resim 6.26 ve Resim 6.27). Böylelikle, matkabın ilerleme hareketi boyunca eksen paralelliği sağlanmıştır.



Resim 6.26. Üniversal tornanın yatay olarak ekseninin ayarlanması



Resim 6.27. Üniversal tornanın dikey olarak ekseninin ayarlanması

Merkezleme işlemleri bittikten sonra içten soğutmalı matkabın soğutma kanallarının (iki kanal) içinden iki adet ısıl çift takılmıştır. (Resim 6.28).



Resim 6.28. Matkaba ısıt çiftin takılmış hali

Sonrasında ısıt çiftlerinin takılı olduğu matkap, dinamometre üzerindeki takım tutucusuna bağlanmış ve ardından ısıt çiftlerle veri kaydediciye bağlanarak tezgah deneye hazır hale getirilmiştir (Resim 6.29).

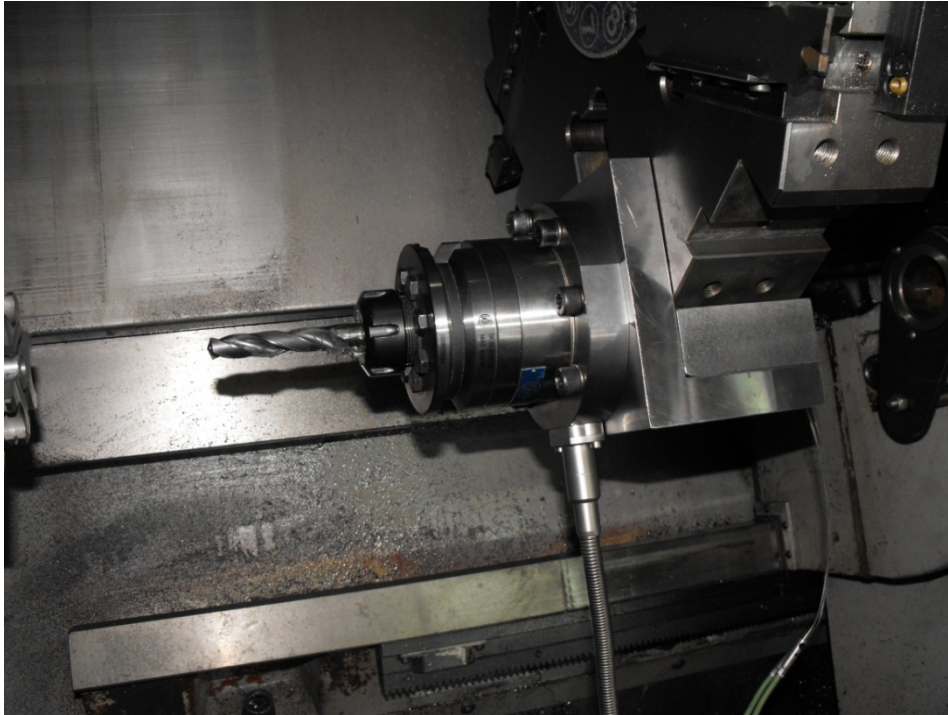


Resim 6.29. Üniversal torna tezgahının deney setinin hazır hali

6.6.2. Deneyler için CNC torna tezgahının hazırlanması

Deney parçalarının CNC tornaya bağlanmasında tezgahın kendi hidrolik aynası kullanılmıştır.

Parçanın bağlanmasından sonra daha önceden hazırlanan bağlama aparatı (dinamometrenin ve matkabın bağlanması için imal edilen) CNC torna tezgahının taretü üzerine bağlanmıştır. Sonrasında da aparatın üzerine dinamometre ve takım tutucu bağlanmıştır (Resim 6.30).

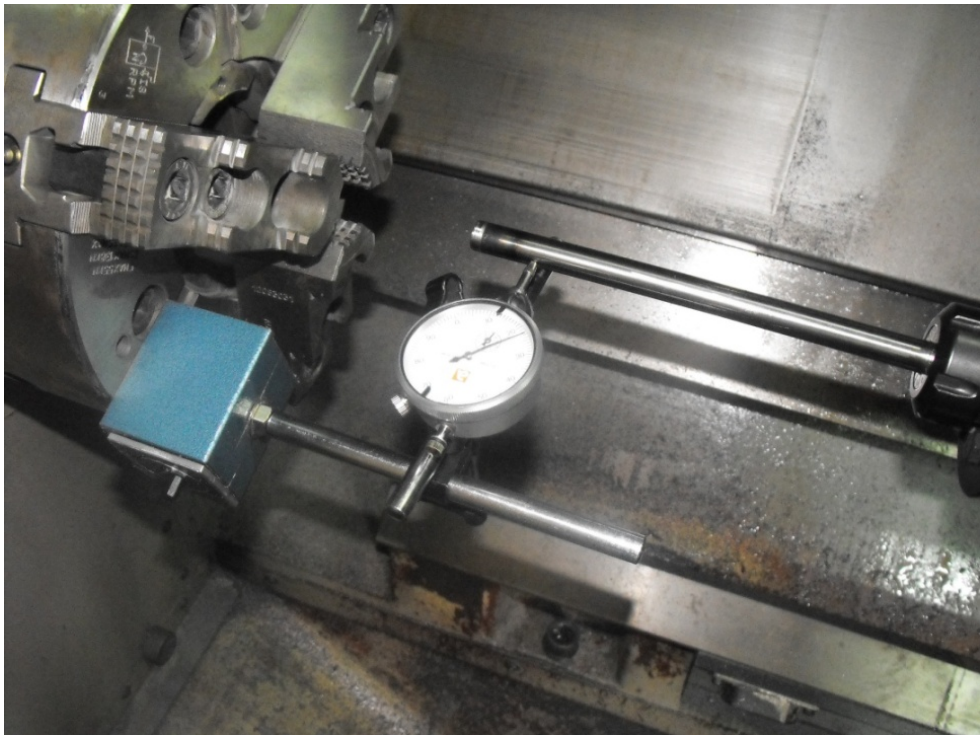


Resim 6.30. CNC torna tezgahın matkabın bağlanmış hali

Bağlama aparatının CNC tornaya montajından sonra matkap ile deney parçasının aynı ekseninde olup olmadığı kontrol edilmiştir. Bu işlem için, üniversal torna tezgahında yapılan benzer yöntemler kullanılmıştır. Aynı şekilde konik master çubukları ile merkezleme işlemi yapılmıştır.

Uçları konik olan iki adet çubuklardan bir tanesini aynaya diğeri de takım tutucuya bağlanmak suretiyle merkezleme işleminin universal tezgahı gibi kontrolü yapılmıştır.

Merkezleme işlemin ardından, takım tutucusuna bağlanan hassas master çubuk, komparatör (0.001 mm hassasiyetli) ile ayna-takım ikilisi için eksen paralelliği kontrol edilmiştir (Resim 6.31).



Resim 6.31. CNC torna tezgahında eksen ayarlaması

Eksenleme işlemi bittikten sonra, matkabin soğutma kanalları içinden ısı çift geçirilen (Resim 6.28) matkap, takım tutucusuna bağlanması ile CNC tezgah deneyler için hazır hale getirilmiştir (Resim 6.32).



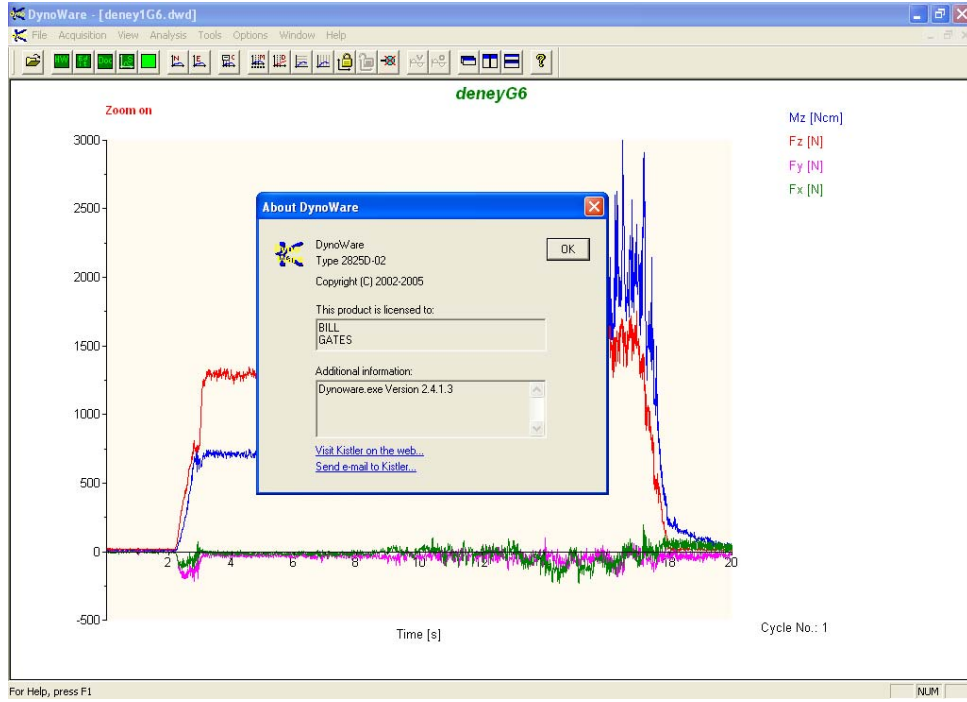
Resim 6.32. CNC torna tezgahı için hazırlanan deney seti

6.6.3. Deney çalışmalarında ölçümler için kullanılan bilgisayar programları

6.6.3.1. Kuvvet ölçümü için kullanılan program

Deliklerin açılması sırasında oluşan kesme kuvvetleri ve momentin ölçülmesinde TUBİTAK projesi kapsamında alınmış olan deney setine özgü bir yazılım kullanılmıştır.

Deney setinin kendisine özgü olan DynoWare yazılımı; Kistler firmasının kuvvet ve yük ölçümü için kendi lisansı ile çıkardığı bir programdır. DynoWare programı çalıştığında, Şekil 6.10'daki gibi bir sayfa bilgisayar ekranında görülür.



Şekil 6.10. DynoWare programının ekran görüntüsü

DynoWare programının ana sayfası açıldıktan sonra, üste bulunan araç çubuğu (toolbar) menüsünden gerekli ayarlamalar yapılarak program kullanılmaya başlanabilir.

DynoWare programı kullanılarak deliklerin açılması sırasında sırası ile;

- Fx
- Fy
- Fz
- Mz

kuvvetleri ve momentin ölçülmesi sağlanmıştır.

Deneyler yapılmadan önce dinamometre kalibre edilmiştir. Bunun içinde firma tarafından gönderilen dinamometre kalibre değerleri kullanılmıştır. Kalibre değerleri program içersindeki “Hardware” sayfasına girilir (Şekil 6.11).

Hardware

A/D Board Multichannel Amplifier Type 5070 RS-232C - Setup Multicomponent Measurement

5070 version: 4-Channel Auto Detect 5070

Chan.	Label	Sensitivity	Unit	Measuring Range	Unit	Filter	Time Constant
1	Fx	7,693,000	pC/N	5,00,00	kN	1 kHz	Long
2	Fy	7,671,000	pC/N	2,00,00	kN	1 kHz	Long
3	Fz	3,606,000	pC/N	20,00,00	kN	1 kHz	Long
4	M	1,722,000	pC/Ncm	116,10,00	Nm	1 kHz	Long

Measure Mode: On Start Acquisition

Measure State: Measure Reset Send Parameters

☒ Show Hardware Dialog between Acquisition Cycles

☐ 5019/5017 ☐ 5011/5015 ☐ Others ☐ RCD 5223... ☐ RCD 5237... ☒ 5070...

OK Cancel Apply

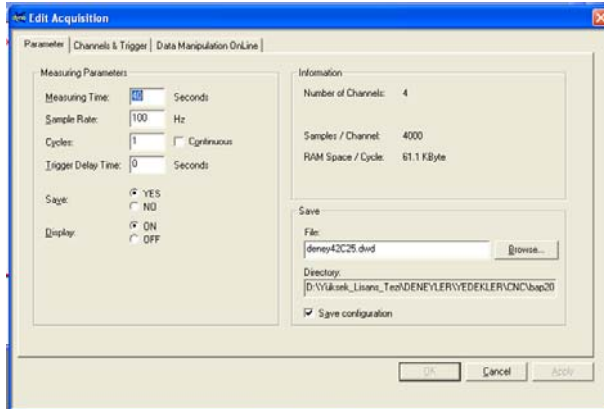
Şekil 6.11. Dinamometrenin kalibre değerlerinin programa girilmesi

Kuvvet ölçümünde, DynoWare programı üzerinde bazı ayarların daha yapılması gerekmektedir. Bunun için programın “Edit Acquisition” sayfası kullanılmaktadır (Şekil 6.11). Bu sayfanın “Measuring Parameters” kısmındaki; ölçüm süresi (Measuring time), veri alma sayısı (Sample rates), deneylere yönelik olarak ayarlanmıştır. Bu çalışmada yürütülen deneylerde veri alma sayısı 100 Hz olarak ayarlanmıştır. Diğer bir değişle; dinamometrenin her bir kanalından (Fx, Fy, Fz ve Mz) 1 saniyede (sn) 100 veri alınmıştır.

Örneğin: 50 sn bir delik delme süresince sadece bir kanaldan alınacak veri toplamı;

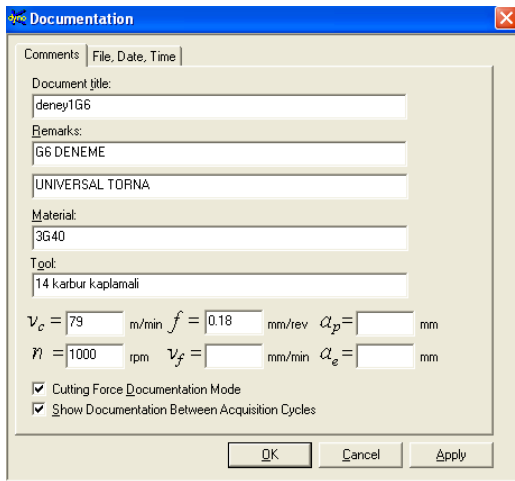
$$50 \times 100 = 5000 \text{ adet}$$

olacaktır. Veri alma sayısının daha büyük (örneğin 1 KHz: 1000 Hz) alınabilmesi mümkündür. Bu durumda, çok fazla veri toplanacağından büyük dosya boyutları oluşacaktır.



Şekil 6.12. Ölçüm yapma ayarları

Program içerisinde yapılan deneyle ilgili olarak; deney adı (dosya adı), kesme şartları, malzeme, vb. deney bilgilerin girileceği bir yer olan “Documentation” sayfası bulunmaktadır (Şekil 6.13). Deney kapsamında yapılan deneylerde; her bir deney için “deney” kelimesi, deney numarası (1) ve malzeme (G6: 3G40) dosya adı kullanılmıştır. Örneğin; deney1G6 gibi.

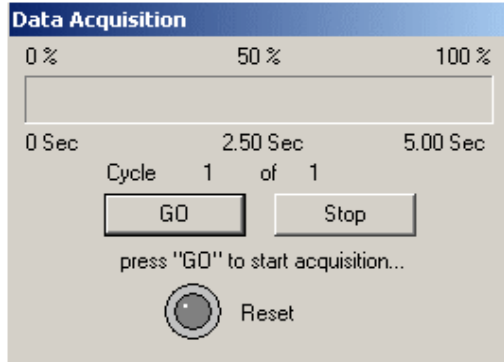


Şekil 6.13. Deney bilgilerinin girildiği program sayfası

Program; kuvvetlere (F_x , F_y , F_z , M_z) ait ölçülen değerleri “ana” ve “an” (mili saniye) verilen dosya adı içersine yazmaktadır.

Bütün bu ayarlar yapıldıktan sonra ölçüm işlemini başlatmak için program menüsünden veya araç çubuğundan “Start Acquisition” tıklanır. Ekrana gelen “Data

Acquisition” menüsünden matkap malzemeye dalmaya başlamadan önce “GO” butonuna tıklanır (Şekil 6.14). Böylelikle yapılan deney için ölçüm başlatılmış olur.

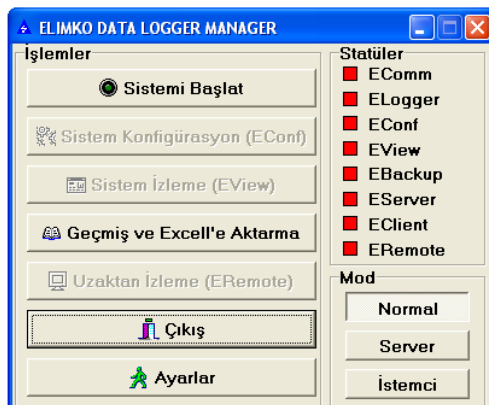


Şekil 6.14. Programı başlatma menüsü

6.6.3.2. Sıcaklık ölçümü için kullanılan program

Deliklerin açılması sırasında oluşan sıcaklık ölçümü için, Gazi Üniversitesi BAP proje kapsamında alınmış olan deney setinin kendisine özel “datalogger manager” yazılımı kullanılmıştır (Şekil 6.15).

Datalogger manager program çalıştığında bilgisayar ekranına Şekil 6.17’deki gibi bir program ana sayfası gelir. Program ana sayfasından “sistemi başlat” butonuna tıklanarak sıcaklık ölçümü için ayarların yapıldığı “Datalogger Sistem Konfigürasyon” sayfası görüntülenir (Şekil 6.16).



Şekil 6.15. Datalogger programın ana açılış sayfasının görüntüsü



Şekil 6.16. Program “Sistem Konfigürasyon” sayfası

Sistem konfigürasyonu sayfasında üst tarafta bulunan “Program” araç çubuğundan “İletişim Ayarlarına” girilir (Şekil 6.17).



Şekil 6.17. İletişim ayarları menüsünün ekran görüntüsü

İletişim ayarları menüsünden “Baud Rate” (bağlantı hızı) ve “Common Port” (bağlantı noktası) ayarları seçilir ve kaydetmek suretiyle bu menüden çıkılır. Bu ayarlar yapıldıktan sonra program araç çubuğundan “Cihaz Tanımları” sayfasına girilir (Şekil 6.18).



Şekil 6.18. Cihaz tanımları menüsünün ekran görüntüsü

Şekil 6.18’deki cihaz tanımları sayfasından “Ekle” butonunun üzerine tıklamak suretiyle sisteme cihaz ekleme gerçekleştiren “Cihaz Ekle” sayfası çıkar (Şekil 6.19) ve buradan cihaz seçimi ve cihazın kanal sayısı bilgileri girildikten sonra kayıt denilerek bu sayfadan çıkılır.



Şekil 6.19. Cihaz ekle menüsünün ekran görüntüsü

Sistem cihaz ekleme işleminin yapılmasının ardından program araç çubuğundan “Kanal konfigürasyon” menüsü seçilir. Bu menü tıklandığında ekrana “Cihaz Seç” sayfası gelir.

Cihaz seç sayfasından bulunan cihaz ismi seçilmek suretiyle seç butonuna tıklanır ve “E-680 Konfigürasyon” sayfası açılır (Şekil 6.20).

E-680 KONFIGÜRASYON

Genel Parametreler

Açıklama
E-680-01

Gösterme Aralığı (GA) 1
Tarama Aralığı (TA) 0.2
Giriş Sayısı (GS) 7
Kanal Sayısı (KS) 8
Sıcaklık Birimi (UNIT) °C
Alarm Tekrarlama (RP) 0
Kontrol Tipi 1 (CT1) CONT
Kontrol Tipi 2 (CT2) CONT
Pulse Uzunluğu (PLNG) 1

Gönder Geri Al
Kaydet

Kanal Parametreleri

Kanal No Kanal01
Tanım E-680-01-Kanal-01
Tag
Birim °C

Giriş Konfigürasyon

Tarama (SCAN) ON
Giriş Tipi (INPT) TCCJ
Lineerizator (LINZ) TYPE_K
Noktanın Yeri (DP) 0
Sensor Kopuk (SBRK) HIGH
Zero Değeri (ZERO) 0
Span Değeri (SPAN) 1000
Sensör Öteleme (INS) 0
Toplayıcı (TOT) OFF

Alarm Konfigürasyon

Alarm-1 Set (A1SP) 100
Alarm-1 Histerisis (A1HY) 5
Alarm-1 Tip (A1TP) LOW1
Alarm-1 Röle (A1RL) RÖLE-1
Alarm-2 Set (A2SP) 200
Alarm-2 Histerisis (A2HY) 5
Alarm-2 Tip (A2TP) LOW1
Alarm-2 Röle (A2RL) RÖLE-1

Gönder Geri Al
Kaydet

Çıkış

Şekil 6.20. E-680 konfigürasyonun ekran görüntüsü

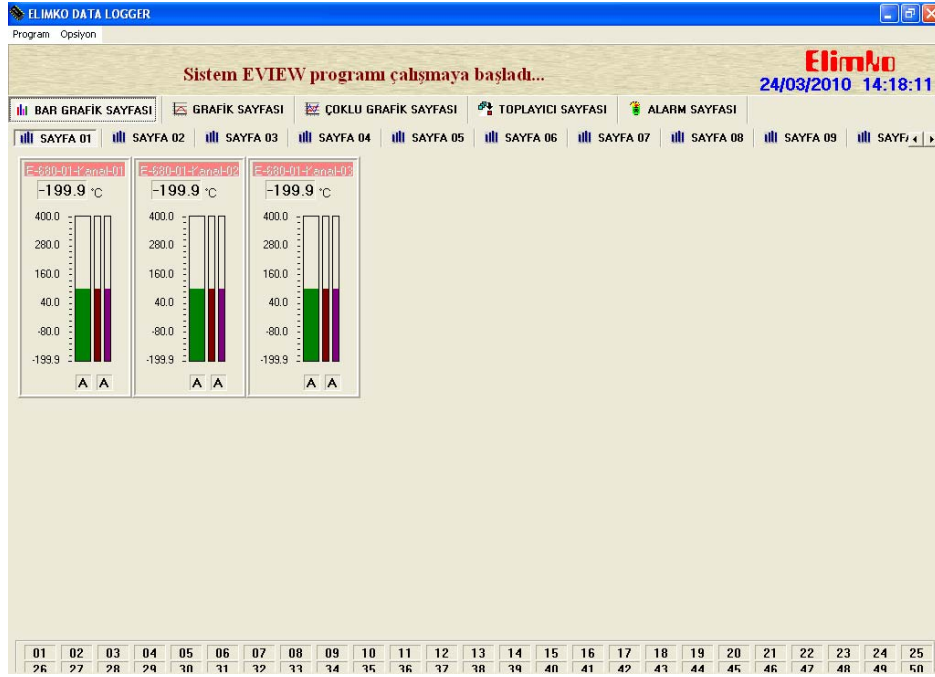
E-680 konfigürasyon sayfasından, sıcaklık ölçümü için kullanılacak cihaza ait “Genel Parametreler” ve “Kanal Parametrelerine” yönelik ayarlar yapılmaktadır. Kanal parametreleri bölümünde cihazın hangi kanalları kullanılacaksa “Kanal No” dan seçilir. Kanal seçimi yapıldıktan sonra her bir kanal için “Giriş ve Alarm Konfigürasyon” ayarı yapılır. Bu ayarlardan sonra genel parametreler ayarları da yapılır. Bütün bu işlemleri yaparken her bir kanal için gönder ve kaydet butonları kullanılarak cihaz üzerine bilgiler gönderilmek suretiyle kaydedilmiş olur. E-680 konfigürasyonu menüsünden ayarları tamamladıktan sonra program araç çubuğundan kayıt konfigürasyonu menüsüne girilir (Şekil 6.21).



Şekil 6.21. Kayıt konfigürasyon ekran görüntüsü

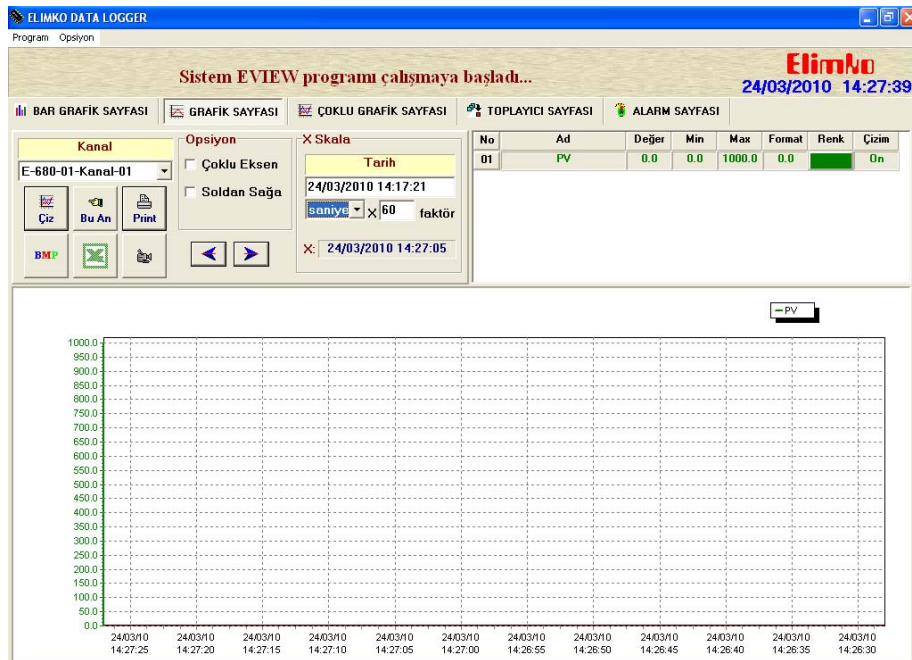
Kayıt konfigürasyonundan cihazın hangi kanalları kullanılacaksa o kanalların her biri için kayıt sıklığı ve kayıt süreleri seçilir ve kayıt denilmek suretiyle ekrandan çıkış yapılır.

Datalogger'ın sistem konfigürasyonunda yukarıdaki anlatılan bütün bu işlemler yapıldıktan sonra "Opsiyon" ana menüsünden (Şekil 6.14) çıkış butonuna tıklanarak ayar işlemleri tamamlanır. Kapanan sistem konfigürasyon sayfasının ardından ekranda bulunan program ana sayfası olan "Datalogger Manager" dan "Sistem Başlat" butonuna tıklandığında, sıcaklık ölçümü, ekranda görülen Şekil 6.22'deki sayfa ile başlamış olur.



Şekil 6.22. Elimko datalogger sistem başlatma menüsünün ekran görüntüsü

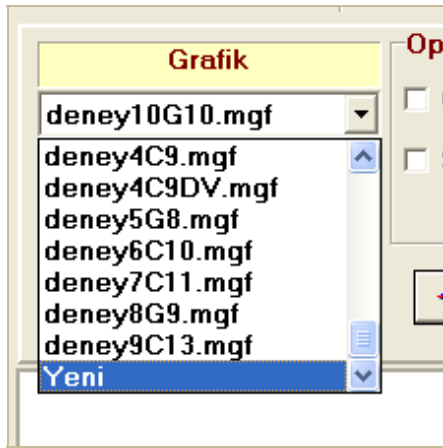
Şekil 6.22’deki sayfasında bulunan “Bar Grafik Sayfasında” eklenen cihaz için kaç adet kanal sayısı açtığımızı görürüz. Bir sonraki butonda “Grafik Sayfası” ise sadece tek kanal için ölçülen değerleri görülmektedir (Şekil 6.23).



Şekil 6.23. Grafik sayfasının ekran görüntüsü

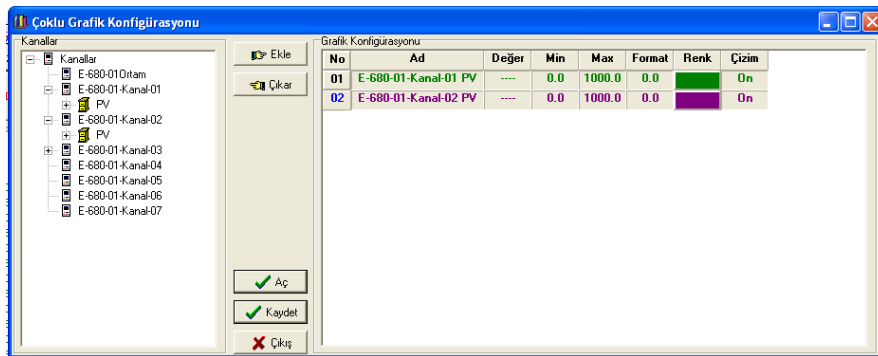
Yapılan bu çalışmalarda matkaplar için iki adet ısı çifti kullanıldığından sıcaklık ölçümü için “Çoklu Grafik Sayfası” butonu aktif hale getirilmiştir. Çoklu grafik sayfa butonu ile ekrana Şekil 6.23’deki gibi bir sayfa gelir.

Sıcaklık ölçüm sonuçlarını bir isim altında kaydetmek için bu sayfada öncelikle “Grafik” bölümündeki listeden “Yeni” menüsü seçilir (Şekil 6.24).



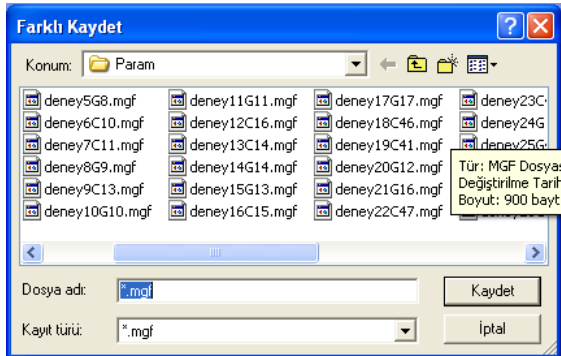
Şekil 6.24. Grafik sayfasından yeni kayıt açma ekran görüntüsü

Listeden “Yeni” satırı seçildiğinde aşağıdaki Şekil 6.25’deki gibi bir görüntü ekrana gelir. Bu görüntüden “E-680-01-Kanal-01” (kanal 1) ve “E-680-01-Kanal-02” (kanal 2) üzerlerine tıklanır ve “PV” seçilerek ekle butonuna tıklanır ve ikisine grafik konfigürasyonuna eklenir (Şekil 6.25).



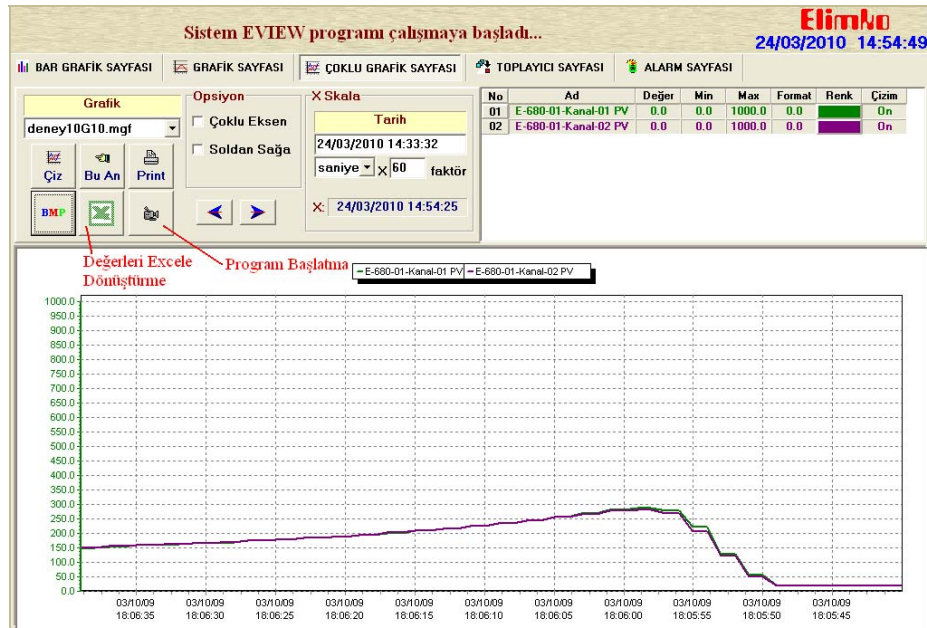
Şekil 6.25. Çoklu grafik konfigürasyonunun yeni kayıt açma ekran görüntüsü

Yukarıdaki şekil 6.25’de görülen kaydet butonuna tıklandığında aşağıdaki Şekil 6.26’da görüldüğü gibi farklı kaydet menüsü çıkar. Deney kapsamında yapılan deneylerde; her bir deney için “deney” kelimesi, deney numarası (1) ve malzeme (G6: 3G40 veya C10:Ç1050) dosya adı kullanılmıştır. Örneğin; deney1G6 veya deney2Ç1050 gibi.



Şekil 6.26. Çoklu grafik sayfasında farklı kaydet menüsünün ekran görüntüsü

Bütün bu ayarlar bittikten sonra program başlatma simgesel butonuna (Şekil 6.27’de ifade edilmiştir) tıklanır. Program başladıktan sonra deney başlatılır ve değerler aşağıda görülen Şekil 6.27’deki gibi grafik olarak ekrana yansır. Deney sonuçlanınca program başlat butonuna tekrar tıklanarak program durdurulur. Eğer değerleri excel formatında alınmak istenirse, excel butonuna ya da ekran görüntüsü (yani grafiği) grafik olarak alınmak istenirse BMP butonuna tıklanır.



Şekil 6.27. Sıcaklık ölçümü için deney ekran görüntüsü

6.6.4. Delik delme

Deneylerde delikler, parçaların boydan boya delinmesi ile elde edilmiştir. Delik delme derinliği (50 mm) büyük tutulmuştur. Burada amaç delik boyunca oluşabilecek olayları yorumlayabilmektir (özellikle sıcaklık artışı).

Delik delme işlemi süresince birçok olay (talaş sıkışması, matkabın zırhının aşınması v.b gibi olaylar) gerçekleşmektedir. Özellikle derin deliklerin delinmesinde, çıkan talaşların dışarı atılması sırasında ısı daha da artmaktadır. Çünkü çıkan talaşlar, matkap helis oluklarında sıkışmaktadır. Isı yükselmeleri, kesici kenar üzerinde talaş yığılmaları (BUE: Build Up Edge) meydana getirerek kesme kuvvetleri üzerinde olumsuz etkiler yapmaktadır. Bu olayların gözlenebilmesi için delik delme işleminin aralık verilmeden devam ettirilmesi gerekmektedir.

Derin delik delme işlemlerinde kullanılan uzun matkaplarda; parçaya ilk dalma sırasında (bileme şartlarına göre değişir) merkezden kaçmalar oluşabilmektedir. Çünkü matkap ucunun serbest olarak dönmesi ile birlikte oluşan titreşim (matkap boyuna göre artmaktadır), matkabın ilk merkezleme işlemi sırasında parça yüzeyinde

kaymasına sebep olur. Kesme hızının artırılması bu tür olumsuzlukları nispeten azaltmaya yönelik etki yapmaktadır. Fakat yüksek kesme hızları matkap ucu ömrü açısından olumsuz etki yapmaktadır.

Yapılan bu çalışmalarda, deney parçaları üzerine deliklerin açılmasında; doğrudan matkap ile delik delme yoluna gidilmemiştir. Öncelikle punta matkabı ile 3 mm derinliğinde ön delikler açılmıştır.

CNC torna tezgahındaki bütün ayarlamalar bittikten sonra punta deliği ve matkap için CNC tezgahında program yazılmıştır (Çizelge 6.7).

Çizelge 6.7. CNC tezgahı için yazılan program

```
O0081;
N05 G50;
N10 T0505; (Punta Matkabı)
N15 G97 S500 M03;
N20 G00 X0.;
N25 Z5.;
N30 G01 Z-5. F0.09;
N35 G00 Z400.;
N40 T0707; (Q14mm Matkap)
N45 G97 S1000 M03;
N50 G00 X0. Z5.;
N55 G01 Z-50. F0.18;
N60 G00 Z150.;
N65 M30;
```

Çizelge 6.7'deki program ile deney parçası ilk önce punta matkabı ile daha sonra matkap ile parçalar boydan boya delinmiştir.

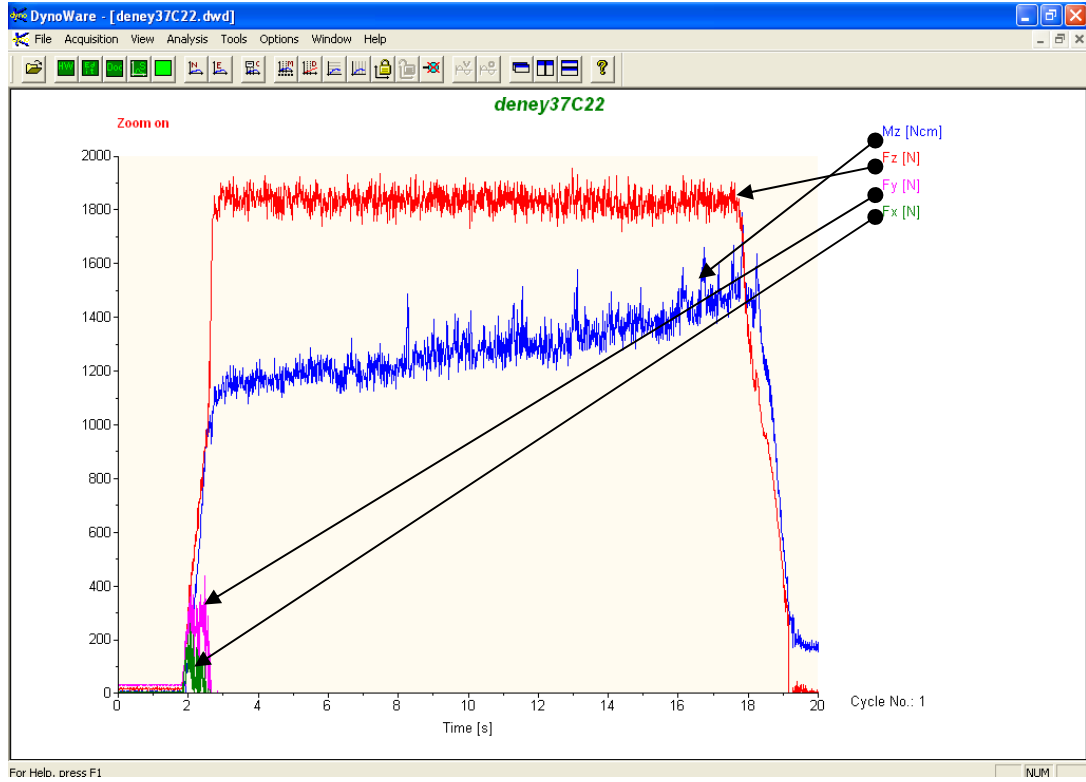
Her iki tezgahta (CNC ve universal torna), farklı takım (kaplamalı ve kaplamasız karbür matkap) ve Çizelge 6.6'deki farklı kesme parametreleri ile (1000-1400-2000 dev/dak ve 0,18-0,24-0,32 mm/dev) yapılan deneylere yönelik elde edilen kesme kuvvetleri (Fz), moment (Mz) ve sıcaklık değerleri tek tek kayıt altına alınmıştır.

6.6.5. Ölçülen verilerin değerlendirilmesi

Deneyler, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Talaşlı Üretim Anabilim Dalı bünyesinde bulunan CNC torna ve universal torna tezgahlarında yapılmıştır. Deneylerde; iki farklı tezgah, iki farklı malzeme, üç farklı ilerleme, üç farklı kesme hızı, iki farklı kesici (kaplamalı ve kaplamasız), kullanıldığından sayıca çok delik delinmesi gerekmiştir. Deneylerde kullanılan deney kartı Ek-6'da verilmiştir. Deneyler için oluşturulan deney kartlarına yapılan bütün deneyler not edilmiştir.

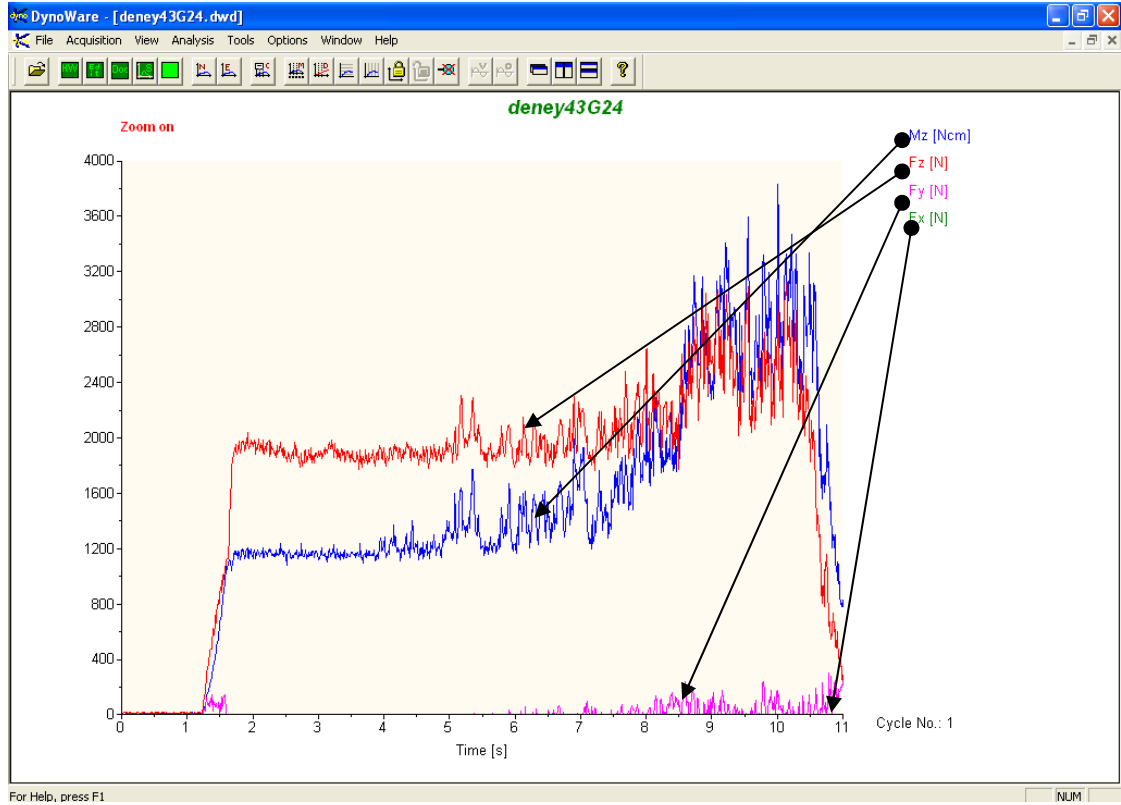
Yapılan deneylerde ölçülen kuvvetlere bakıldığında (Şekil 6.28) F_x ve F_y kuvvetlerinin değeri, F_z kuvvetine göre çok düşük çıkmaktadır. Çünkü matkap ile delik delmede, parçanın dönmesi ile tork (M_z) ve matkap'ın ilerlemesi ile de delme kuvveti (F_z) etkili olmaktadır. Parça kendi ekseninde döndüğü için F_x ve F_y yönlerinde çok düşük kuvvetler oluşturduğundan deneylerde F_x ve F_y kuvvetleri değerlendirme dışında tutulmuştur.

Deneyde kullanılan sürekli delme yöntemi (aralık verilmeden) ile kesici malzeme içerisinde zamana bağlı olarak sürekli ilerleme hareketi gerçekleştirmektedir. Delik delme süresince kesici malzemeye (delik başlangıcından delik sonlanıncaya kadar) devamlı yüklenmektedir. Dolayısı ile elde edilen kuvvetlerin grafikleri süreklilik arz etmektedir (Şekil 6.28).



Şekil 6.28. $n=1000$ dev/dak, $f=0,18$ mm/dev, $\varnothing 14$ mm kaplamalı matkap ile AISI 1050 malzemesinin delinmesinde elde edilen kuvvet grafiği

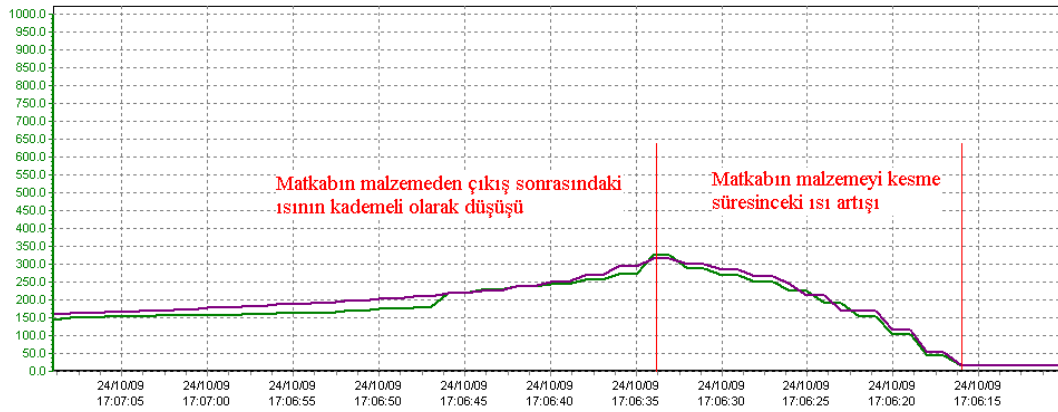
Deneylerde normal delik delme işlemlerinde Şekil 6.28’de olduğu gibi sonuçlar elde edilmiş olmasına rağmen bazı grafiklerde delik sonlarında ani çıkışlar gözlenmiştir. Bunu sebebi olarak da malzemedan çıkan talaşların delik sonlarına doğru sıkıştığı, BUE’ın (yığılma kenarın) oluştuğu düşünülmektedir (Şekil 6.29). Ani kuvvet ve moment artışının neden ve sonuçları ilerdeki bölümlerde ayrıntısıyla açıklanacaktır.



Şekil 6.29. $n=1000$ dev/dak, $f=0,32$ mm/dev, $\varnothing 14$ mm kaplamalı matkap ile DDK 40 malzemesinin delinmesinde elde edilen kuvvet grafiği

Kesintisiz deliklerde kuvvet ve moment grafiği Şekil 6.28’de görüldüğü gibi olmasına rağmen sıcaklık grafiği sürekli artış göstermektedir (Şekil 6.30). Meydana gelen sıcaklık atışı için delik delme sürecinin baştan sona irdelenmesi gerekmektedir.

Matkap ilk andan itibaren malzemeyi keserek dalmaya başlar. Çıkan talaşlar matkabın kanal olukları ile dışarı doğru atılır. Bu sırada ilerleme kuvveti (F_z) ve dönme momenti (M_z) ile oluşan basınç ve sürtünmeden dolayı sıcaklık artmaya başlar. Belirli bir zaman sonra delik derinliği arttıkça bu talaşlar, matkabın helis oluklarında sıkışmaya başlar. Bu sıkışmadan dolayı sürtünme arttığından (M_z momenti artar) ısı yükselmeleri olur ve bu ısı yükselmesi kesici üzerinde talaş yığılması (BUE) meydana getirir (F_z kuvveti artar). Talaş sıvaması, matkabın kesme kuvveti üzerinde olumsuz etkiler yapmaktadır. Dolayısı ile bütün bu etkilerden dolayı matkap üzerindeki ısı artışı giderek artmaktadır (Şekil 6.30).



Şekil 6.30. $n=1000$ dev/dak, $f=0,18$ mm/dev, $\varnothing 14$ mm kaplamalı matkap ile AISI 1050 malzemesinin delinmesinde elde edilen sıcaklık grafiği

6.6.6. Ölçülen verilerin grafik üzerinden çıkartılması

Deneyler aşamasında kuvvet ve sıcaklık ölçümlerini grafik olarak bilgisayar ortamına kayıt etmek için iki adet lisanslı program olan “DynoWare” ve “Elimko Datalogger Manager” kullanılmıştır. Bu programların oluşturduğu grafikler üzerinden veriler alınarak “Microsoft Office Excel” programında değerlendirilmiştir.

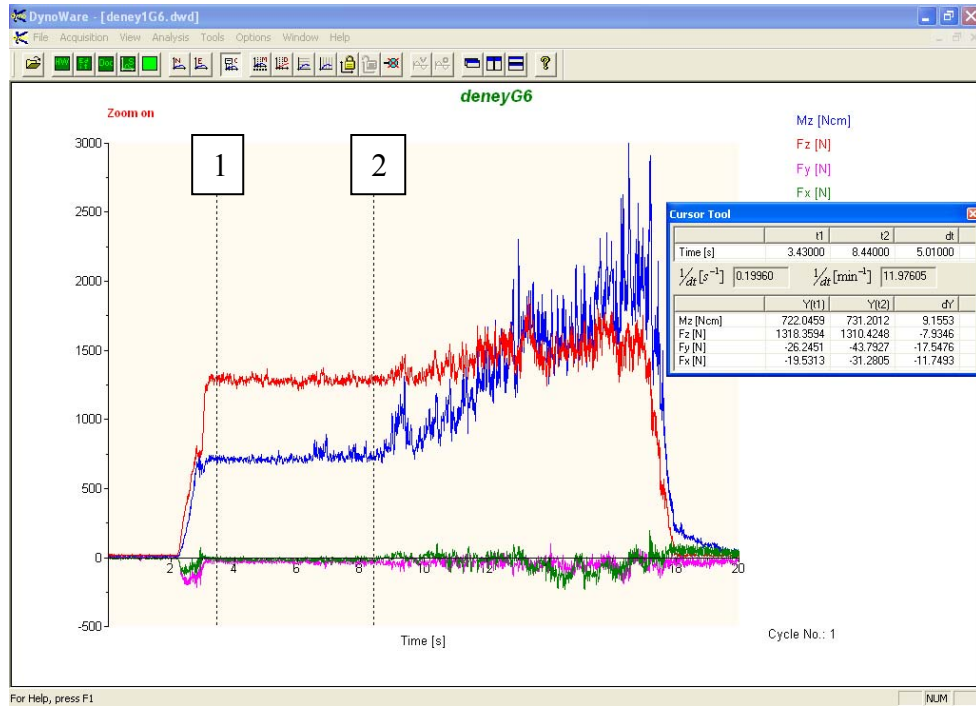
6.6.6.1. Kesme kuvvetlerinin grafik üzerinden çıkartılması

DynoWare programı, zamana bağlı olarak meydana gelen kuvvet değişimlerini grafikler üzerinde gösterebilmektedir. Verilen grafikler üzerinde kuvvet değişimlerine yönelik analizler kolaylıkla yapabilmektedir. Programın bu yönde “Analysis” menüsü bulunmaktadır. Bu menü altında “Cursor Tool” ve “Mean Value” olmak üzere iki seçeneği vardır.

Cursor Tool

Cursor tool menüsüne tıklandığında, noktalı dikey bir çizgi (1) grafik üzerinde görünür. Bu dikey çizgi analiz için başlangıç noktası ayarlamak için fare (mouse) hareketini izler. Grafik üzerinde istenilen yere getirilen farenin sağ düğmesine tıkladığında analiz başlangıç konumu belirlenmiş olur. Başlangıç konumu oluşunca

ikinci (2) bir noktalı dikey çizgi daha görülür. Bu çizgide bitiş noktasını ayarlamak için fareyi izler. Grafik analizi bitiş noktasına gelindiğinde farenin sağ tuşu tıklandığında bitiş noktası da belirlenmiş olur. Böylelikle iki dikey çizgi arasında zaman aralığı belirlenmiş olur (Şekil 6.31’de 1 ve 2 ile işaretlenmiştir).



Şekil 6.31. Grafik üzerinde bir zaman aralığı belirleme

Aralık için başlangıç ve bitiş noktaları ardından “Cursor Tool” menüsünde iki nokta arasındaki istatistiksel veriler, bir pencerede y-t grafik tabanlı olarak görüntülenir (Şekil 6.32).

Cursor Tool			
	t1	t2	dt
Time [s]	3.55000	6.41000	2.86000
$1/dt [s^{-1}]$	0.34965	$1/dt [min^{-1}]$	20.97902
	Y(t1)	Y(t2)	dY
Mz [Ncm]	722.0459	707.3975	-14.6484
Fz [N]	1286.6211	1266.4795	-20.1416
Fy [N]	-24.7192	-42.5720	-17.8528
Fx [N]	-7.6294	-19.9890	-12.3596

Şekil 6.32. Grafik üzerinde tanımlanan istatistiksel veriler

Kullanıcı grafik üzerindeki zaman başlangıç ve bitiş noktalarının değiştirdikçe “Cursor Tools” sayfasındaki bilgiler de değişmektedir.

“Cursor Tools” sayfasında sırası ile;

t1: Zaman aralığı başlangıcı,

t2: Zaman aralığı bitiş,

td: Zaman değişimi,

Y(t1): Aralık başlangıcındaki kuvvetler (M_z , F_z , F_x , F_y),

Y(t2): Aralık bitişindeki kuvvetler (M_z , F_z , F_x , F_y),

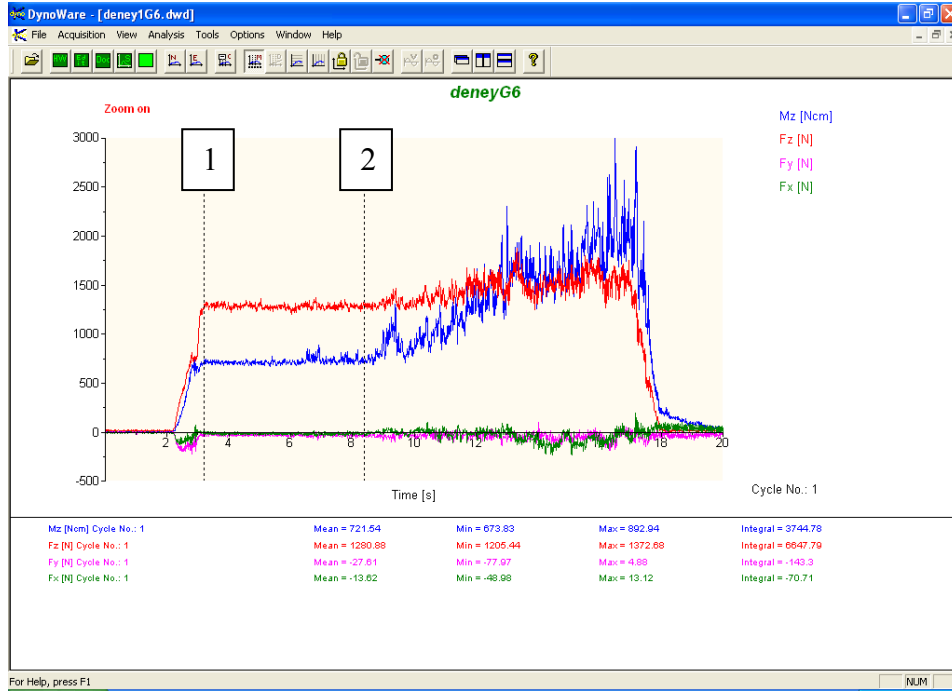
dY: Kuvvet değişimi,

gibi bilgiler verilmektedir.

Mean value

Bu yöntem bir öncekine benzerdir. Burada da bir öncekinde olduğu gibi grafik analizi için başlangıç ve bitiş noktaları belirlenir (Şekil 6.33’de 1 ve 2 ile gösterilmiştir).

Bir önceki yöntemde belirlenen başlangıç ve bitiş sınırları arasında kalan her bir noktadaki kuvvet ve moment değeri kullanıcıya verilirken, bu yöntemde belirlenen aralık boyunca kuvvet ve momentlerin almış olduğu değerlerin istatistiksel sonuçları verilmektedir. Bu yöntem ile sonuçlar grafik ekranın altında verilmektedir (Şekil 6.33). Aşağıda; bu bilgiler daha rahat okunabilmesi için tekrar Çizelge 6.8’de verilmiştir.



Şekil 6.33. Zaman aralığının belirlenmesi ve kuvvetler için istatistiksel bilgiler

Çizelge 6.8. Mean Value yöntemi kullanıldığında ekrana gelen bilgiler

Mz [Ncm] Cycle No.: 1	Mean = 721.54	Min = 673.83	Max = 892.94	Integral = 3744.78
Fz [N] Cycle No.: 1	Mean = 1280.88	Min = 1205.44	Max = 1372.68	Integral = 6647.79
Fy [N] Cycle No.: 1	Mean = -27.61	Min = -77.97	Max = 4.88	Integral = -143.3
Fx [N] Cycle No.: 1	Mean = -13.62	Min = -48.98	Max = 13.12	Integral = -70.71

Verilenlere bakıldığında;

- Mean: Belirlenmiş zaman aralığında bulunan kuvvetlere (Mz, Fz, Fx, Fy) ait değerlerin aritmetik ortalaması,
- Min: Zaman aralığı içerisinde yer alan değerlerden en küçük olanlar,
- Max: Zaman aralığı içerisinde yer alan değerlerden en büyük olanlar,

gibi bilgiler bulunmaktadır.

Deneyler kapsamında DynoWare programında elde edilen grafikler üzerinden kesme kuvvetleri ve momentlere ait değerler tek tek çıkarılmıştır. Bunun içinde DynoWare

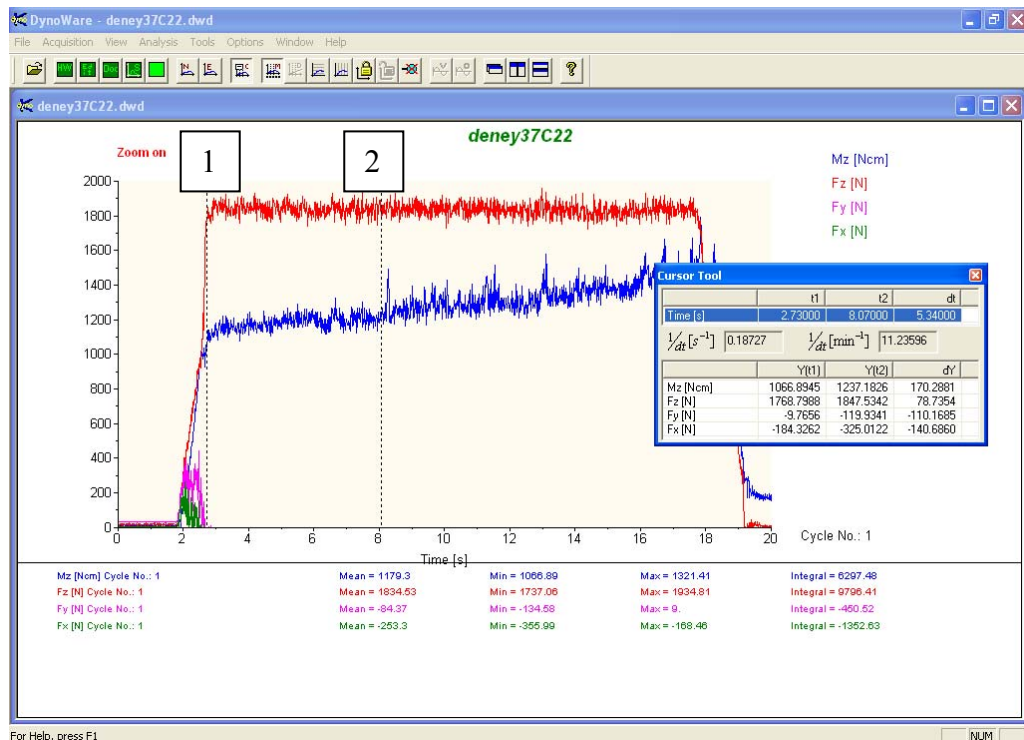
programının analiz menüsünden “Mean Value” ve “Cursor Tool” yöntemleri kullanılmış ve grafikler belirli zaman aralıklarına ayrılmıştır. Bu zaman aralıkları;

- Deney başlangıcı,
- Deney ortası,
- Deney sonu,

şeklinde. Deney başlangıç, orta ve sonu için delik delme süresi eşit üç parçaya (sn) bölünmüştür. Örneğin $n=1000$ dev/dak, $f=0,18$ mm/dev, $\varnothing 14$ mm kaplamalı matkap ile AISI 1050 malzemesinin delinmesinde elde edilen kuvvet grafiği yaklaşık 16 sn sürmüştür. 16 sn süren grafik üzerinde;

$$16 / 3 = 5.33 \text{ saniye}$$

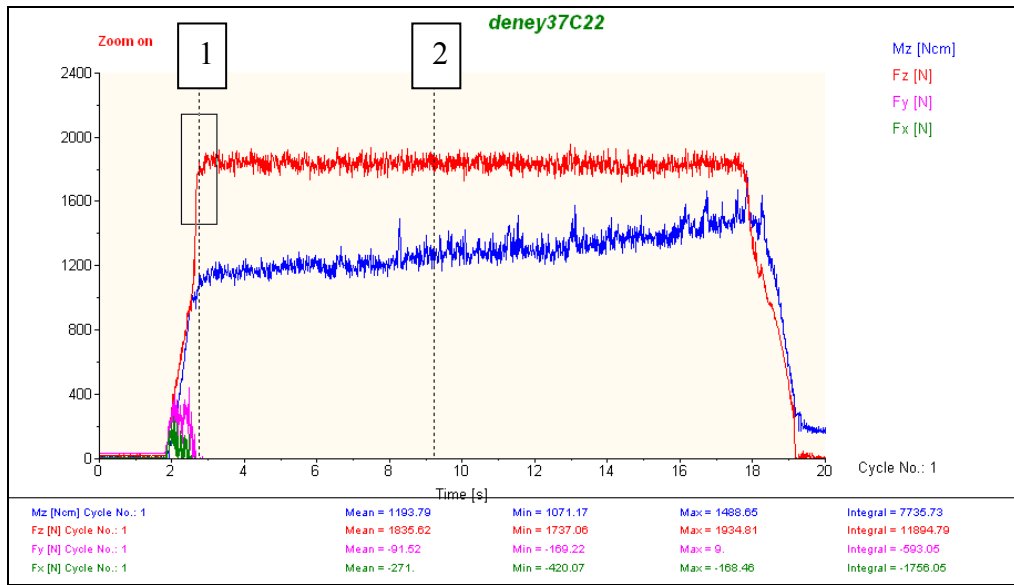
olacak şekilde zaman aralıkları belirlenmiştir (Şekil 6.34).



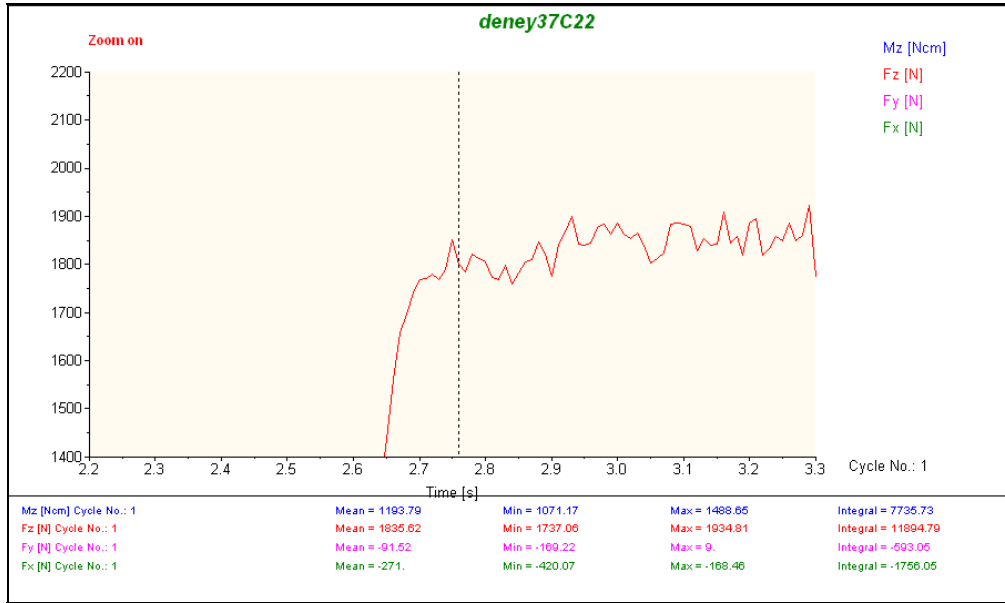
Şekil 6.34. Grafik üzerinde delik delme süresinin ilk 5.33 saniyenin belirlenmesi

Grafik üzerinde zaman aralığı için konulacak noktaların (1 ve 2) daha hassas olarak tespiti mümkündür. Bunun için programın “Zoom On” özelliği kullanılarak grafik üzerinde istenilen alan büyütülebilmektedir (Şekil 6.35). Bu işlemin ardından grafik üzerinde belirlenen bölgenin büyütülmüş hali ekrana gelir (Şekil 6.36). Böylelikle de ilk başta tespit edilmiş zaman aralığı tanımlama çizgilerinin (1 ve 2) daha hassas olarak grafik eğrisi üzerine konumlanması mümkün olmaktadır.

Programın bu özeliğinden de faydalanılarak her zaman aralığı (başlangıç, orta ve son) için kuvvetlerin (M_z ve F_z) aritmetik ortalaması (Mean Value) alınmıştır. Bu değerler tablo haline getirilmiştir (Çizelge 6.9).



Şekil 6.35. Grafik üzerinde bir bölgenin “Zoom On” yapılması



Şekil 6.36. Seçilen bölgenin “Zoom On” yapılmış hali

Çizelge 6.9. Belirlenen zaman aralıkları için elde edilen kuvvet değerlerinin çizelgesi

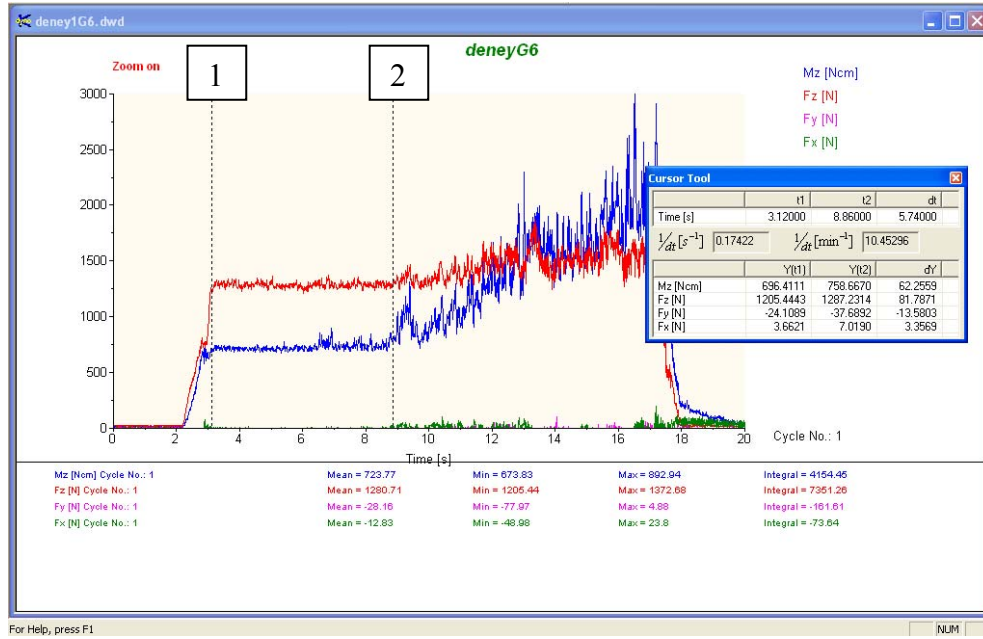
İşleme Zamanı (Saniye)	Kesme Hızı (m/dk)	İlerleme (mm/dev)	Devir (dev/dk)	Kesici Tipi	Kuvvet (Fz)			Moment (Mz)		
					Başlangıç	Orta	Çıkış	Başlangıç	Orta	Çıkış

Delik delme işlemi sonunda kesme kuvvetlerinin doğrudan grafik üzerinden alınması birçok yönden kolaylıklar sağlamıştır. Çünkü delik delme süresince elde edilen veri yığınları ile uğraşılmamıştır. Elde edilen veri yığınlarının Microsoft Excel programı ile değerlendirilmesi durumunda dosya içerisinde zamana bağlı alınmış verilerin ayıklanması (dosya bilgileri, sistem bilgileri, delik delmeye başlama ve bitiş zamanı tespiti, vb.) gerekmektedir. Mz ve Fz kuvvetleri normal seyrettiği durumlarda (özellikle AISI 1050 malzemelerin delinmesinde) başlangıçtan bitişe kadar olan değerler göz önünde bulundurulmuştur.

Özellikle DDK 40 malzemesinin delinmesi sırasında delik ortalarından sonra başlayıp delik sonlarına doğru artan ani kuvvet dalgalanmaları oluşmuştur.

Bu durumda deney için grafik üzerinden değerlendirme yapılırken, zaman aralık çizimleri, grafik başlangıcı aşağıdaki verilen Şekil 6.37’deki gibi alınmıştır. Bu

aralıklar “Mean Value” ve “Cursor Tool” yöntemleri kullanılarak uygun kesme kuvveti değerleri (M_z ve F_z) elde edilmiştir.



Şekil 6.37. Grafik üzerinde uygun zaman aralıklarının belirlenmesi

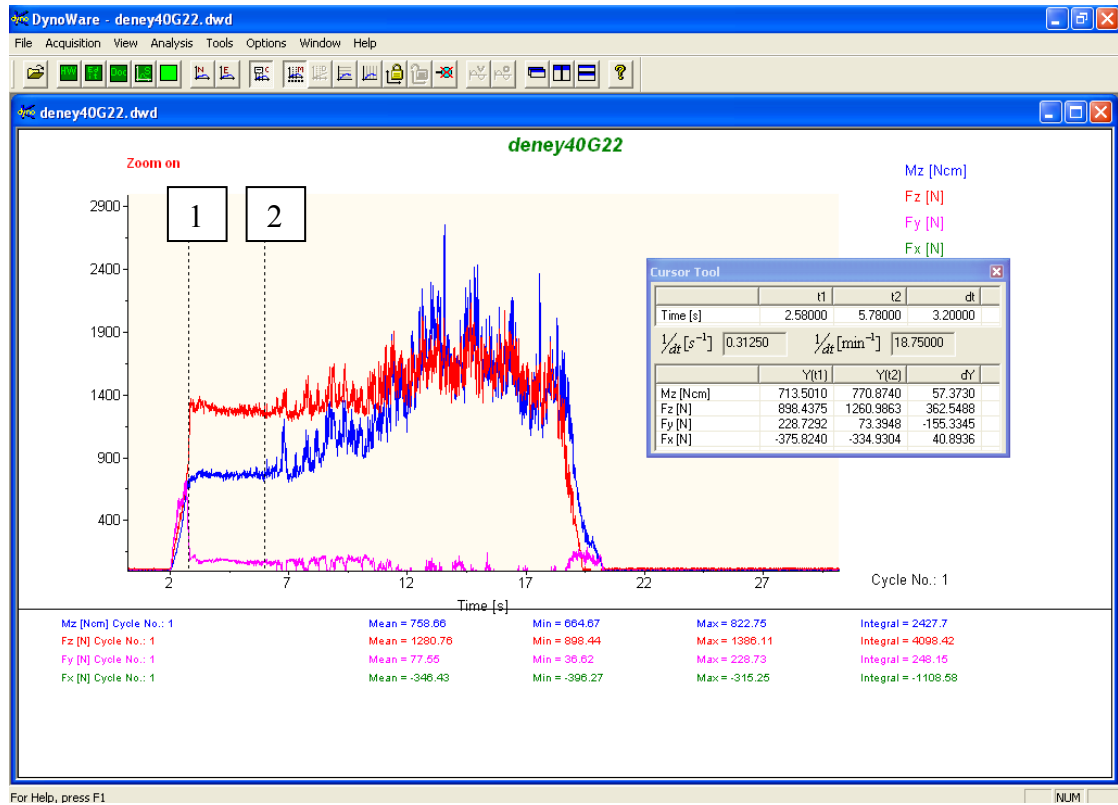
Deneyler kapsamında elde edilen grafikler üzerinden, kesme kuvvetleri ve momentin deliğin delinmesi süresince kuvvet değişimlerini çıkartmak için, yukarıdaki bahsedilen “DynoWare” programının analiz menüsündeki “Mean Value” ve “Cursor Tool” yöntemleri kullanılmıştır.

Delik boyunca kesme kuvveti ve moment değişiminin belirlenebilmesi içinde DynoWare programının verdiği grafik üzerindeki zaman eksenini (grafik x eksenini) kullanılmıştır. Çünkü; kuvvetler malzeme üzerinden talaş kaldırılmaya başladığı anda yükselme gösterir. O nedenle bu belirlenen zaman aralığı deney sırasındaki elde edilen işleme zamanları ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonrasında elde edilen zaman aralıkları 5’e bölünerek her 10 mm aralığa gelen kesme kuvveti ve moment değeri çıkartılmıştır.

Örneğin $n=1000$ dev/dak, $f=0,18$ mm/dev, $\varnothing 14$ mm kaplamalı matkap ile 50 mm uzunluğundaki DDK 40 malzemesini CNC tornada delinmesi ile elde edilen işleme zamanı 16 saniyedir. Bu 16 saniye süren grafik üzerinden;

$$16 / 5 = 3.2 \text{ saniye}$$

olacak şekilde her 10 mm gelen kuvvet ve moment aralıkları belirlenmiştir (Şekil 6.38).



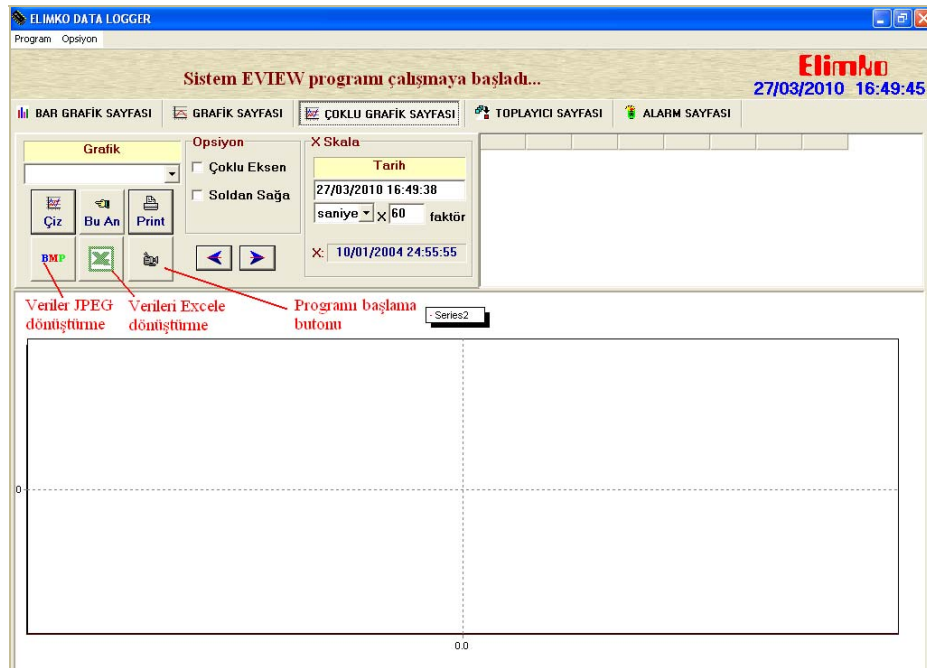
Şekil 6.38. İlk 10 mm gelen kuvvetlerin belirlenmesi

Şekil 6.38'de görüldüğü gibi delik boyunca elde edilen bütün kuvvetler ve momentler sırası ile elde edilmiştir.

Deney kapsamında yapılmış olan tüm deney ve çalışmaların ardından elde edilen tüm veriler bir tablo haline getirilmiştir. Verilerin değerlendirilmesi bu tablolara göre yapılmıştır.

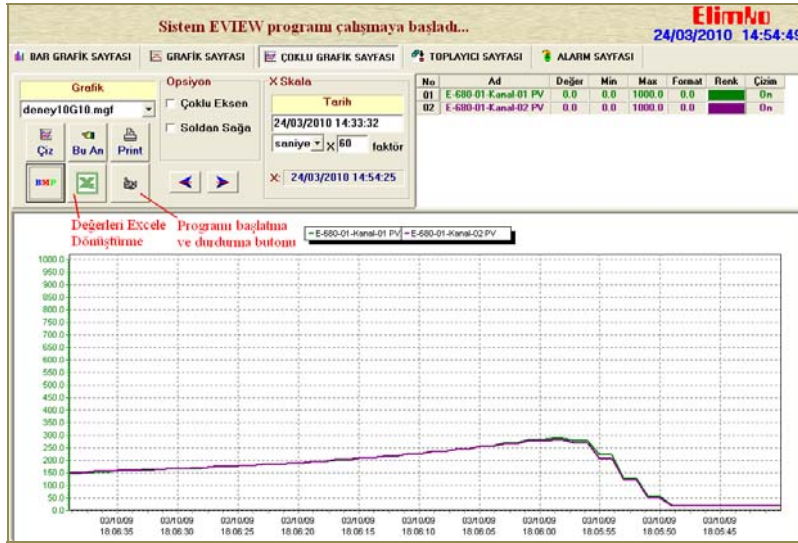
6.6.6.2. Sıcaklıkların grafik üzerinden çıkartılması

Elimko datalogger manager programı görüldüğü gibi zamana bağlı olarak sıcaklık değişimlerini göstermektedir. Sıcaklık değişimleri üzerinden programın kendi özelliklerini kullanarak kolaylıkla yapabilmektedir. Programın bu yönde “Excel” ve “BMP” menüsü bulunmaktadır (Şekil 6.39).



Şekil 6.39. Sıcaklığa yönelik “Elimko Datalogger Manager” programının görüntüsü

Sıcaklık verilerini kaydet üzere program başlatıldığında grafik ekranı meydana gelir. Deney başladıktan sonra gelen değerler grafik ekranında yansır ve grafik çizimi oluşur. Bu çizim deney sonunda sonlandırılarak durdurulur. Program durdurulduktan sonra alınan verileri “Excel” formatına dönüştürülerek kaydedilir (Şekil 6.40).



Şekil 6.40. Sıcaklık grafiklerin “Excel” formatına dönüştürme görüntüsü

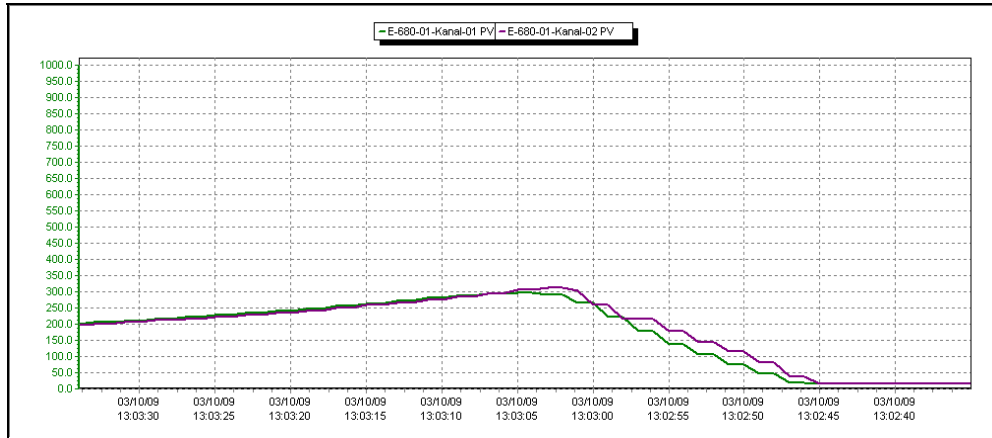
Excel formatına veriler, saniye bazında ölçülen sıcaklık değerleri şeklinde tablo haline getirilir (Şekil 6.41).

The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet titled "deney10G10 - Microsoft Excel". The data is organized in a table with columns A, B, C, D, and E. The first row (A1) contains the header "TARİH,ZAMAN,E-680-01-Kanal-01 PV,E-680-01-Kanal-02 PV;". The subsequent rows (A2 to A24) contain data points for the two channels, with columns B and C representing the values for E-680-01-Kanal-01 PV and E-680-01-Kanal-02 PV respectively. The data shows a steady increase in temperature over time, starting from 15.0 and 15.0 at 03/10/2009 13:02:45 and reaching 295.0 and 294.0 at 03/10/2009 13:03:07.

A	B	C	D	E
1	TARİH,ZAMAN,E-680-01-Kanal-01 PV,E-680-01-Kanal-02 PV;			
2	03/10/2009;13:02:45;15.0;15.0;			
3	03/10/2009;13:02:46;20.0;36.0;			
4	03/10/2009;13:02:47;20.0;36.0;			
5	03/10/2009;13:02:48;46.0;81.0;			
6	03/10/2009;13:02:49;46.0;81.0;			
7	03/10/2009;13:02:50;76.0;117.0;			
8	03/10/2009;13:02:51;76.0;117.0;			
9	03/10/2009;13:02:52;105.0;145.0;			
10	03/10/2009;13:02:53;105.0;145.0;			
11	03/10/2009;13:02:54;137.0;178.0;			
12	03/10/2009;13:02:55;137.0;178.0;			
13	03/10/2009;13:02:56;177.0;217.0;			
14	03/10/2009;13:02:57;177.0;217.0;			
15	03/10/2009;13:02:58;223.0;217.0;			
16	03/10/2009;13:02:59;223.0;260.0;			
17	03/10/2009;13:03:00;266.0;260.0;			
18	03/10/2009;13:03:01;266.0;302.0;			
19	03/10/2009;13:03:02;291.0;313.0;			
20	03/10/2009;13:03:03;291.0;313.0;			
21	03/10/2009;13:03:04;298.0;305.0;			
22	03/10/2009;13:03:05;298.0;305.0;			
23	03/10/2009;13:03:06;295.0;294.0;			
24	03/10/2009;13:03:07;295.0;294.0;			

Şekil 6.41. Verilerin excel formatında kaydı

Excel formatına dönüşmüş grafiklerin JPEG formatında kaydı için BMP butonuna tıklandıktan sonra farklı kaydet görüntüsü gelir ve dosya adı yazılarak kayıt edilmiş olur. Kayıt yapıldıktan sonra grafik görüntüsü aşağıda görülen Şekil 6.42'deki gibi olur.



Şekil 6.42. Sıcaklık grafiklerinin JPEG görüntüsü

Sıcaklık grafikleri oluşturulurken kuvvet grafikleri dikkate alınmıştır. Bunun nedeni Şekil 6.38'deki gibi ani kuvvet değişimleridir. Bu grafiklerde kuvvet ve momente ait değerler çıkartılırken ani değişimler göz ardı edilerek belirli zaman aralığı dikkate alınmıştır. Dolayısı ile kuvvet ve moment için kullanılan zaman aralığı elde edilen sıcaklık grafikleri üzerinde de belirlenmiştir. Dolayısı ile kuvvet ve moment değerlerinin alındığı zaman aralığında ortaya çıkan sıcaklık miktarının da alınması sağlanmıştır.

Bununla birlikte delik boyunca elde edilen sıcaklık grafikleri excel formatındaki verilerin bir saniye aralıklarla kaydedilmesi ile elde edilmiştir. Grafik üzerindeki bir saniyelik aralıklar malzemenin işleme zamanı ile karşılaştırılarak malzemenin boydan boya delinmesinde saniye bazında oluşan sıcaklıklar belirlenmiştir.

Örneğin $n=1000$ dev/dak, $f=0.24$ mm/dev, $\varnothing 14$ mm kaplamasız matkap ile 50 mm uzunluğundaki DDK 40 malzemesini CNC tornada delinmesi ile elde edilen işleme zamanı 10 saniyedir. Bu 10 saniye süren grafik üzerinden;

$$10 / 5 = 2 \text{ saniye}$$

olacak şekilde her 10 mm delik boyuna karşılık gelen sıcaklıklar grafik üzerinde belirlenmiştir.

Deney kapsamında yapılmış olan tüm deney ve çalışmaların ardından elde edilen tüm veriler toplu olarak bir dosyaya kaydedilmiş ve bu veriler tablo haline getirilmiştir. Verilerin değerlendirilmesi bu tablolara göre yapılmıştır.

6.7. Elde Edilen Delikler Üzerinde Yapılan İncelemeler

Deliklerin delinmesinin ardından elde edilen delikler üzerinde ölçümler yapılmıştır. Ölçümler öncesi deney parçaları hazırlanmıştır. Bunun içinde; delik ağızlarında olası çapaklar temizlenmiştir. Deney parçaları üzerinde, delik başlangıç yüzeyi olarak karbür matkabın malzemeyi kesmeye başladığı nokta alınmıştır. Bu nokta daha önceden numaratör ile numaralanan yüzeydir. Çünkü delik delme işlemi yapılırken her zaman numaralanan yüzey matkabın ilk kesme yapacağı tarafa gelecek şekilde bağlanmıştır. Delik çıkış yüzeyi ise matkabın malzemeyi boydan boya delerek çıktığı nokta olarak seçilmiştir.

Açılan delikler üzerinde;

- Geometrik bilgilerinin çıkarılması,
- Yüzey pürüzlülüklerinin belirlenmesi,
- Delik yüzeyi boyunca fotoğrafların alınması,
- Delik yüzeyi boyunca sertliklerin alınması,

şeklinde ölçüm ve gözlemler yapılmıştır.

6.7.1. Delik geometrik bilgilerinin çıkarılması

Açılan deliklere yönelik olarak, delik üst dairesi ve delik alt dairesi çapları ($\emptyset$), ölçümleri yaptırılmıştır. Bu tür ölçümlerin bir kaçının elle bir ölçü cihazı kullanılarak yapılması mümkün gibi görülmektedir. Fakat elle yapılan ölçümlerde, hassasiyet kişinin el becerisi ile değişkenlik göstermektedir. Delik yuvarlaklığının belirlenmesi ise mümkün olmayacağı için başka ölçüm cihazı gerekmektedir. Bütün bunlar

dikkate alınmış ve ölçümlerin, hassas (0.001 mm) ve tam ölçüm yapabilen bir cihaz olan CMM'in kullanımına karar verilmiştir. Bu amaçla, bu cihazı kullanan bir firmadan bu yönde hizmet alınmıştır. Aşağıda ölçümlerin yapıldığı bu cihazın resmi görülmektedir (Resim 6.33).

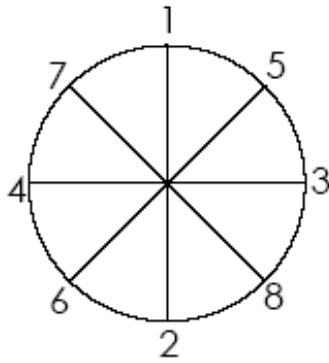


Resim 6.33. Üç boyutlu koordinat ölçme tezgahı (CMM: Coordinate Measurement Machine)

Delik üzerinde geometrik ölçümlerin yapılmasında; delikler parçanın üst ve alt yüzeyinden ölçülmüştür. Ölçümler, bu yüzeyler yukarı bakacak (cihazın ölçme çubuğuna yönelik) şekilde döndürülerek yapılmıştır.

Ölçümleri yapabilmek amacıyla deney parçasını sabitlemek gerekmektedir. Bunun içinde taşınabilir üç ayaklı bir aynadan faydalanılmıştır. Parçalar bu ayna üzerine takılmadan önce üç ayaklı aynanın merkezi referans nokta olarak belirlenmiştir. Bu belirlenen referans nokta tüm deney parçalarının üst ve alt yüzeylerinin ölçümleri için sabit alınmıştır.

Cihaz ile tüm delik ölçümlerinin yapılmasında, CMM cihazı ölçüm çubuğu delik içerisine parça yüzeyinden itibaren 5 mm daldırılmıştır. Burada amaç, delik başlangıç ve delik çıkışı ağzı üzerinde oluşacak olumsuzlukları (çapak, talaş birikmesi, vb.) gidermektir. Delik çap ve delik yuvarlaklığı için çember boyunca (delik ağzı) sekiz nokta alınmıştır (Şekil 6.43).



Şekil 6.43. Delik dairesinden alınan ölçüm noktaları

Cihazın kontrolünü sağlayan bilgisayarda; parçayı ve delikleri temsil eden tanım ve çizimlerin ardından cihaz otomatik olarak gerekli ölçümleri yaparak bulduğu değerleri bilgisayar ekranındaki çizim üzerinde;

Ø: Delik dairesi çapı,

olarak göstermektedir.

Deliklere yönelik yapılan ölçüm değerleri bilgisayara parçanın kimlik numarası ile kaydedilmiş ve bu kayıtlar “Excel” formatına dönüştürülerek alınmıştır.

Delik çapı (Ø)

Delik başlangıcı ile delik bitişinde çap farklarının belirlenmesi için kullanılmıştır. Kesme şartları ve malzeme türüne bağlı olarak delik çapı değişimleri yorumlanacaktır. Moment (Mz) ve delme kuvvetinin (Fz) delik çapı değişimleri üzerindeki ilişkisi araştırılacak ve yorumlanacaktır.

6.7.2. Yüzey pürüzlülüklerinin belirlenmesi

Açılan deliklerin yüzey pürüzlülüğü ölçümünde Mitutoyo SJ-201 kodlu pürüzlülük ölçüm cihazı kullanılmıştır (Resim 6.34).



Resim 6.34. Yüzey pürüzlülük cihazı

Kullanılan pürüzlülük cihazı ile;

- Ra
- Ry
- Rz
- Rq

yönelik ölçümler yapılabilmektedir.

Yüzey pürüzlülük cihazı ölçümler öncesi kendi kalibre parçası ile kalibre (referans pürüzlülük değeri) edilmiştir.

Delik yüzeyi pürüzlülük ölçümleri, cihazın tavsiye edilen yüzey tarama uzunluğu 0.8 (cut of length) ayarlanarak yapılmıştır. Yapılan literatür taramalarında da bu şekilde ölçümlerin yapıldığı görülmüştür.

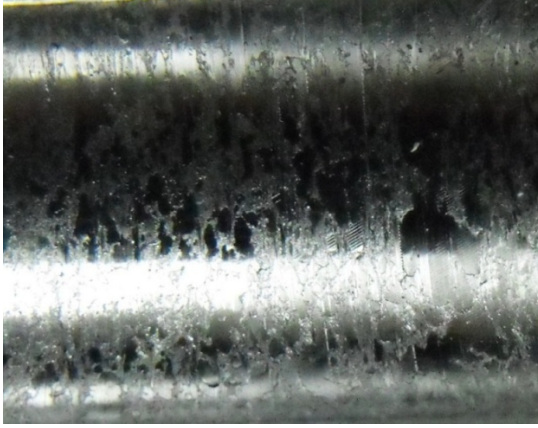
Ölçümler, deliklerin başlangıcından ve çıkışına kadar olmak üzere iki taraflı olarak yapılmıştır. Ölçümler deliklerin 5 mm içerden yapılmıştır. Burada amaç, delik başlangıç ve delik çıkışı ağzı üzerinde oluşacak olumsuzluklar gidermektir. Elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinden Ra (ortalama) değer deney çalışmaları için kullanılmıştır. Yüzey pürüzlülük değerlerinin sonuçları sonraki bölümlerde tartışılacaktır.

6.7.3. Delik yüzeyi boyunca fotoğrafların alınması

Deneylerin ardından açılan delik yüzeyleri üzerinde bazı gözlem (fotoğraf) ve ölçümlerin (sertlik) yapılabilmesi için deney parçaları delikler boyunca kestirilmiştir (Resim 6.35). Delikler boyunca deney parçalarının kesilmesi ile delik yüzeylerini daha rahat görmek mümkün olmuştur (Resim 6.36). Resim 6.36'da AISI 1050 malzemesine ait delik yüzeyinde oluşan çizikler rahatlıkla görülebilmektedir. Bu çizikler, talaşların malzeme ile matkap arasında sıkışarak delik duvarlarını bozduğu görülmektedir (Şekil 6.36).



Resim 6.35. Boydan boya kesilmiş G28 deney parçası



Resim 6.36. C10 (AISI 1050) deney parçası delik yüzeyi

6.7.4. Delik yüzeyi boyunca sertliklerin alınması

Açılan delik yüzeylerinde delme esnasında sertlik değişimlerinin olup olmadığının belirlenmesi için delik yüzeylerinden sertlik ölçümleri yapılmıştır. Sertlik ölçümleri Brinell Sertlik ölçme metoduna (BHN) göre yapılmıştır. Kullanılan sertlik ölçme cihazı; elektronik kontrol ekranına sahiptir. Cihaz, yaygın olan sertlik ölçme yöntemlerini (Rokwel, Brinel, vb.) kullanabilmektedir.

Sertlik ölçme işlemi için; delikler, boyunca belirli aralıklarla (eşit aralıklar) sertlikler alınmıştır. Sertlik için; parça üst yüzeyinden parça alt yüzeyi arasında üç nokta tanımlanmıştır (Resim 6.37 ve Resim 6.38). Sertlik ölçme işlemi; Delik delme başlangıcından başlayarak orta nokta ve son nokta şeklinde yapılmıştır. Parça üzerinde açılmış olan tüm delik yüzeylerinde aynı şekilde sertlik ölçümü yapılmıştır.



Resim 6.37. AISI 1050 malzemesi için delik yüzeyinde yapılan sertlik ölçümleri



Resim 6.38. DDK 40 malzemesi için delik yüzeyinde yapılan sertlik ölçümleri

Matkap ucunun delik içerisindeki dönüş ve ilerlemesine bağlı olarak meydana gelen etkenler M_z , F_z , sıcaklık, vb. etkilerin sebebi ile sertlik artışı olduğu düşünülmektedir. Bu konu bölüm 7’de ele alınacaktır.

7. DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Deney sonuçları aşağıda sıralanan başlıklar altında yorumlanmıştır. Yorumlamalar, “Microsoft Office Excel” programı kullanılarak elde edilen grafikler üzerinden yapılmıştır. Bu yorumlamalar;

1. Kesme kuvvetleri,
2. Sıcaklık,
3. Delik çapı,
4. Delik içi yüzey pürüzlülükleri,
5. Delik içi sertlikler,
6. Kesici takım,
7. Delik çıkışı,
8. Çıkan talaşlar,

başlıklar altında toplanmıştır.

7.1. Kesme Kuvvetleri

Torna tezgahında matkap ile delik delmede kesme işleminin gerçekleşebilmesi için parçanın dönme hareketi ile birlikte kesicinin parçaya doğru dik yönde ilerlemesi gerekmektedir. Buna bağlı olarak etki-tepki prensibine göre de takımın iş parçasını kesmesi engellenmeye çalışılmaktadır. Kesme işleminde, ilerleme yönüne ters etkili bir kuvvet (F_z) ile takımın dönme hareketine zıt yönde bir moment (M_z) karşı koymaktadır. Matkap ile gerçekleştirilen delik delme işlemlerinde bu iki kuvvet etkili esas kuvvetler olarak alınmaktadır.

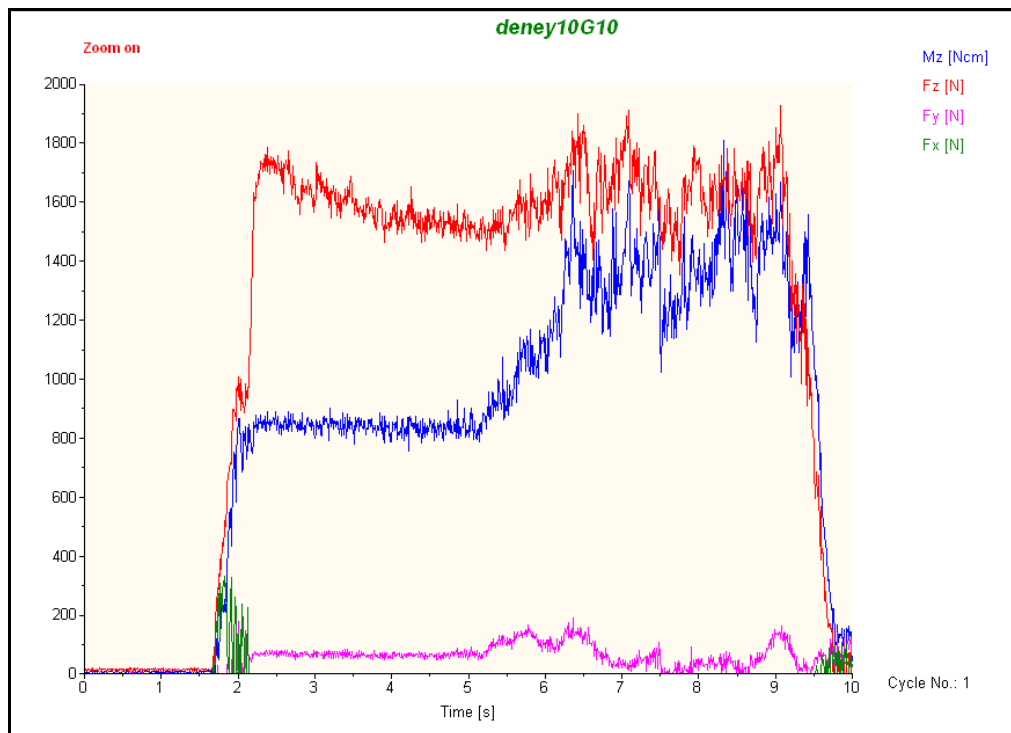
Bu bölümde kesme kuvvetlerine yönelik delme kuvveti (F_z) ve moment (M_z) grafikleri, her malzeme grubu için ayrı ayrı verilmiştir.

Kesme kuvvetlerine yönelik grafiklerin çıkarılmasında

- Devir,
- İlerleme,

değerlerine göre kesme kuvveti (F_z) ve moment (M_z) değişimleri alınmıştır.

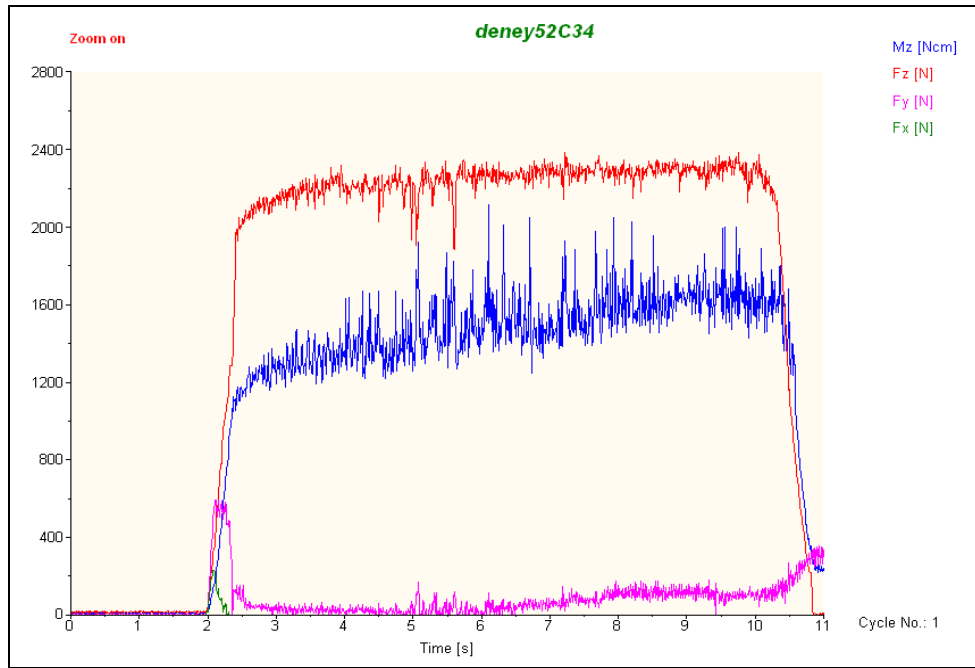
DDK 40 Malzemesi: Bu malzemenin delinmesi sırasında dinamometre ile ölçülen kuvvetlere (F_z , M_z) ait grafikler DynoWare programında Şekil 7.1'deki gibi elde edilmiştir. Elde edilen grafiğe bakıldığında; delik delme sürecinde (delik başlangıcı ve bitişi arasında) zamana bağlı olarak M_z ve F_z 'de artış olmuştur. Fakat DDK 40 malzemesinin delinmesinde belli bir derinlikten sonra kesici üzerinde talaş yapışması (BUE) meydana geldiğinden ani kuvvet artışları oluşmaktadır.



Şekil 7.1. Üniversal tornada; $n=2000$ dev/dak, $f=0.18$ mm/dev, DDK 40 malzemesinin kaplamalı matkapla delinmesinde ölçülen kuvvetlere ait elde edilen grafik

AISI 1050 Malzemesi: AISI 1050 malzemesi delinmesi sırasında dinamometre ile ölçülen kuvvetlere (F_z , M_z) ait aşağıda örnek bir grafik verilmiştir (Şekil 7.2).

Şekil 7.2’de verilen grafiklerde görüldüğü gibi AISI 1050 malzemesinin delinmesinde F_z ve M_z değişimi delik boyunca daha düzenlidir.



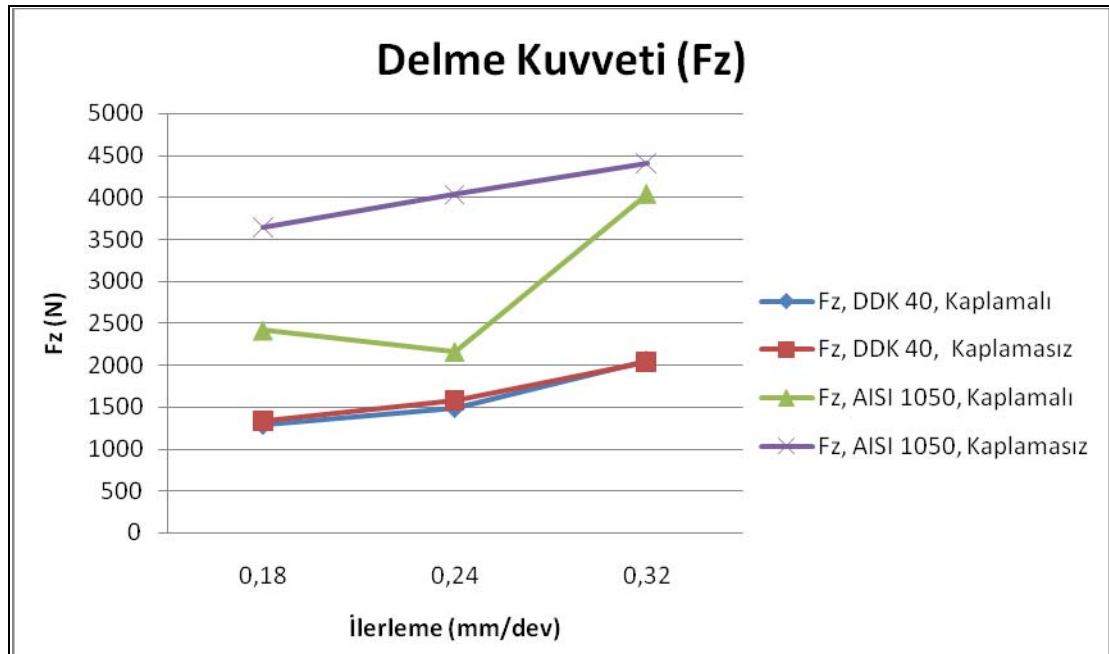
Şekil 7.2. CNC tornada; $n=2000$ dev/dak, $f=0.18$ mm/dev, AISI 1050 malzemesinin kaplamalı matkapla delinmesinde ölçülen kuvvetlere ait grafik

AISI 1050 malzemesinin delinmesinde elde edilen M_z ve F_z değerleri DDK 40 malzemesinden elde edilenlerden daha büyüktür. AISI 1050 malzemesinin kopmaya olan direnci DDK 40’tan daha fazladır. Dolayısı ile AISI 1050 malzemesinin delinmesinde artan talaş sıkışmaları özellikle kaplamasız matkapların kırılmalarına sebep olmuştur. Bu yüzden kaplamasız kesicilerle AISI 1050 malzemesinin boydan boya delinmesi (50 mm) zor olmuştur. Bazı kesme şatlarında ise belli bir derinlikten sonra kesici sıkışmalarına bağlı kırılmalar meydana geldiğinden delikler boydan boya delinememiştir.

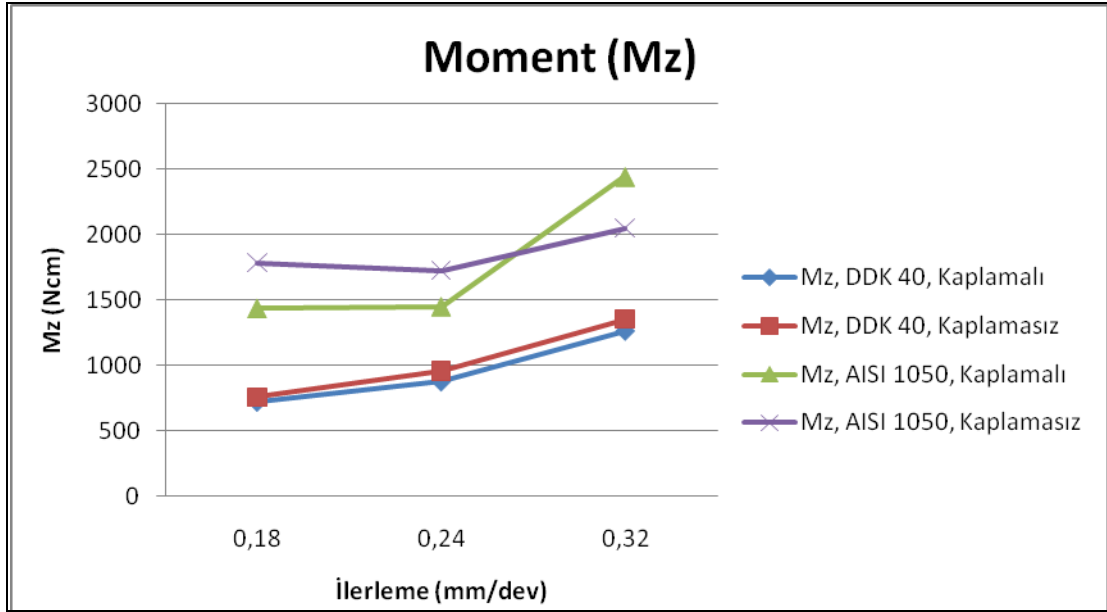
Küresel dökme demir (DDK 40) ve çelik (AISI 1050) iş parçaları üzerinde; helis açısı 30° , uç bileme açısı 140° , iki farklı matkap tipi (kaplamalı, kaplamsız), farklı

iki tezgah (üniversal ve CNC torna), farklı ilerleme hızları (0.18-0.24-0.32 mm/dev), farklı devirlerde (1000-1400-2000 dev/dak) soğutma sıvısı kullanılmadan yapılan delik delme işlemlerinde elde edilen Fz (delme kuvveti) ve Mz (moment) grafikleri aşağıda verilmiştir. Fz ve Mz için oluşturulan grafiklerde DDK 40 ve AISI 1050 malzemeleri beraber ele alınmıştır.

Şekil 7.3 - Şekil 7.8 arasında üniversal torna tezgahında yapılan deneylere yönelik verilen grafikler genel olarak incelendiğinde ilerleme arttıkça delme kuvveti (Fz) ve moment (Mz) değerlerinin arttığı görülmektedir. En düşük ilerleme ile en düşük kuvvetler (Mz ve Fz) ve en yüksek ilerleme ile en yüksek kuvvetler elde edilmiştir. DDK 40 malzemesine yönelik her iki kesici tipi için (kaplamalı ve kaplamasız) kullanılan tüm kesme şartlarında (ilerleme, devir) elde edilen Mz ve Fz değerleri AISI 1050 için elde edilenlerden daha küçüktür. Bu da, DDK 40 malzemesinin daha kolay delindiğini göstermektedir.

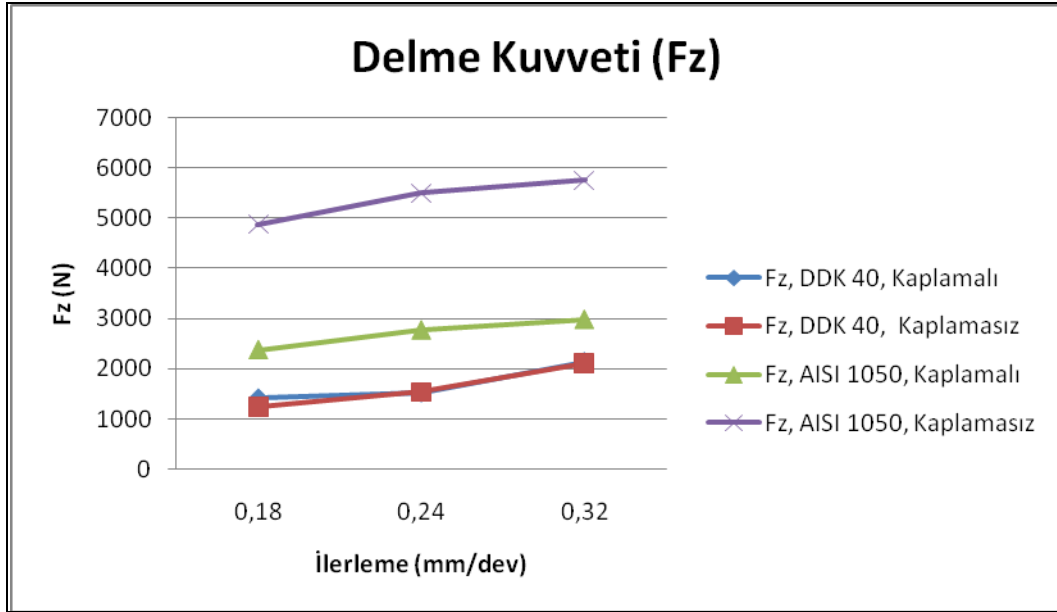


Şekil 7.3. Üniversal tornada 1000 dev/dak'da DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde ilerlemeye bağlı olarak oluşan delme kuvvetleri (Fz)

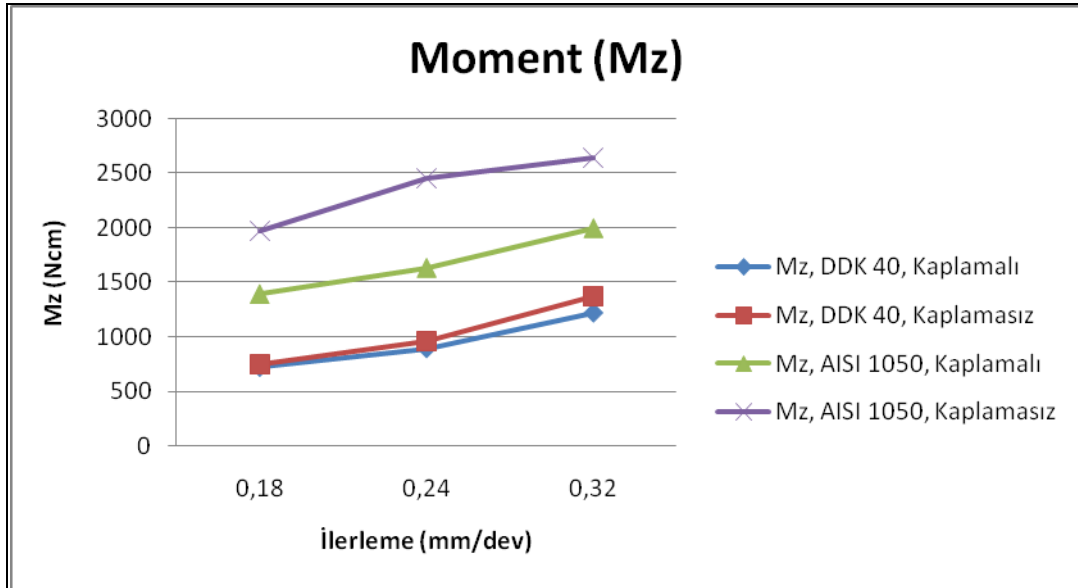


Şekil 7.4. Üniversal tornada 1000 dev/dak'da DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde ilerlemeye bağlı olarak oluşan momentler (Mz)

Delme kuvveti ve moment artışı yaklaşık ilerlemedeki artış kadar olmamıştır. Örneğin Şekil 7.4'de görüldüğü üzere ilerleme 0.18 mm/dev'den 0.24 mm/dev'e çıkınca (yaklaşık %33.3), Mz momenti de 722 Ncm'den 877 Ncm'ye (yaklaşık %21.5) çıkmıştır.



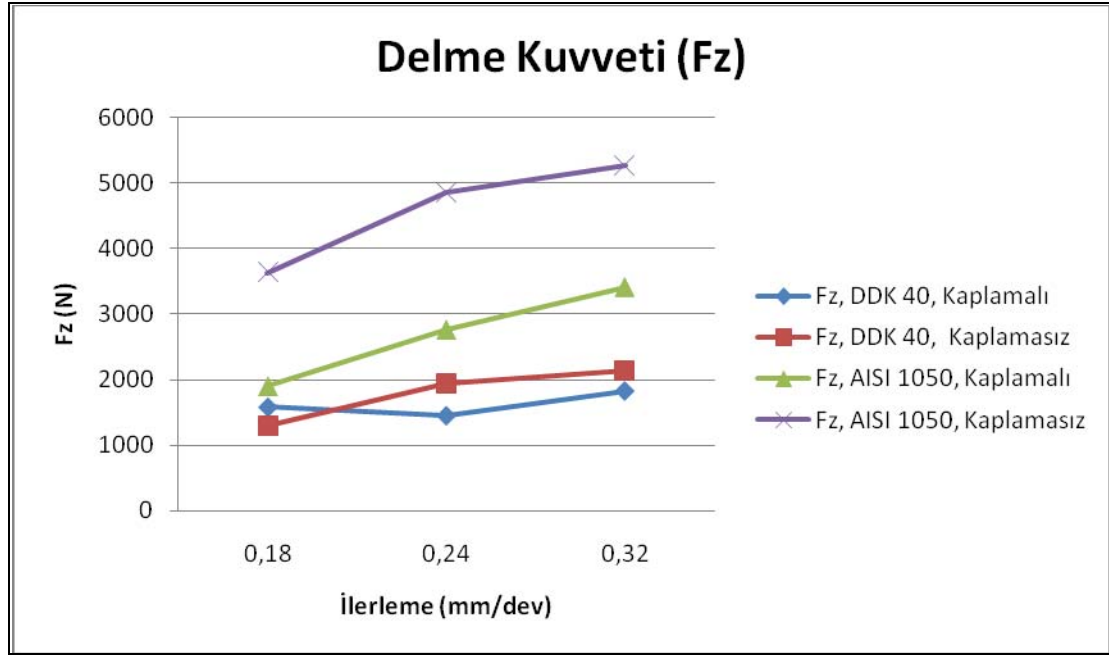
Şekil 7.5. Üniversal tornada 1400 dev/dak'da DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde ilerlemeye bağlı olarak oluşan delme kuvvetleri (F_z)



Şekil 7.6. Üniversal tornada 1400 dev/dak'da DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde ilerlemeye bağlı olarak oluşan momentler (M_z)

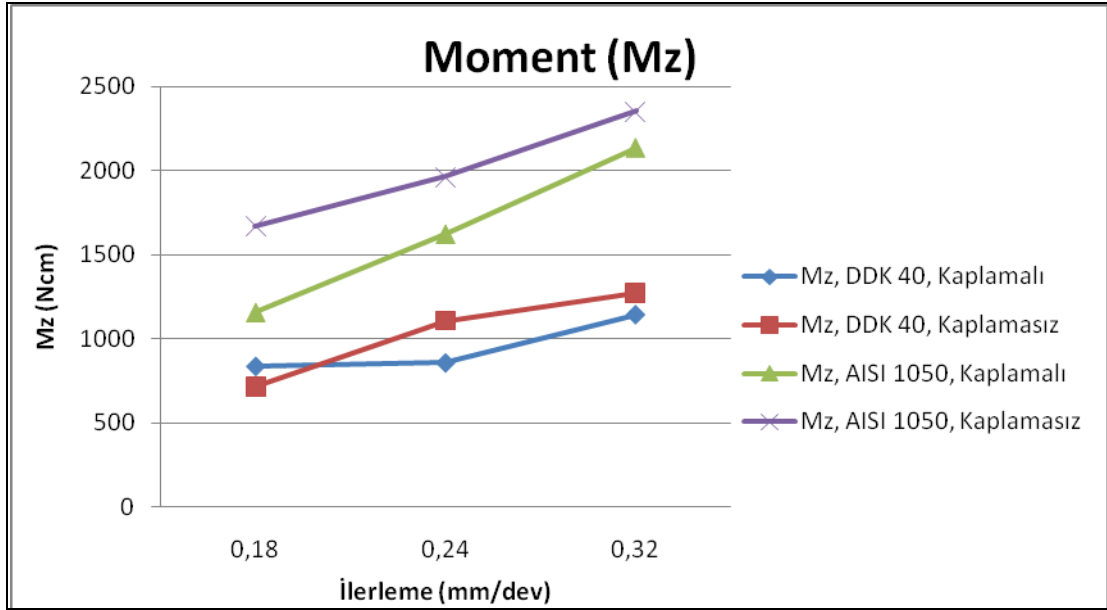
Genel anlamda deliğin delinmesi sırasında oluşan M_z ve F_z kuvvetlerinin dağılımında malzeme tipinin (DDK 40, AISI 1050) çok fazla etkisi olduğu

görülmektedir. Şekil 7.7 Fz grafiğinde 0,32 mm/dev ilerlemedeki kuvvetlere bakıldığında, DDK 40 malzemesini kaplamalı matkap ile delerken elde edilen kuvvet yaklaşık 1830 N iken AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkap ile delerken elde edilen kuvvet yaklaşık 3410 N olduğu görülmüştür.



Şekil 7.7. Üniversal tornada 2000 dev/dak'da DDK 40 ve AISI1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde ilerlemeye bağlı olarak oluşan delme kuvvetleri (Fz)

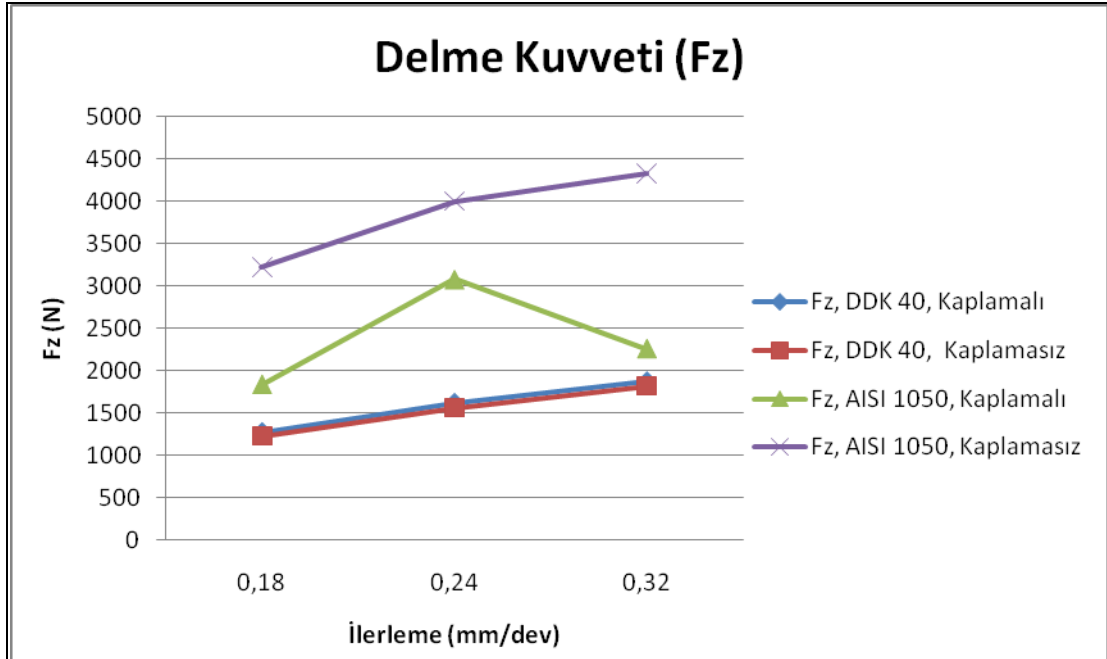
Şekil 7.8'deki Mz grafiğinde, 0,32 mm/dev ilerlemedeki momente (Mz) bakıldığında, DDK 40 malzemesini kaplamalı matkap ile delerken elde edilen moment yaklaşık 1140 Ncm iken, AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkap ile delerken elde edilen moment yaklaşık 2135 Ncm olduğu görülmüştür. Bu da AISI 1050 malzemesinin kesmeye karşı direncinin daha büyük olduğunu göstermektedir.



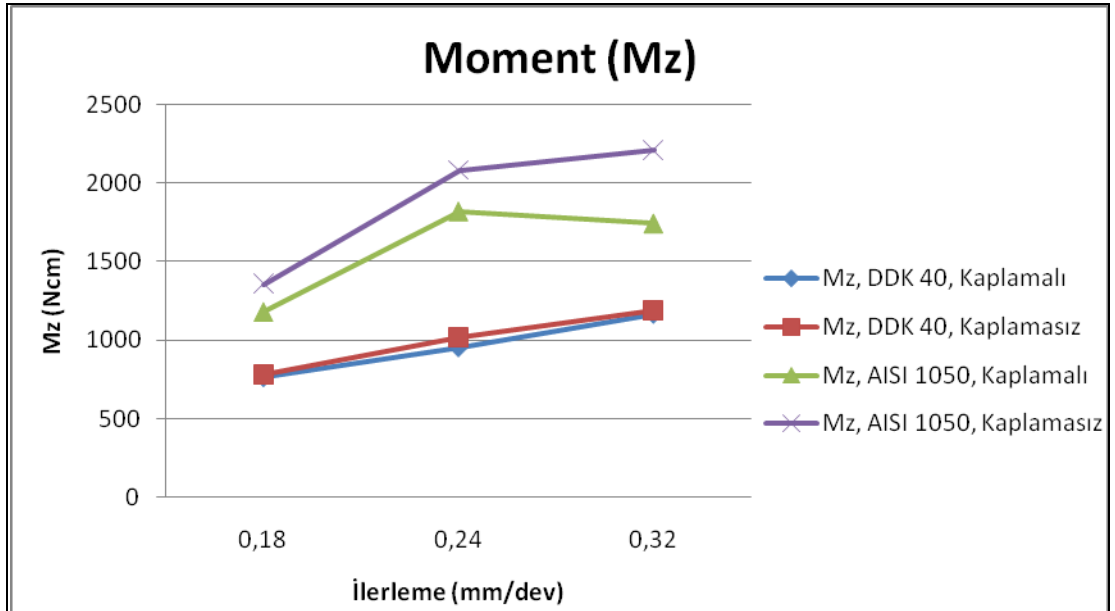
Şekil 7.8. Üniversal tornada 2000 dev/dak'da DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde ilerlemeye bağlı olarak oluşan momentler (Mz)

DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerinin iki ağızlı karbür kesiciler ile CNC torna tezgahında delinmesine yönelik yapılan deneyler sırasında oluşan, Mz ve Fz kuvvetlerine ait elde edilen grafikler Şekil 7.9 – 7.14 arasında verilmiştir. Grafiklerden anlaşılabacağı gibi Mz ve Fz kuvvetlerinde, üniversal torna tezgahındaki gibi yakın değerler elde edilmiştir.

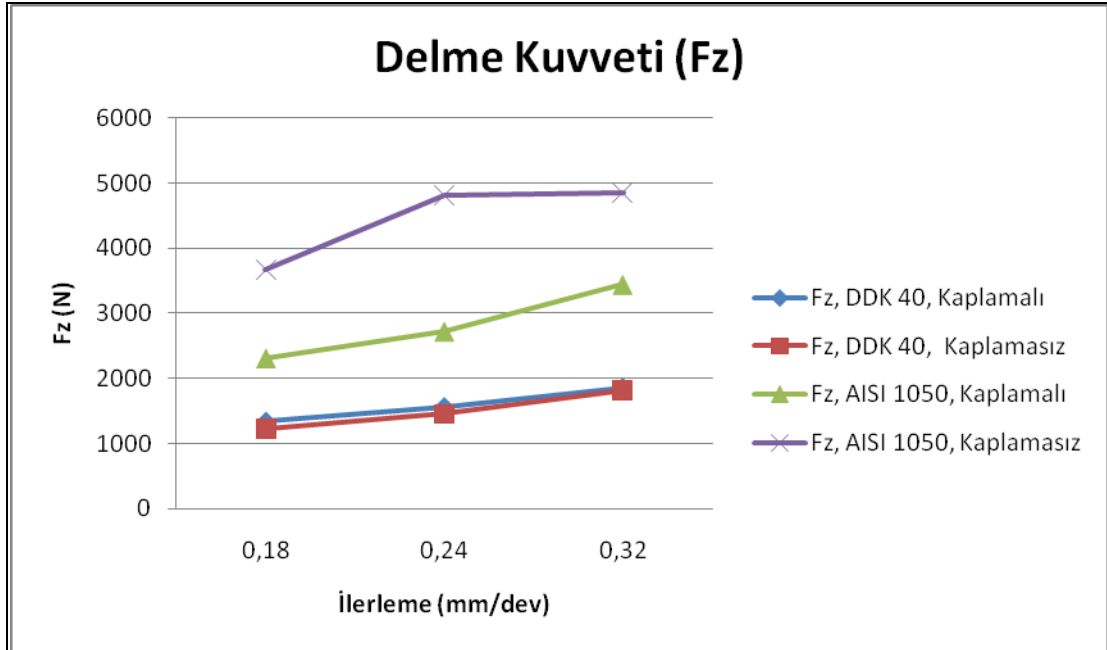
Böylelikle de üniversal torna tezgahında yapılan deneylerin doğruluğunu, CNC torna tezgahında yapılan deneylerle kanıtlanmıştır. Verilen grafikler incelendiğinde; aynı şekilde üniversal tornada olduğu gibi, CNC torna tezgahında yapılan deneylerde de ilerleme arttıkça Fz ve Mz değerlerinin arttığı görülmektedir.



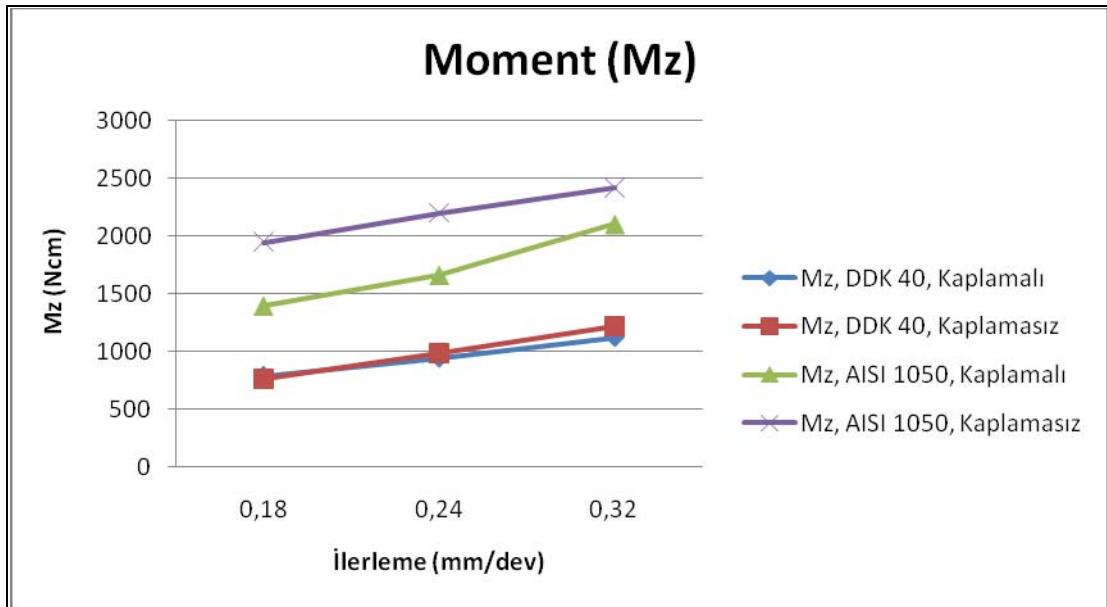
Şekil 7.9. CNC tornada 1000 dev/dak'da DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde ilerlemeye bağlı olarak oluşan delme kuvvetleri (Fz)



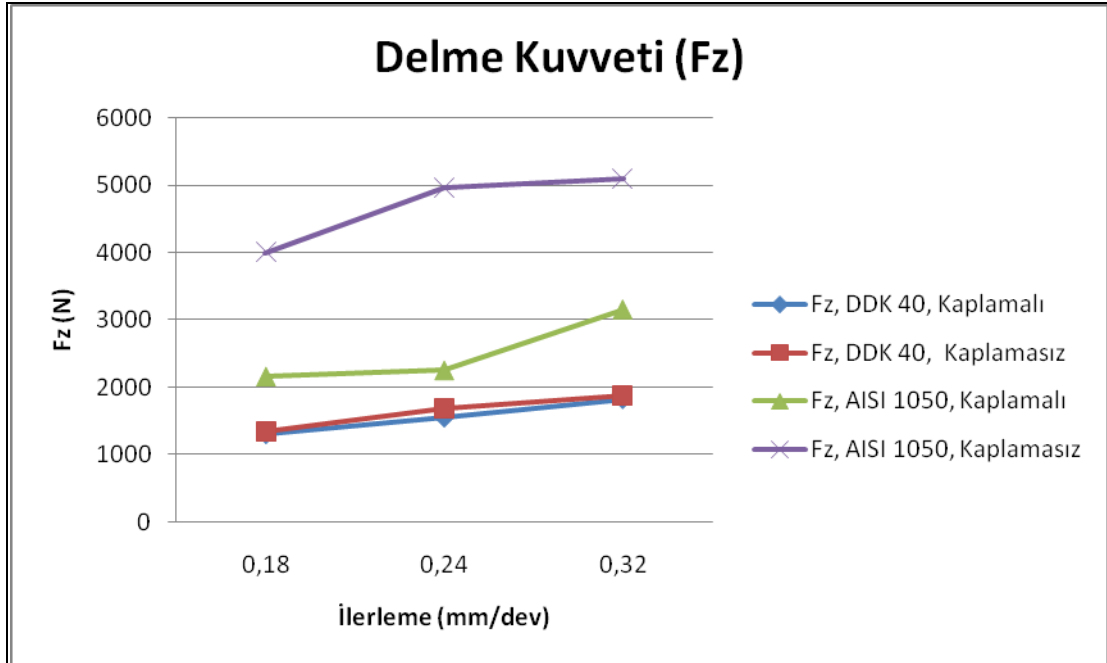
Şekil 7.10. CNC tornada 1000 dev/dak'da DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde ilerlemeye bağlı olarak oluşan momentler (Mz)



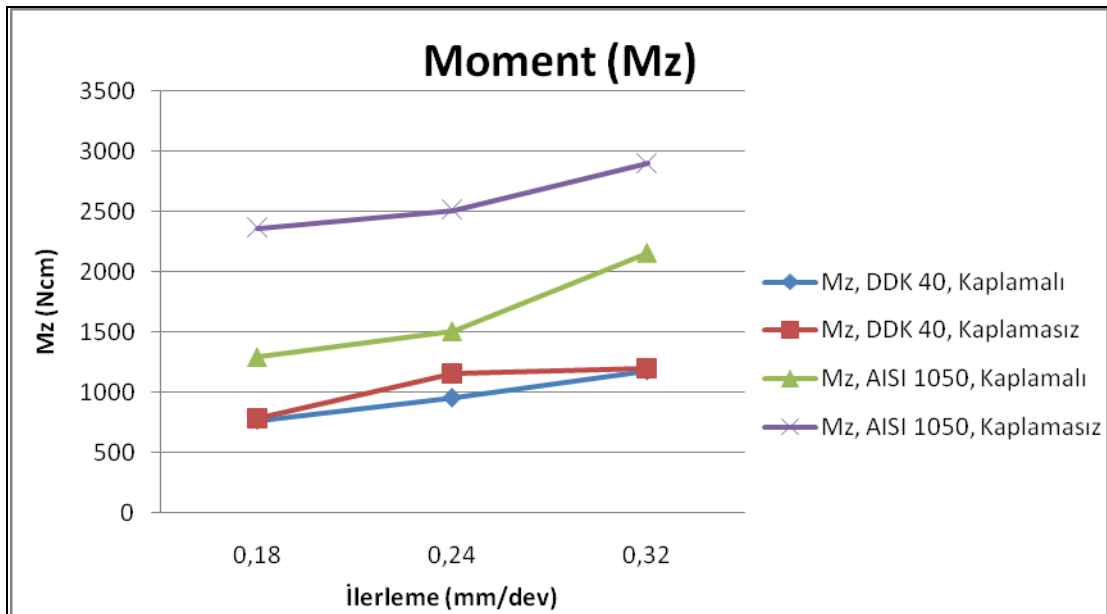
Şekil 7.11. CNC tornada 1400 dev/dak'da DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde ilerlemeye bağlı olarak oluşan delme kuvvetleri (Fz)



Şekil 7.12. CNC tornada 1400 dev/dak'da DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde ilerlemeye bağlı olarak oluşan momentler (Mz)



Şekil 7.13. CNC tornada 2000 dev/dak'da DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde ilerlemeye bağlı olarak oluşan delme kuvvetleri (Fz)



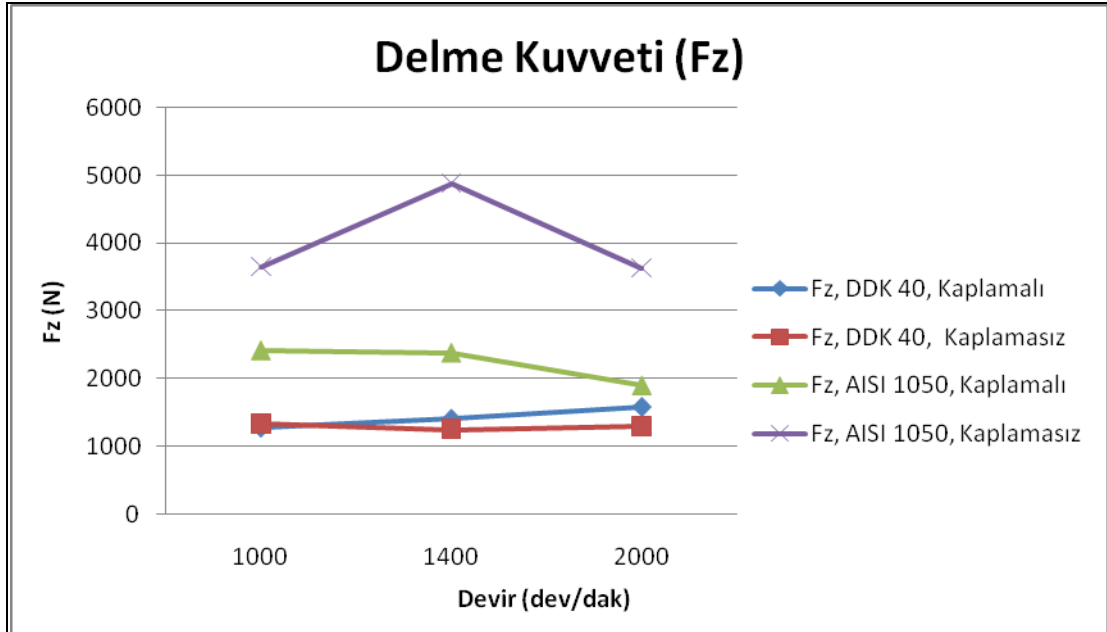
Şekil 7.14. CNC tornada 2000 dev/dak'da DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde ilerlemeye bağlı olarak oluşan momentler (Mz)

Üniversal torna ve CNC torna tezgahı için ilerlemeye göre Fz ve Mz değişim grafikleri toplu olarak değerlendirildiğinde, kaplamalı ve kaplamasız karbür matkapların düşük ilerlemelerde (0.18 mm/dev) kullanılması ile elde edilen Mz ve Fz değerlerinin diğer ilerlemelere göre çok daha küçük olduğu grafiklerden görülmektedir. İlerleme arttıkça Mz ve Fz değerleri artmıştır. Artış diğer ilerlemelerde benzer eğilim göstermiştir.

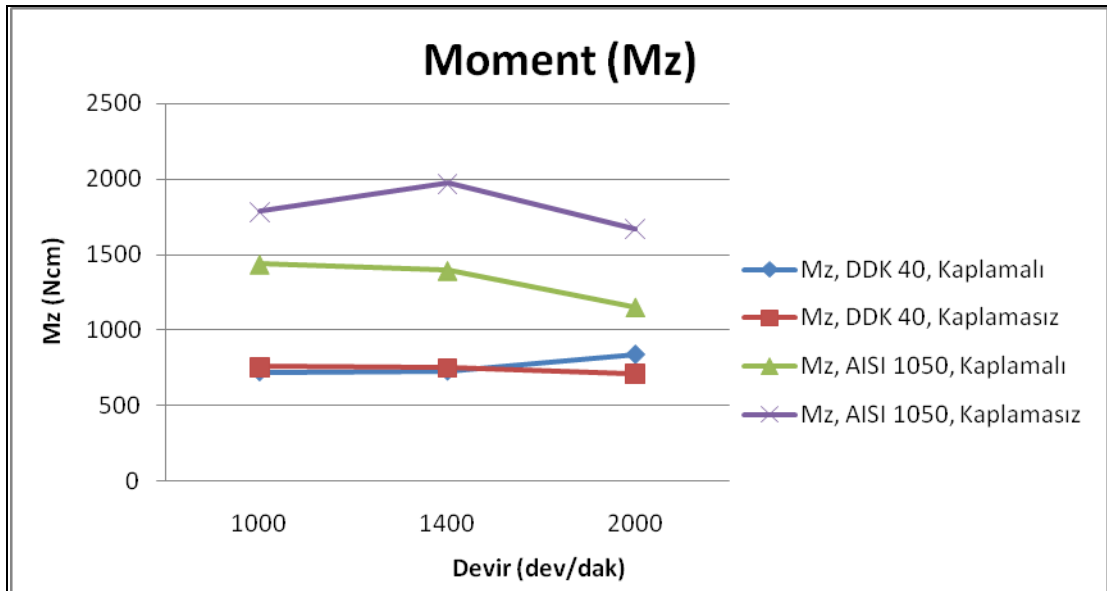
Yapılan deneylerde ilerleme ile birlikte AISI 1050 malzemesinin Fz değerinin, DDK 40 malzemesinin Fz değerinden çok daha büyük olduğu görülmüştür.

Matkaplar açısından değerlendirildiğinde kaplamalı ve kaplamasız matkaplar DDK 40 malzemesini delerken oluşan delme kuvvetleri değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğu görülmektedir. Fakat, AISI 1050 malzemesinde bu değerler arasındaki fark oldukça fazladır. Bunun nedeni AISI 1050 malzemesinin sünek (elastik) olmasındandır.

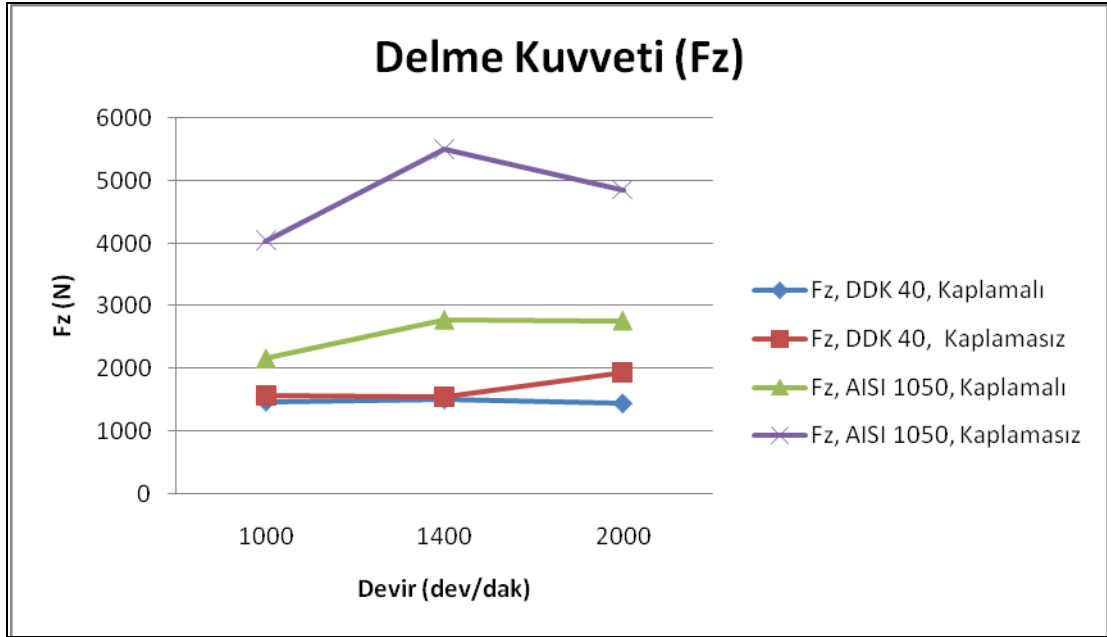
Üniversal torna ve CNC tornada yapılan deneyler için buraya kadar, ilerleme karşısında Fz ve Mz değişimleri incelenmiştir. Üniversal torna tezgahı için Şekil 7.15 – 7.20 ve CNC torna tezgahı içinde Şekil 7.21 – 7.26’da parçanın dönme hızına bağlı olarak Fz ve Mz grafikleri verilerek değerlendirmeler yapılmıştır. Burada amaç, kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerinin delinmesinde, parçanın dönme hızının etkisini, diğer ifade ile kesme hızının etkisini gösterebilmektedir.



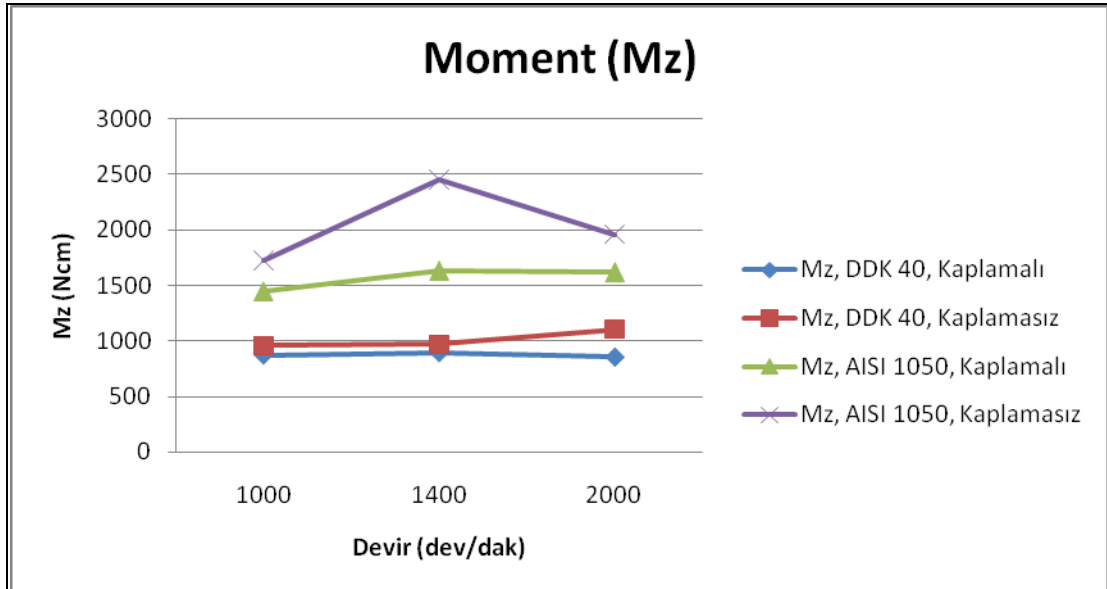
Şekil 7.15. Üniversal tornada 0.18 mm/dev’de DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde devire bağlı olarak oluşan delme kuvvetleri (F_z)



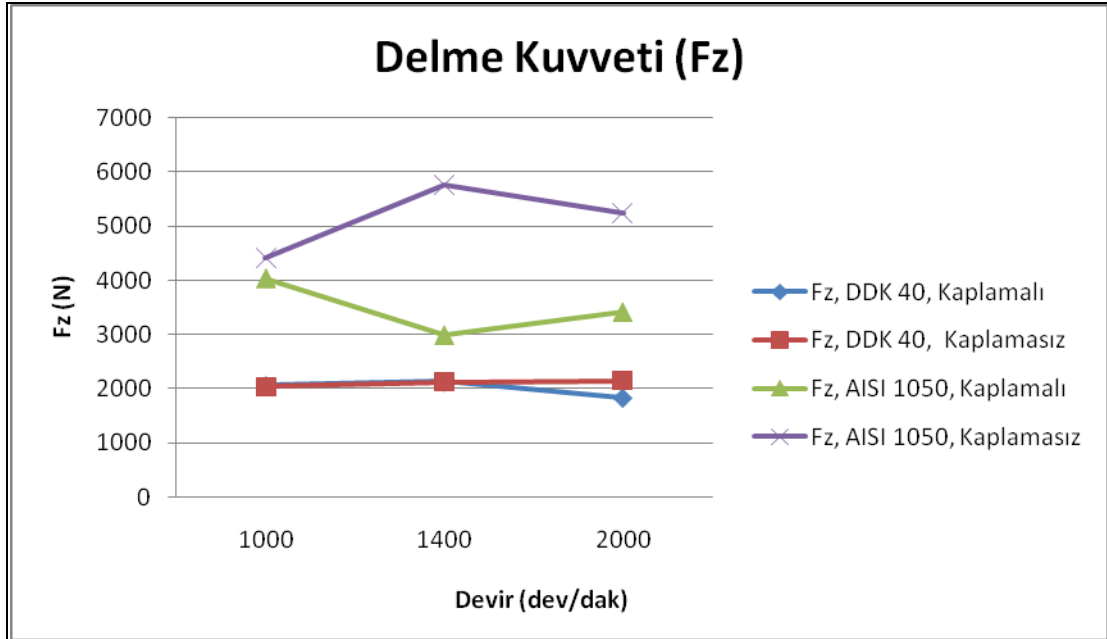
Şekil 7.16. Üniversal tornada 0.18 mm/dev’de DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde devire bağlı olarak oluşan momentler (M_z)



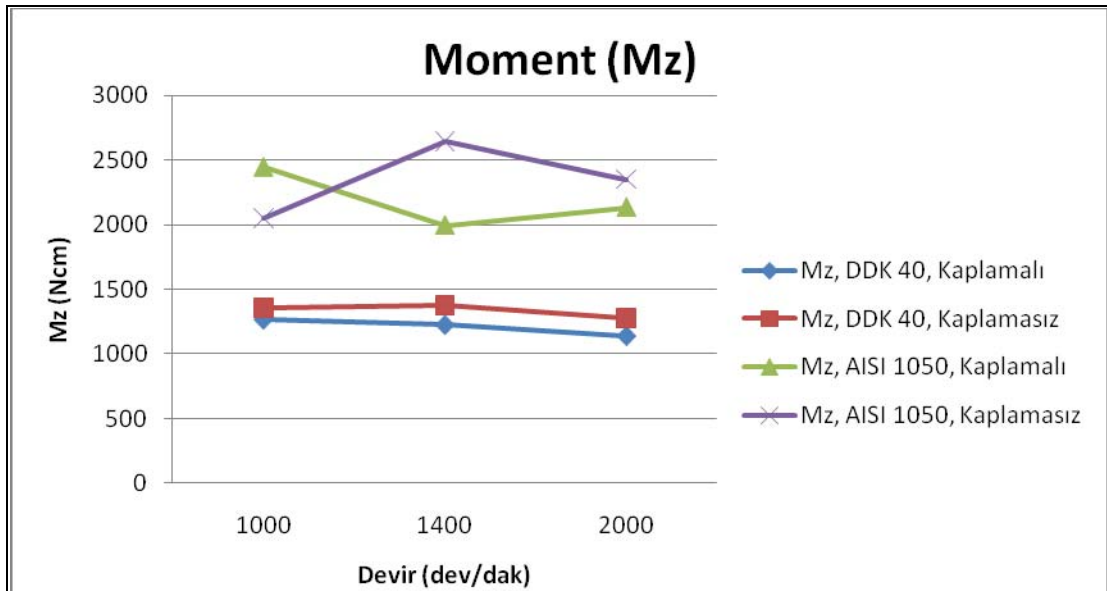
Şekil 7.17. Üniversal tornada 0.24 mm/dev’de DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde devire bağlı olarak oluşan delme kuvvetleri (Fz)



Şekil 7.18 Üniversal tornada 0.24 mm/dev’de DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde devire bağlı olarak oluşan momentler (Mz)



Şekil 7.19. Üniversal tornada 0.32 mm/dev’de DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde devire bağlı olarak oluşan delme kuvvetleri (Fz)



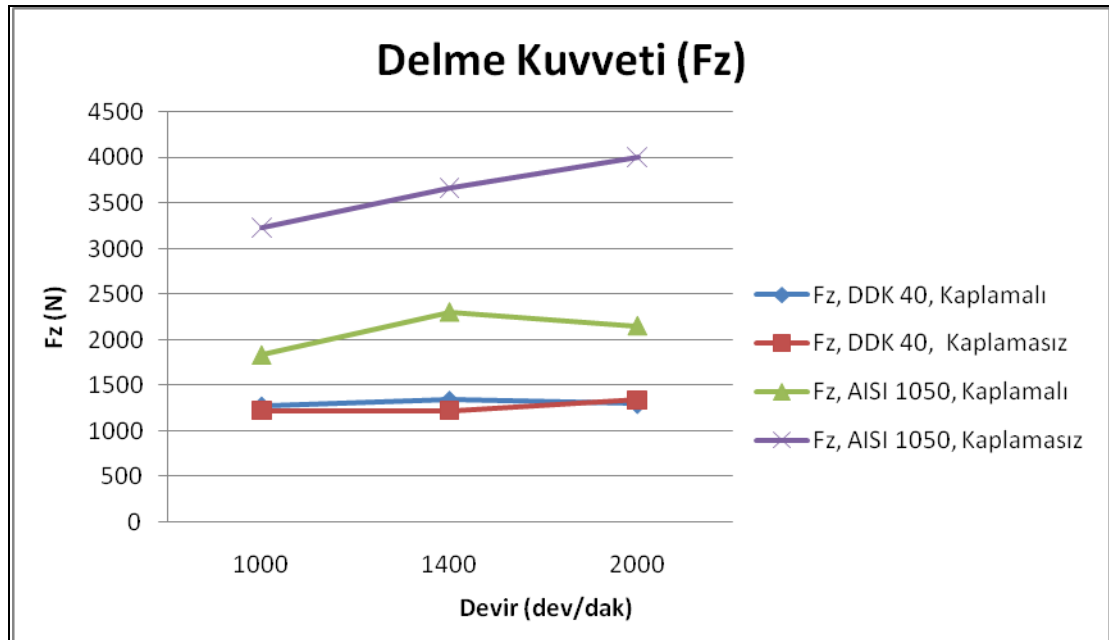
Şekil 7.20. Üniversal tornada 0.32 mm/dev’de DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde devire bağlı olarak oluşan momentler (Mz)

Üniversal torna tezgahında yapılan delik delme deneylerinde elde edilen sonuçlara göre; devire bağlı olarak verilen grafiklerde AISI 1050 malzemesinde elde edilen

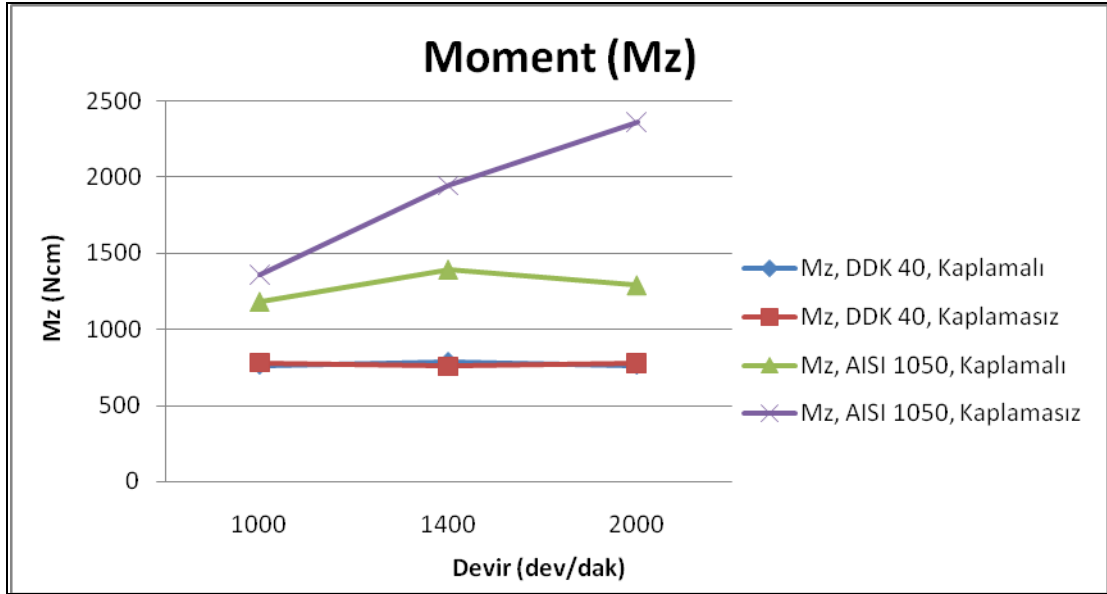
delme kuvveti ve moment DDK 40 malzemesine göre daha büyüktür. Çünkü AISI 1050 malzemesinin kesilmeye karşı direncinin daha büyüktür.

DDK 40 malzemesi kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delerken elde edilen moment ve kesme kuvvetlerinin birbirine daha yakın olduğu görünürken, AISI 1050 malzemesi için elde edilen moment ve kesme kuvvetlerinin birbirine daha uzak olduğu görülmektedir. Diğer bir deyişle de; kaplamasız ve kaplamalı matkaplarla DDK 40 malzemesinin delinmesinde üç ilerleme için oluşturulan Mz ve Fz grafiklerinde üç devir için Mz ve Fz değerleri birbirine yakındır. Fakat AISI 1050 malzemesinin kaplamasız matkaplarla delinmesinde elde edilen Fz ve Mz değerlerinin kaplamalı matkaplarla delinmesinde elde edilen değerlerden daha büyüktür.

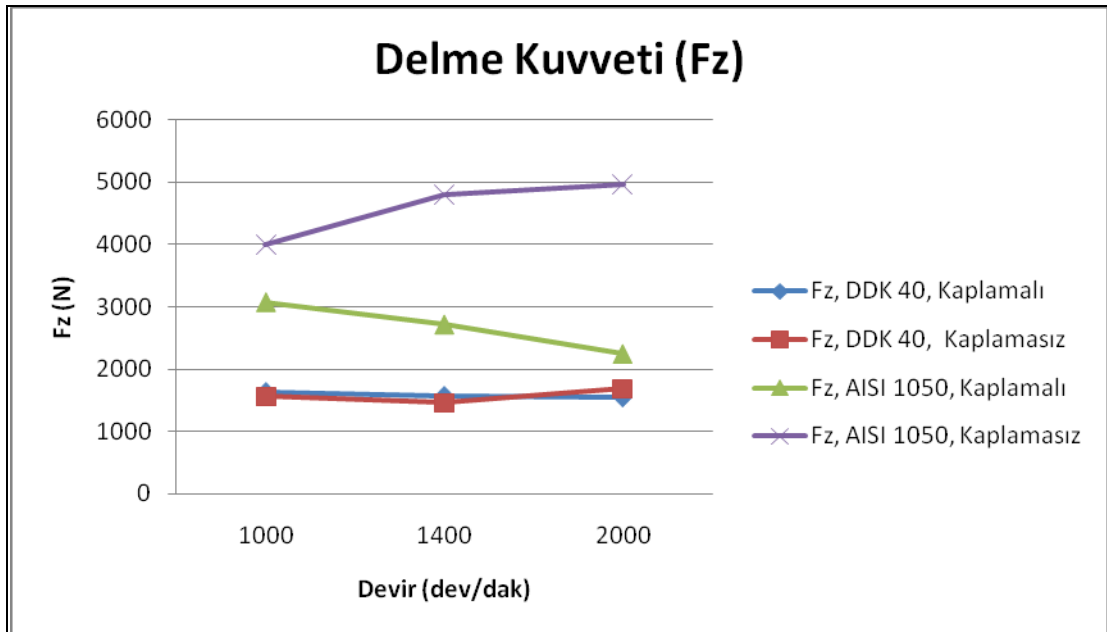
CNC torna tezgahında yapılan deneyler için elde edilen grafikler Şekil 7.21 – 7.26 arasında verilmiştir.



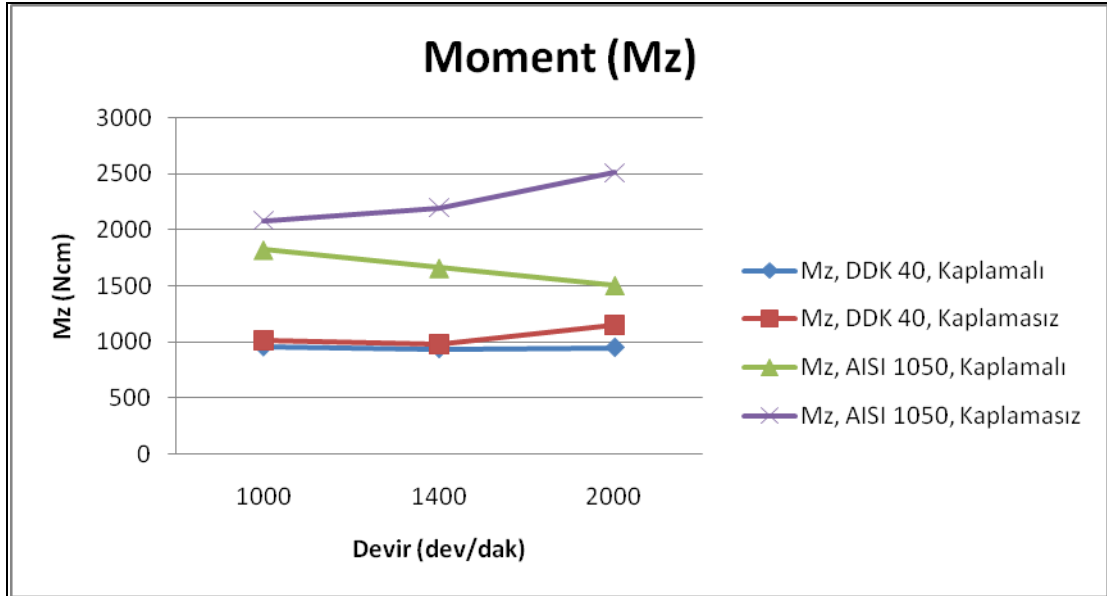
Şekil 7.21. CNC tornada 0.18 mm/dev’de DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde devire bağlı olarak oluşan delme kuvvetleri (Fz)



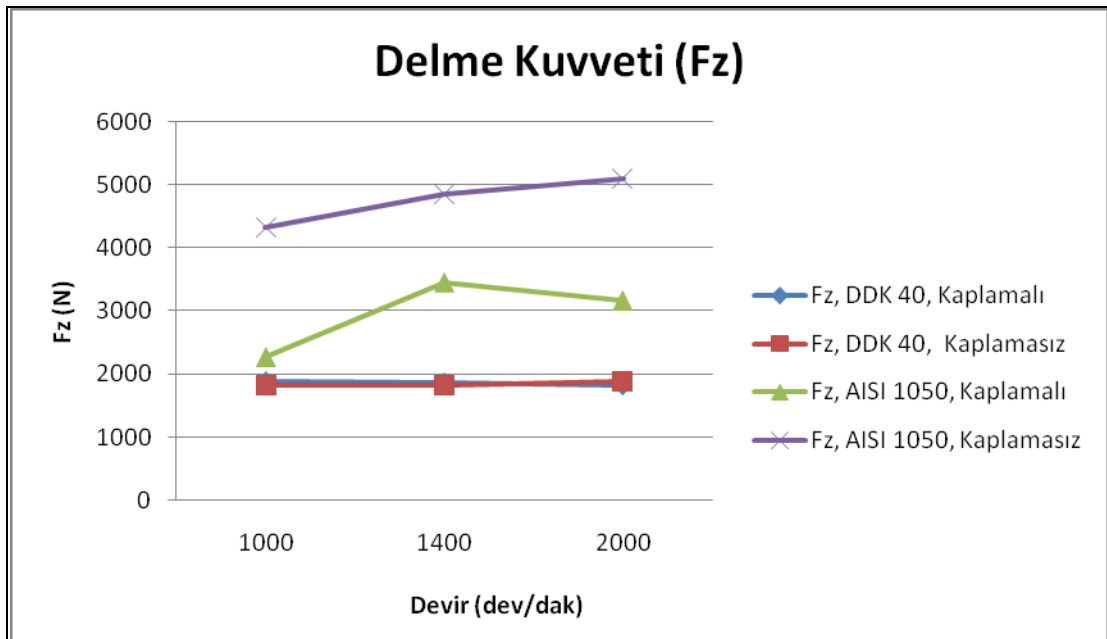
Şekil 7.22. CNC tornada 0.18 mm/dev’de DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde devire bağlı olarak oluşan momentler (Mz)



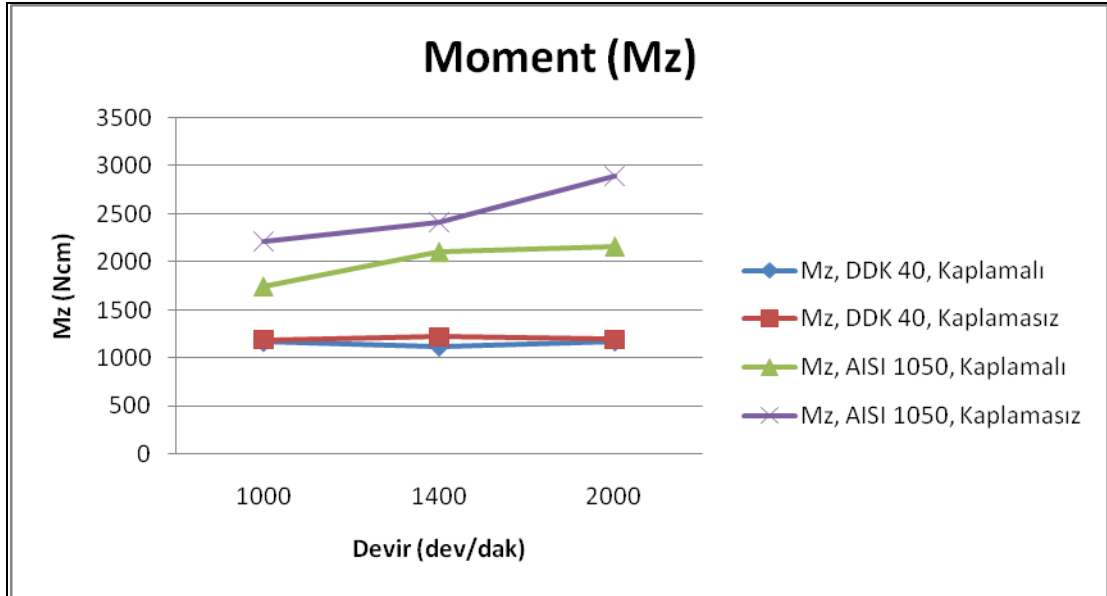
Şekil 7.23. CNC tornada 0.24 mm/dev’de DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde devire bağlı olarak oluşan delme kuvvetleri (Fz)



Şekil 7.24. CNC tornada 0.24 mm/dev’de DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde devire bağlı olarak oluşan momentler (M_z)



Şekil 7.25. CNC tornada 0.32 mm/dev’de DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde devire bağlı olarak oluşan delme kuvvetleri (F_z)



Şekil 7.26. CNC tornada 0.32 mm/dev’de DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde devire bağlı olarak oluşan momentler (Mz)

Devirdeki artış, DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerinde farklı Fz ve Mz oluşmasına sebep olmuştur. Bu farklılıklar malzemenin matkaba gösterdiği direnci açıkça göstermektedir.

Delme yüklerinin artması karbür kesiciler için istenmeyen bir durumdur. Çünkü karbür kesiciler yapı itibari ile çok kırılgan kesicilerdir. Kesme anında oluşan, özellikle dengesiz yükler karşısında çok çabuk kırılabilirler.

Karbür kesicilerin kırılmasına neden olan dengesiz yüklerin oluşmasının birçok sebebi olabilir. Bunlar; kesicilerin uygun imal edilmemesi, uygun şekilde bilenmemesi, kesme ortamının rijit olmaması gibi sebepler sayılabilir.

Yapılan deneylerde; özellikle AISI 1050 malzemesinin delinmesinde oluşacak dengesiz yüklerin, karbür matkapların kırılmaya karşı direncini azaltacaktır. Çünkü yukarıda verilen grafiklerden de anlaşılabileceği gibi AISI 1050 malzemesinin delinmesinde her üç devir aralığı içinde en yüksek Fz ve Mz değerleri elde edilmiştir. Özellikle kaplamasız matkaplar için elde edilen Fz ve Mz değerleri kaplamalı

matkaplara göre daha yüksektir. Bu durumda, DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerinin delinmesi sırasında, matkap kırılmalarının AISI 1050 malzemesinde daha çok meydana geleceği söylenebilir. Matkap kırılmalarında etkili olan tork (M_z) AISI 1050 malzemesinde daha büyüktür. Bununla birlikte kırılan matkap türünün kaplamasız matkap olacağı ileri sürülebilir.

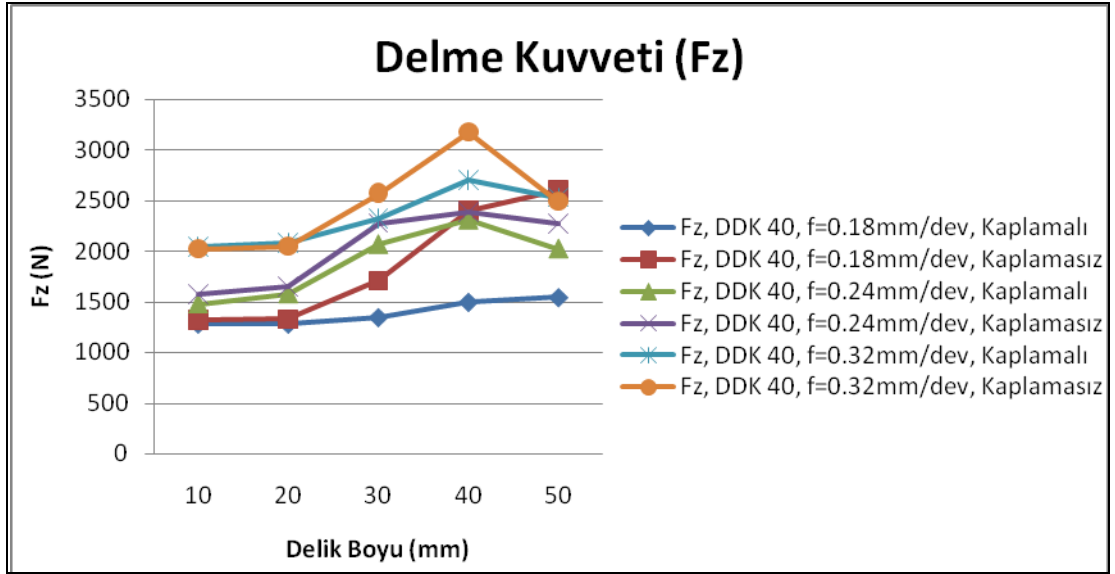
Buraya kadar verilen grafiklerde, delme kuvvetleri ve momentler, ilerleme ve devir (kesme hızı) açısından değerlendirilmiştir. Yapılan deneylerde, DDK 40 ve AISI 1050 malzemesinin 50 mm delinen delik boyunca F_z ve M_z 'inin değişiminin önemli olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle F_z ve M_z 'inin delik boyunca değişimlerini veren grafikler universal torna için Şekil 7.27 – 7.50 ve CNC torna içinde Şekil 7.51 – 7.74'de verilmiştir.

Grafikler, DDK 40 ve AISI 1050 malzemeleri için ayrı ayrı hazırlanmış olup, üç farklı devir, üç farklı ilerleme ve iki farklı tezgah (universal ve CNC torna) için verilmiştir. 50 mm delik boyu, 10 mm aralıklara bölünerek grafik üzerinde değerlendirilmiştir.

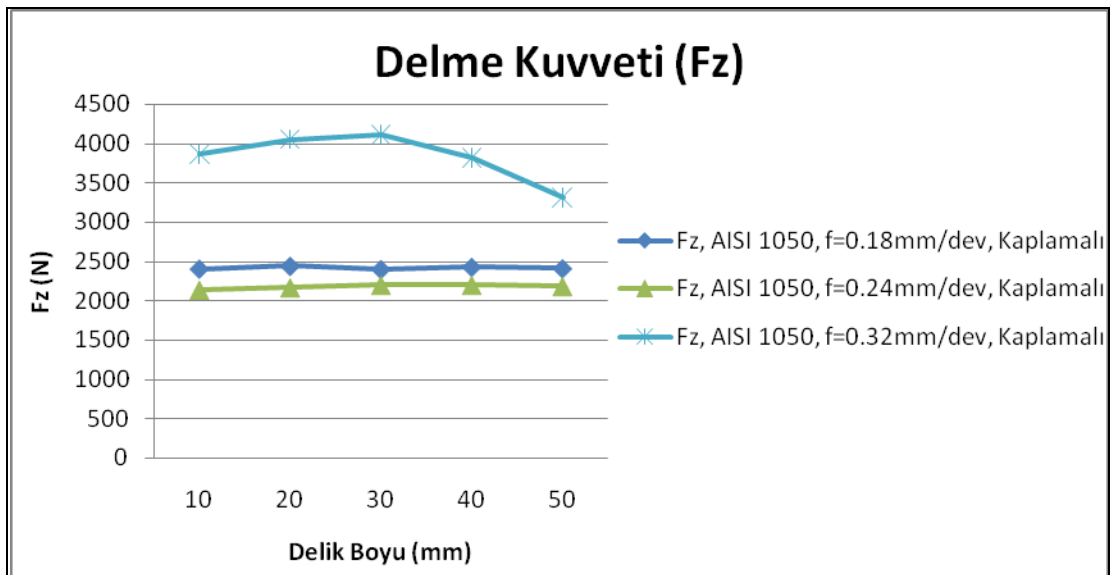
AISI 1050 malzemesinin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde bazı zorluklarla karşılaşmıştır. Özellikle kaplamasız matkaplarla deliklerin delinmesinde matkaplar kırılmış ve matkabin parça içerisinde sıkışması ile parça ayna ayaklarından sıyrılmıştır. Dolayısı ile AISI 1050 malzemeleri kaplamasız matkaplarla boydan boya delinememiştir. Yapılan deneylerde, AISI 1050 malzemesi sadece kaplamalı karbür matkaplarla boydan boya delinebilmiştir.

Be nedenle, 50 mm delik boyu için universal torna tezgahı için (Şekil 7.27 – 7.50) ve CNC torna tezgahı (Şekil 7.51 – 7.74) için verilen F_z ve M_z grafiklerinde AISI 1050 malzemesi için sadece kaplamalı matkaplar dikkate alınmıştır.

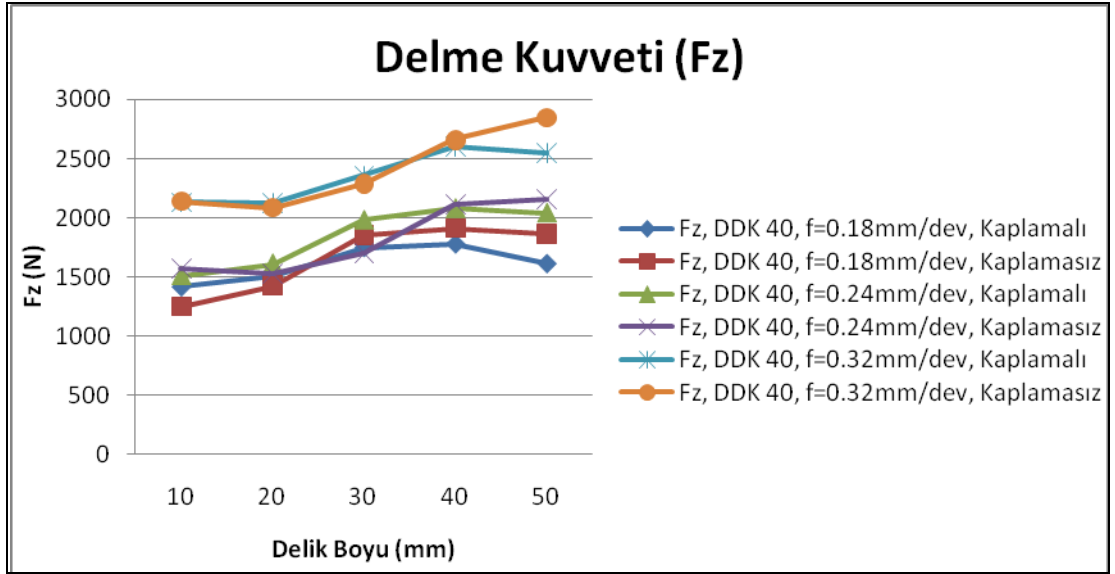
Şekil 7.27 – 7.32'de universal torna tezgahında yapılan deneylerde ilerlemeye karşısında delik boyunca oluşan F_z kuvvetlerdeki değişimler verilmiştir.



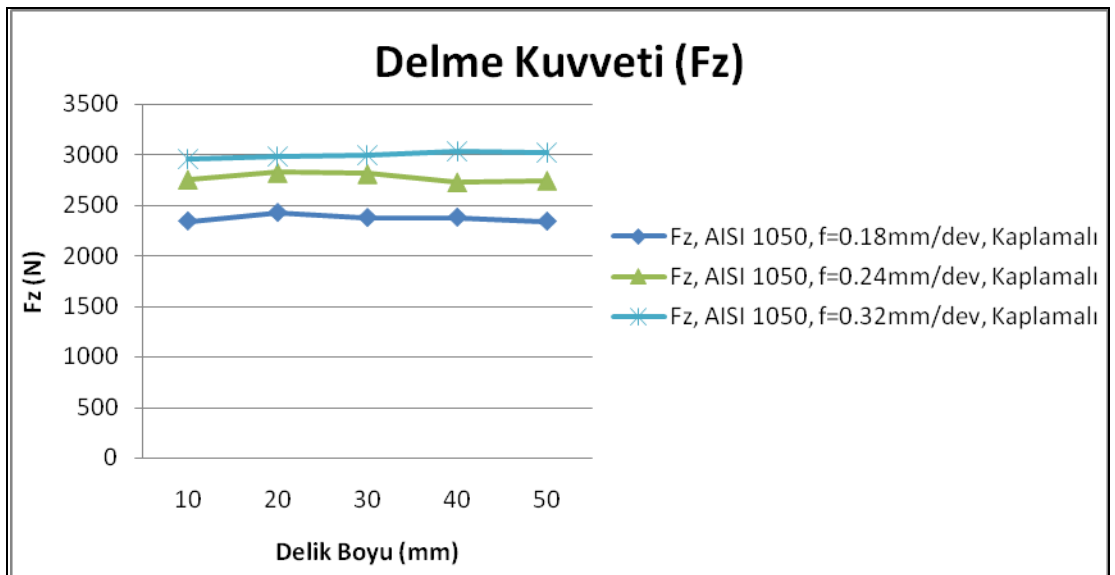
Şekil 7.27. Üniversal tornada 1000 dev/dak'da DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan delme kuvvetleri (Fz)



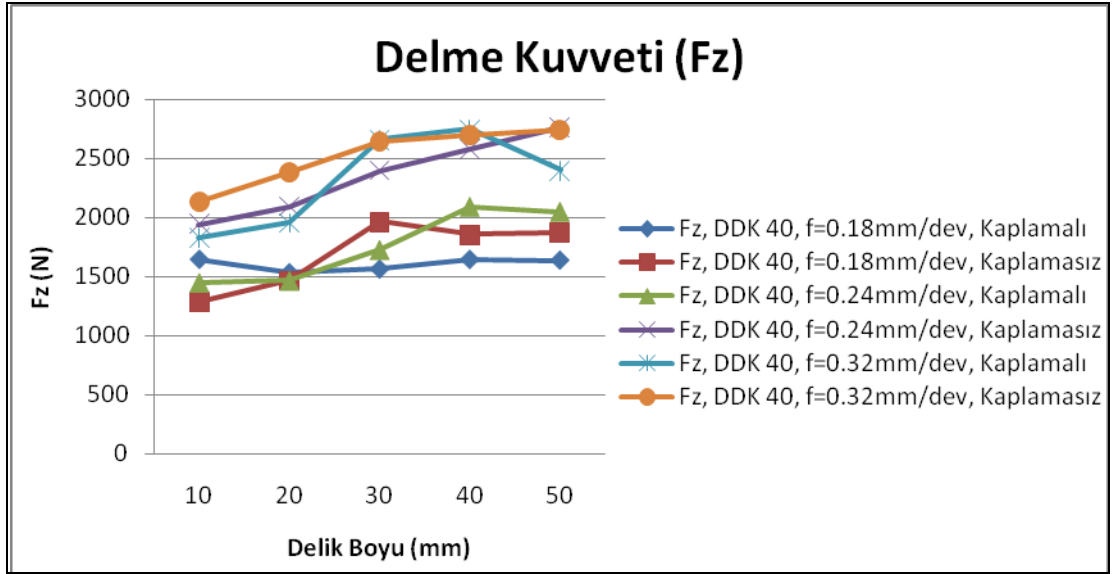
Şekil 7.28. Üniversal tornada 1000 dev/dak'da AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan delme kuvvetleri (Fz)



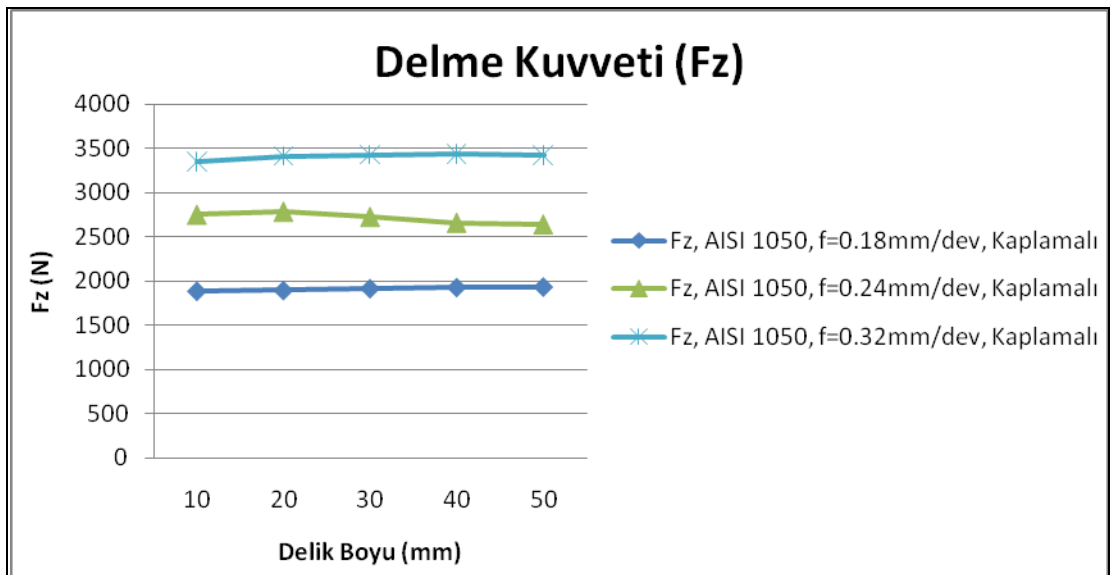
Şekil 7.29. Üniversal tornada 1400 dev/dak'da DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan delme kuvvetleri (Fz)



Şekil 7.30. Üniversal tornada 1400 dev/dak'da AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan delme kuvvetleri (Fz)



Şekil 7.31. Üniversal tornada 2000 dev/dak'da DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan delme kuvvetleri (Fz)

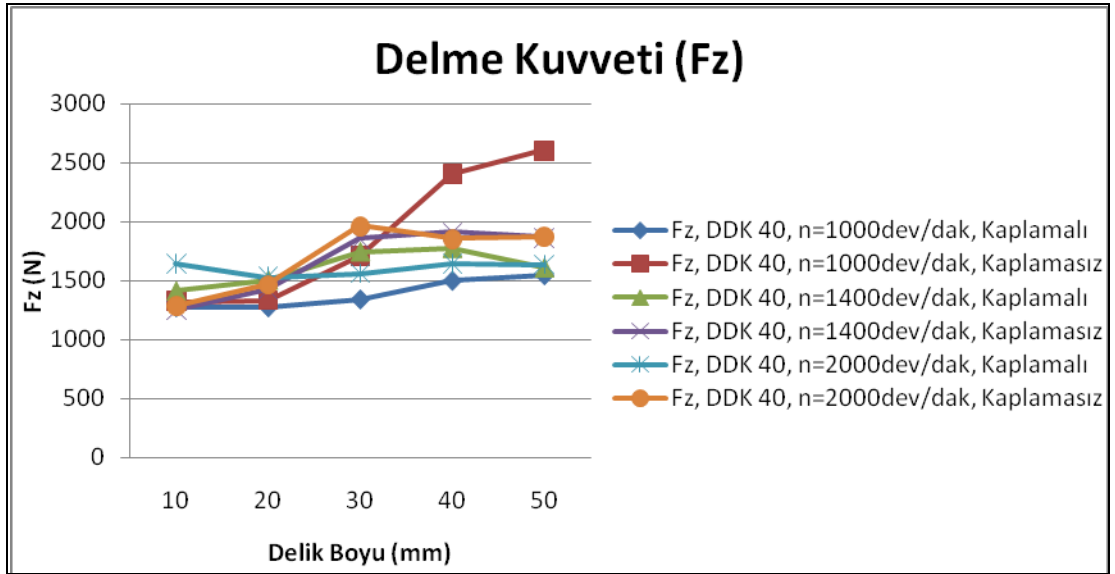


Şekil 7.32. Üniversal tornada 2000 dev/dak'da AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan delme kuvvetleri (Fz)

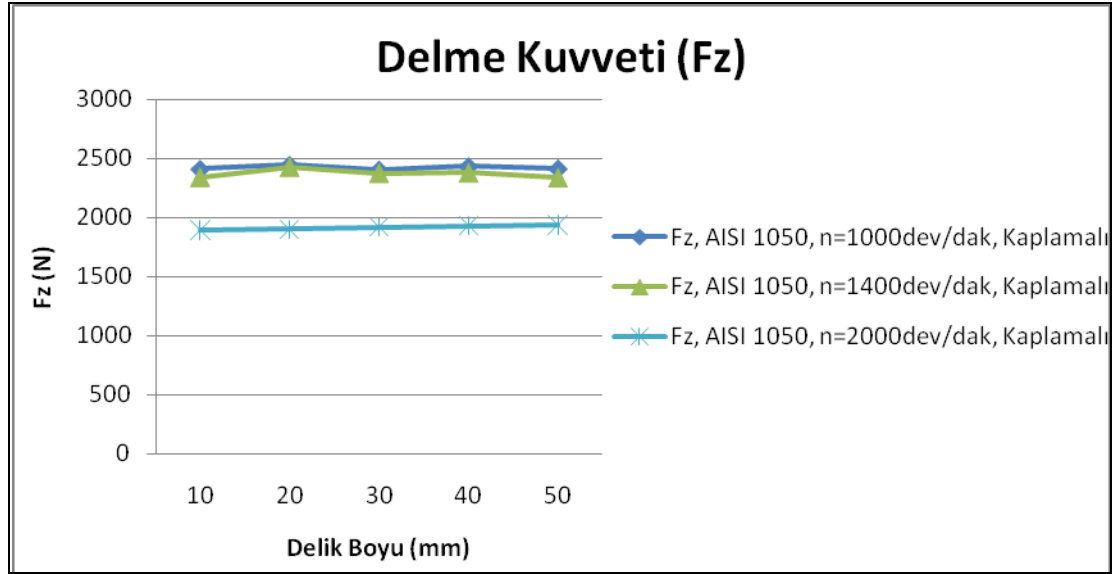
Yukarıdaki grafiklerde görüldüğü üzere matkap delik içinde ilerledikçe delme kuvvetini (Fz) artırmıştır. Bunun sebebi olarak, matkabın delik içerisinde ilerlemesi sırasında artan sıcaklık, sürtünme ve oluşan talaş sıkışması söylenebilir. Delik boyu arttıkça talaş sıkışmalarına bağlı olarak ısıda artmaktadır. Isı artışı ile çıkan

talaşlarlar matkap üzerine sıvanarak matkabın rahat bir şekilde ilerlemesini ve talaş kaldırmasını engellemektedir.

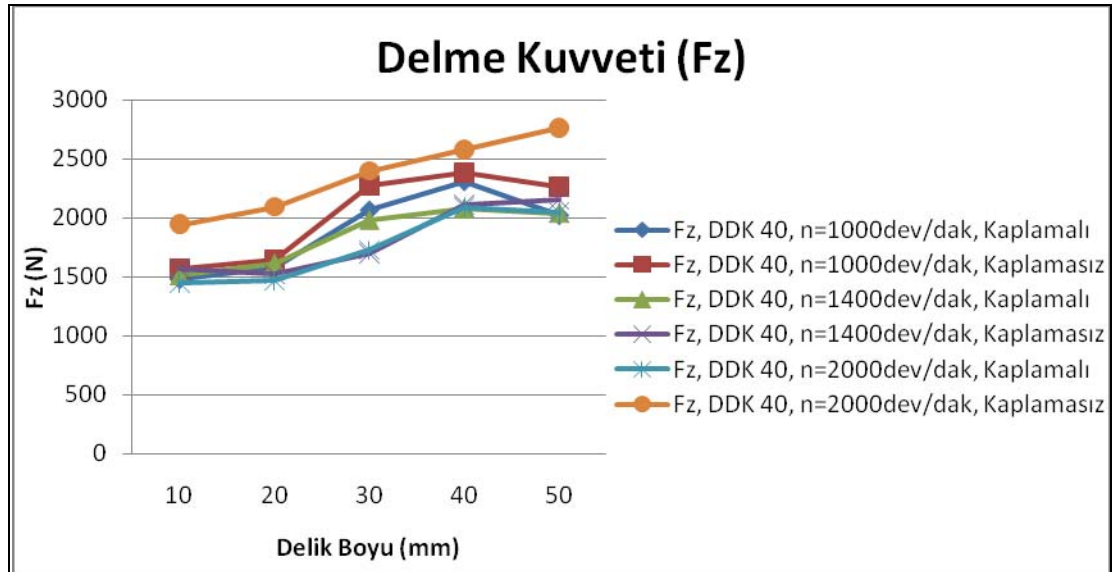
Şekil 7.33 - 7.38 arasında ise universal torna tezgahında yapılan deneylerde 50 mm delik boyu için Fz kuvvetindeki değişimler kullanılan, devire karşılık verilmiştir.



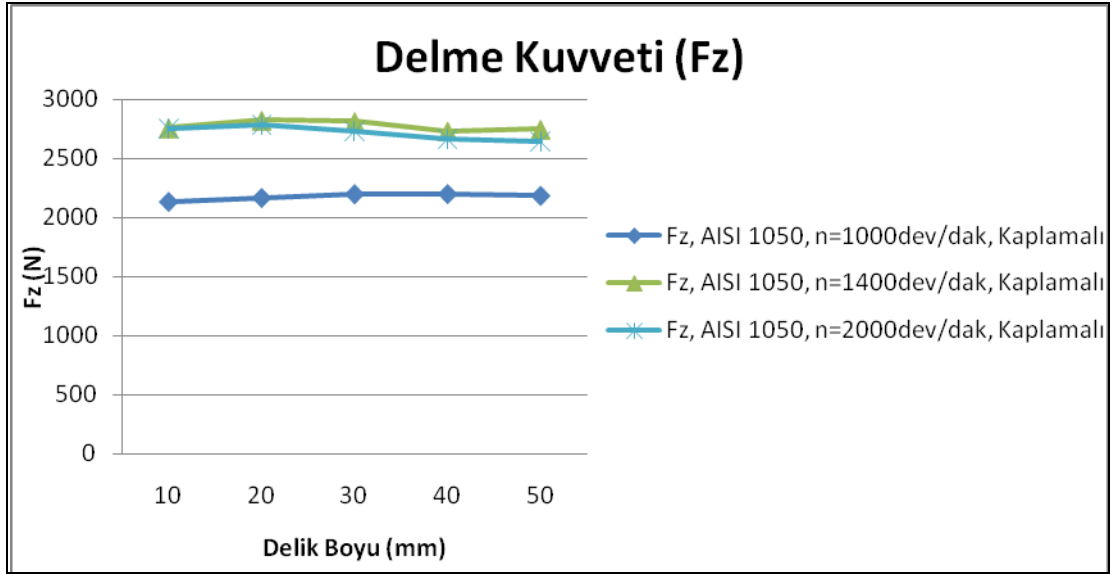
Şekil 7.33. Üniversal tornada 0.18 mm/dev'de DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan delme kuvvetleri (Fz)



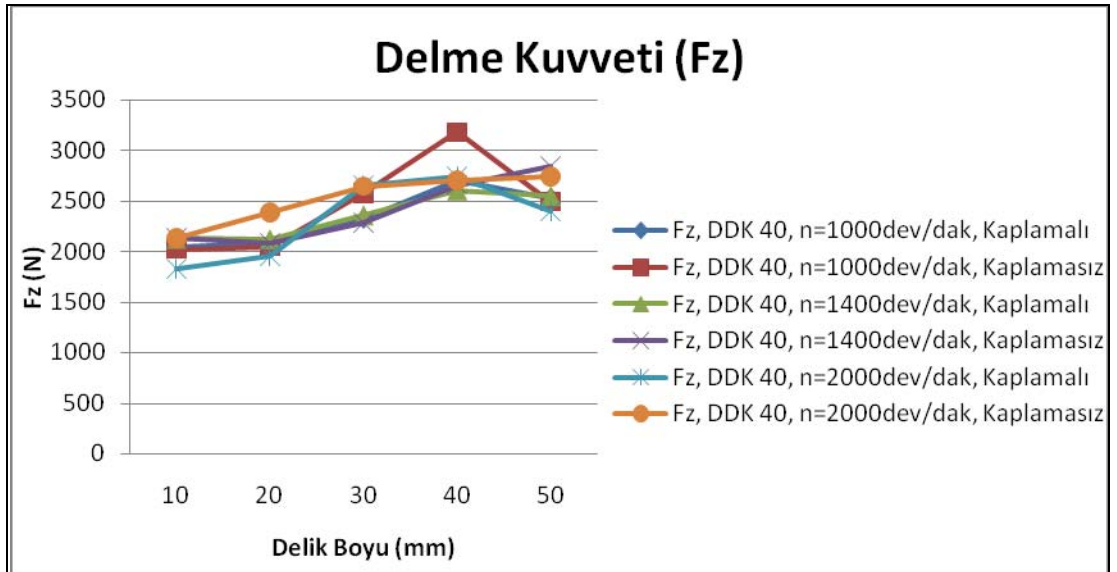
Şekil 7.34. Üniversal tornada 0.18 mm/dev’de AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan delme kuvvetleri (Fz)



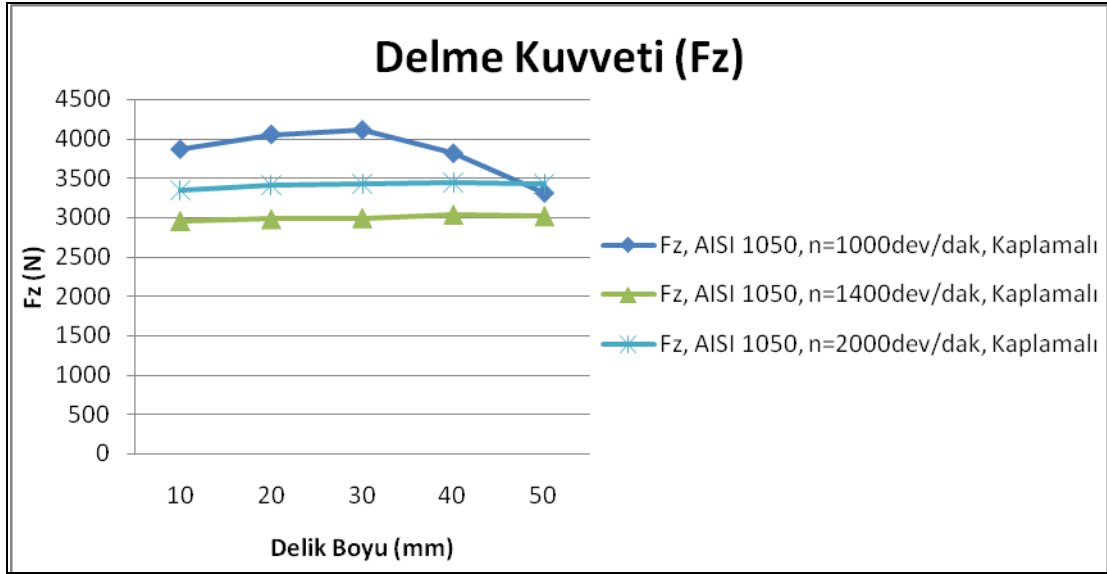
Şekil 7.35. Üniversal tornada 0.24 mm/dev’de DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamsız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan delme kuvvetleri (Fz)



Şekil 7.36. Üniversal tornada 0.24 mm/dev’de AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan delme kuvvetleri (Fz)



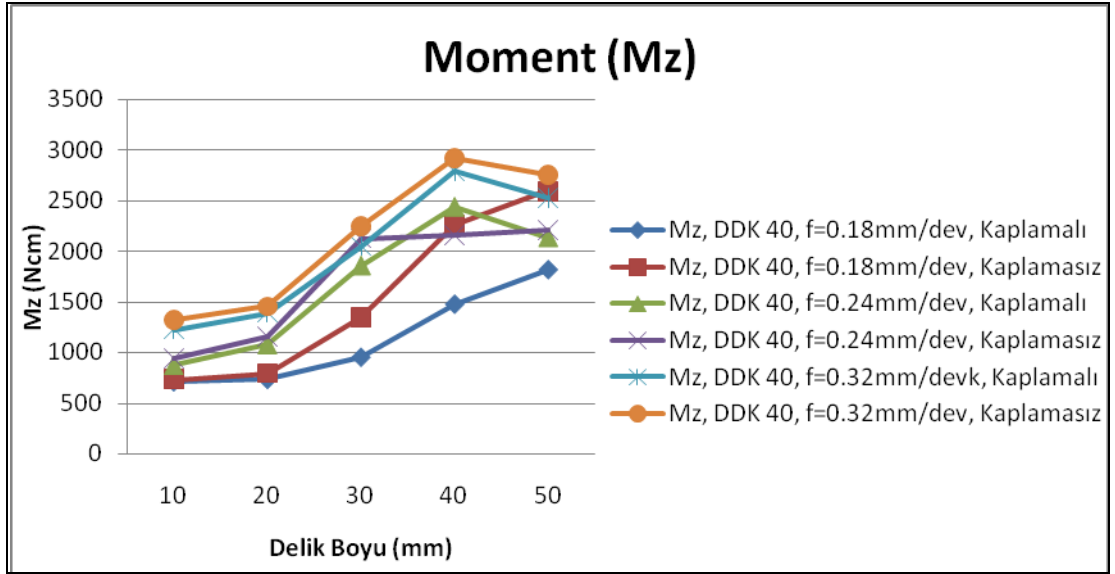
Şekil 7.37. Üniversal tornada 0.32 mm/dev’de DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan delme kuvvetleri (Fz)



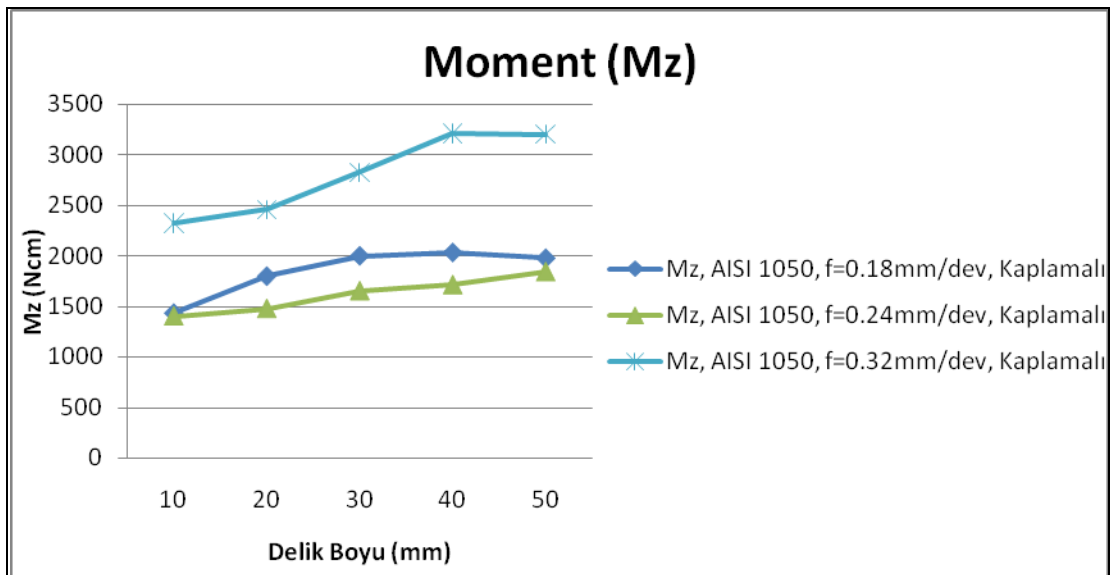
Şekil 7.38. Üniversal tornada 0.32 mm/dev’de AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan delme kuvvetleri (Fz)

Yukarıdaki devirlere göre verilen grafiklerde DDK 40 malzemesi AISI 1050 malzeme göre delme kuvvetleri daha düşük çıkmıştır. DDK 40 malzemesinin delinmesi sırasında talaşların ufalanarak çıkması, AISI 1050 malzemesine göre Fz kuvvetlerinin daha düşük olmasına sebep olmuştur.

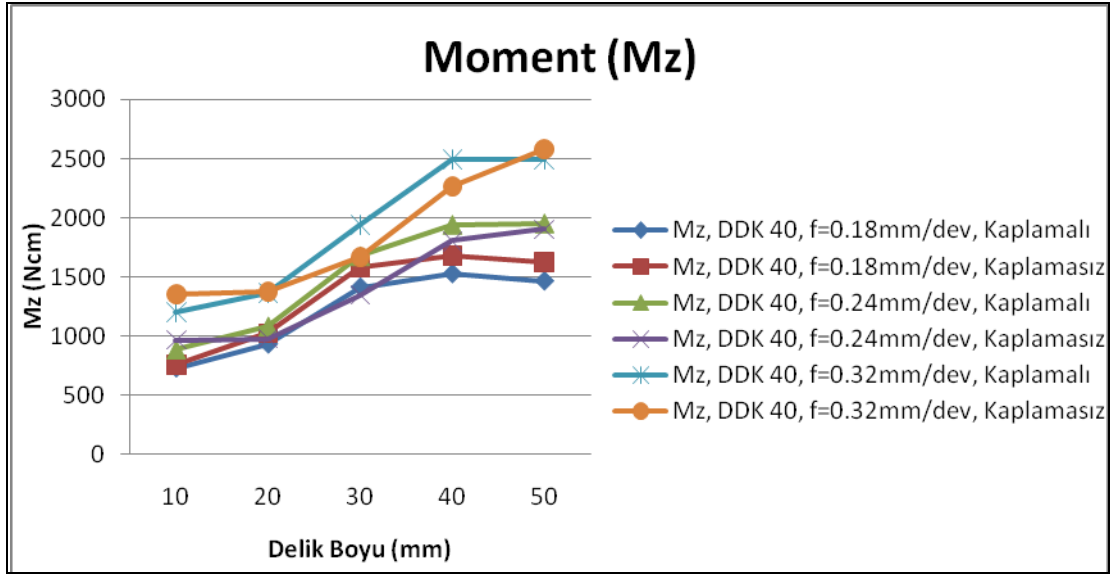
Şekil 7.39 – 7.44 arasında verilen grafikler üniversal tornada 50 mm delinen delik boyunca Mz’inin ilerleme karşısındaki değişimini göstermektedir.



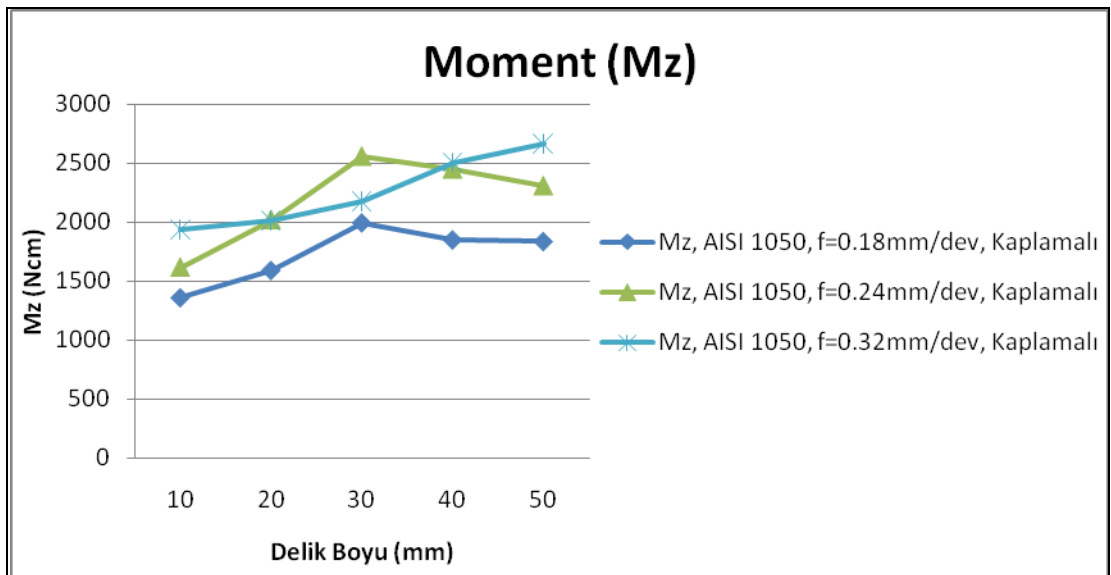
Şekil 7.39. Üniversal tornada 1000 dev/dak'da DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan momentler (Mz)



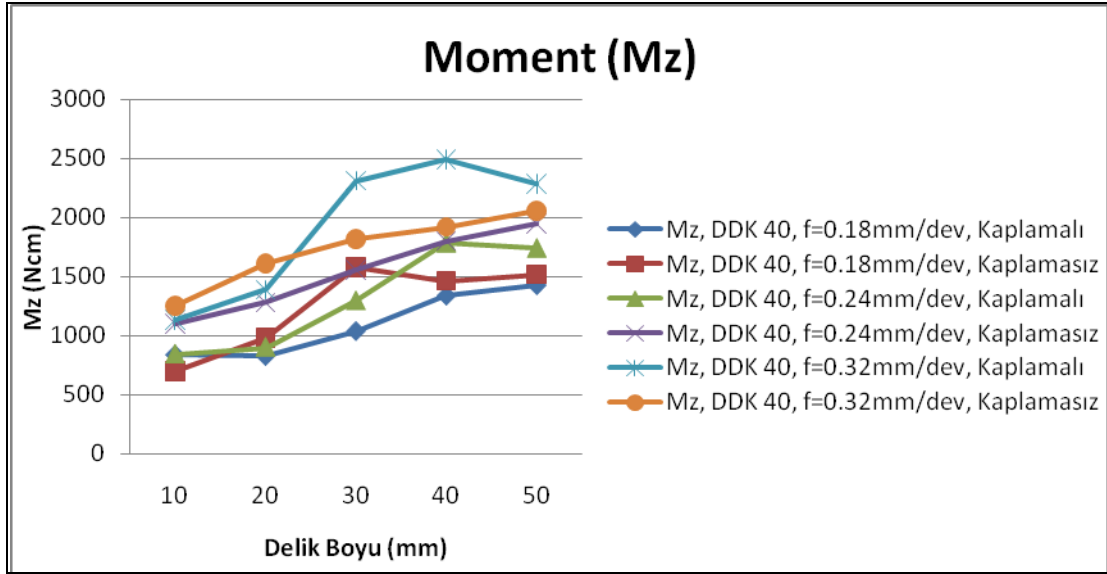
Şekil 7.40. Üniversal tornada 1000 dev/dak'da AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan momentler (Mz)



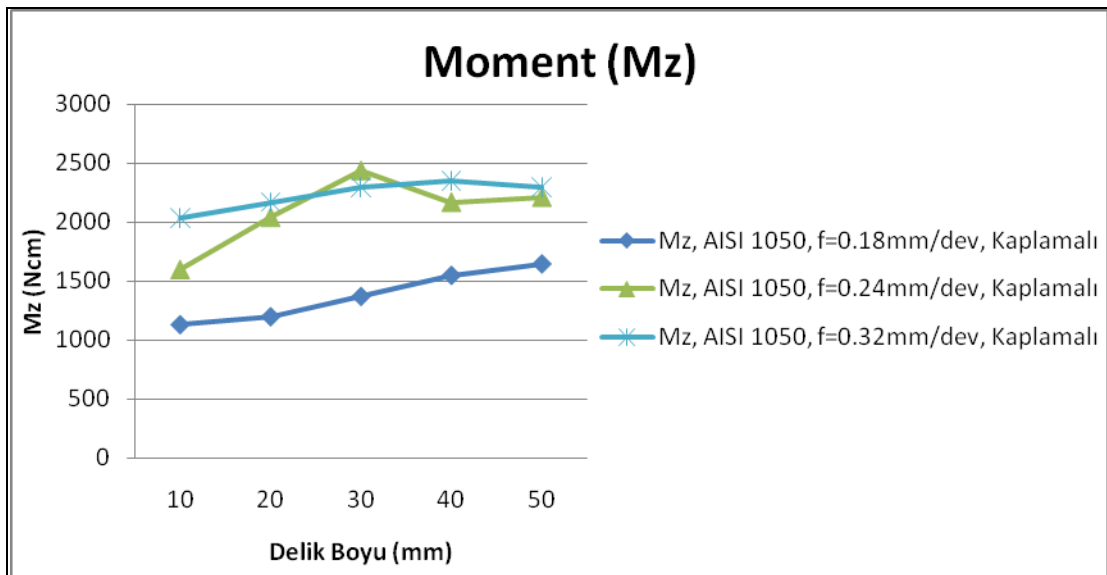
Şekil 7.41. Üniversal tornada 1400 dev/dak'da DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan momentler (Mz)



Şekil 7.42. Üniversal tornada 1400 dev/dak'da AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan momentler (Mz)



Şekil 7.43. Üniversal tornada 2000 dev/dak'da DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan momentler (Mz)

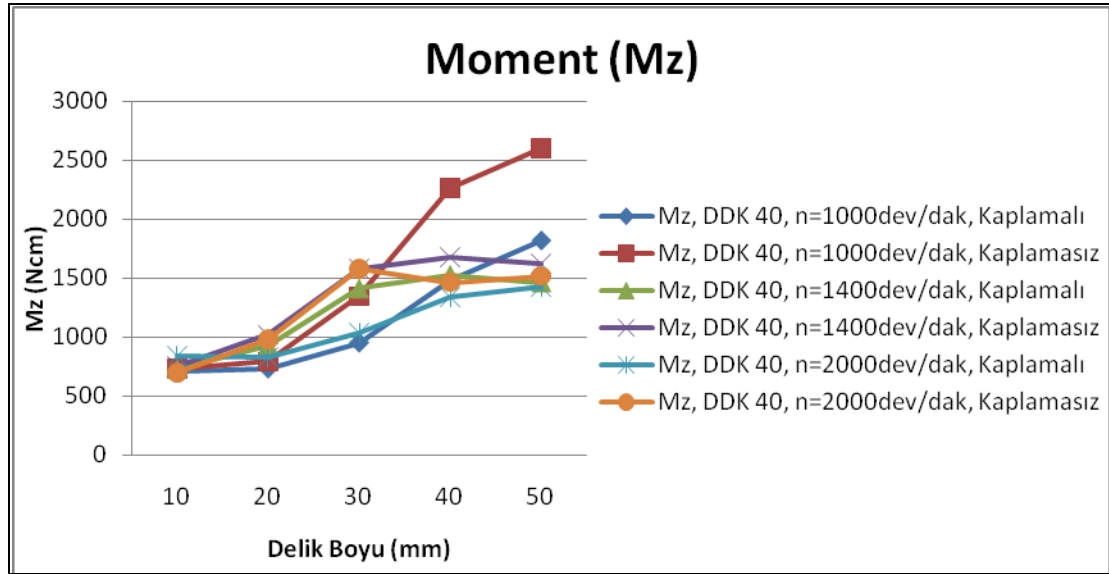


Şekil 7.44. Üniversal tornada 2000 dev/dak'da AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan momentler (Mz)

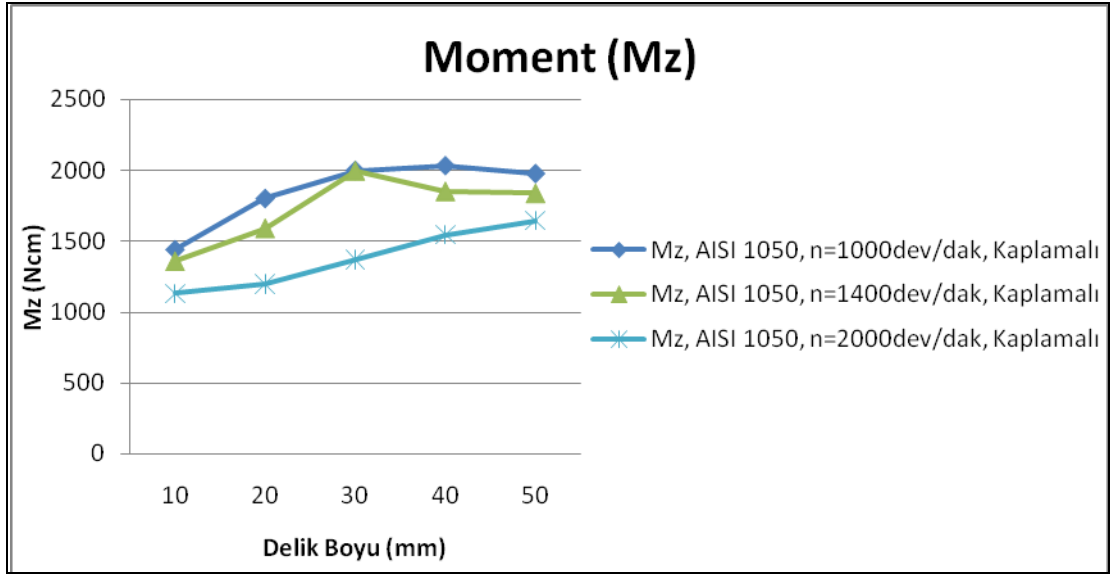
Yukarıdaki grafiklerde momentin AISI 1050 malzemelerinde daha yüksek çıktığı görülmektedir. Örneğin Şekil 7.44'e AISI 1050 malzemesi için verilen grafiğe bakıldığında 10 mm derinlikte, kaplamalı matkapta, 0.18 mm/dev'de moment

1130.03 Ncm iken Şekil 7.43’de DDK 40 malzemesi için verilen grafiğe bakıldığında 10 mm derinlikte aynı matkapta moment 840.16 Ncm’dir

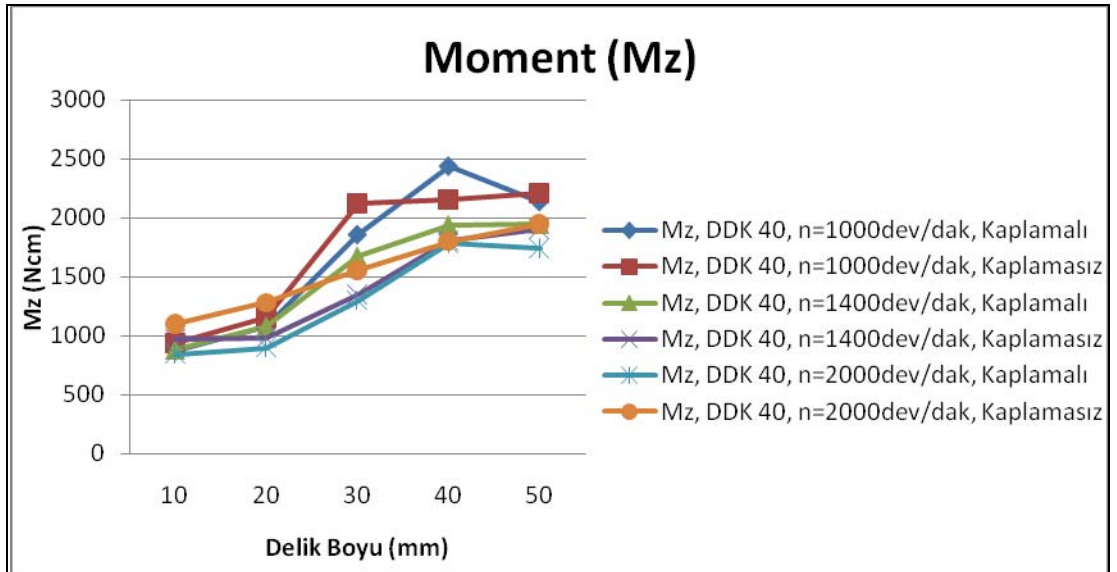
Şekil 7.45 – 7.50 arasında M_z ’nin kullanılan devir karşısındaki değişimini vermektedir.



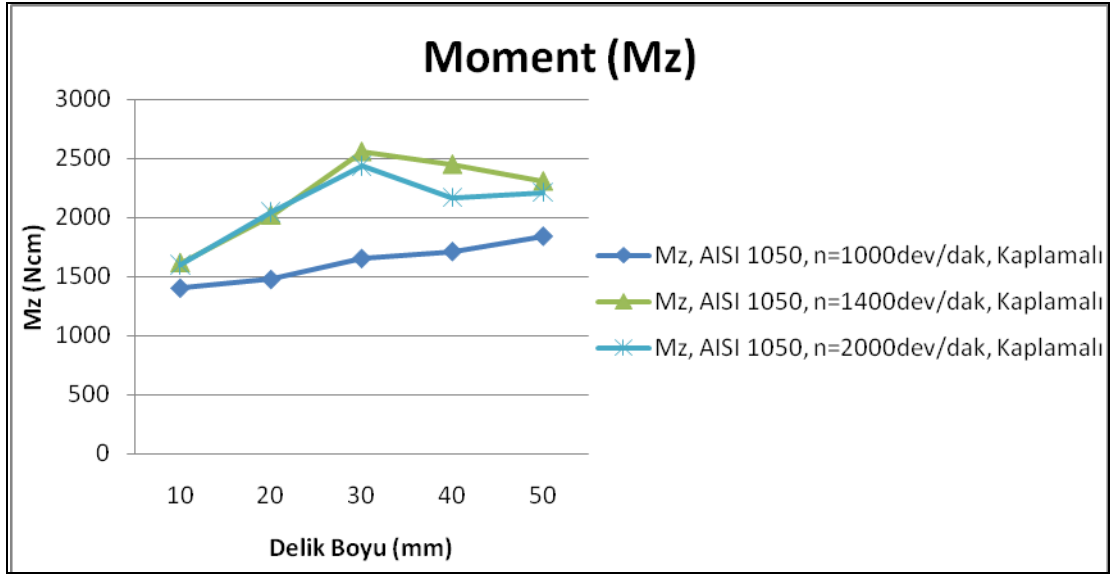
Şekil 7.45. Üniversal tornada 0.18 mm/dev’de DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan momentler (M_z)



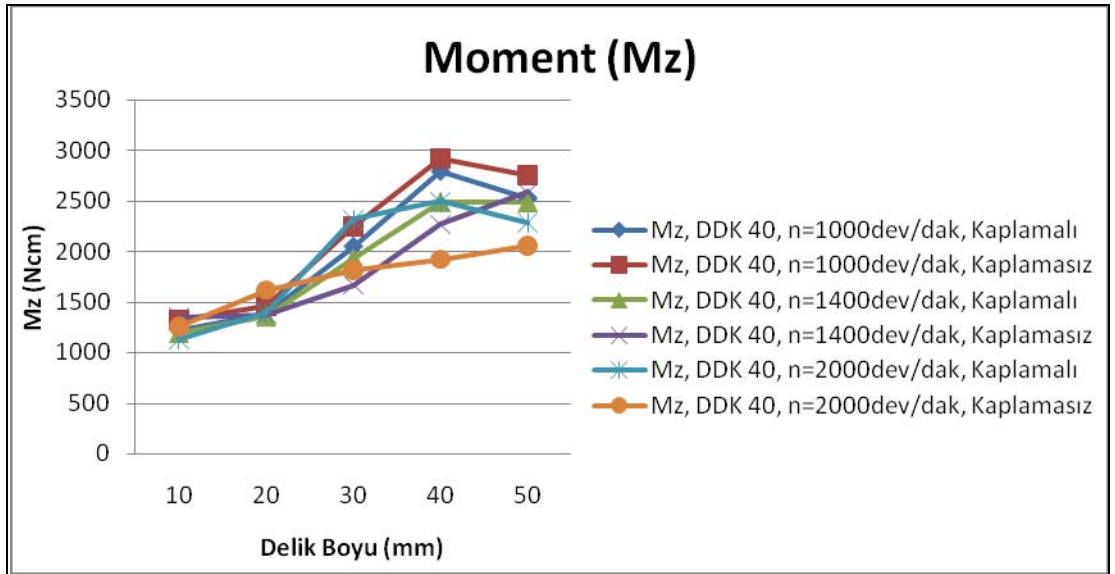
Şekil 7.46. Üniversal tornada 0.18 mm/dev’de AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan momentler (Mz)



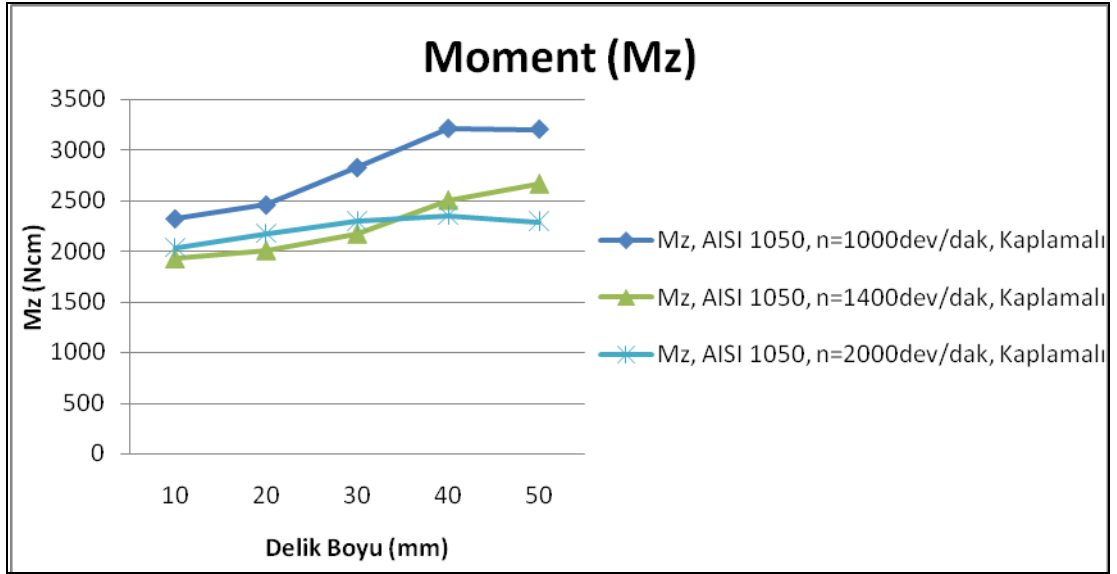
Şekil 7.47. Üniversal tornada 0.24 mm/dev’de DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan momentler (Mz)



Şekil 7.48. Üniversal tornada 0.24 mm/dev’de AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan momentler (Mz)



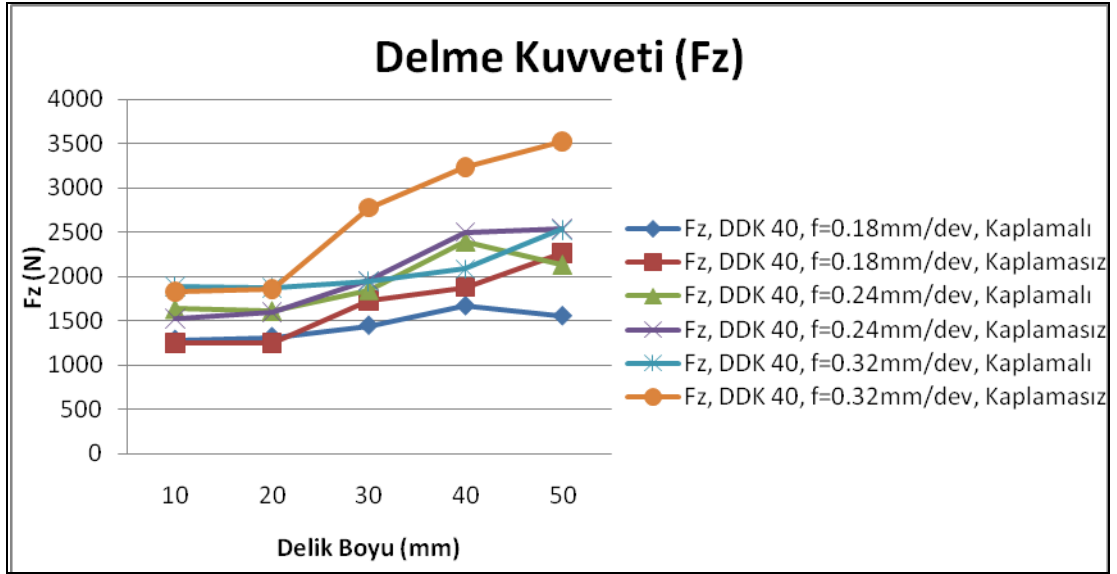
Şekil 7.49. Üniversal tornada 0.32 mm/dev’de DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan momentler (Mz)



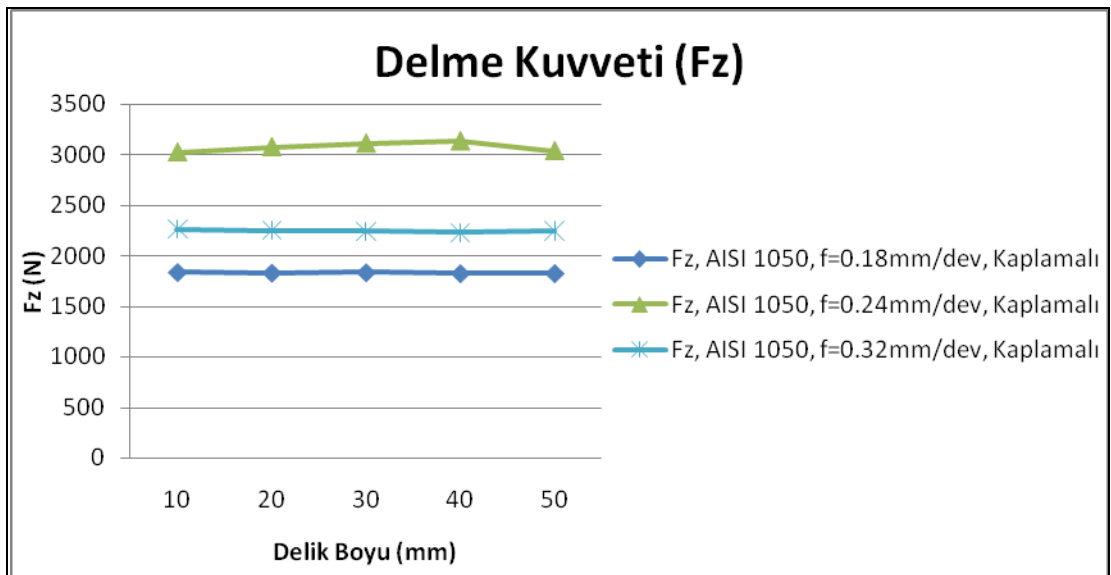
Şekil 7.50. Üniversal tornada 0.32 mm/dev’de AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan momentler (Mz)

Kullanılan üç farklı devir karşısında, DDK 40 malzemesi için elde edilen Mz değerleri, AISI 1050 malzemesi için elde edilen Mz değerlerinden küçüktür. Fakat, her üç farklı devir içinde delik başlangıcından delik sonuna kadar Mz sürekli bir artış göstermektedir.

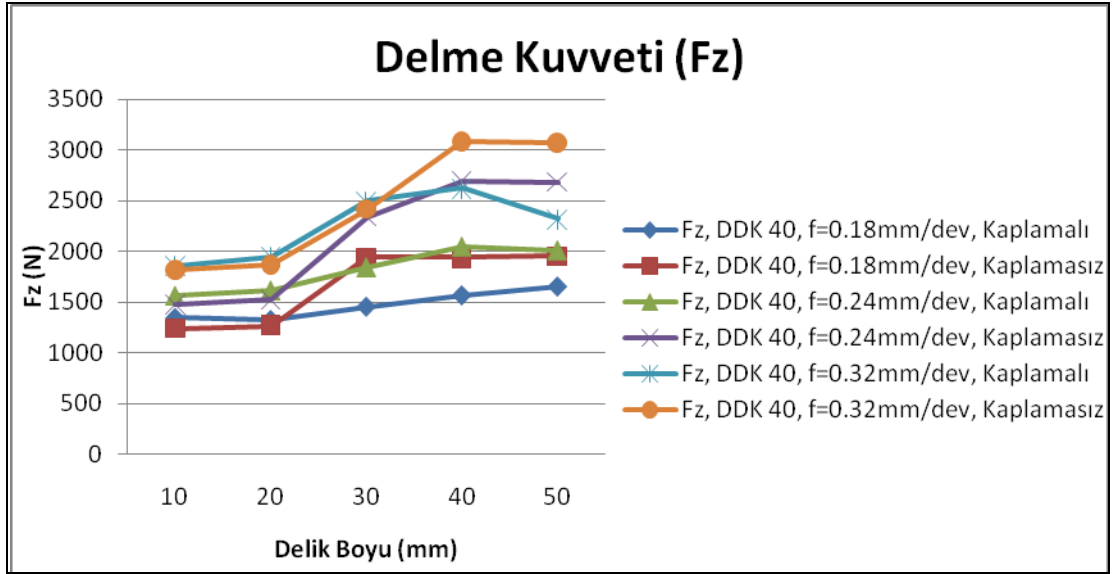
Şekil 7.51 – 7.56 arasında verilen grafikler CNC tornada 50 mm delinen delik boyunca Fz’in devir karşısındaki değişimini göstermektedir.



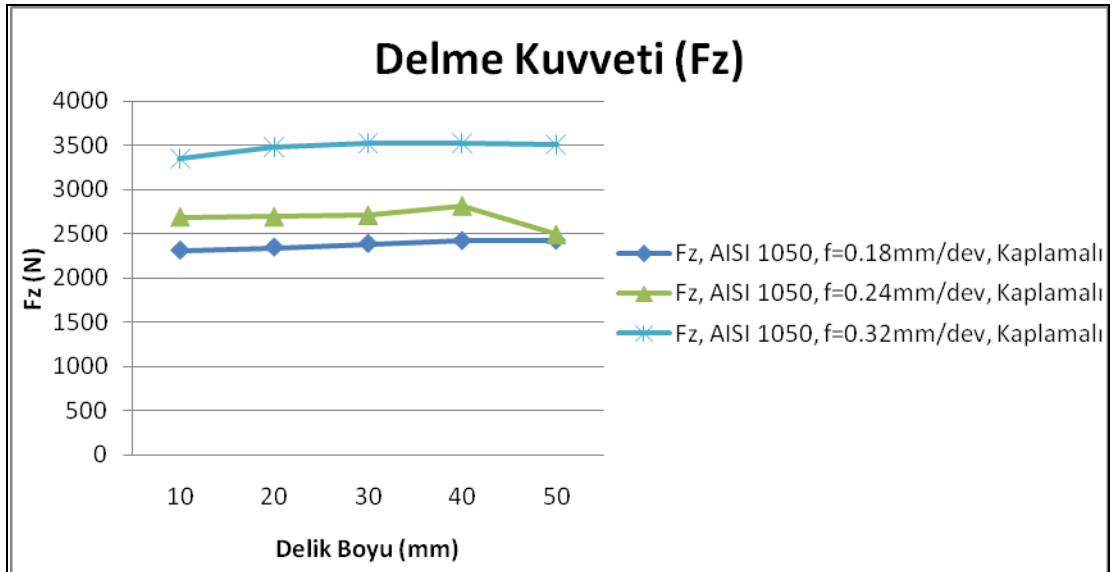
Şekil 7.51. CNC tornada 1000 dev/dak'da DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan delme kuvvetleri (Fz)



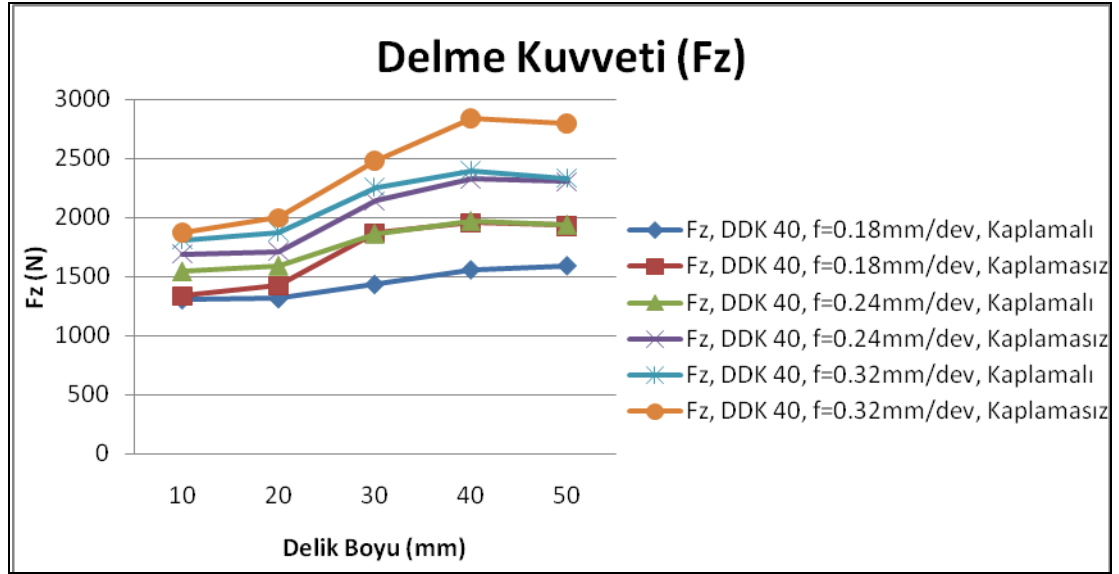
Şekil 7.52. CNC tornada 1000 dev/dak'da AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan delme kuvvetleri (Fz)



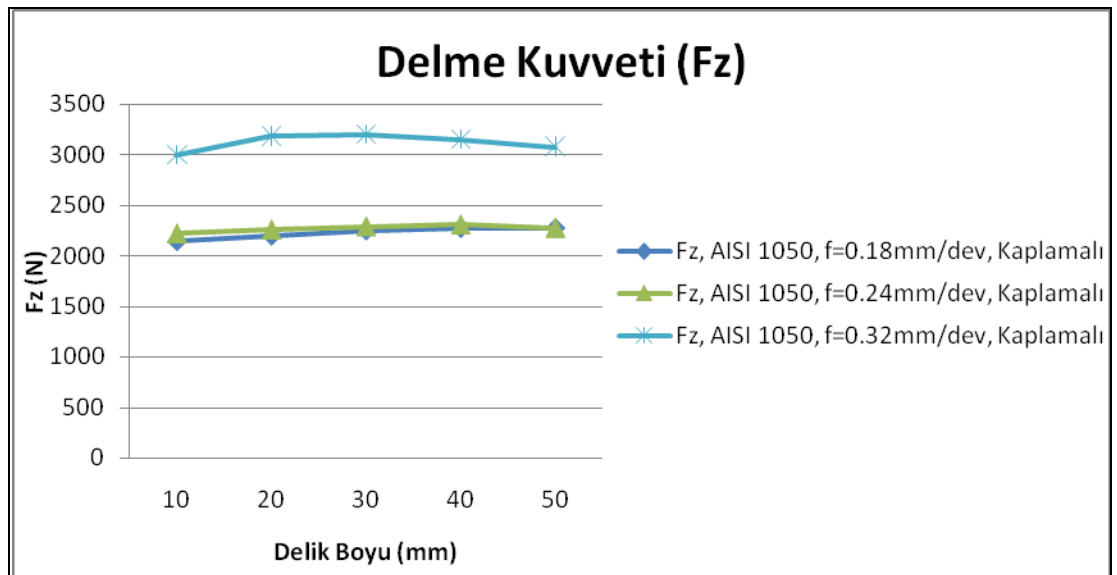
Şekil 7.53. CNC tornada 1400 dev/dak'da DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan delme kuvvetleri (Fz)



Şekil 7.54. CNC tornada 1400 dev/dak'da AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan delme kuvvetleri (Fz)

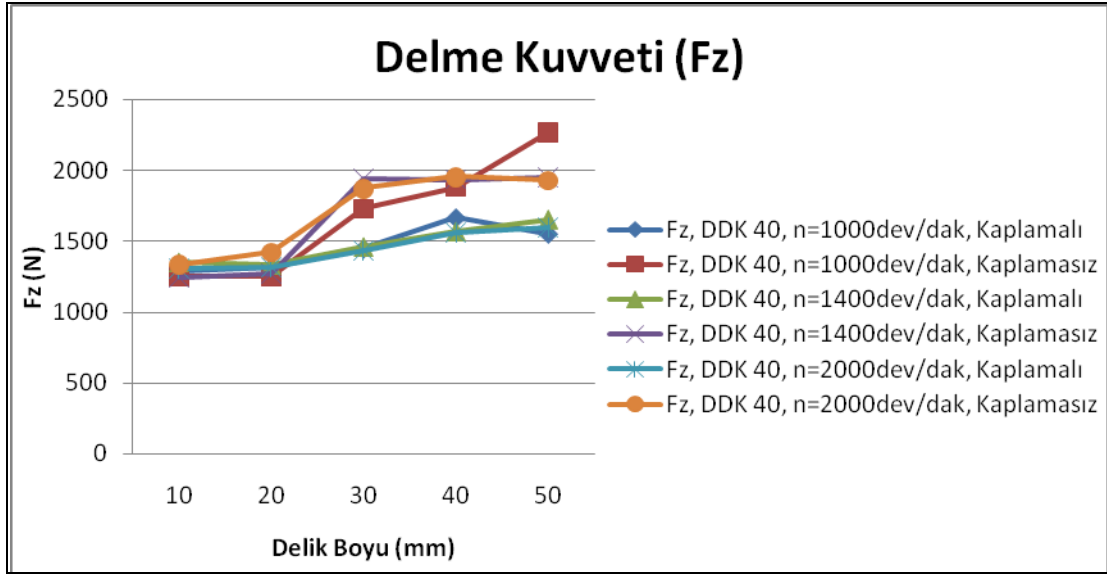


Şekil 7.55. CNC tornada 2000 dev/dak'da DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan delme kuvvetleri (Fz)

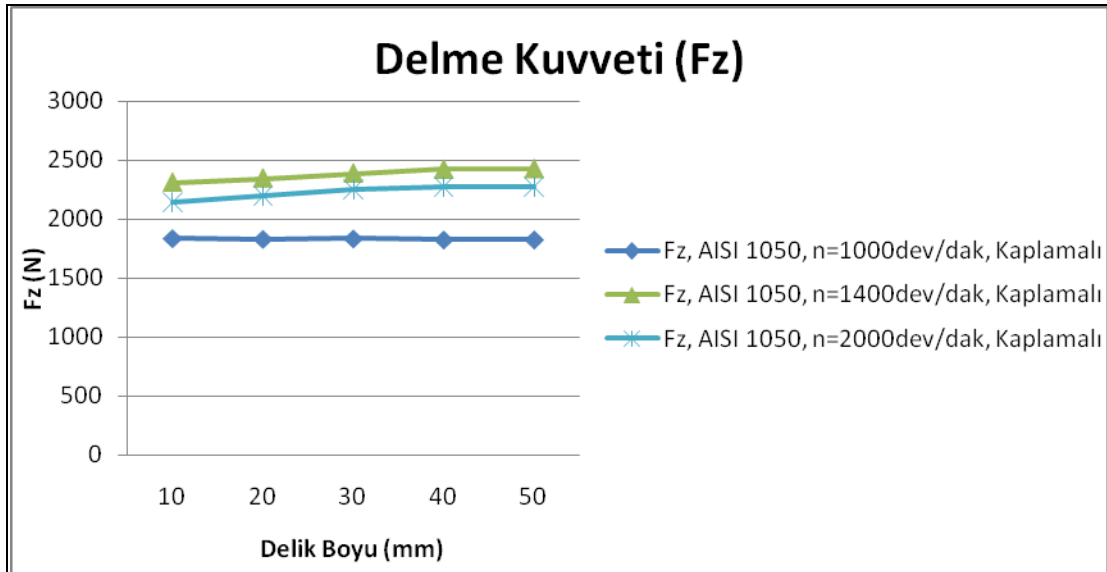


Şekil 7.56. CNC tornada 2000 dev/dak'da AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan delme kuvvetleri (Fz)

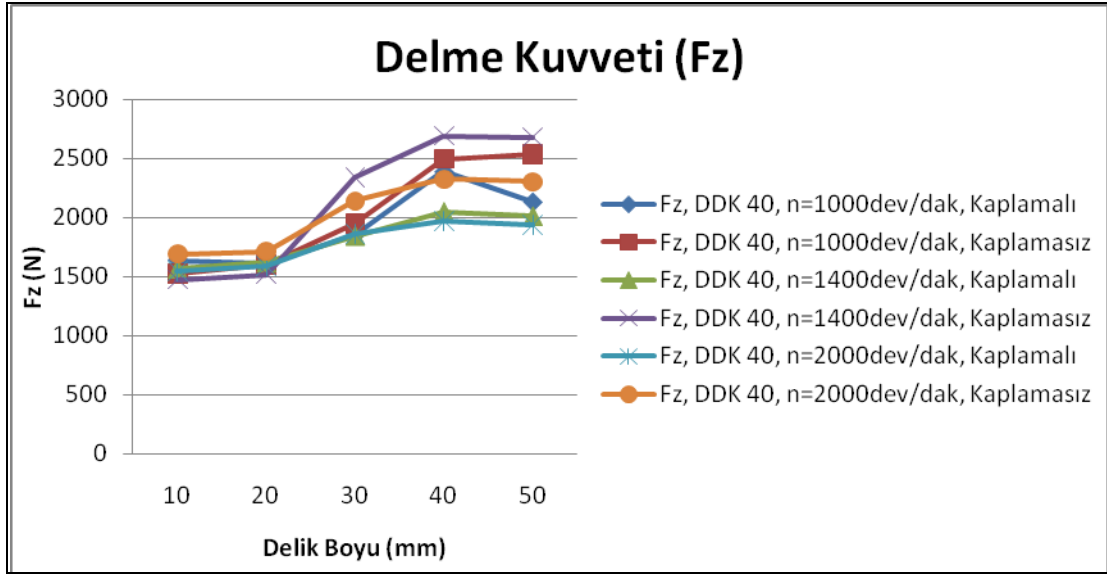
Şekil 7.57 – 7.62 arasında verilen grafikler CNC tornada 50 mm delinen delik boyunca Fz'in ilerleme karşısındaki değişimini göstermektedir.



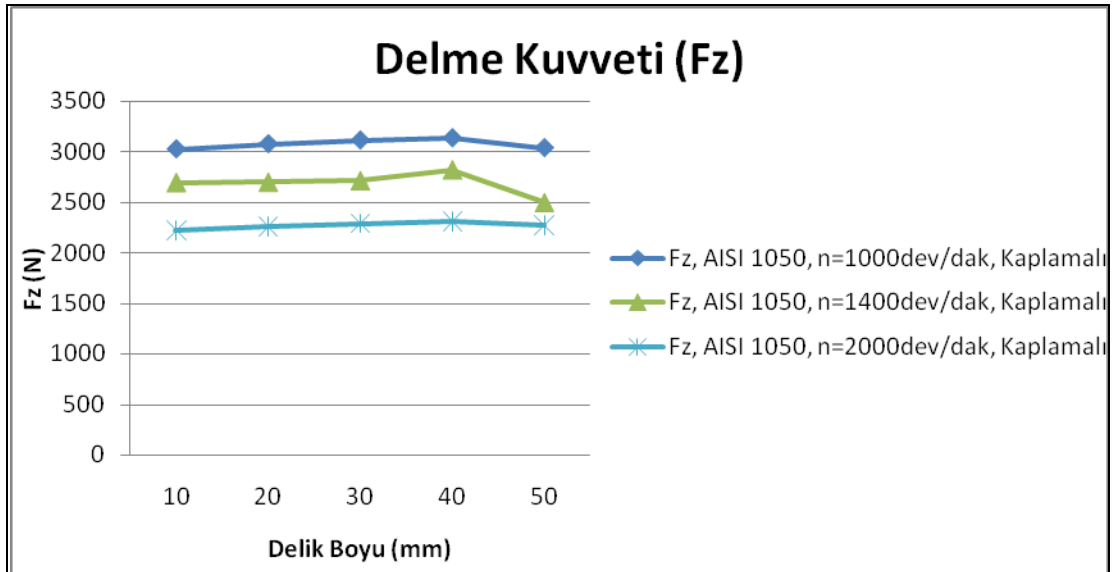
Şekil 7.57. CNC tornada 0.18 mm/dev’de DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan delme kuvvetleri (Fz)



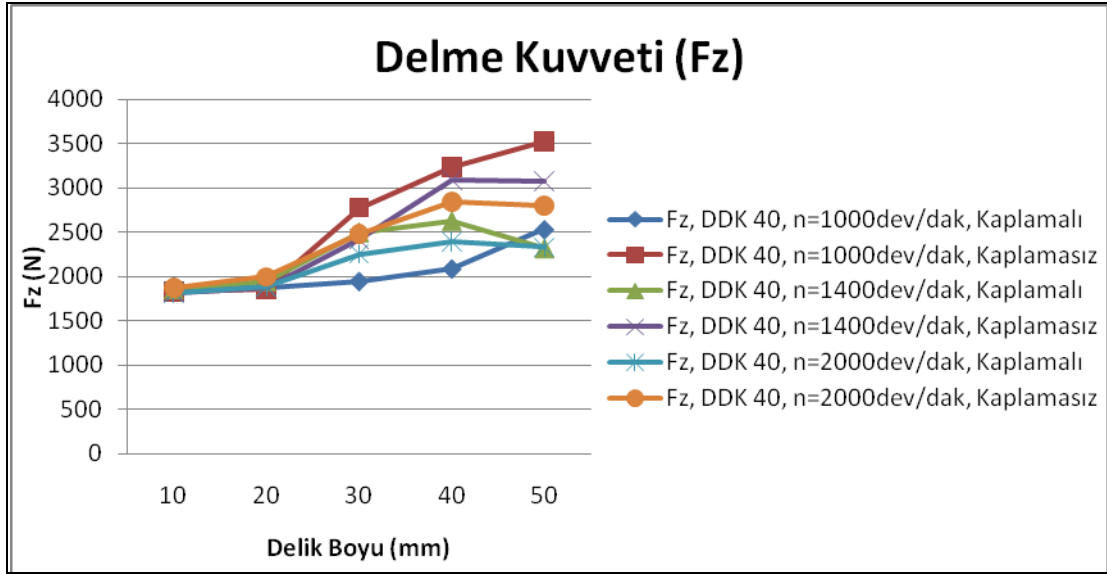
Şekil 7.58. CNC tornada 0.18 mm/dev’de AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan delme kuvvetleri (Fz)



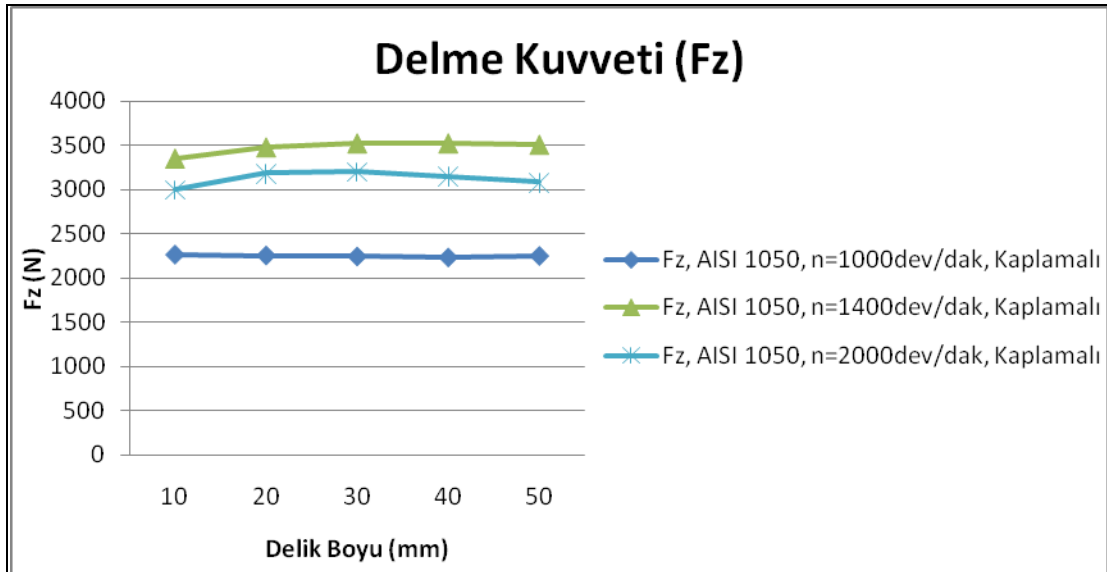
Şekil 7.59. CNC tornada 0.24 mm/dev’de DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan delme kuvvetleri (Fz)



Şekil 7.60. CNC tornada 0.24 mm/dev’de AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan delme kuvvetleri (Fz)

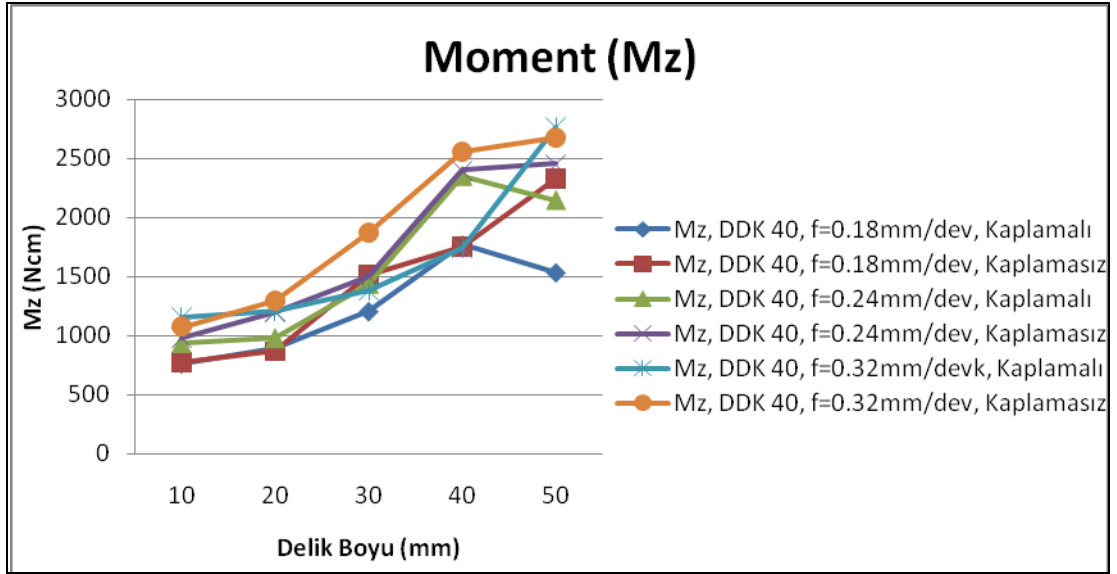


Şekil 7.61. CNC tornada 0.32 mm/dev’de DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan delme kuvvetleri (Fz)

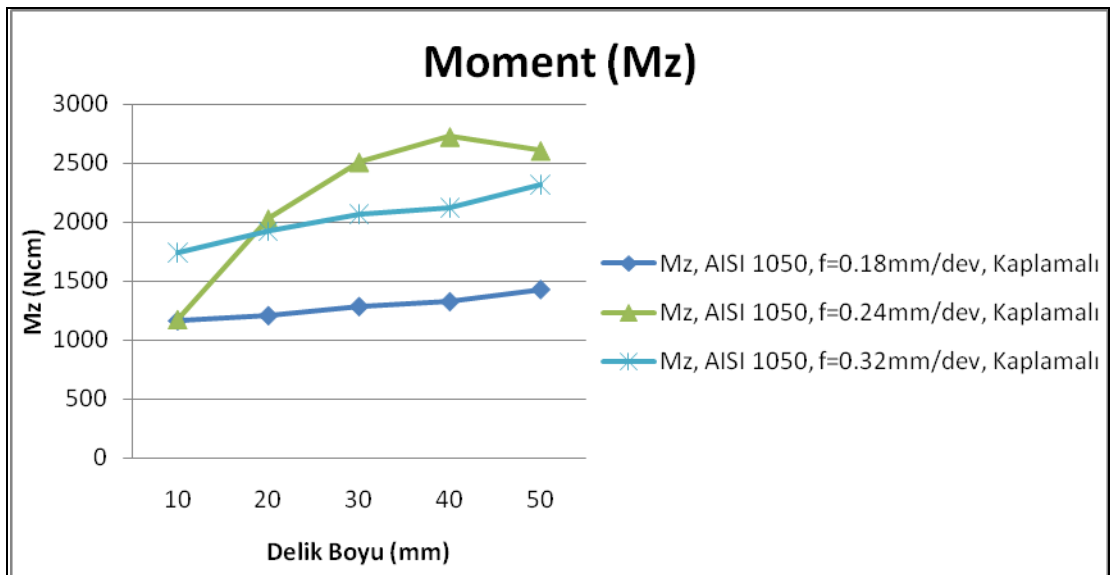


Şekil 7.62. CNC tornada 0.32 mm/dev’de AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan delme kuvvetleri (Fz)

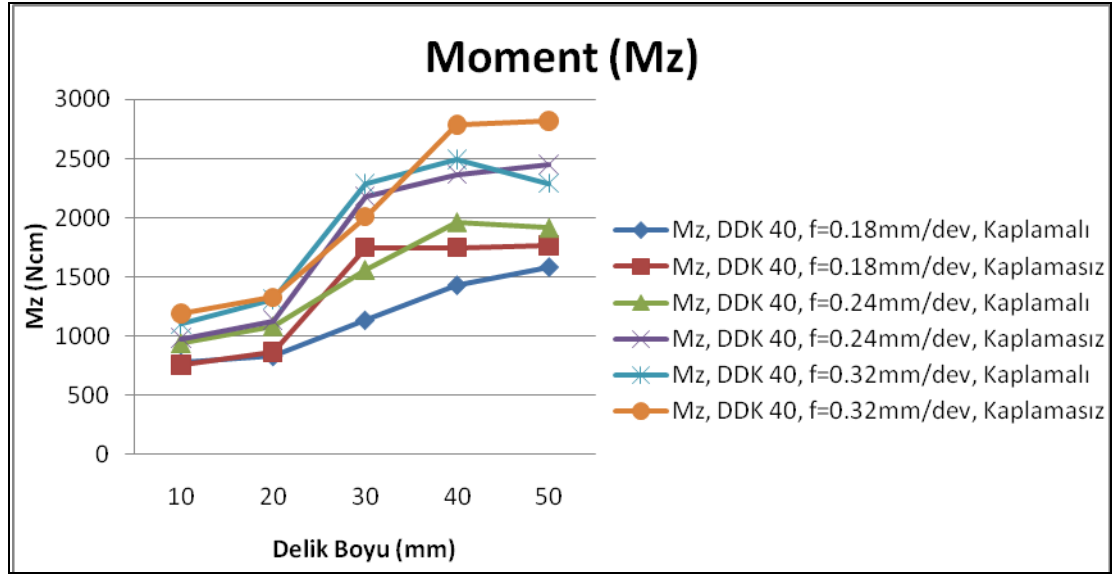
Şekil 7.63 – 7.68 arasında verilen grafikler CNC tornada 50 mm delinen delik boyunca M_z ’in devir karşısındaki değişimini göstermektedir.



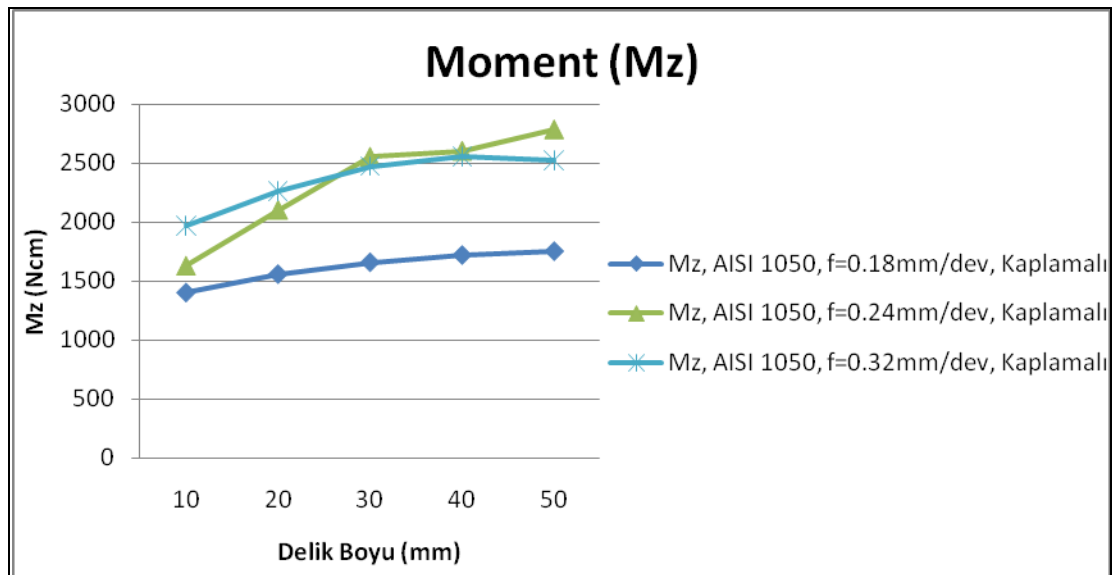
Şekil 7.63. CNC tornada 1000 dev/dak'da DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan momentler (Mz)



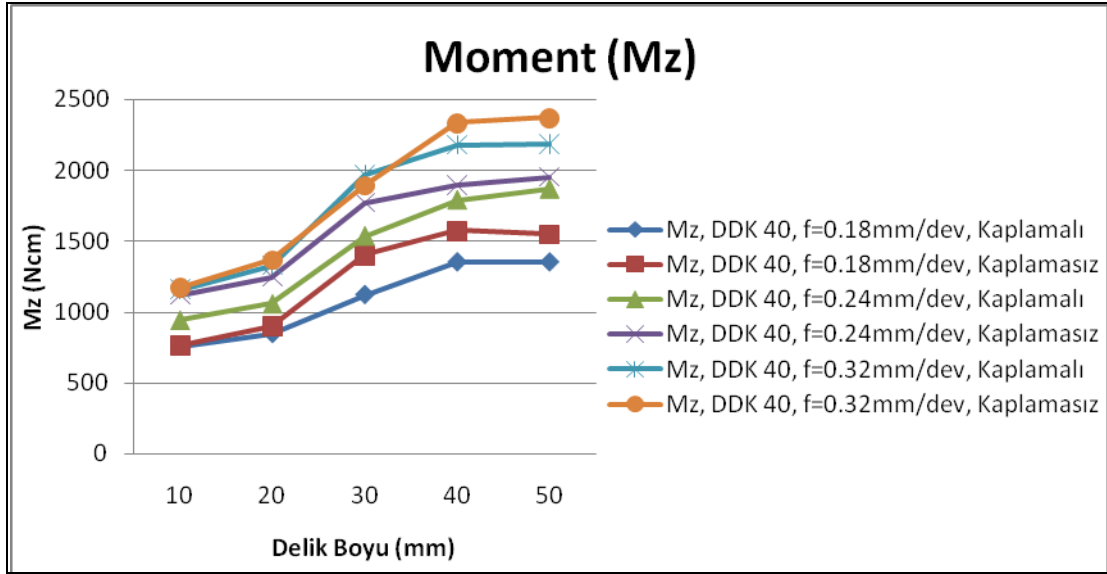
Şekil 7.64. CNC tornada 1000 dev/dak'da AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan momentler (Mz)



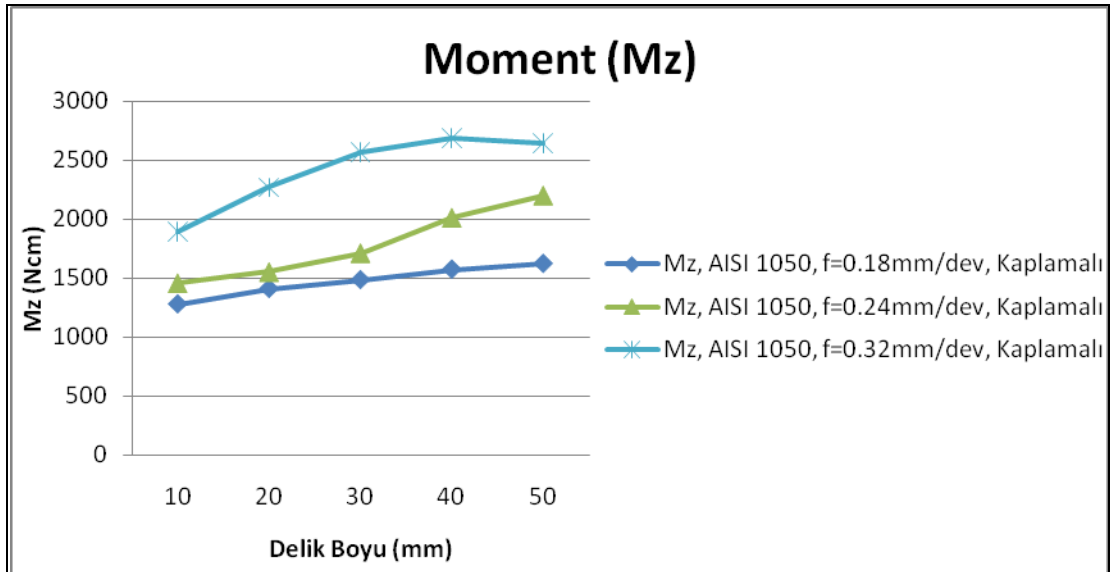
Şekil 7.65. CNC tornada 1400 dev/dak'da DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan momentler (Mz)



Şekil 7.66. CNC tornada 1400 dev/dak'da AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan momentler (Mz)

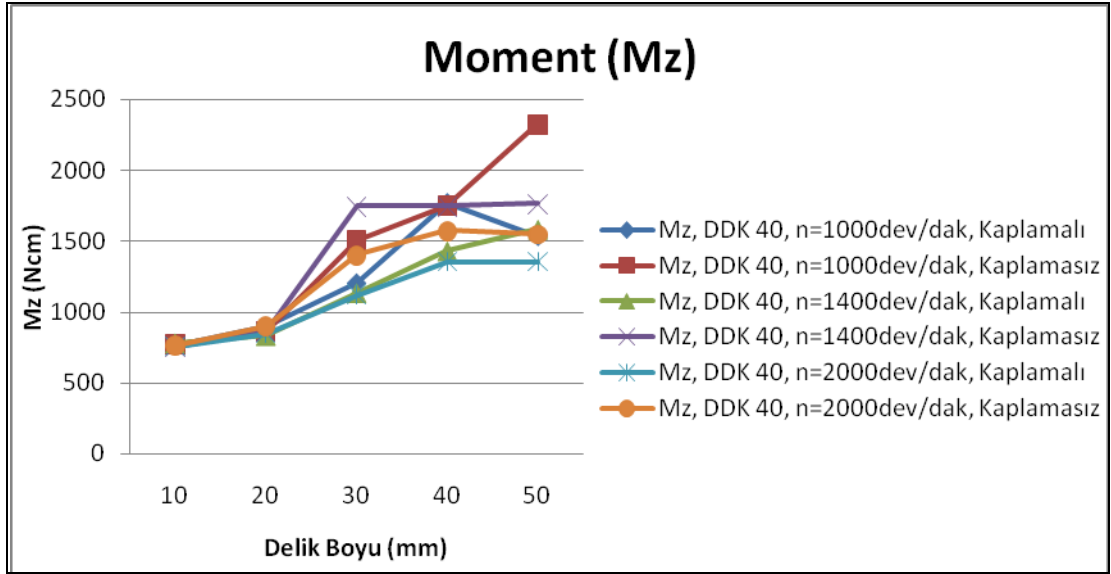


Şekil 7.67. CNC tornada 2000 dev/dak'da DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan momentler (Mz)

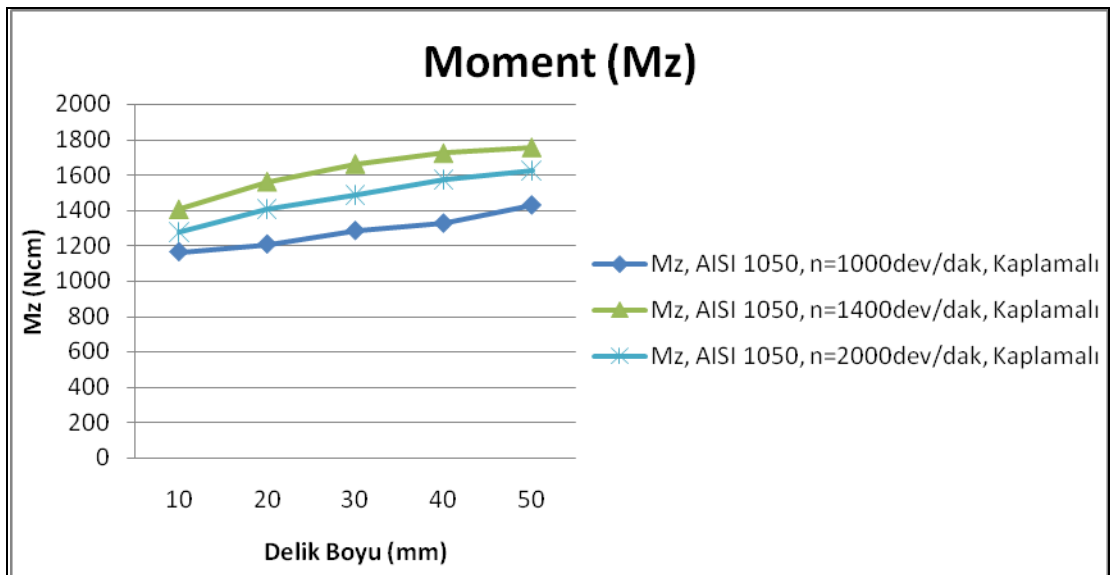


Şekil 7.68. CNC tornada 2000 dev/dak'da AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan momentler (Mz)

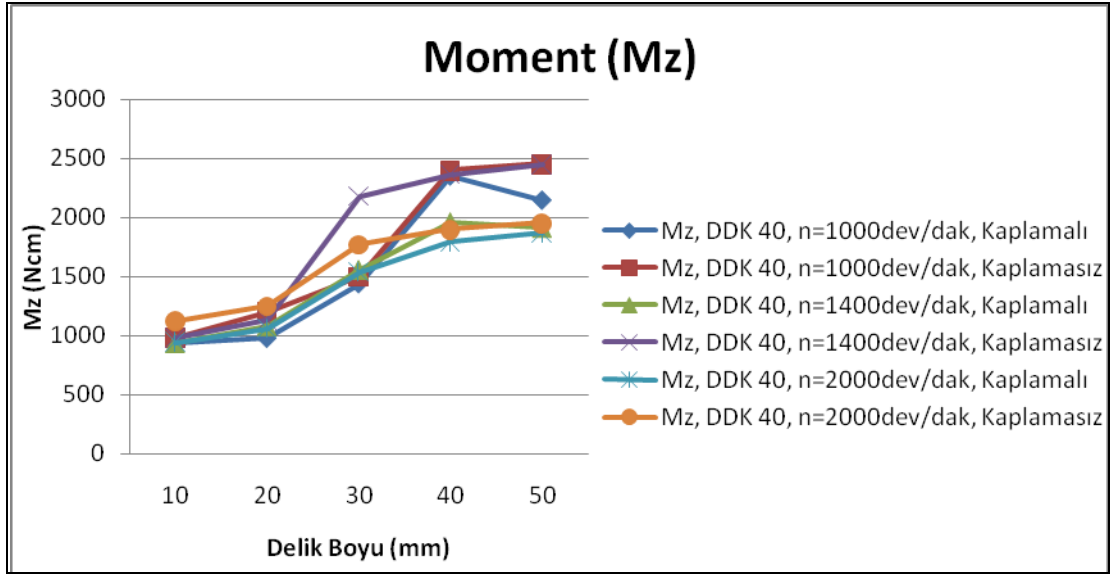
Şekil 7.69 – 7.74 arasında verilen grafikler CNC tornada 50 mm delinen delik boyunca Mz'in ilerleme karşısındaki değişimini göstermektedir.



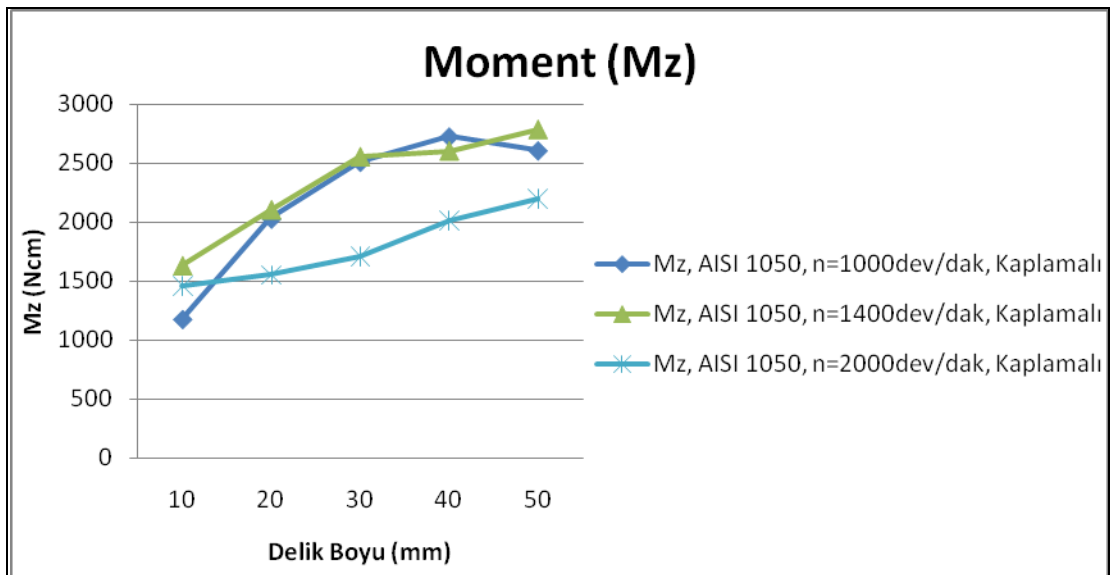
Şekil 7.69. CNC tornada 0.18 mm/dev’de DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan momentler (Mz)



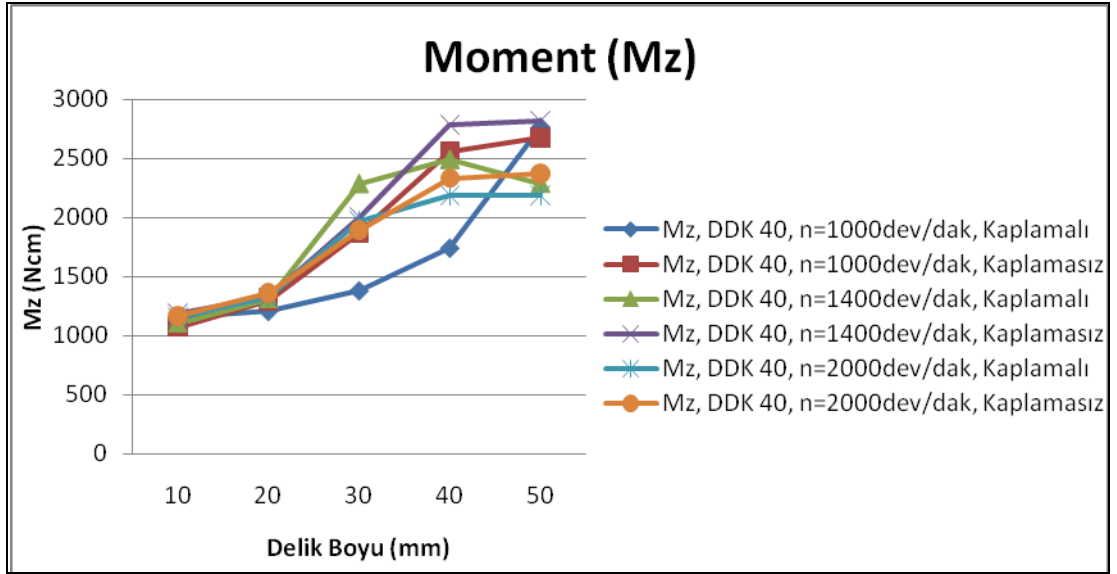
Şekil 7.70. CNC tornada 0.18 mm/dev’de AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan momentler (Mz)



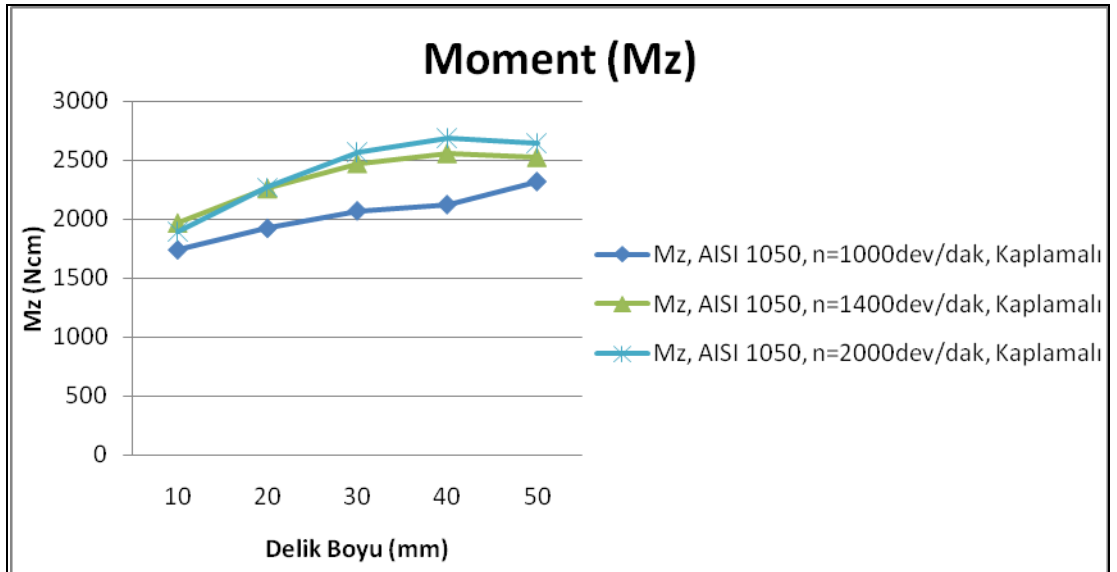
Şekil 7.71. CNC tornada 0.24 mm/dev’de DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan momentler (Mz)



Şekil 7.72. CNC tornada 0.24 mm/dev’de AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan momentler (Mz)



Şekil 7.73. CNC tornada 0.32 mm/dev'de DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan momentler (Mz)



Şekil 7.74. CNC tornada 0.32 mm/dev'de AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan momentler (Mz)

Sonuç olarak universal torna ve CNC tornada 50 mm delik boyunca verilen Fz ve Mz grafiklerine bakıldığında, sonuçlar birbirine yakın seyretmektedir. Bu da yapılan deneylerin doğruluğunu ispatlamaktadır.

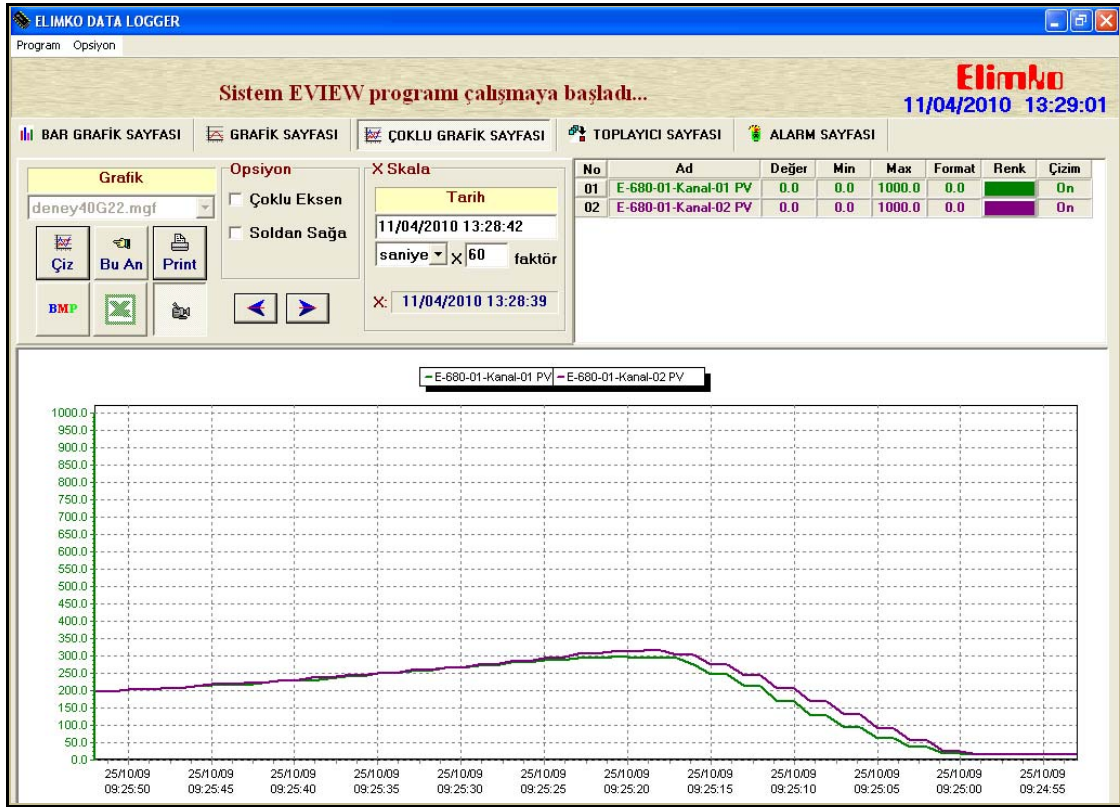
7.2. Sıcaklık

Torna tezgahında parçanın dönme hareketi ile birlikte, matkabın parçaya dalarak ilerlemesi gerekmektedir. Buna bağlı olarak etki-tepki prensibine göre, takımın iş parçasını kesmesine yönelik malzemenin gösterdiği direnç ve sürtünmeden dolayı bir ısı ortaya çıkmaktadır.

Kesintisiz delik delme yönteminde 50 mm delik derinliğine inmesi sırasında talaş sıkışmasına bağlı büyük ısı artışı olmaktadır. Dolayısı ile malzemenin delinmesinde belli bir derinlikten sonra kesici üzerinde talaş yapışması gerçekleşmektedir. Bu talaş yapışması sonucunda ısı artışı giderek artmaktadır. Bu durumda delik delme işlemi zorlaşmaktadır.

DDK 40 Malzemesi: Bu malzemenin delinmesi sırasında veri kaydedici ile ölçülen sıcaklık (°C) ait grafik aşağıda örnek olarak verilmiştir (Şekil 7.75).

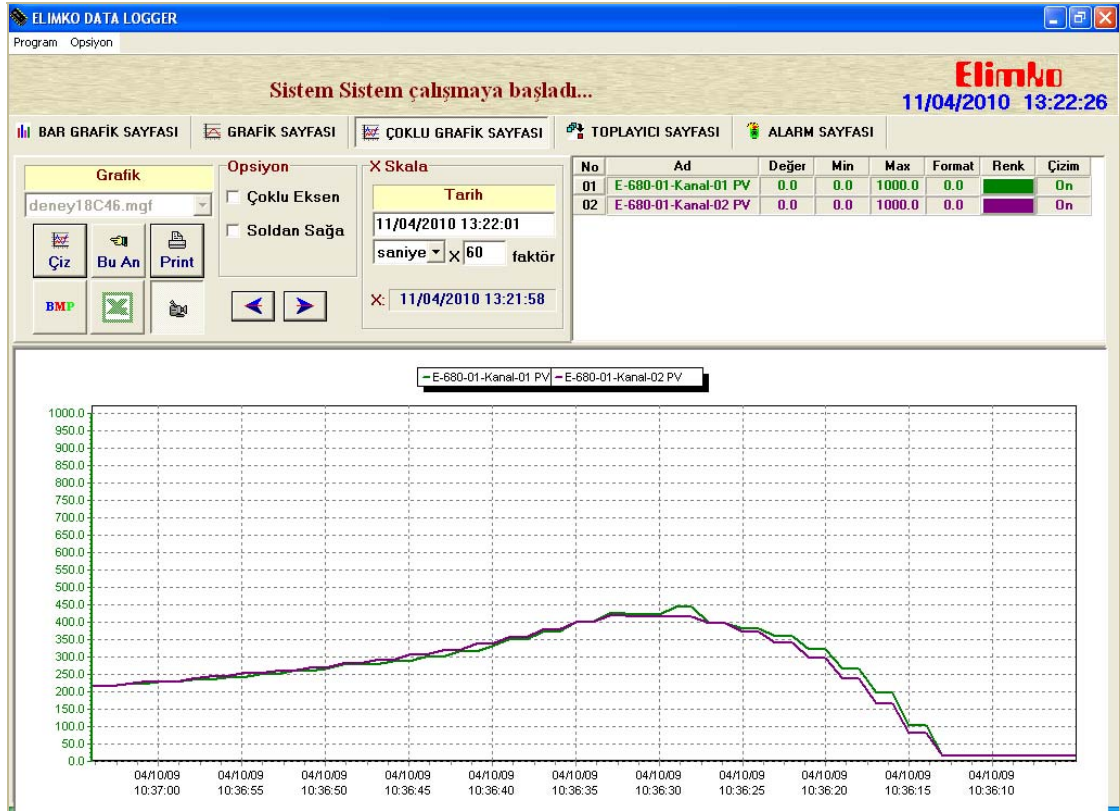
DDK 40 malzemesinin 50 mm delinmesi süresinde (delik başlangıcı ve bitişi arasında) zamana bağlı olarak sıcaklık artışı olmuştur. Dolayısı ile DDK 40 malzemesinin delinmesinde belli bir derinlikten sonra kesici üzerinde talaş yapışması gerçekleşmektedir. BUE yüzünden ısı artışları olmaktadır. Şekil 7.75'deki grafiğe bakıldığında sıcaklık 300°C çıkmış ve sonrasında ise düşmüştür. Sıcaklığın en yüksek değerlerde olduğu an kesici delik sonuna yaklaştığı an olmaktadır. Delik açıldıktan sonrada sıcaklık hızlı bir şekilde düşmeye başlamıştır.



Şekil 7.75. Üiversal tornada; $n=1000$ dev/dak, $f=0.18$ mm/dev, DDK 40 malzemesinin kaplamalı matkapla delinmesinde oluşan sıcaklık grafiği

Derin deliklerin açılmasında en büyük problem, talaşın dışarı atılmasındaki zorlukla birlikte artan ısıdır.

AISI 1050 Malzemesi: AISI 1050 malzemesi delinmesi sırasında veri kaydedici ile ölçülen sıcaklığa ($^{\circ}\text{C}$) ait grafik aşağıda örnek olarak verilmiştir (Şekil 7.76).



Şekil 7.76. Üniversal tornada; $n=1000$ dev/dak, $f=0.18$ mm/dev, AISI 1050 malzemesinin kaplamalı matkapla delinmesinde oluşan sıcaklık grafiği

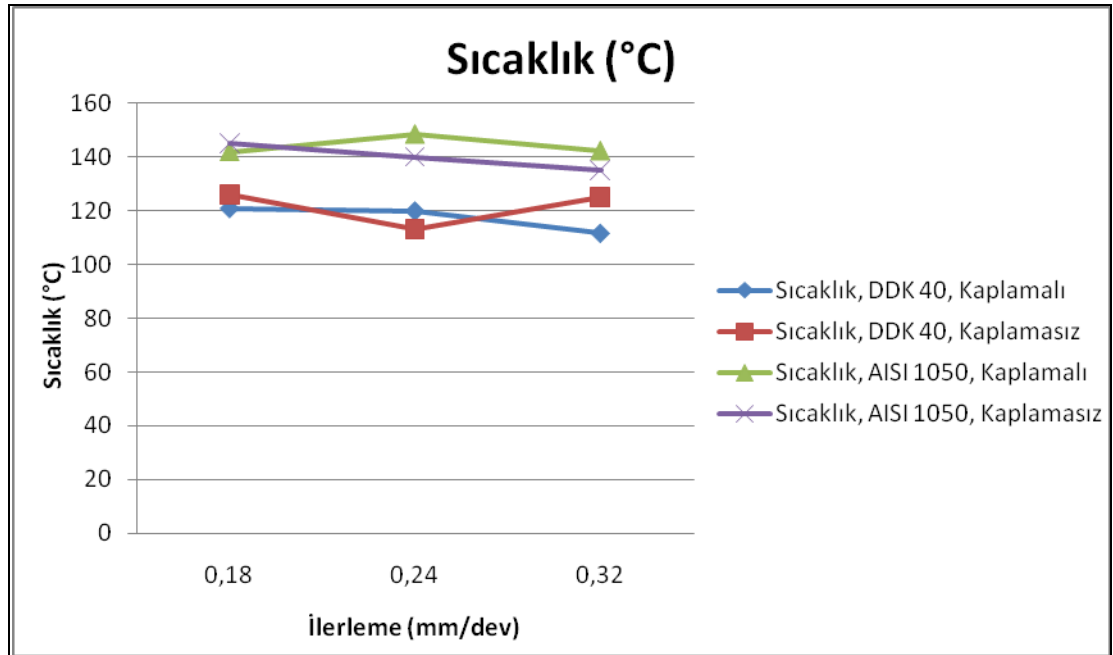
AISI 1050 malzemesinin matkapla 50 mm delinmesi sırasında talaş sıkışmasına bağlı büyük ısı artışı olmaktadır. Bunun yanı sıra ilerlemenin yüksek tutulması (0.32 mm/dev) durumunda, kesici helisel kanallarında sıkışan ve sertleşen talaşlar rahat bir şekilde dışarı atılamamıştır. Çünkü sıkışan talaşlar DDK 40 malzemesinde olduğu gibi ufalanamamaktadır. Çelik malzemede talaşların küçük parçalara ayrılması daha zordur.

Şekil 7.76'daki grafiğe bakıldığında AISI 1050 malzemesinin 50 mm delinmesi sırasında delik sonuna doğru sıcaklığın en yüksek değeri olan 450°C yaklaştığı, delik açıldıktan sonrada sıcaklığın hızlı bir şekilde düştüğü görülmektedir.

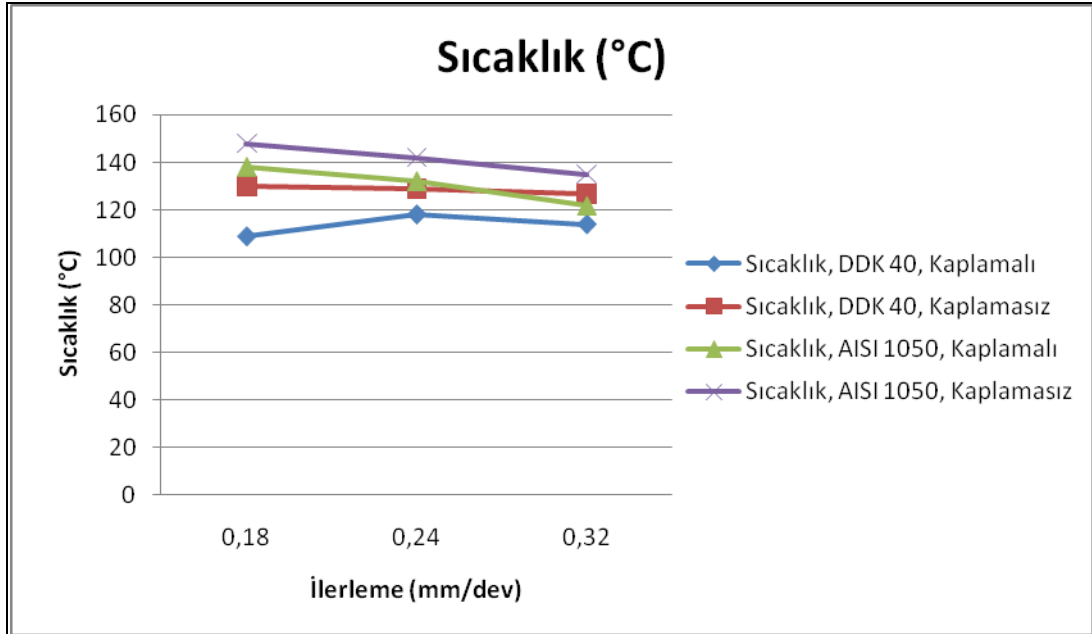
Küresel dökme demir (DDK 40) ve çelik (AISI 1050) iş parçaları üzerinde; helis açısı 30°, uç bileme açısı 140°, iki farklı kesici (kaplamalı ve kaplamsız karbür matkap), farklı iki tezgah (Üniversal ve CNC torna), farklı ilerleme hızları (0.18-

0.24-0.32 mm/dev) ve farklı devir (1000-1400-2000 dev/dak) ile soğutma sıvısı kullanılmadan delik delme işlemlerinde elde edilen sıcaklık (°C) grafikleri aşağıda sunulmuştur.

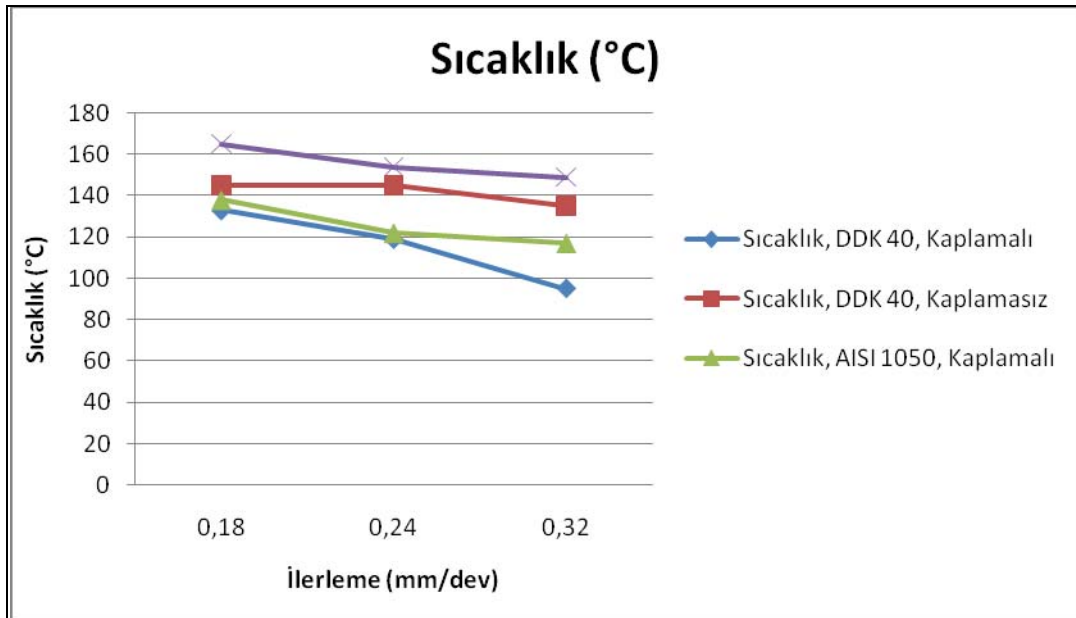
Şekil 7.77 – 7.79 arasında üniversal tornada elde edilen sıcaklığın ilerleme karşısındaki değişimi gösteren grafikler verilmiştir. Verilen grafiklerde, delme boyu olarak 20 mm alınmıştır. 20 mm delik boyu Fz ve Mz grafiklerde en düzenli değişimi verdiğinden kullanılmıştır. Sıcaklık içinde 20 mm delik boyuna karşılık gelen değer alınmıştır.



Şekil 7.77. Üniversal tornada 1000 dev/dak'da DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde ilerlemeye bağlı olarak oluşan sıcaklıklar (°C)



Şekil 7.78. Üniversal tornada 1400 dev/dak'da DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde ilerlemeye bağlı olarak oluşan sıcaklıklar (°C)

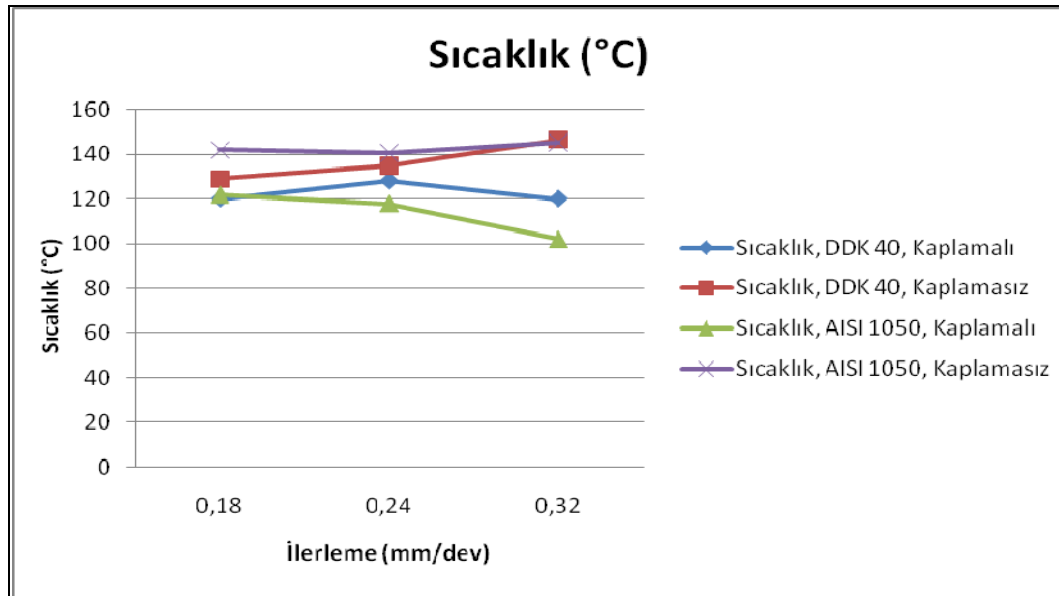


Şekil 7.79. Üniversal tornada 2000 dev/dak'da DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde ilerlemeye bağlı olarak oluşan sıcaklıklar (°C)

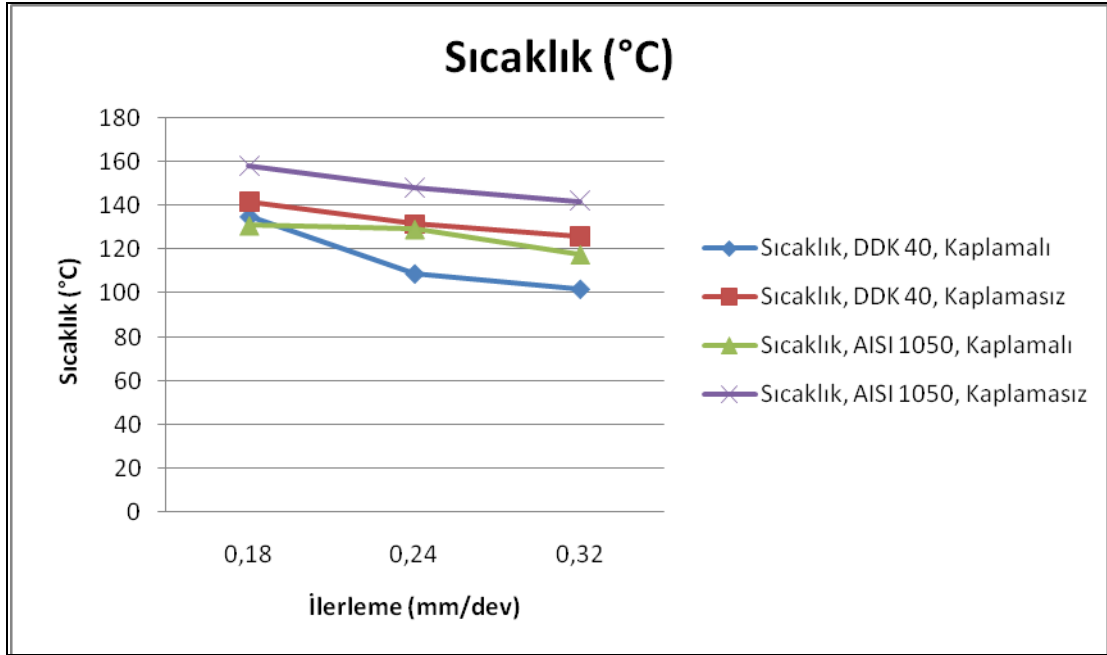
Yukarıdaki şekillerde görüldüğü üzere DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerini, kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delerken elde edilen sıcaklıklar 90 – 170 °C arasında meydana gelmiştir. DDK 40 malzemesi için elde edilen sıcaklıklar AISI 1050 malzemesinden daha düşüktür. Bunun sebebi olarak; DDK 40 malzemesinin döküm olması (yapısındaki küresel grafitlerden dolayı ısı iletkenliği iyidir) çıkan talaşların ufalanması ile matkabın helis kanallarından daha kolay dışarı atılabildiği (böylelikle ısıнын büyük kısmı dışarı atılmaktadır) söylenebilir.

AISI 1050 malzemesinin elastikiyeti daha büyük olduğundan kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinirken çıkan talaşlar DDK 40 malzemesi gibi ufalanmamaktadır. Buda çıkan talaşların matkabın helis kanallarından dışarı atılmasını zorlaştırmaktadır. Çıkan talaşlar matkap ile delik duvarı arasında sıkışmakta ve de matkap üzerine yapışmaktadır (BUE). Dolayısı ile bu durumda ısı artışı daha fazla olmaktadır.

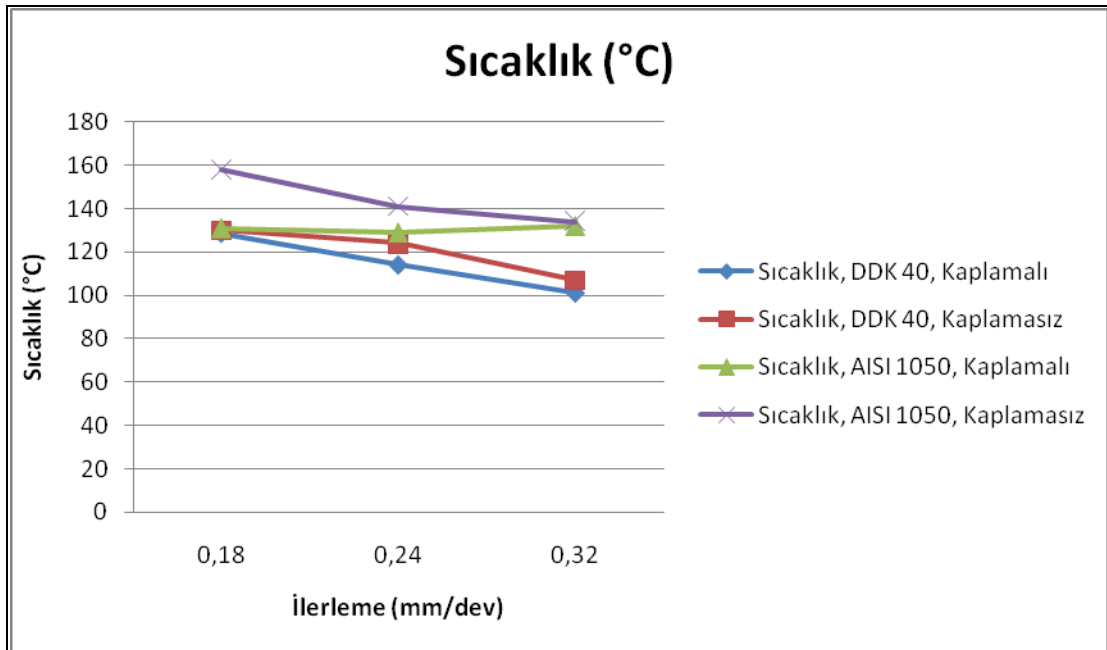
Şekil 7.80 – 7.82 arasında CNC tornada elde edilen sıcaklığın ilerleme karşısındaki değişimi gösteren grafikler verilmiştir.



Şekil 7.80. CNC tornada 1000 dev/dak'da DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde ilerlemeye bağlı olarak oluşan sıcaklıklar (°C)



Şekil 7.81. CNC tornada 1400 dev/dak'da DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde ilerlemeye bağlı olarak oluşan sıcaklıklar (°C)

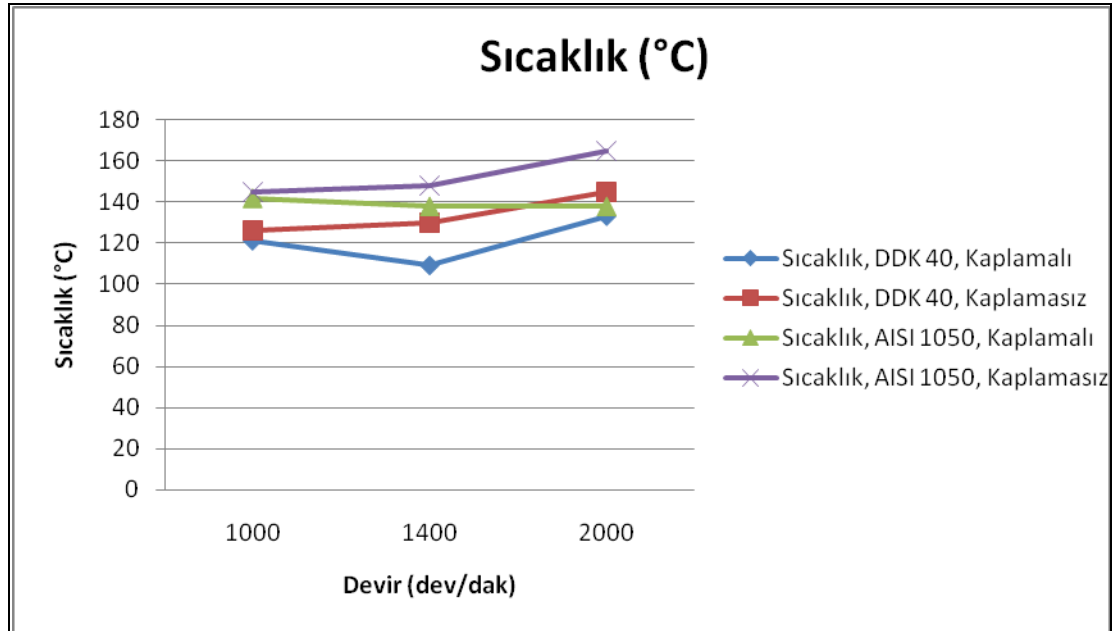


Şekil 7.82. CNC tornada 2000 dev/dak'da DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde ilerlemeye bağlı olarak oluşan sıcaklıklar (°C)

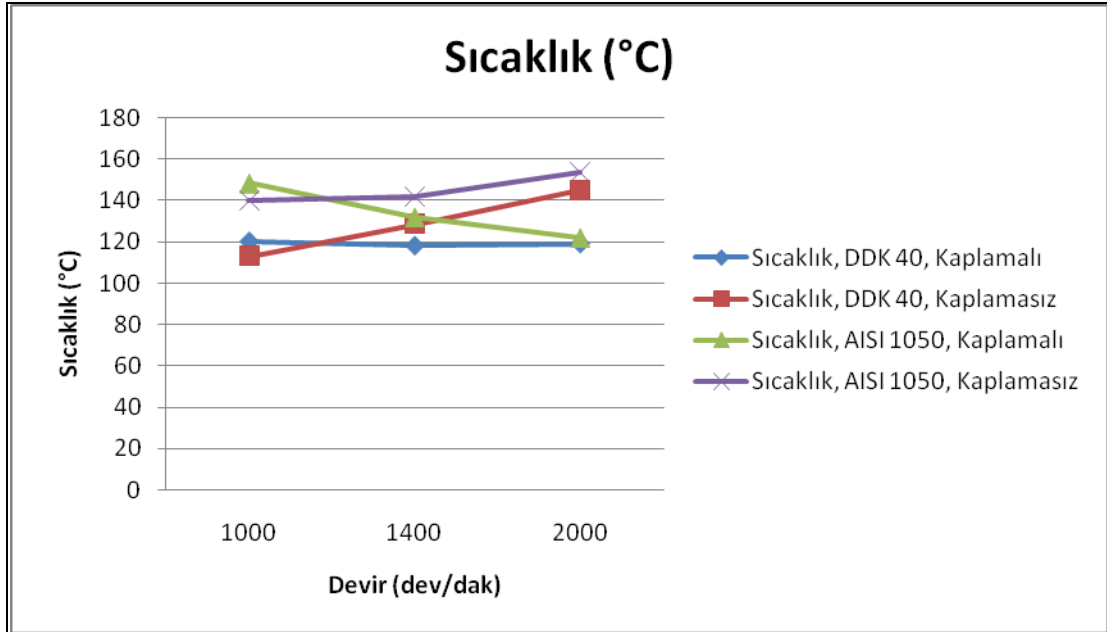
AISI 1050 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delerken oluşan ısı kaplamasızlarda daha yüksek çıkmıştır. Bunun nedeni olarak kaplamasız matkapların üzerine talaş yapışması (BUE) daha çok olmuştur.

DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerini delerken elde edilen ısı değerleri ilerleme arttıkça düşmüştür. Çünkü ilerlemenin artması ile delik delme süresi azalmakta, çıkan talaşların uzaklaştırılması (atılması) daha hızlı olmaktadır. Delik delme süresinin azalması ile matkabın her dönüşünde oluşan sürtünmeyi ve dolayısı ile ısıyı azaltmaktadır.

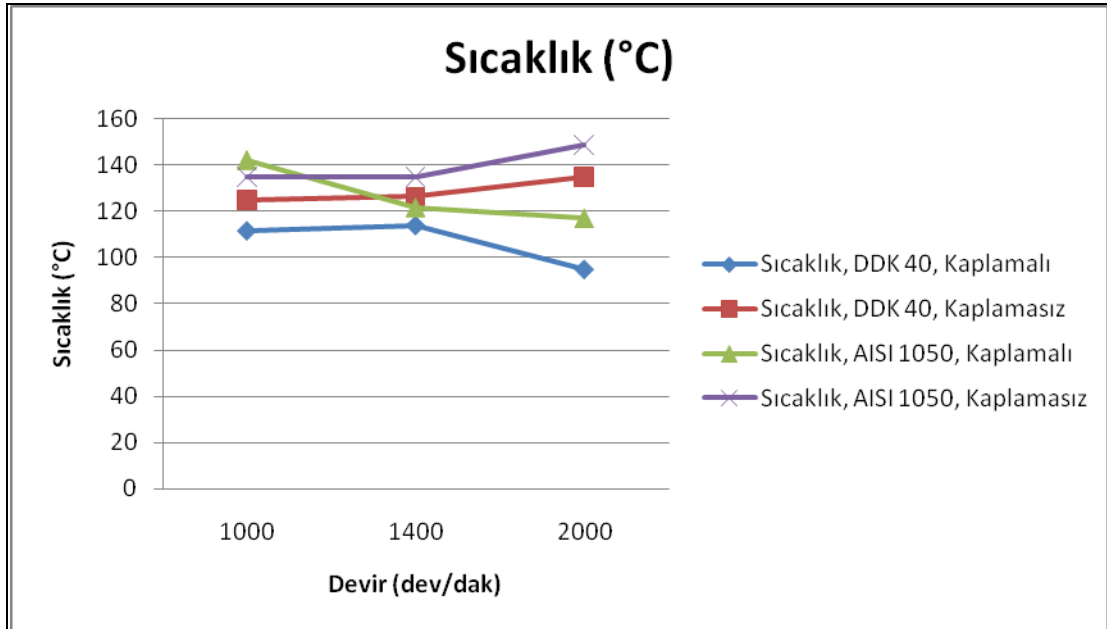
Yukarıda DDK 40 ve AISI 1050 malzemesi için ilerleme karşı sıcaklıklar değerlendirilmiş olup, aşağıda ise devire göre değerlendirmeler yapılmıştır. Şekil 7.83 – 7.85 arasında universal tornada elde edilen sıcaklığın devir karşısındaki değişimini gösteren grafikler verilmiştir.



Şekil 7.83. Üniversal tornada 0.18 mm/dev’de DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde devire bağlı olarak oluşan sıcaklıklar (°C)

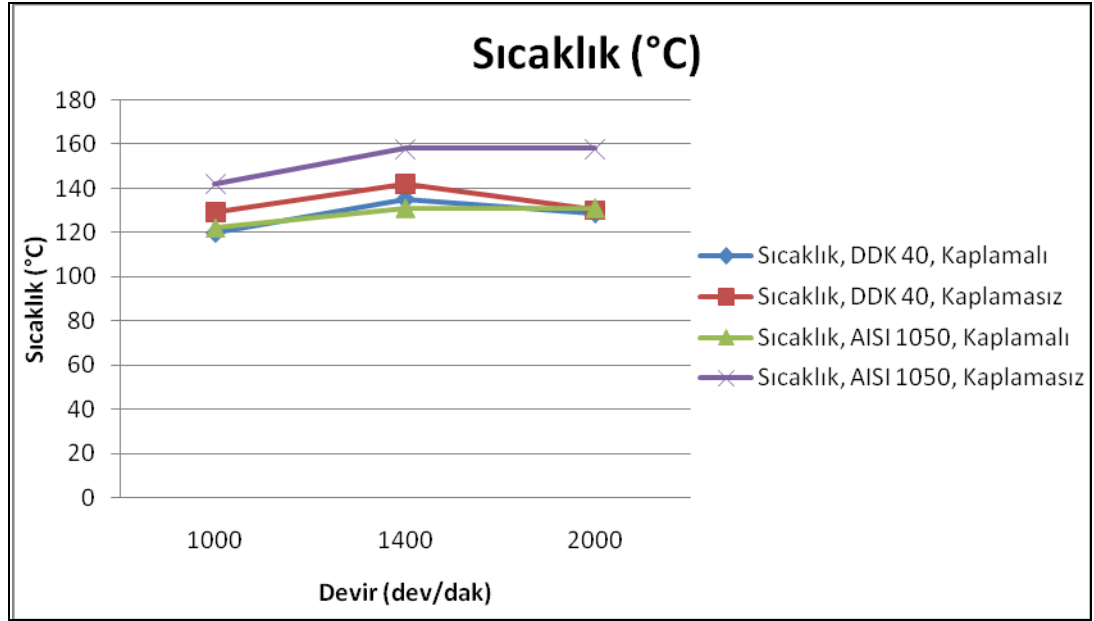


Şekil 7.84. Üniversal tornada 0.24 mm/dev’de DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde devire bağlı olarak oluşan sıcaklıklar (°C)

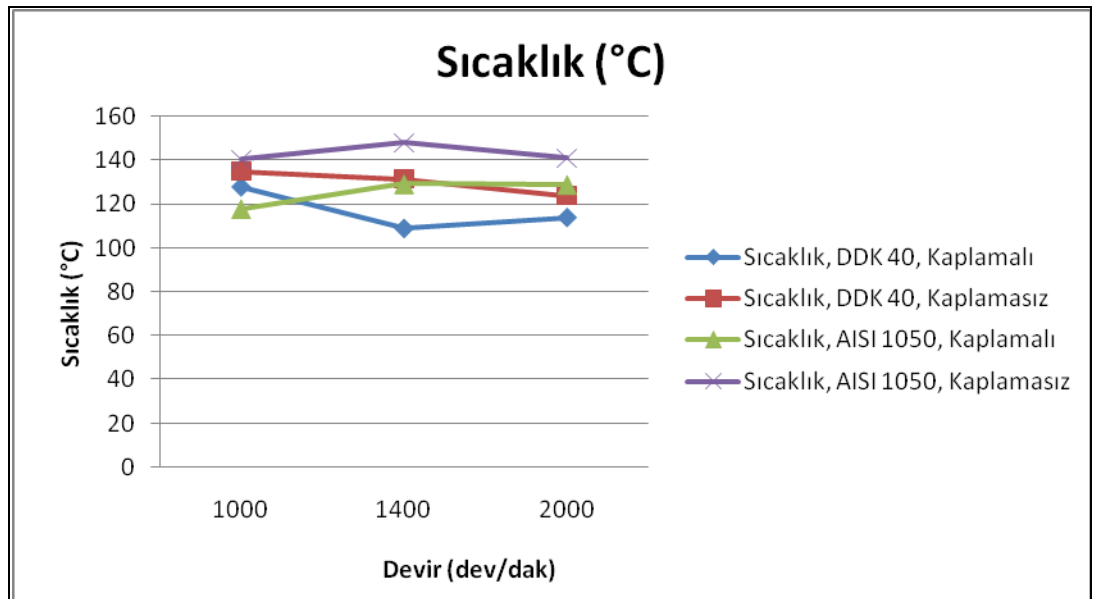


Şekil 7.85. Üniversal tornada 0.32 mm/dev’de DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde devire bağlı olarak oluşan sıcaklıklar (°C)

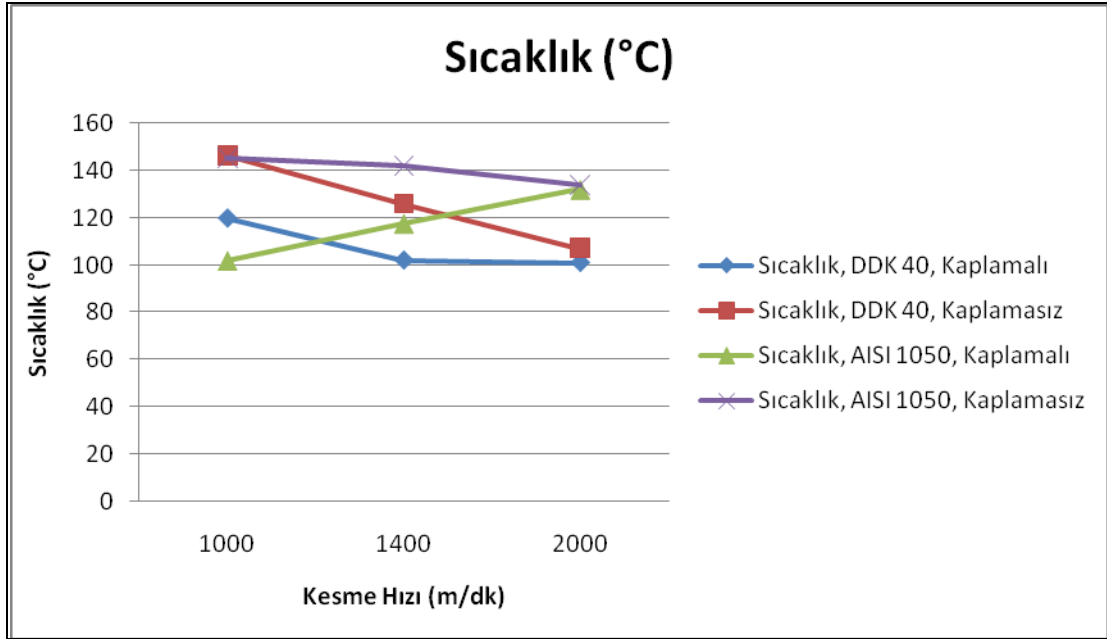
Şekil 7.86 – 7.88 arasında CNC tornada elde edilen sıcaklığın devir karşısındaki değişimini gösteren grafikler verilmiştir.



Şekil 7.86. CNC tornada 0.18 mm/dev’de DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde devire bağlı olarak oluşan sıcaklıklar (°C)



Şekil 7.87. CNC tornada 0.24 mm/dev’de DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde devire bağlı olarak oluşan sıcaklıklar (°C)



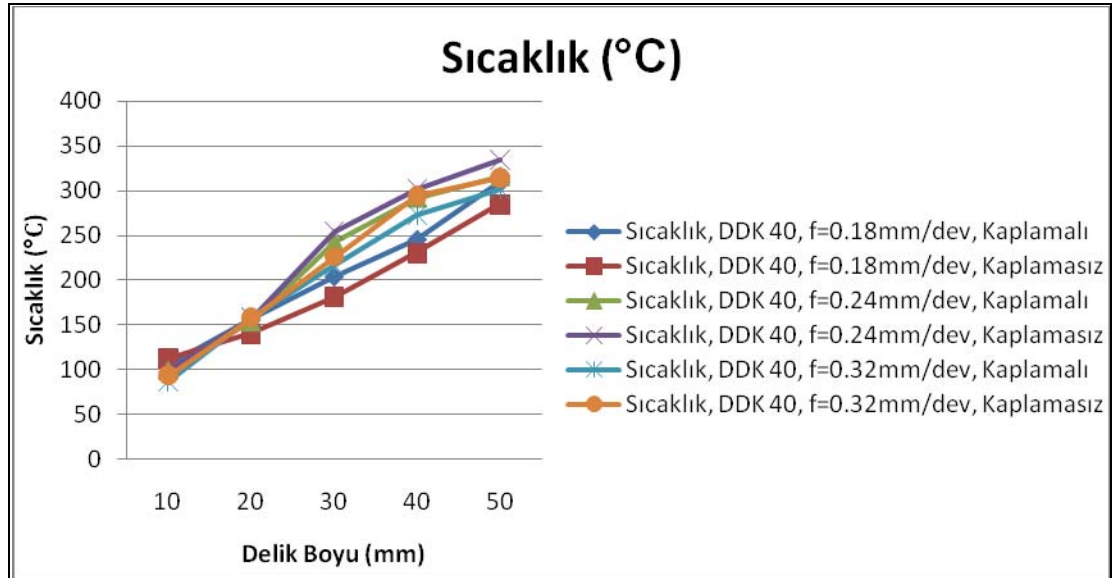
Şekil 7.88. CNC tornada 0.32 mm/dev’de DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde devire bağlı olarak oluşan sıcaklıklar (°C)

Devirin artması, DDK 40 ve AISI 1050 malzemesinde oluşan sıcaklık değerlerinde fazla değişime sebep olmamıştır.

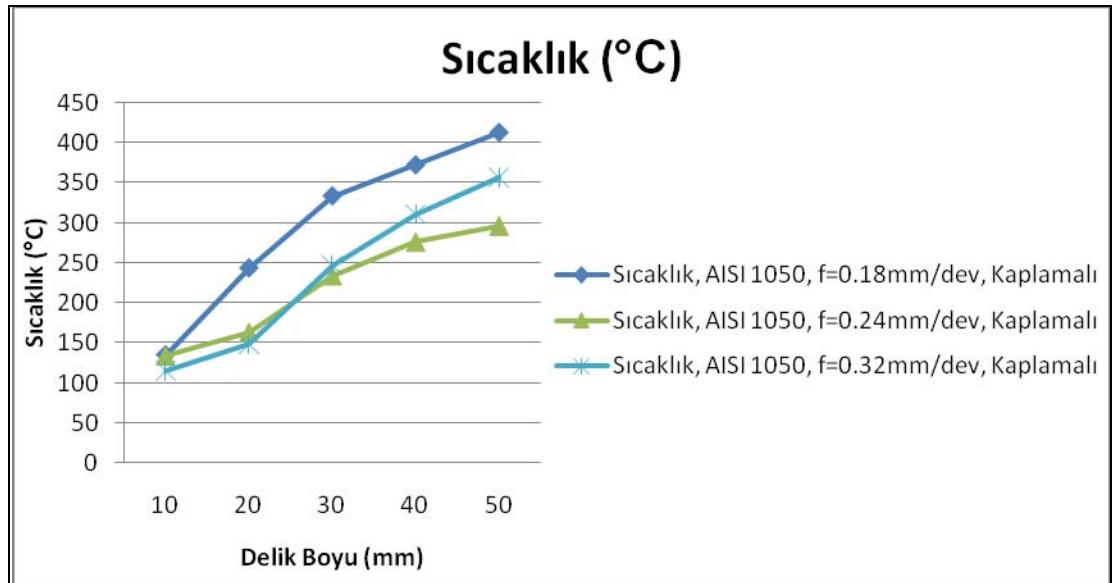
Yukarıdaki grafiklere bakıldığı zaman DDK 40 malzemesini delerken elde edilen sıcaklık değerlerinin ortalaması yaklaşık 100-150 °C’dir. AISI 1050 malzemesi için elde edilen sıcaklık değerleri 100-200 °C’dir. Bu durum sıcak değişim aralığının AISI 1050’nin DDK 40 malzemesine göre daha fazla büyük olduğunu göstermektedir. Çünkü AISI 1050 malzemesinin kopmaya ve kesilmeye karşı direnci DDK 40’a göre daha fazladır.

Aşağıda Şekil 7.89 – 7.112 arasında 50 mm botundaki deliğin her 10 mm’sinin delinmesi sırasında matkaba gelen sıcaklığın değişimi incelenmiştir. Grafikler, universal ve CNC torna tezgahları, ilerleme ve devir için ayrı ayrı düzenlenmiştir. Verilen grafiklerde, AISI 1050 malzemesi için sadece kaplamalı karbür matkaplar dikkate alınmıştır.

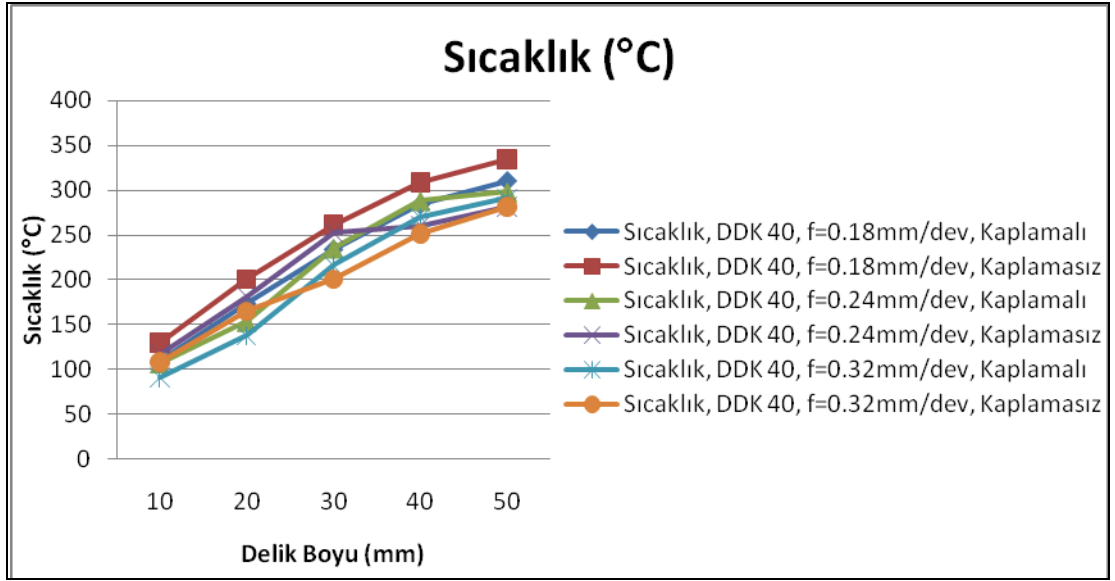
İlk olarak, Şekil 7.89 – 7.94'te üniversal torna tezgahı için ilerleme karşısında sıcaklığın değişimi DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerine yönelik ayrı ayrı verilmiştir.



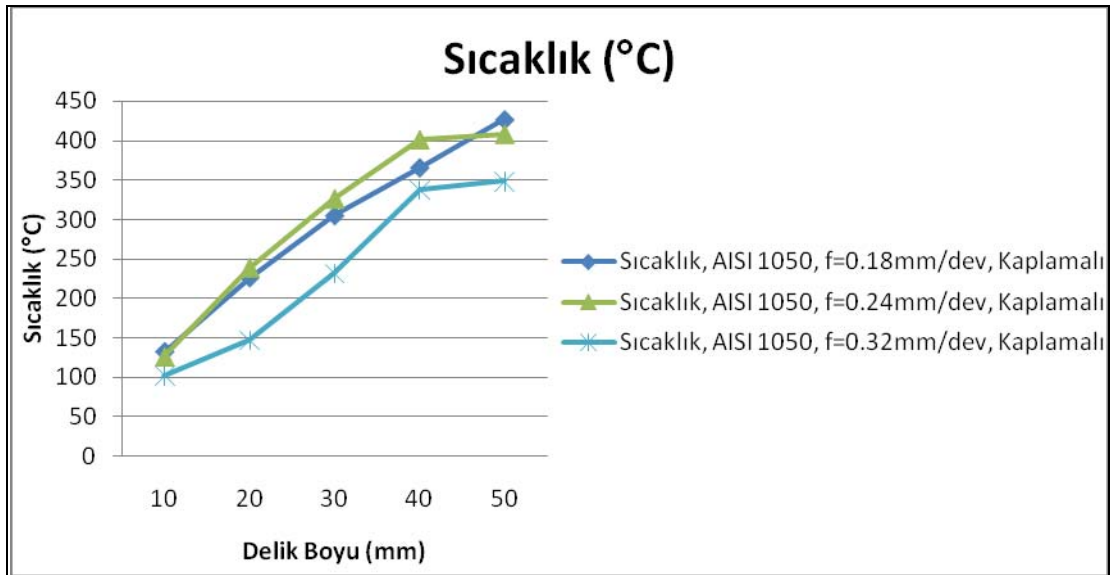
Şekil 7.89. Üniversal tornada 1000 dev/dak'da DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan sıcaklıklar (°C)



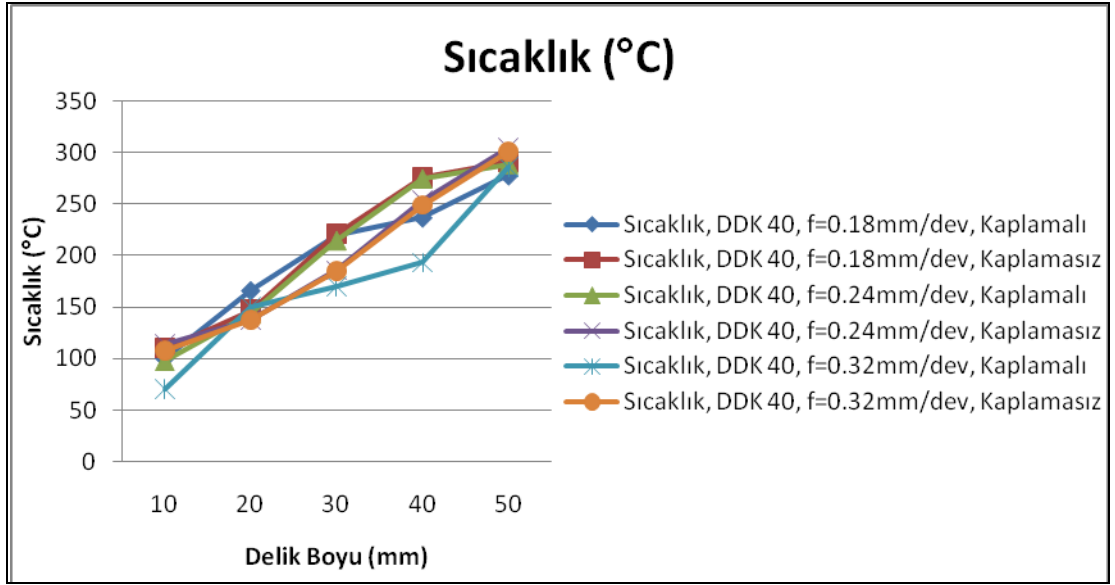
Şekil 7.90. Üniversal tornada 1000 dev/dak'da AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan sıcaklıklar (°C)



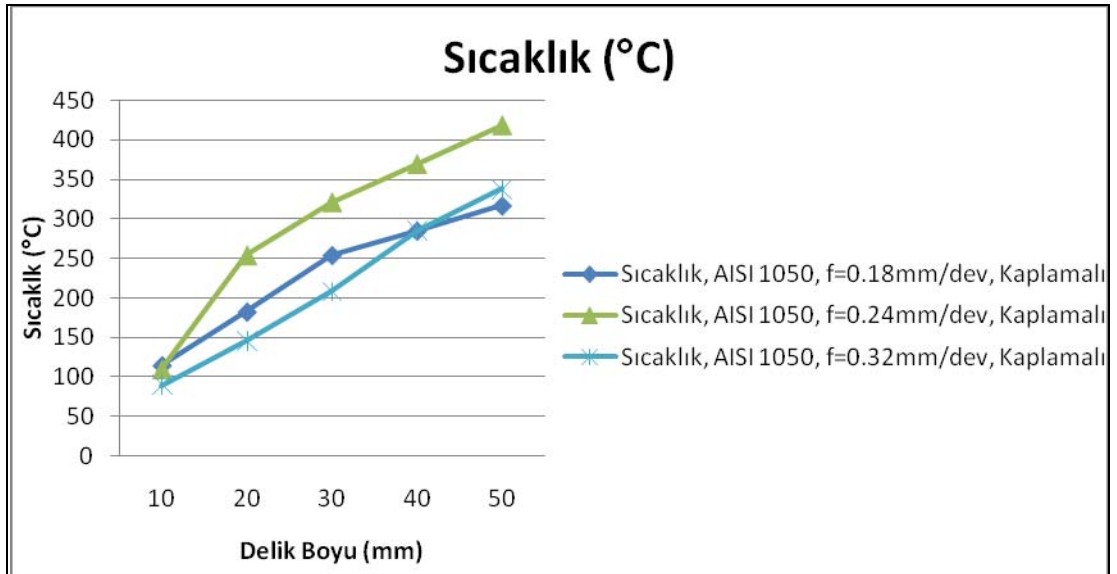
Şekil 7.91. Üniversal tornada 1400 dev/dak'da DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan sıcaklıklar (°C)



Şekil 7.92. Üniversal tornada 1400 dev/dak'da AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan sıcaklıklar (°C)

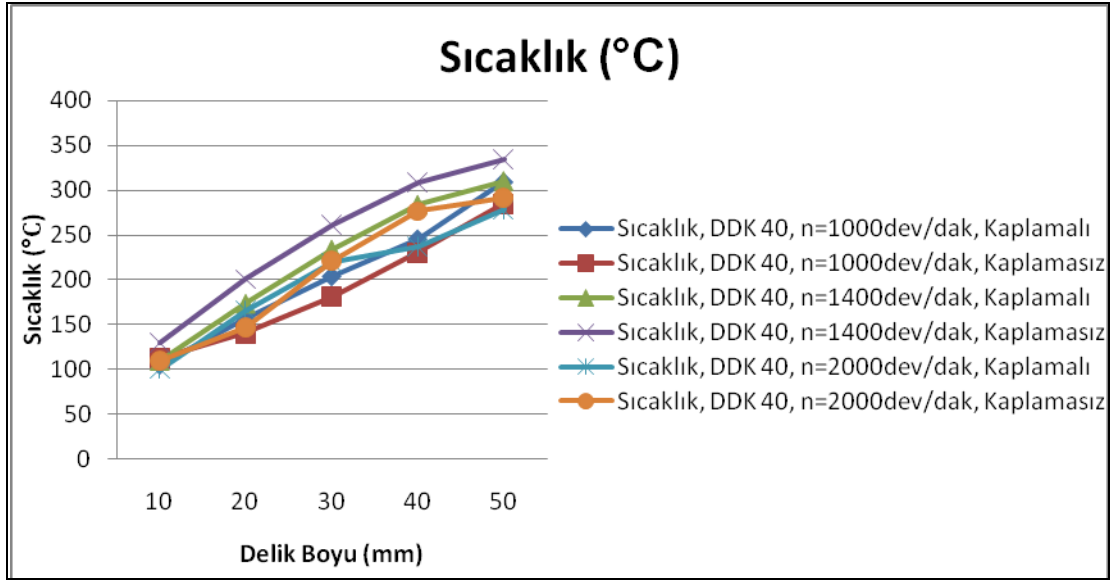


Şekil 7.93. Üniversal tornada 2000 dev/dak'da DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan sıcaklıklar (°C)

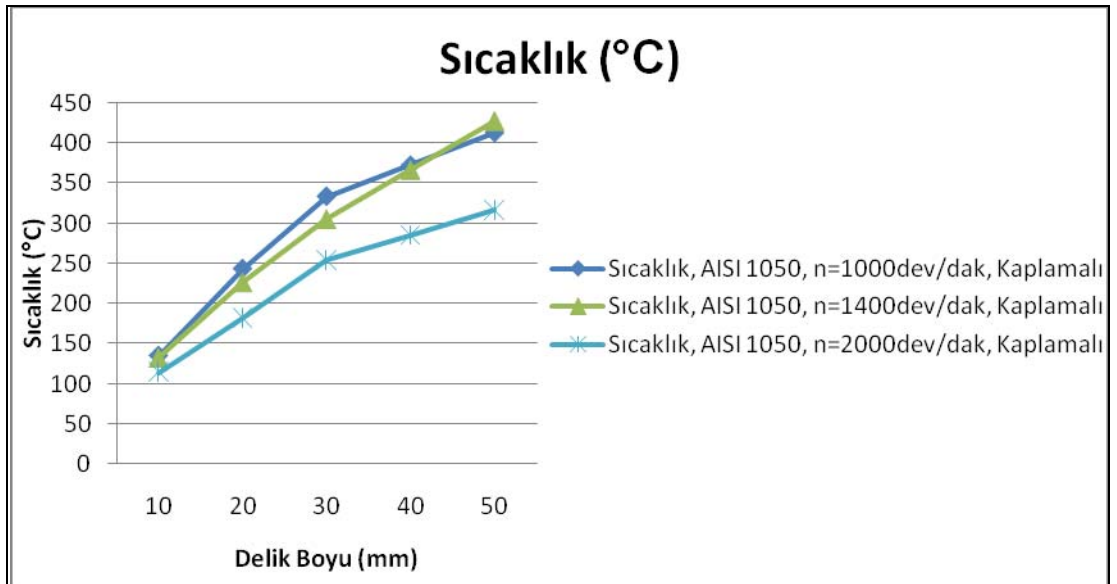


Şekil 7.94. Üniversal tornada 2000 dev/dak'da AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan sıcaklıklar (°C)

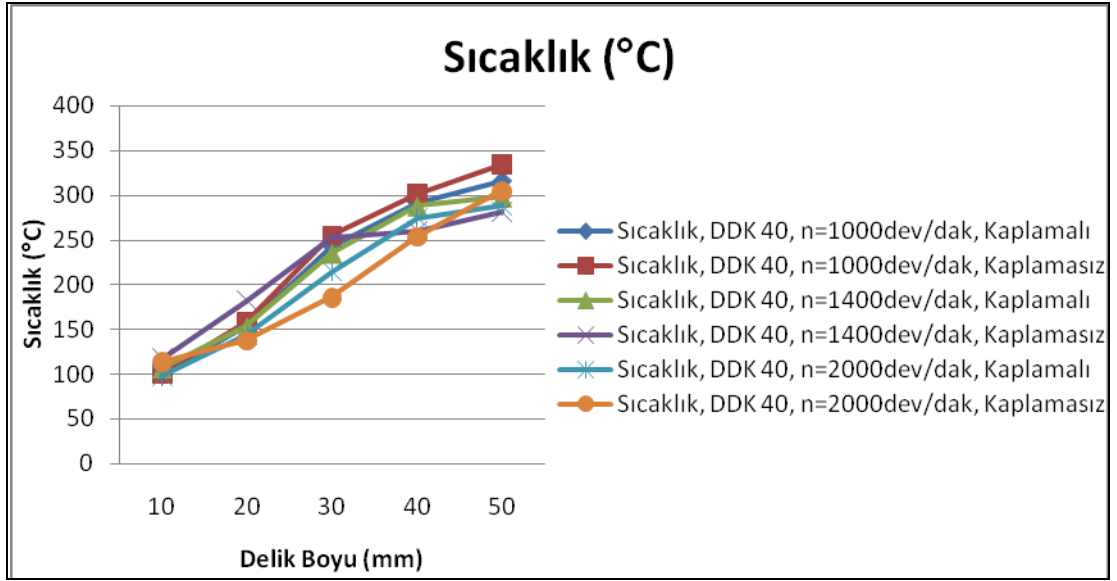
Şekil 7.95 – 7.100 arasında kullanılan üç farklı devir karşısında her iki malzeme grubu için sıcaklık değişimi verilmiştir.



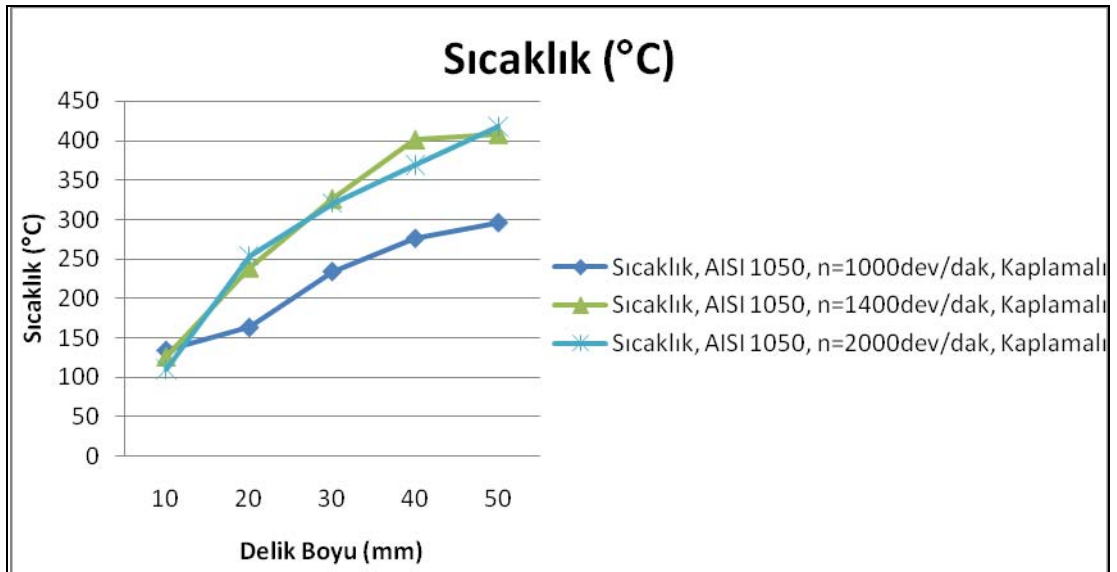
Şekil 7.95. Üniversal tornada 0.18 mm/dev'de DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan sıcaklıklar (°C)



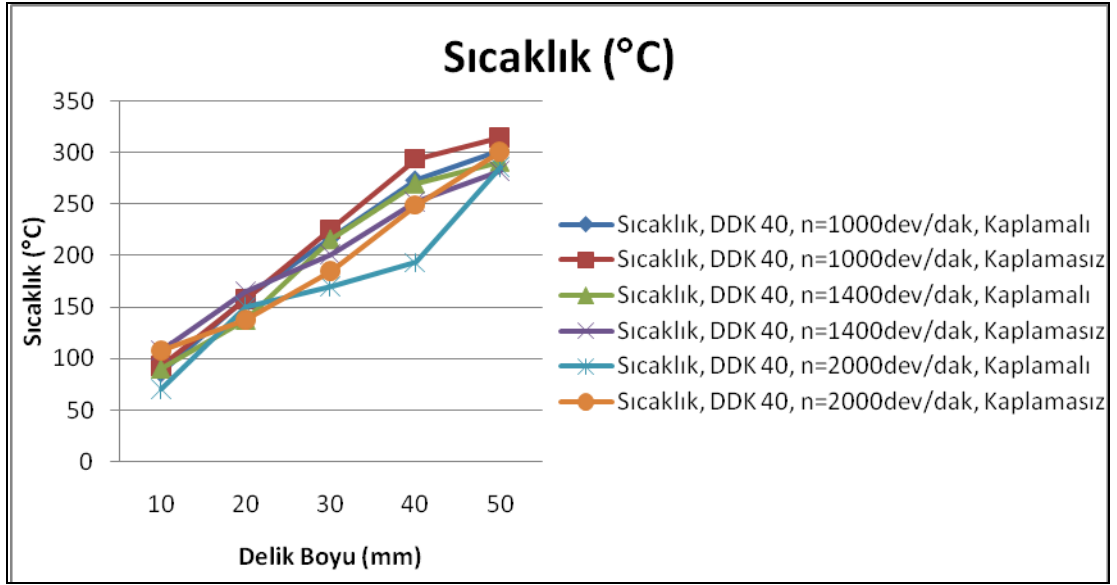
Şekil 7.96. Üniversal tornada 0.18 mm/dev'de AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan sıcaklıklar (°C)



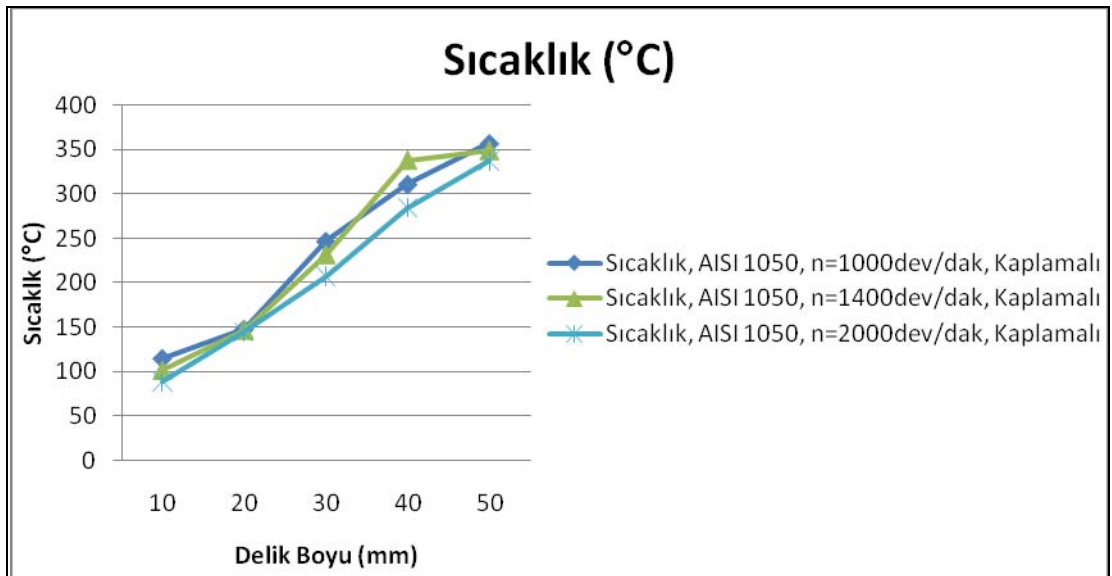
Şekil 7.97. Üniversal tornada 0.24 mm/dev'de DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan sıcaklıklar (°C)



Şekil 7.98. Üniversal tornada 0.24 mm/dev'de AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan sıcaklıklar (°C)

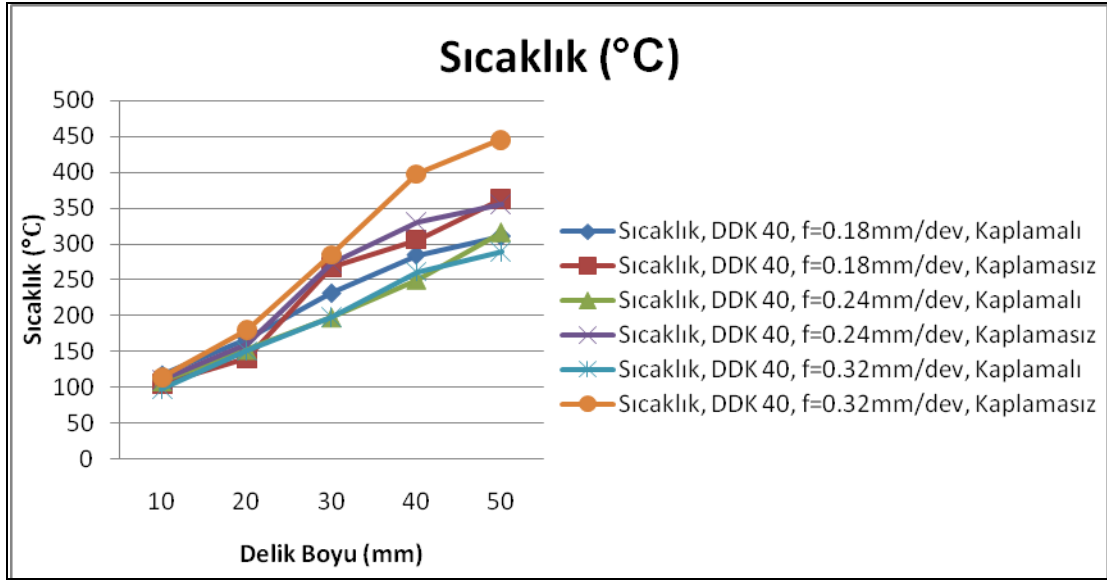


Şekil 7.99. Üniversal tornada 0.32 mm/dev'de DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan sıcaklıklar (°C)

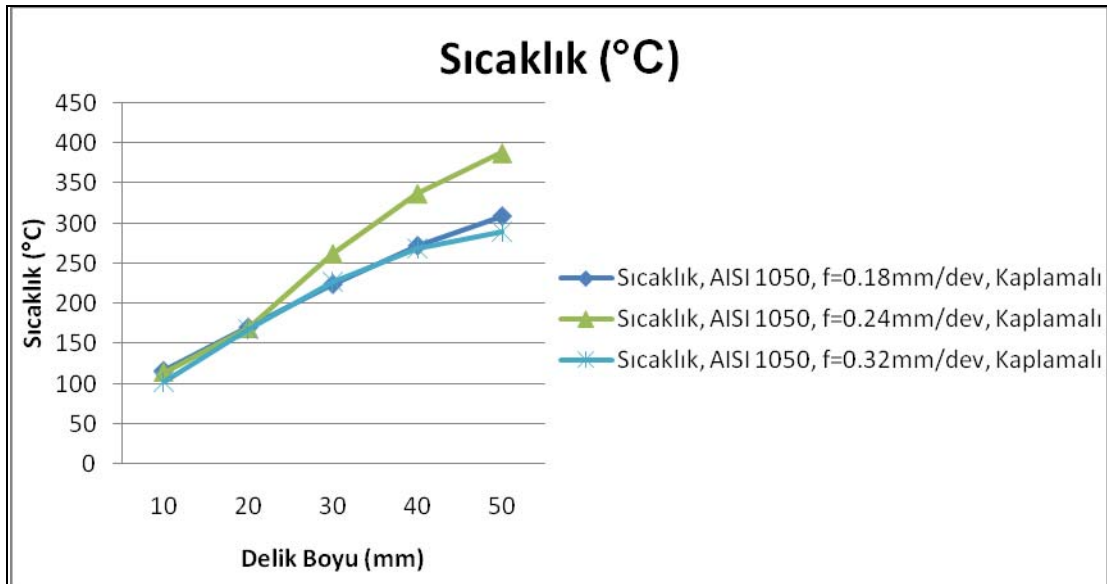


Şekil 7.100. Üniversal tornada 0.32 mm/dev'de AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan sıcaklıklar (°C)

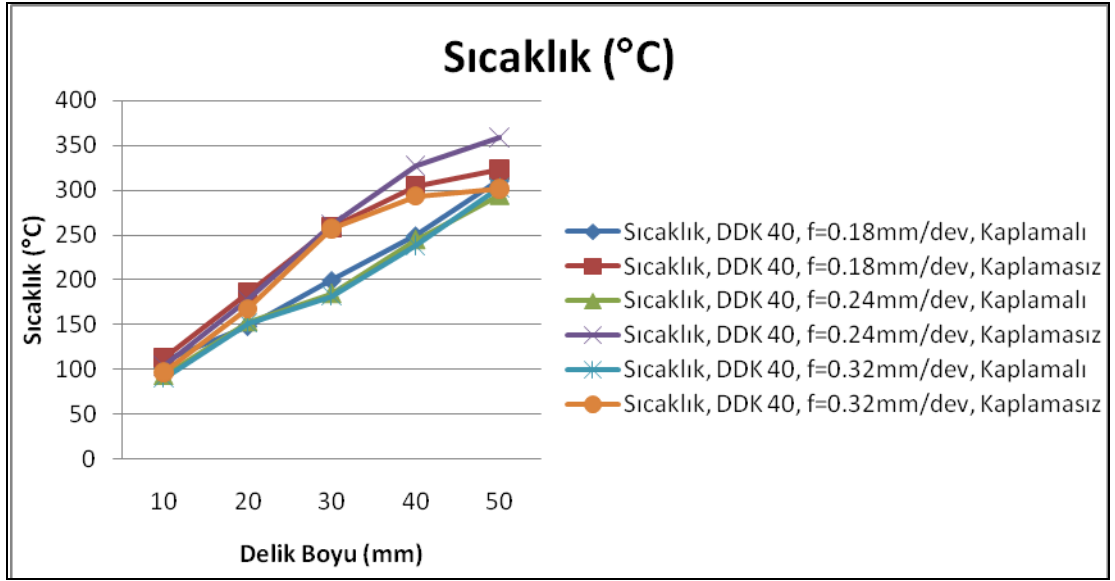
Şekil 7.101 – 7.112'de ise CNC torna tezgahında sıcaklığın ilerleme ve devir karşısındaki değişimi verilmiştir. Verilen grafiklerden Şekil 7.101 – 7.106 arasındaki ilerleme karşısındaki değişimleri göstermektedir.



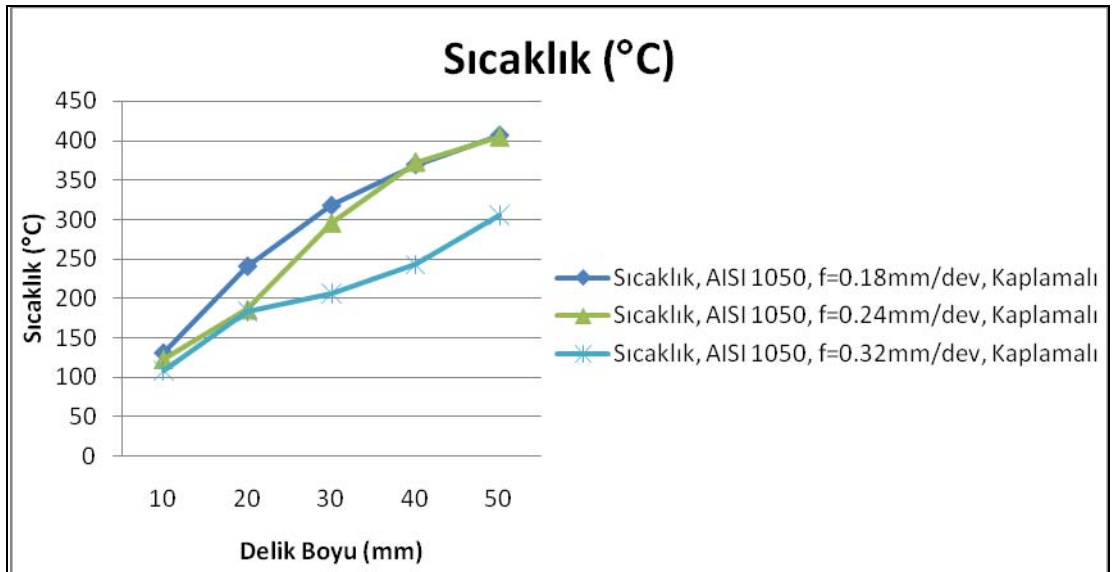
Şekil 7.101. CNC tornada 1000 dev/dak'da DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan sıcaklıklar (°C)



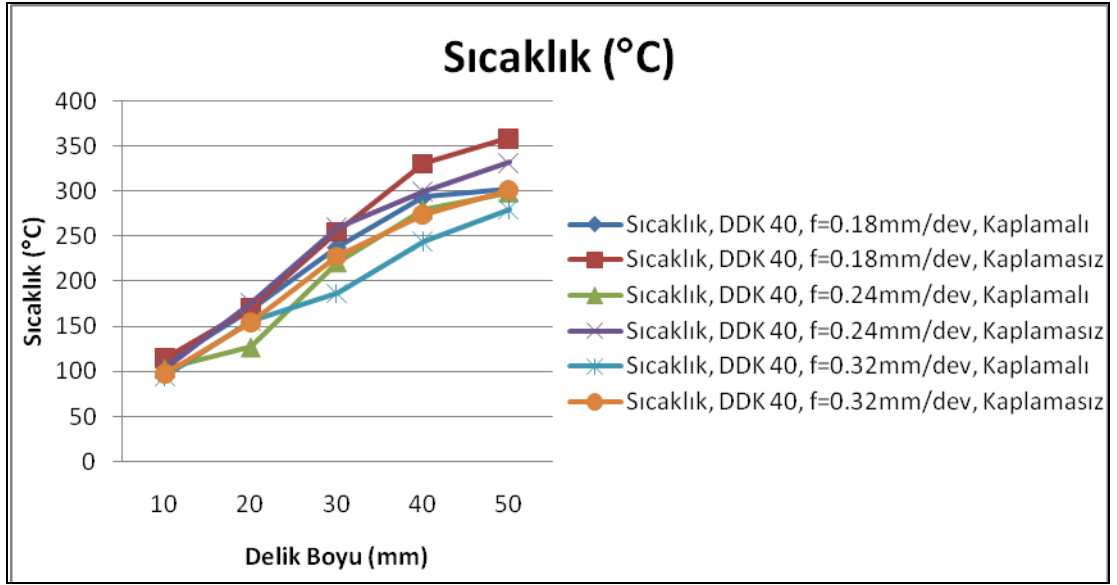
Şekil 7.102. CNC tornada 1000 dev/dak'da AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan sıcaklıklar (°C)



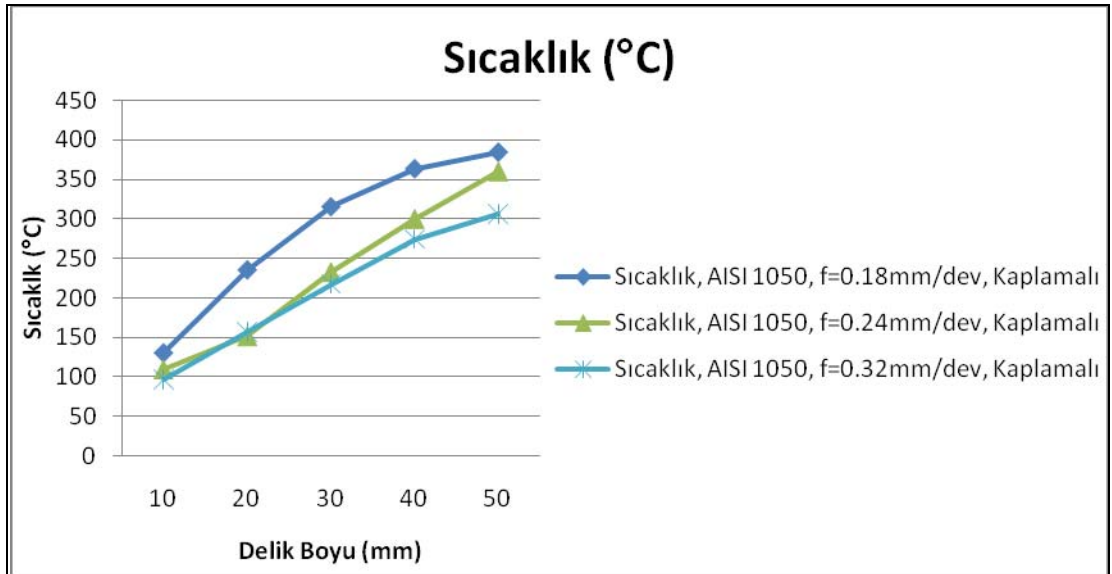
Şekil 7.103. CNC tornada 1400 dev/dak'da DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan sıcaklıklar (°C)



Şekil 7.104. CNC tornada 1400 dev/dak'da AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan sıcaklıklar (°C)

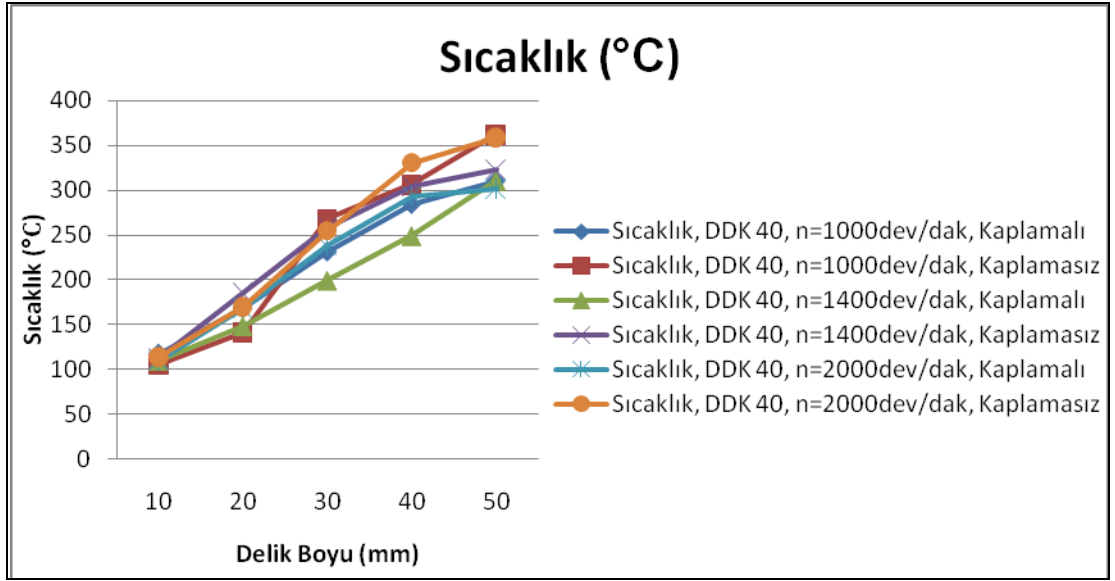


Şekil 7.105. CNC tornada 2000 dev/dak'da DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan sıcaklıklar (°C)

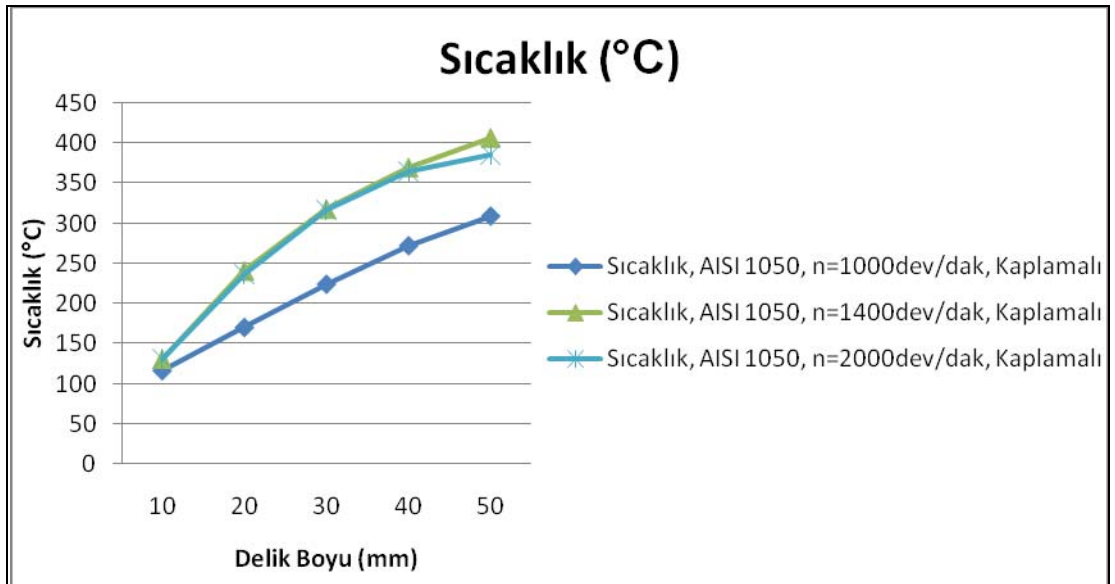


Şekil 7.106. CNC tornada 2000 dev/dak'da AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan sıcaklıklar (°C)

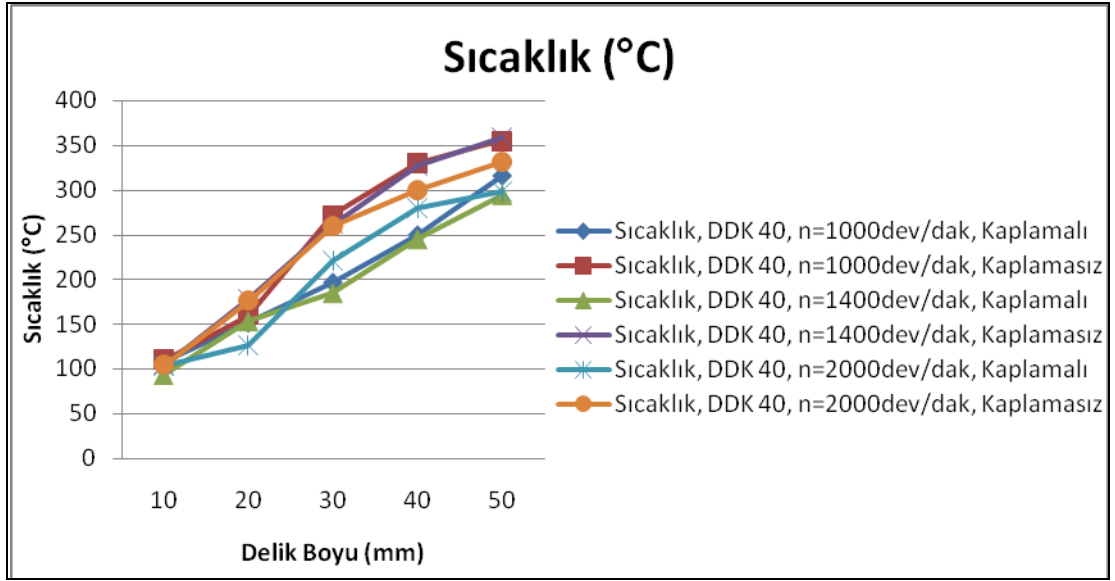
Şekil 7.107 – 7.112 arasındaki grafikler devir karşısındaki değişimleri göstermektedir.



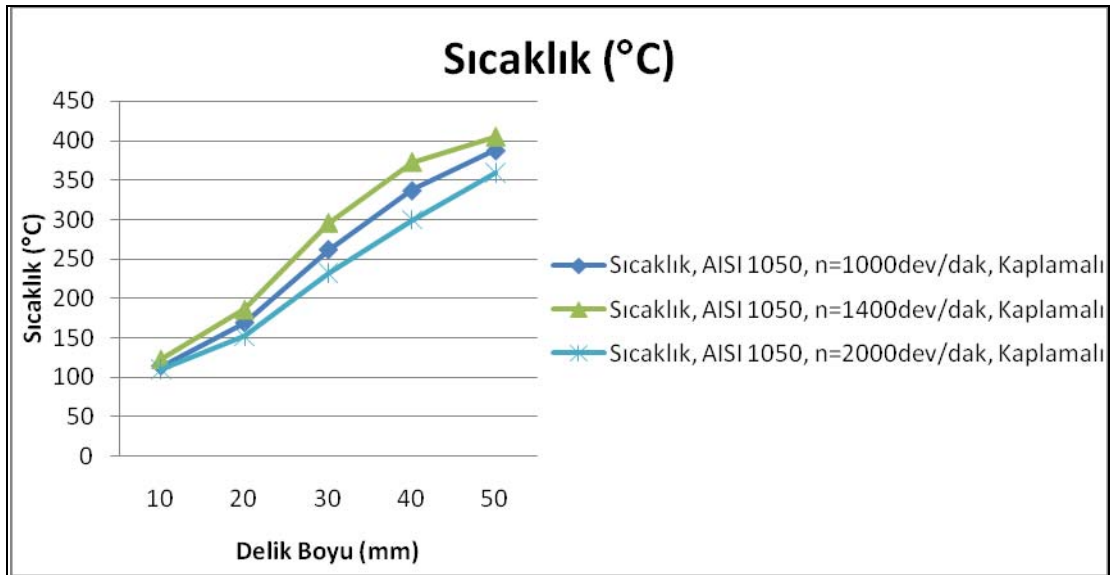
Şekil 7.107. CNC tornada 0.18 mm/dev’de DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan sıcaklıklar (°C)



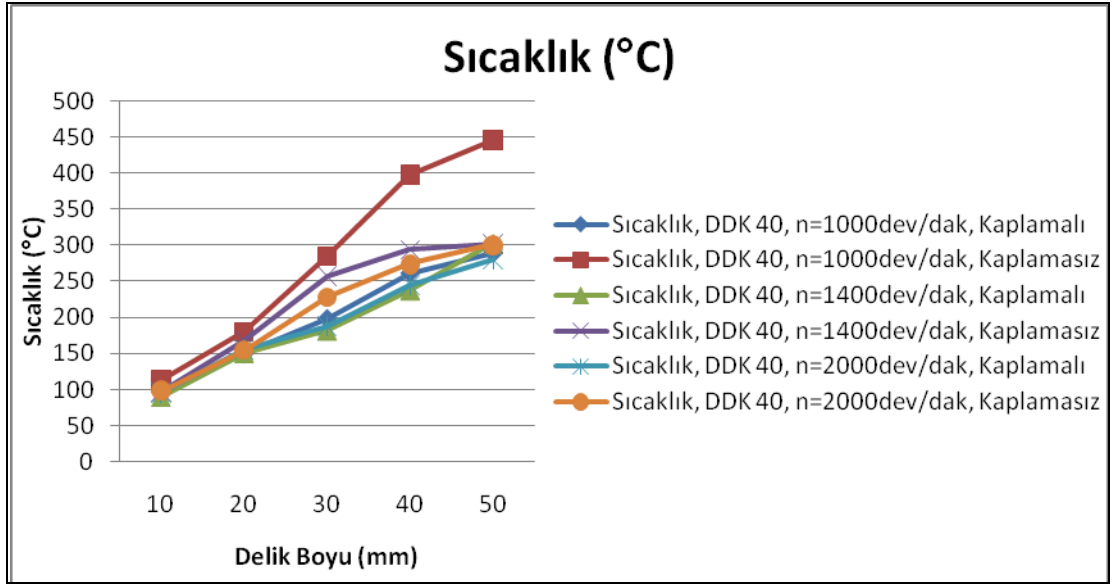
Şekil 7.108. CNC tornada 0.18 mm/dev’de AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan sıcaklıklar (°C)



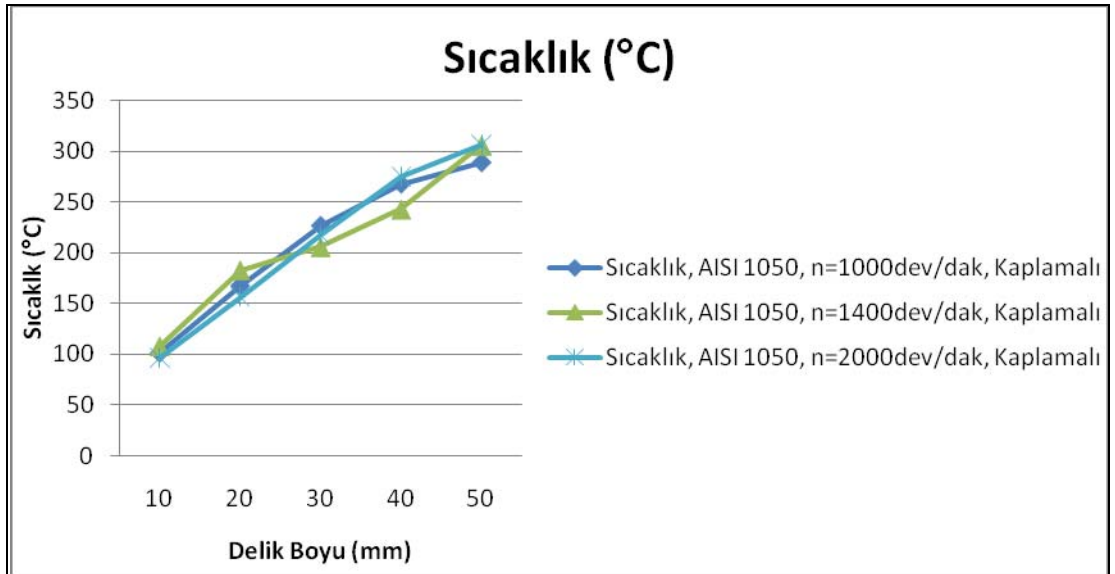
Şekil 7.109. CNC tornada 0.24 mm/dev'de DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan sıcaklıklar (°C)



Şekil 7.110. CNC tornada 0.24 mm/dev'de AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan sıcaklıklar (°C)



Şekil 7.111. CNC tornada 0.32 mm/dev’de DDK 40 malzemesini kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan sıcaklıklar (°C)



Şekil 7.112. CNC tornada 0.32 mm/dev’de AISI 1050 malzemesini kaplamalı matkaplarla delinmesinde delik boyunca oluşan sıcaklıklar (°C)

Sonuç olarak delik boyuna göre verilen sıcaklık grafiklerinde delik derinliği artması ile birlikte sıcaklık artmaktadır.

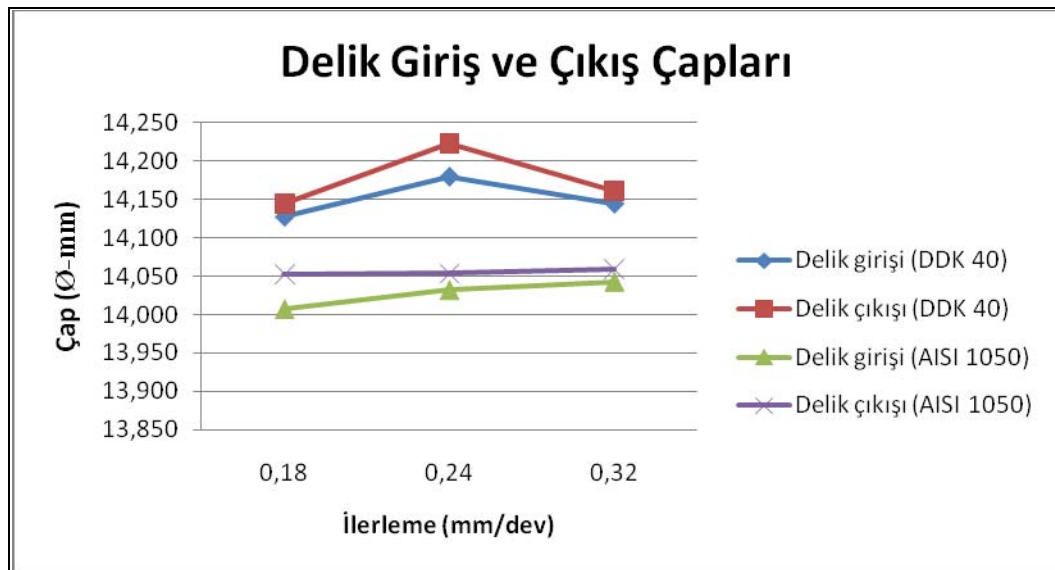
DDK 40 malzemesinin işlenmesinde AISI 1050 malzemesine göre daha düşük sıcaklıklar elde edilmiştir. Bunun sebebi, DDK 40 malzemesinden çıkan talaşların ufalanarak daha küçük parçalara (toz) ayrılabilmesi ve matkabın helis oluklarından dışarı daha kolay atılabilesidir. Bu atılan talaşlar sayesinde sıcaklığın büyük kısmı da dışarı atılmaktadır.

AISI 1050 malzemesinden çıkan talaşların matkap ile delik duvarı arasında sıkışması ile dışarı atılamaması nedeniyle matkap üzerinde talaş sıvanması (BUE) oluşur.

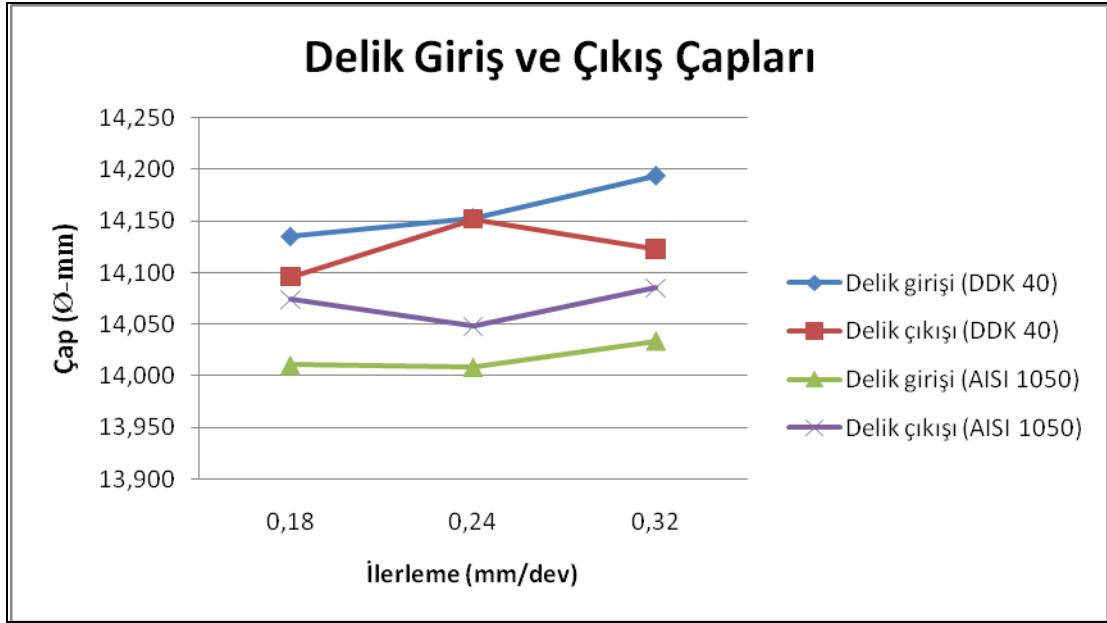
7.3. Delik Çapı

Deneylerde kullanılan parçalar üzerinde yapılan bazı ölçümler aşağıda grafik olarak verilmiştir. Bu ölçümler yapılırken deliğin girişi ve çıkışı göz önüne alınmıştır. Matkabın malzemeden ilk talaş kaldırdığı yer delik girişi, malzemeden matkabın çıktığı yer ise delik çıkışı olarak alınmıştır.

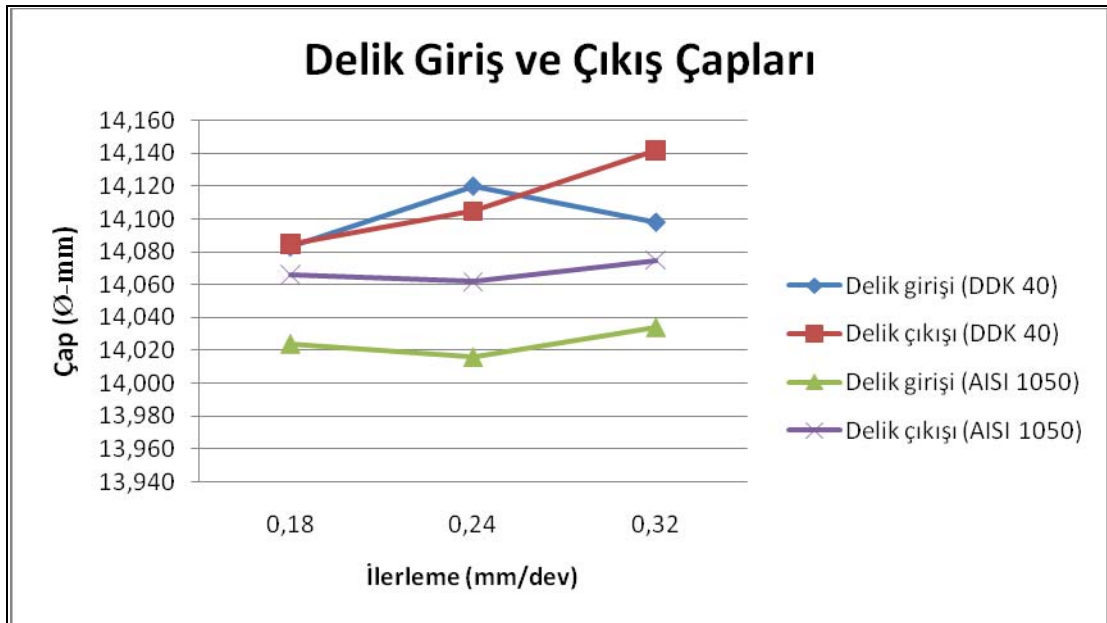
Şekil 7.113 – 7.115 arasında, ilerleme karşısındaki elde edilen deliklerin giriş ve çıkış çaplarının değişimleri verilmiştir.



Şekil 7.113. Deney malzemelerinin n=1000 dev/dak'da kaplamalı matkaplarla delinmesinde elde edilen çap değişimleri



Şekil 7.114. Deney malzemelerinin n=1400 dev/dak'da kaplamalı matkaplarla delinmesinde elde edilen çap değişimleri



Şekil 7.115. Deney malzemelerinin n=2000 dev/dak'da kaplamalı matkaplarla delinmesinde elde edilen çap değişimleri

Verilen grafiklere bakıldığında AISI 1050 malzemeleri DDK 40 malzemelerine göre daha iyi sonuç vermiştir. DDK 40 malzemelerinde tüm ilerlemelerde elde edilen delik çaplarındaki artış, AISI 1050 malzemesine göre daha fazladır.

Bununla birlikte delinen delik çaplarındaki deęiřimde en dūřuk ilerlemenin en iyi sonuç verdięi görülmektedir. řekil 7.115’de DDK 40 malzemesinde delik giriř ölçülerine bakıldığında, en dūřuk ilerlemede Ø14.083 iken en yüksek ilerlemede Ø14.098 çıkmıřtır.

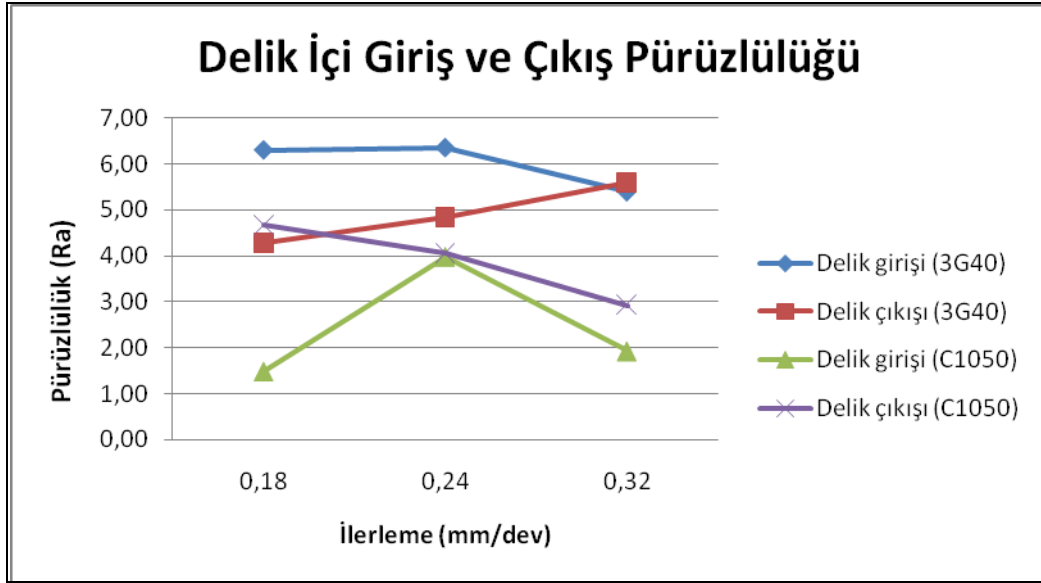
Kullanılan devirler olarak delik çaplarında değişim grafiklerine bakıldığında yüksek devirin iyi sonuç verdiği görülmektedir. Örneğin DDK 40 malzemesi şekil 7.113’de delik giriş lleri Ø14.127, Ø14.179, Ø14.144 iken şekil 7.115’te ise delik giriş lleri Ø14.083, Ø14.120, Ø14.098 olarak çıkmıştır.

AISI 1050 malzemesinde delik delme sonucu elde edilen çap değişim grafiklerine bakıldığında, kullanılan her üç ilerleme içinde, delik giriş çapı ölçülerinin delik çıkış çapı ölçülerinden daha küçük olduğu görülmektedir. Bu durumda AISI 1050 malzemesinin delinmesindeki delik başlangıç çapının her zaman deliğin bitiş çapından daha küçük olacağı gibi bir genelleme yapılabilir. Bununla birlikte AISI 1050 malzemesinin delinmesinde ilerleme arttırıldığında elde edilen çap ölçülerinin (giriş ve çıkış) genellikle büyüdüğü görülmektedir.

AISI 1050 malzemesinin delik çaplarında elde edilen değişim grafiklere bakıldığında en dūřuk delik çıkış çapı için 1000 dev/dak’nın en iyi sonucu verdiği görülmektedir. Örneęin şekil 7.113’te giriş çap lleri Ø14.007, Ø14.032, Ø14.043 iken şekil 7.115’te ise Ø14.024, Ø14.016, Ø14.034 olarak çıkmıştır.

7.4. Delik İçi Yüzey Pürüzlülükleri

Deneylerde kullanılan parçalar üzerinde yapılan yüzey pürüzlülük ölçü değerleri grafik olarak aşağıda şekil 7.116’da verilmiştir. Bu lmler, deliğin girişi ve çıkışı göz önüne alınarak yapılmıştır. Delinen deliklerin giriş ve çıkışındaki yüzey pürüzlülüğü ölçülmüştür.



Şekil 7.116. Deney malzemelerinin n=1000 dev/dak'da kaplamalı matkaplarla delinmesinde elde edilen yüzey pürüzlülük değişimleri

Yüzey pürüzlülük grafikleri incelendiğinde her üç ilerleme içinde AISI 1050 malzemesine ait değerlerin DDK 40'a göre daha küçük olduğu görülmektedir.

Delğin delinmesi sırasında malzemedan çıkan talaşların delik duvarlarına sürtünmesiyle delik yüzeyinde tahribata neden olmuştur. Bu nedenle yüzey pürüzlülük değerleri çok sağlıklı olmayışından diğer değerler verilmemiştir.

7.5. Delik İçi Sertlikler

Malzeme üzerinde delik delinmeden önce alınan yüzey sertlik değerleri Çizelge 7.1'de verilmiştir.

Çizelge 7.1. Deney malzemelerinin üzerinden alınan sertlik ölçüleri

Malzeme	Sertlik (BHN)
DDK 40	151
AISI 1050	194

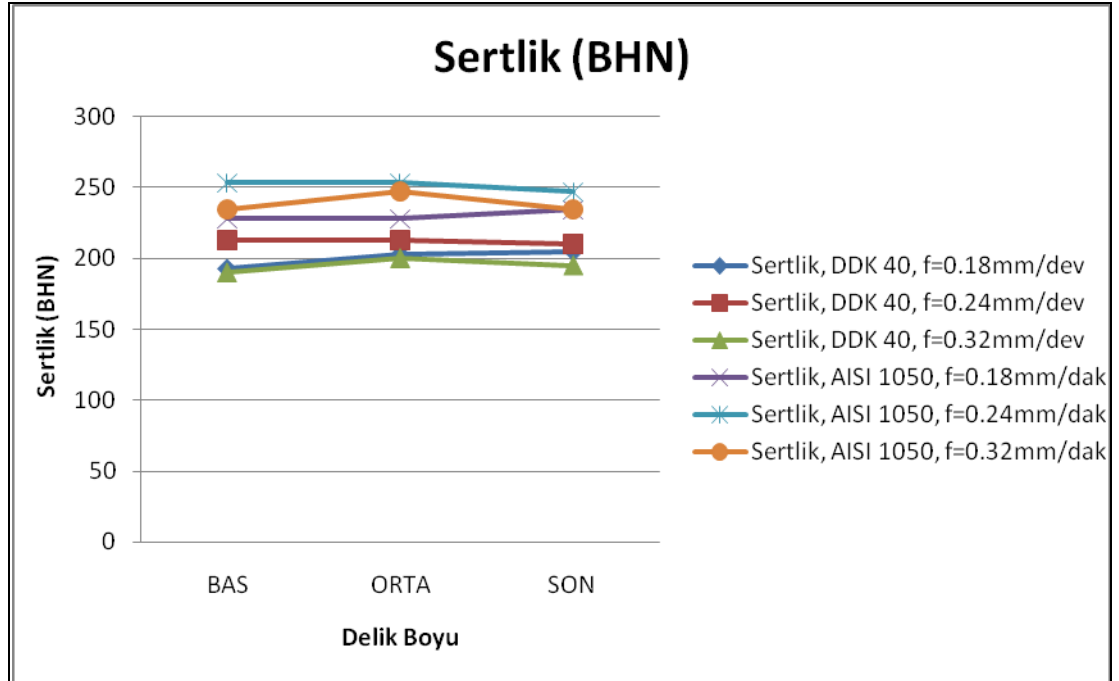
Malzemelerin delindikten sonra sertlik değerleri üç noktadan alınarak; delik başlangıcı, delik ortası ve delik çıkışı şeklinde ölçülmüştür. Her parça için ölçülen sertlik değerleri üç noktadan alındığı için tek tek verilmesi yerine malzeme grubu olarak ayrılmıştır. Ölçülen sertlik değerlerinin delik girişı, delik ortası ve delik çıkışının ayrı ayrı ortalaması alınarak Çizelge 7.2’de verilmiştir.

Çizelge 7.2. Deney malzemelerinin deliğin üzerinden alınan yüzey sertliklerin ortalaması

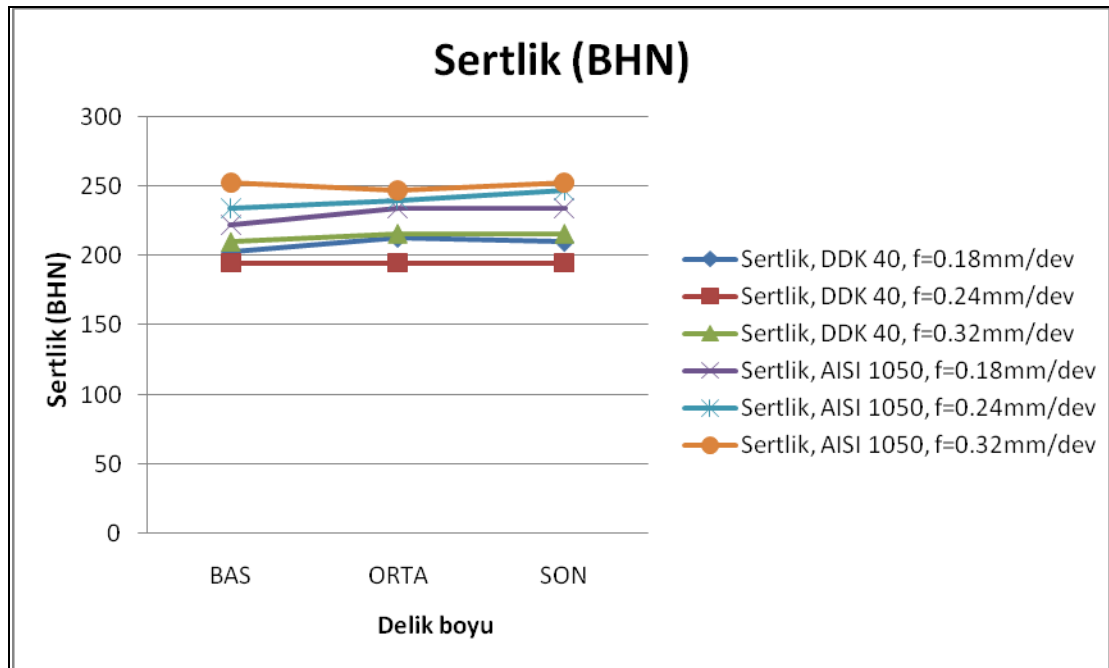
Malzeme		Sertlik (BHN)
DDK 40	Delik Girişı	201
	Delik Ortası	206.92
	Delik Çıkışı	206.25
AISI 1050	Delik Girişı	238.92
	Delik Ortası	239.33
	Delik Çıkışı	240.50

Çizelge değerlerine bakıldığında, malzemelerin delindikten sonra sertleştiği görülmektedir. Bu da gösteriyor ki; matkapla delik delme sırasında parçanın dönme ve matkabın ilerleme hareketi ile birlikte matkabın helisel kanallardan dışarı akan talaşın ve oluşan sıcaklığın etkisi ile açılan delik duvarlarında sertleşmeler oluşmaktadır.

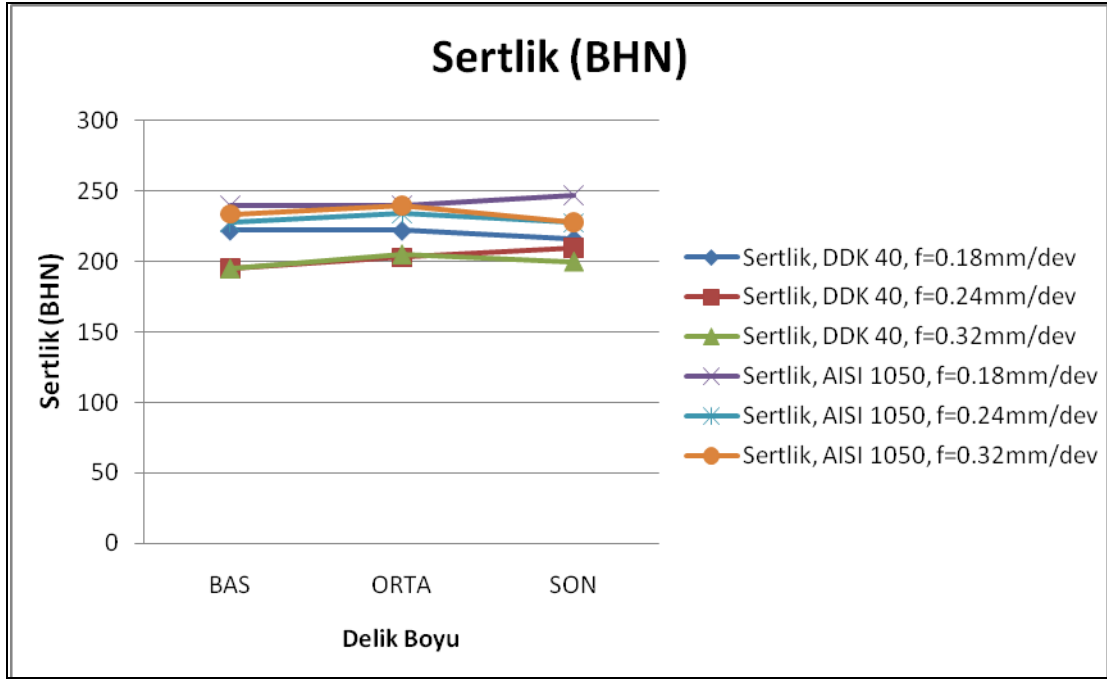
Çizelge 7.2’de verilen sertlik değerleri aşağıdaki Şekil 7.117 – 7.119 arasındaki grafiklerde gösterilmiştir.



Şekil 7.117. Deney malzemelerinin n=1000 dev/dak'da kaplamalı matkaplarla delinmesinde elde edilen yüzey sertlikleri



Şekil 7.118. Deney malzemelerinin n=1400 dev/dak'da kaplamalı matkaplarla delinmesinde elde edilen yüzey sertlikleri



Şekil 7.119. Deney malzemelerinin n=1400 dev/dak devir kullanılarak kaplamalı matkaplarla elde edilen yüzey sertlikleri

7.6. Kesici Takım

DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerini delmede kullanılan kesicilerdeki aşınma, yığma kenar oluşumu ile ilgili olarak aşağıda bazı resimler verilerek açıklanmaya çalışılmıştır.



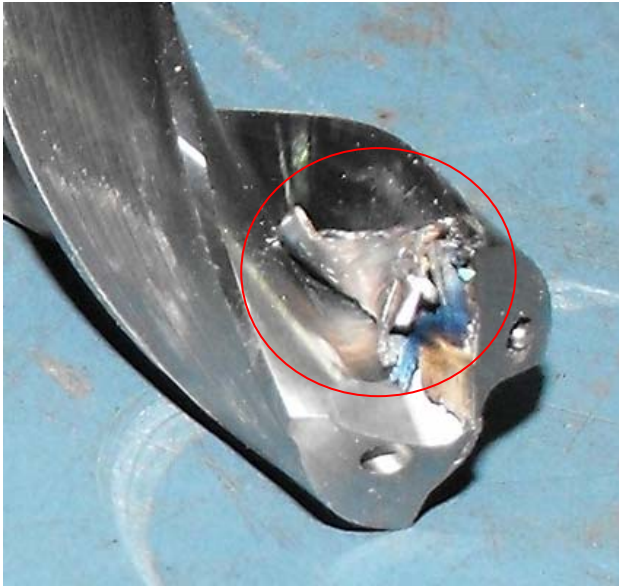
Resim 7.1. AISI 1050 malzemesini $n:2000$ dev/dak, $f:0.24$ mm/dev kaplamalı karbür matkabın üzerine talaş yığılması (BUE)

Resim 7.1’de kesici üzerinde BUE olayı meydana gelmiştir. Bunun sebebi olarak; 50 mm delik boyunca oluşan ısıya, çıkan talaşların dışarı atılması sırasında sürtünme ile oluşan ısıda eklenince yüksek ısı artışı meydana geldiği düşünülmektedir. Yüksek ısı ile birlikte matkap ucunun uyguladığı kesme basıncı birleşince ortaya BUE’nin çıktığı öngörülmektedir.



Resim 7.2. AISI 1050 malzemesini $n:2000$ dev/dak, $f:0.32$ mm/dev kaplamalı karbür matkabın zırh kısmındaki aşınma

Kesicinin zırh üzerindeki talaş yığılması olayı (BUE) görülmektedir. Talaş yapışması, kesici ucundan belli bir mesafede kaldırılan talaşın kesici helis kanalı girişinde gerçekleşmiştir.



Resim 7.3. AISI 1050 malzemesini $n:1000$ dev/dak, $f:0.32$ mm/dev kaplamalı karbür matkabın üzerine talaş yığılması (BUE)



Resim 7.4. DDK 40 malzemesini $n:2000$ dev/dak, $f:0.32$ mm/dev kaplamasız karbür matkabın üzerine talaş yığılması (BUE)



Resim 7.5. AISI 1050 malzemesini $n:1000$ dev/dak, $f:0.32$ mm/dev kaplamasız karbür matkabın üzerine talaş yığılması (BUE)



Resim 7.6. Delik delerken kesicinin renk değiştirmesi

Resim 7.6'da kesicinin ucundan belli bir uzaklıkta kesici yüzeyinde renk değişimleri oluşmuştur. Bunun sebebi; 50 mm delik boyunca talaşların dışarı atılması sırasında ortaya çıkan yüksek ısı artışı olduğu düşünölmektedir. Matkap ucu kesici kenarı ile kaldırılan talaşın dışarı atılmasında talaş kesici helis kanalına girmeye zorlanır. Bu zorlanma talaşın helis açısı ile kıvrılması şeklindeyir. Dolayısı ile talaşın kesici helis kanalı şekliyi alması talaş sörtünmesini ortaya çıkarır. Sörtünme ile birlikte bu kısımda zamana bağlı ısı kesici ucundan daha fazla artar.

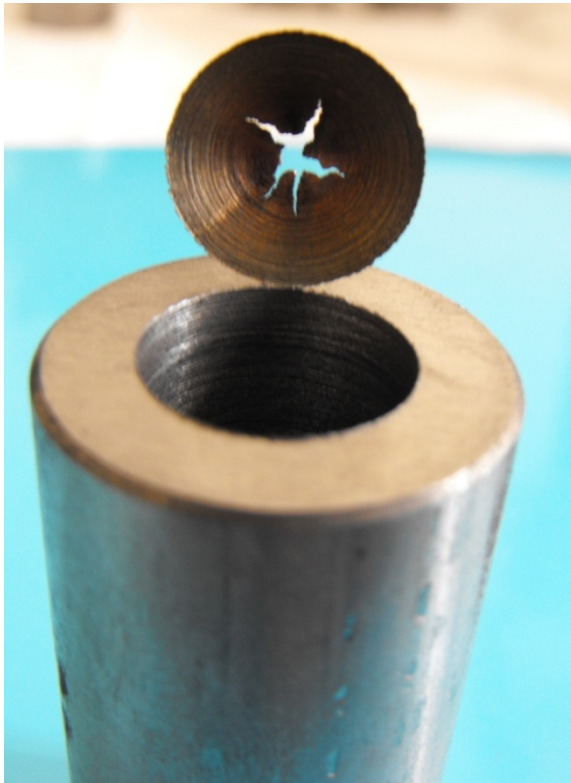


Resim 7.7. Kesicinin kenar üzerinde çıtlama

Karbür kesicileri ile deney malzemelerinin delinmesi sırasında karbür kesici kenarlarında çıtlamalar, küçük küçük parça kopmaları oluşmuştur (Resim 7.7). Bunun sebebi olarak; deney parçasının 50 mm boydaki deliğin patlatılması sırasında oluşmuştur. Yüksek ilerleme ve kesme hızı sonucu oluşan basıncın matkap üzerindeki etkisi ile deliğin patlatılmasıyla ortaya çıkan dengesiz yükler, kesici kenarlarının kırılmasına sebep olduğu görülmüştür.

7.7. Delik Çıkışı

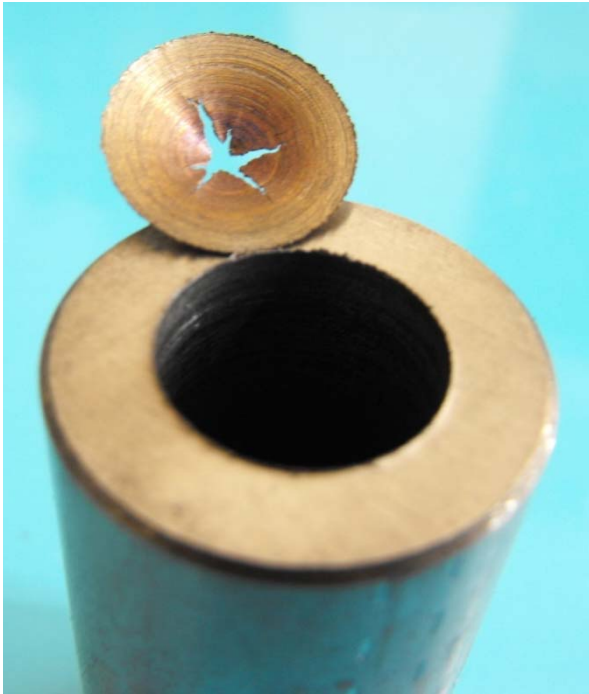
Delik delme işleminin sonunda, kesicinin deliği patlatması veya kapak gibi açması söz konusudur. Delik sonunda ilerleme hızına bağlı olarak kesicinin dışarı çıkışında farklı olaylar gerçekleşmektedir. Eğer kesici yüksek ilerleme hızı ile delik deliyorsa delik sonunda basınç birikmesine bağlı olarak kesici deliği patlatır (Resim 7.8).



Resim 7.8. DDK 40 malzemesini n:1000 dev/dak, f:0.24 mm/dev kaplamalı karbür matkabın delik çıkışı



Resim 7.9. DDK 40 malzemesini n:2000 dev/dak, f:0.18 mm/dev kaplamalı karbür matkabın delik çıkışı



Resim 7.10. DDK 40 malzemesini n:1400 dev/dak, f:0.24 mm/dev kaplamalı karbür matkabın delik çıkışı



Resim 7.11. AISI 1050 malzemesini $n:1000$ dev/dak, $f:0.24$ mm/dev kaplamalı
karbür matkabın delik çıkışı



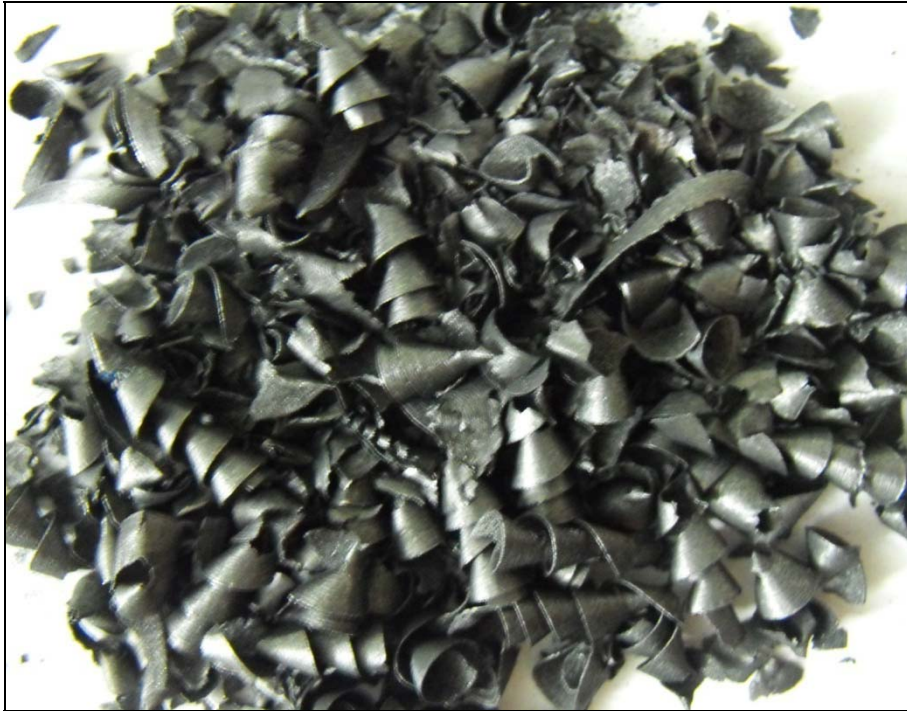
Resim 7.12. AISI 1050 malzemesini $n:2000$ dev/dak, $f:0.32$ mm/dev kaplamalı
karbür matkabın delik çıkışı

Kesici düşük ilerlemelerde delik delme işlemini gerçekleştiriyorsa delik sonunda kesicinin dışarı çıkışı daha sakin bir şekilde olacaktır. Dolayısı ile delik çıkışında kesici kapak kaldırır şekilde dışarı çıkar

Kesicinin delik sonunda patlatarak dışarı çıkması; kesici açısından olumsuz bazı etkileri olmaktadır. Kesici, karbür bir kesici ise patlatmaya bağlı olarak oluşan titreşim, kesici kenarlarında çatlamalara hatta kesiciye bağlı olarak kırılmalara sebep olmaktadır.

7.8. Çıkan Talaşlar

DDK 40 Malzemesi: Karbür matkaplar kullanılarak DDK 40 malzemesi için oluşan talaş tipi aşağıdaki resimlerde verilmiştir.



Resim 7.13. DDK 40 malzemesini n:1000 dev/dak, f:0.18 mm/dev kaplamalı karbür matkapla delinmesi sırasında çıkan talaşlar



Resim 7.14. DDK 40 malzemesini $n:1000$ dev/dak, $f:0.32$ mm/dev kaplamalı karbür matkapla delinmesi sırasında çıkan talaşlar



Resim 7.15. DDK 40 malzemesini $n:1400$ dev/dak, $f:0.24$ mm/dev kaplamalı karbür matkapla delinmesi sırasında çıkan talaşlar



Resim 7.16. DDK 40 malzemesini $n:2000$ dev/dak, $f:0.32$ mm/dev kaplamalı karbür matkapla delinmesi sırasında çıkan talaşlar



Resim 7.17. DDK 40 malzemesini $n:2000$ dev/dak, $f:0.32$ mm/dev kaplamasız karbür matkapla delinmesi sırasında çıkan talaşlar

AISI 1050 Malzemesi: Karbür matkaplar kullanılarak AISI 1050 malzemesi için oluşan talaş tipi aşağıdaki resimlerde verilmiştir



Resim 7.18. AISI 1050 malzemesini $n:1000$ dev/dak, $f:0.18$ mm/dev kaplamalı karbür matkapla delinmesi sırasında çıkan talaşlar



Resim 7.19. AISI 1050 malzemesini $n:1000$ dev/dak, $f:0.32$ mm/dev kaplamalı karbür matkapla delinmesi sırasında çıkan talaşlar



Resim 7.20. AISI 1050 malzemesini $n:2000$ dev/dak, $f:0.18$ mm/dev kaplamalı karbür matkapla delinmesi sırasında çıkan talaşlar



Resim 7.21. AISI 1050 malzemesini $n:2000$ dev/dak, $f:0.32$ mm/dev kaplamalı karbür matkapla delinmesi sırasında çıkan talaşlar



Resim 7.22. AISI 1050 malzemesini $n:1000$ dev/dak, $f:0.32$ mm/dev kaplamasız karbür matkapla delinmesi sırasında çıkan talaşlar



Resim 7.23. AISI 1050 malzemesini $n:1400$ dev/dak, $f:0.32$ mm/dev kaplamasız karbür matkapla delinmesi sırasında çıkan talaşlar



Resim 7.24. AISI 1050 malzemesini $n:2000$ dev/dak, $f:0.24$ mm/dev kaplamasız karbür matkapla delinmesi sırasında çıkan talaşlar

8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan bu çalışmada DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerinin karbür matkaplarla delinmesinde ölçülen kesme kuvvetleri (F_z ve M_z) ve sıcaklık ile birlikte açılan delikler üzerinde yapılan değişik ölçümlere yönelik elde edilen verilerin yorumlanmasında aşağıda sıralanan sonuçları çıkarmak mümkündür.

Delik delinmesinde; delik boyu arttıkça delik içerisinde biriken talaşların dışarı atılması zorlaşmaktadır. Delik boyunun 50 mm olması ve kuru kesme şartları; deliklerin açılmasını daha zor bir hale getirmiştir. Özellikle, delik ortalarından delik sonlarına kadar olan süreçte matkabın ucuna ve kesme kuvvetlerine yönelik değişik etkiler oluşmuştur. Bu etkilerden dolayı delme kuvvetinde (F_z) ve momentte (M_z) ani değişimler meydana gelmiştir. Genellikle ani kuvvet değişimleri DDK 40 malzemesinde daha çok görülmüştür. Çünkü, DDK 40 malzemelerin delinmesi sırasında BUE (talaş yığılması) olayı çok sık meydana gelmektedir.

AISI 1050 malzemesinin delinmesi sırasında; düşük ilerleme hızlarında kaplamasız karbür matkap üzerinde malzeme yığılması (BUE) oluşmaktadır. Genel olarak BUE, kesici ucundan belli bir uzaklıkta oluşmaktadır.

BUE oluşumuna delik içerisindeki sıcaklık artışının ve delik içersinde oluşan talaşların çabuk uzaklaştırılamamasının etkili olduğu düşünülmektedir. Çünkü; uzaklaştırılamayan talaşlar delik içersinde kesici dönüşü ile sıkışmaktadır. Isı artışı ile yumuşayan talaş kesici yüzeyine yapışmaktadır.

AISI 1050 malzemesinin delinmesinde elde edilen delme kuvveti (F_z) ve moment (M_z) değerleri DDK 40 malzemesinden elde edilen değerlerden daha büyüktür. Çünkü AISI 1050 malzemesinin kopmaya karşı direnci DDK 40 malzemesinden daha fazladır.

Karbür matkaplar ile DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerinin boydan boya (50 mm) delinmesinde matkap kırılmalarının en fazla AISI 1050 malzemesinde yaşanacağı

düşünülmektedir. En büyük M_z (tork) değerleri, AISI 1050 malzemesinin delinmesinde oluşmaktadır.

Kaplamalı ve kaplamasız karbür matkaplar ile elde edilen F_z ve M_z değerleri arasındaki fark AISI 1050 malzemesi için büyük, DDK 40 malzemesi için küçüktür. AISI 1050 malzemelerinin delinmesi sırasında kopmaya karşı gösterdiği direnç kaplamasız matkaplar üzerinde daha büyük bir etki yaptığı ortaya çıkmıştır. Özellikle kaplamasız matkaplarla delik delmelerde matkap kırılmaları yaşanmıştır.

Kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla DDK 40 malzemesi 50 mm boyda kolaylıkla delinirken AISI 1050 malzemesinin kaplamasız matkaplarla delinmesi mümkün olmamıştır. Matkap kırılması, matkap sıkışması, vb. gibi zorluklar yaşanmıştır.

DDK 40 malzemelerinin boydan boy (50 mm) delinmesi ile elde edilen grafiklerde delik boyunun ilk 20 mm'den sonra ani kuvvet değişimleri gözlenirken AISI 1050 malzemelerinin boydan boy delinmesinde ise ani kuvvet değişimleri çoğunlukla delik sonralarına doğru olmuştur.

DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerinin 50 mm boyda delinmesi sırasında artan delik boyuna karşılık F_z kuvveti ve M_z momentinin arttığı görülmektedir.

Sıcaklık değerleri ilerleme arttıkça azalma göstermektedir. İlerlemenin artması sonucunda; talaş tahliye hızının arttığı, matkabın malzeme ile temasta olacağı sürenin azalması ile de sürtünmeden doğacak sıcaklığın azaldığı düşünülmektedir.

AISI 1050 malzemesinin delinmesi sonucunda elde edilen sıcaklık değerleri DDK 40 malzemesinin delinmesi sonucunda elde edilen sıcaklık değerlerinden daha büyük çıkmıştır. Bunun nedeni olarak; DDK 40 malzemesinin döküm yapısından kaynaklanan ısı iletkenliği, kopma direncinin düşük olması gibi nedenler sayılabilir.

Delinen deliklerin delik giriş çapı ile delik çıkış çapı arasında farklılıklar olduğu gözlenmiştir. Delik çaplarındaki en büyük farklılıklar DDK 40 malzemeleri delinirken oluşmuştur.

Deliklerin delinmesi sırasında delik yüzeylerinde oluşan pürüzlülük bakımından AISI 1050 malzemesi, DDK 40 malzemesine göre daha iyi sonuç vermiştir.

DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerini soğutma sıvısı kullanılmadan (kuru delme) delinmesi ile elde edildiği için delik yüzeylerinde sertleşme olmaktadır. Bu sertleşme delik girişinden delik çıkışına doğru artmaktadır. Delik çıkışına doğru artan sıcaklık ve kuvvetlerin delik yüzeylerinin sertleşmesine neden olduğu öngörülmektedir.

DDK 40 ve AISI 1050 malzemelerinin kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla boydan boya delinmesinde, delik çıkışında ilerleme hızına bağlı olarak bazı olaylar meydana gelmektedir. İlerleme hızının yüksek olması durumunun matkap delik sonunu patlatarak dışarı çıkarmaktadır. Daha düşük ilerlemelerde ise matkap delik sonunda daha sakin dışarı çıkmaktadır. Delik sonu patlatılarak dışarı çıkılması durumunda oluşan dengesiz yüklerden dolayı karbür matkapların kesici ağızlarında kırılmalar ve çıtlamalar oluşabilmektedir.

Yapılan bu çalışmaya ilaveten matkap bağlama boyu sabit yerine değişken alınarak, elde edilen delikler üzerinde geometrik ölçüler karşılaştırılabilir.

Delik delme esnasında oluşan titreşim ölçülerek kesme kuvvetleri ve delik geometrik ölçüleri ile yorumlanabilir.

Elde edilen deliklerin delik duvarları SEM ile incelenerek, delik başından delik sonuna kadar devam eden kesme olayı için yorumlar yapılabilir.

KAYNAKLAR

1. Akkurt, M., “Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları”, *Birsen Yayınevi*, İstanbul, (1998)
2. Şeker, U., “Takım tasarımı ders notları”, *Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi*, Ankara, 5–11 (1997).
3. Bağcı, M., “Tesviyecilik Teknolojisi”, Çeviri, Mesleki ve Teknik Öğretim Kitapları, *Milli Eğitim Bakanlığı*, Ankara, 170-175 (1960).
4. Kayır, Y., “Delik delme operasyonlarında kullanılan helisel matkaplarının kesme performanslarının incelenmesi”, *Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu*, Ankara, 6-12 (2008).
5. Şahin, N., “Tesviyecilik Meslek Teknolojisi I”, *Bayt Ltd. Şti*, Ankara, (2001).
6. Stabler, D., Schönwald, M., Sefrin, H., Wolf, M., “Gefährdungsbeurteilung beider trockenbearbeitung metallischer werkstoffe”, *Institut Chemische Technologie*, (2003).
7. İnternet : Mitsubishi Kesici Takım Katalogu
http://www.mitsubishicarbide.com/mmc/en/product/pdf/b/b137g_200811.pdf
(2010).
8. Avuncan, G., “Kesici Takımların Bilenmesi”, *Mavi Tanıtım ve Pazarlama Ltd. Sti. Yayınları*, Gebze, 62-80 (1998).
9. Çakır, M.C., “Modern Talaşlı İmalat Yöntemleri”, *VİPAŞ A.Ş.*, Bursa, 349-410 (2000).
10. Avuncan, G., “Talaş Kaldırma Ekonomisi ve Kesici Takımlar”, *Makine Takım Endüstrisi A.Ş.*, İstanbul, (1998).
11. İnternet : Celal Bayar Üniversitesi
http://makine.bayar.edu.tr/ders_sayfaları/talasli/torna2.ppt (2010).
12. 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, 15-20 (2006).
13. İnternet : Elimko Dataloger ve Termokupl Katalogu
<http://www.elimko.com.tr/v1.5/en/katalog.htm> (2010).

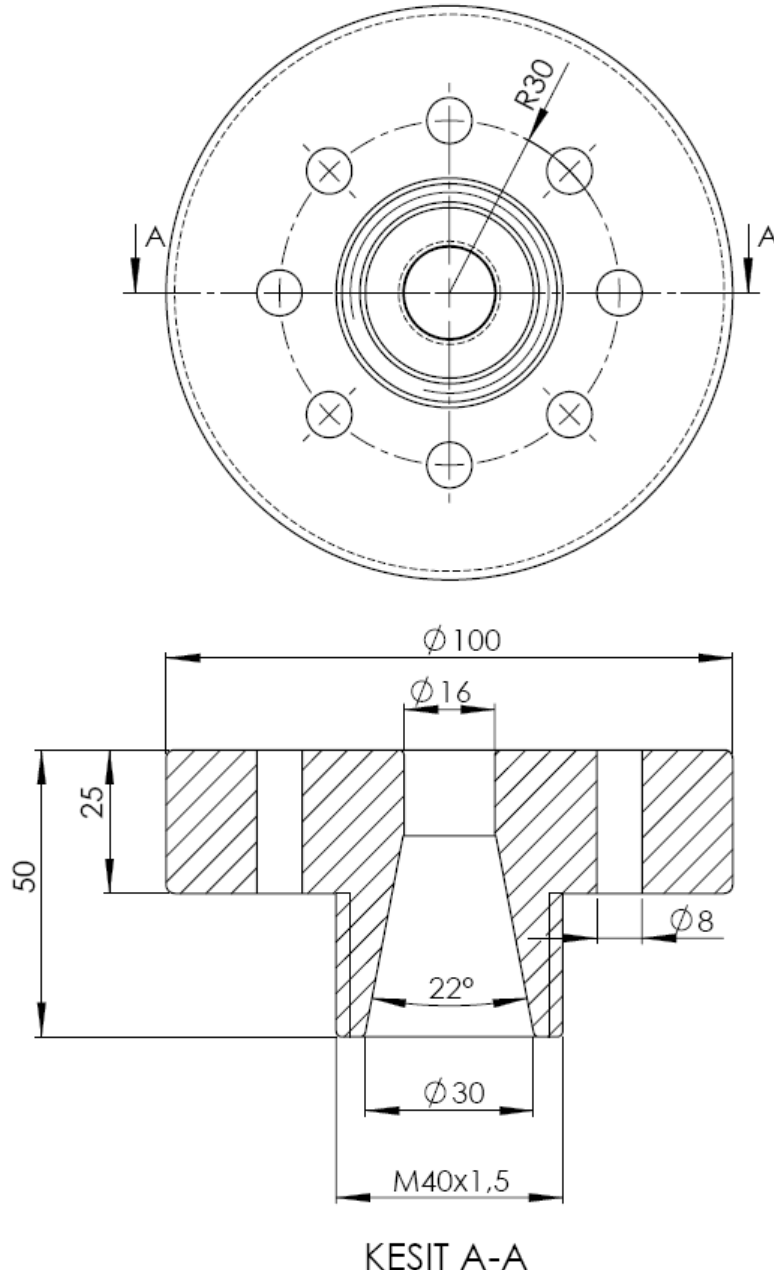
14. Habalı, K., Kıvrak, T., “Inconel 718’in delinmesinde kesme parametrelerinin kesme kuvvetleri üzerindeki etkisinin araştırılması”, **5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS’09)**, 1-4 (2009).
15. El Tammimi, A., Darwish, S.M., “Geometric accurais of nc and conventionally drilled holes drilling”, **Journal of Materials Processing Technology**, 41: 111-116 (1998).
16. Agapiou, J.S., DeVries, M.F., “On the determination of thermal phenomena during drilling-Part II-Comparison of experimental and analytical twist drill temperature distributions”, **International Journal of Machine Tools and Manufacture**, 41: 217–226 (1990).
17. Agapiou, J.S., Stephenson, D.A., “Analytical and experimental studies of drill temperatures”, **Journal of Engineering for Industry**, 54–60 (1994).
18. Sushanta, K., Sahu, O., Ozdoganlar, B., Richard, E., Shiv, D., Kapoor, G., “Effect of groove-type chip breakers on twist drill performance”, **International Journal of Machine Tools & Manufacture**, 41: 617–627 (2003).
19. Bono, M., Ni, J., “The location of the maximum temperature on the cutting edges of a drill”, **International Journal of Machine Tools&Manufacture**, 41: 1-7 (2003).
20. Bono, M., Ni, J., ”The effects of thermal distortions on the diameter and cylindricity of dry drilled holes”, **International Journal of Machine tools&Manufacture**, 41: 2261-2270 (2001).
21. Ertunc, H.M., Loparo, K.A., “A decision fusion algorithm for tool wear condition monitoring in drilling”, **International Journal of Machine Tools & Manufacture**, 41: 1347–1362 (2001).
22. Dörr, J., Mertens, T.H., Engering, G., Lahres, M., “In-Situ’temperature measurement to determine the machining potential of different tool coating”, **Surface and Coatings Technology**, 389-392 (2003).
23. Hashmi, K., Graham, I.D., Mill, B., “Fuzzy logic based data selection for the drilling process”, **Journal of Materials Processing Technology**, 55-62 (2000).
24. Matthew B., Jun N., “The effects of thermal distortions on the diameter and cylindricity of dry drilled holes”, **International Journal of Machine Tools & Manufacture**, 41: 2261–2270 (2001).
25. Bağcı, E., Özçelik, B., “Investigation of the effect of drilling conditions on the twist drill temperature during step-by-step and continuous dry drilling”, **Materials and Design**, 27: 446-454 (2006).

26. Bağcı, E., Özçelik, B., “Experimental and numerical studies on the determination of twist drill temperature in dry drilling: A new approach”, *Materials and Design*, (2005).
27. Chung, S.C., “Temperature estimation in drilling processes by using an observer”, *International Journal of Machine Tools&manufacture*, 45: 1641-1651 (2005).
28. Kalidas, S., DeVor, R.E., Kapoor, S.G., “Experimental investigation of the effect of drill coatings on hole quality under dry and wet drilling conditions”, *Surface and Coatings Technology*, 148: 117-128 (2001).
29. Heinemann, R., Hindujaa, S., Barrowa, G., Petuelli, G., “Effect of MQL on the tool life of small twist drills in deep-hole drilling”, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 46: 1–6 (2006).
30. Rivero, A., Aramendi, G., Herranz, S., Lopez de Lacalle, L.P., “An experimental investigation of the effect of coatings and cutting parameters on dry drilling performance of aluminium alloys”, *Int. J. Manuf Technology*, 1-11 (2006).
31. 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).
32. 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 (2003).
33. Zeilmann, R.P., Weingaertner, W.L., “Analysis of temperature during drilling of Ti6Al4V with minimal quantity of lubricant”, *Journal of Materials Processing Technology*, (2006).
34. Kelly, J.F., Cotterell, M.G., “Minimal lubrication machining of aluminium alloys”, *Journal of Materials processing Technology*, 120: 327-334 (2002).
35. Hamade, R.F., Ismail, F., “A case for aggressive drilling of aluminum”, *Journal of Materials Processing Technology*, 86–97 (2005).
36. Pirtini, M., Lazoğlu, İ., “Forces and hole quality in drilling”, *International Journal of Machine Tools&Manufacture*, 45: 1271-1281 (2005).
37. Mohan, N.S., Ramachandra, A., Kulkarni, S.M., “Influence of process parameters on cutting force and torque during drilling of glass-fiber polyester reinforced composites”, *Composite Structures*, 71: 407-413 (2005).

38. 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*, 46: 70-75 (2006).
39. Kim, K.W., Ahn, T.K., "Force prediction and stres analysis of a twist drill from tool geometry and cutting conditions", *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 6 (1): (2005).
40. Strenkowski, J.S., Hsieh, C.C., Shih, A.J., "An analytical finite element technique for predicting thrust force and torque in drilling", *International Journal of Machine Tools&Manufacture*, 44: 1413-1421 (2004).
41. Onwubolu, G.C., Kumar, S., "Response surface methodology-based approach to CNC drilling operations", *Journal of Materials processing Technology*, (2005).
42. Bakkal, M., Shih, A.J., McSpadden, B.S., Scattergood, R.O., "Thrust force, torque, and tool wear in drilling the bulk metallic glass", *International Journal of Machine Tools&Manufacture*, 45: 863-872 (2005).
43. İnternet : Kennametal Kesici Takım Katalogu
<http://webtest.kennametal.com/e-catalog/ProductDetail.ihtml?XMLArg=6390.xml&MMNumber=1913603&fromloc=srch&parentId=1913603&sid=1297AF7E46C3> (2010).

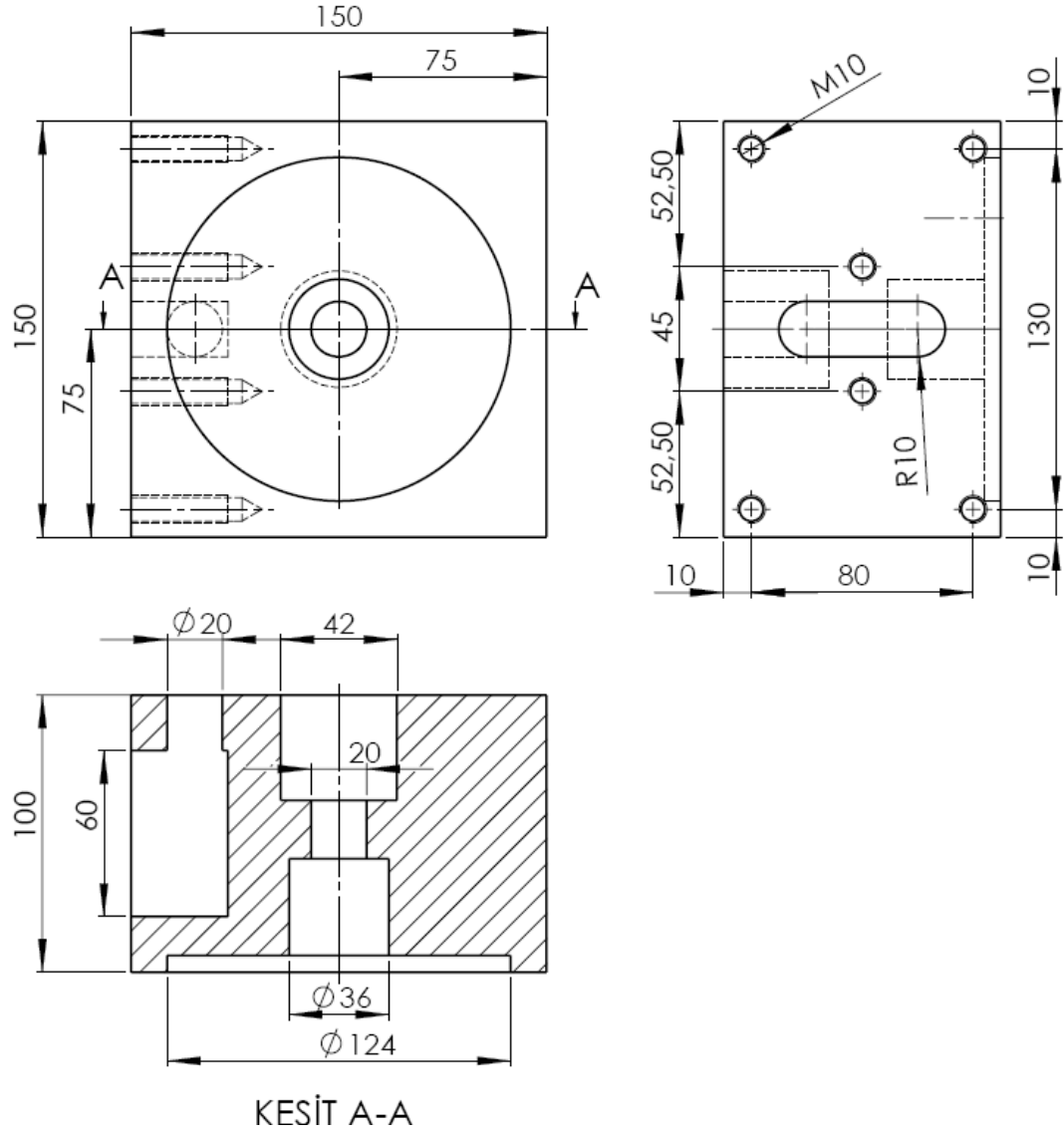
EKLER

EK – 1 Takım tutucu



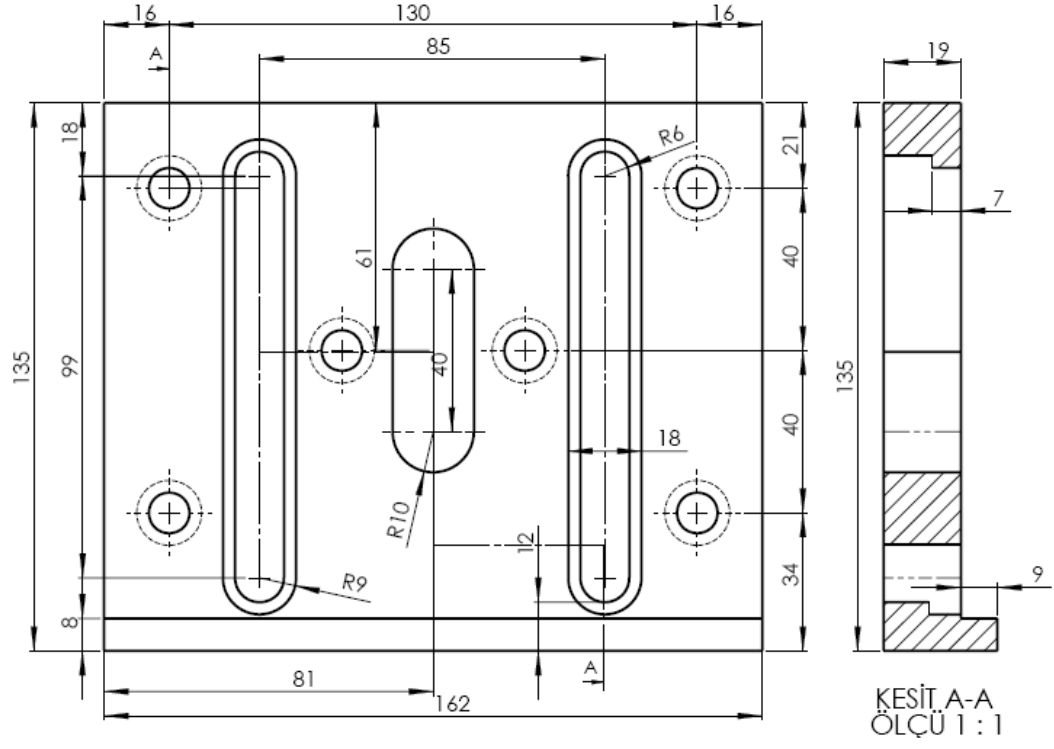
Şekil 1.1. Matkabın dinamometreye bağlanması için yapılan takım tutucunun yapım resmi

EK – 2 Üniversal torna tezgahı için bağlama aparatı ana gövdesi



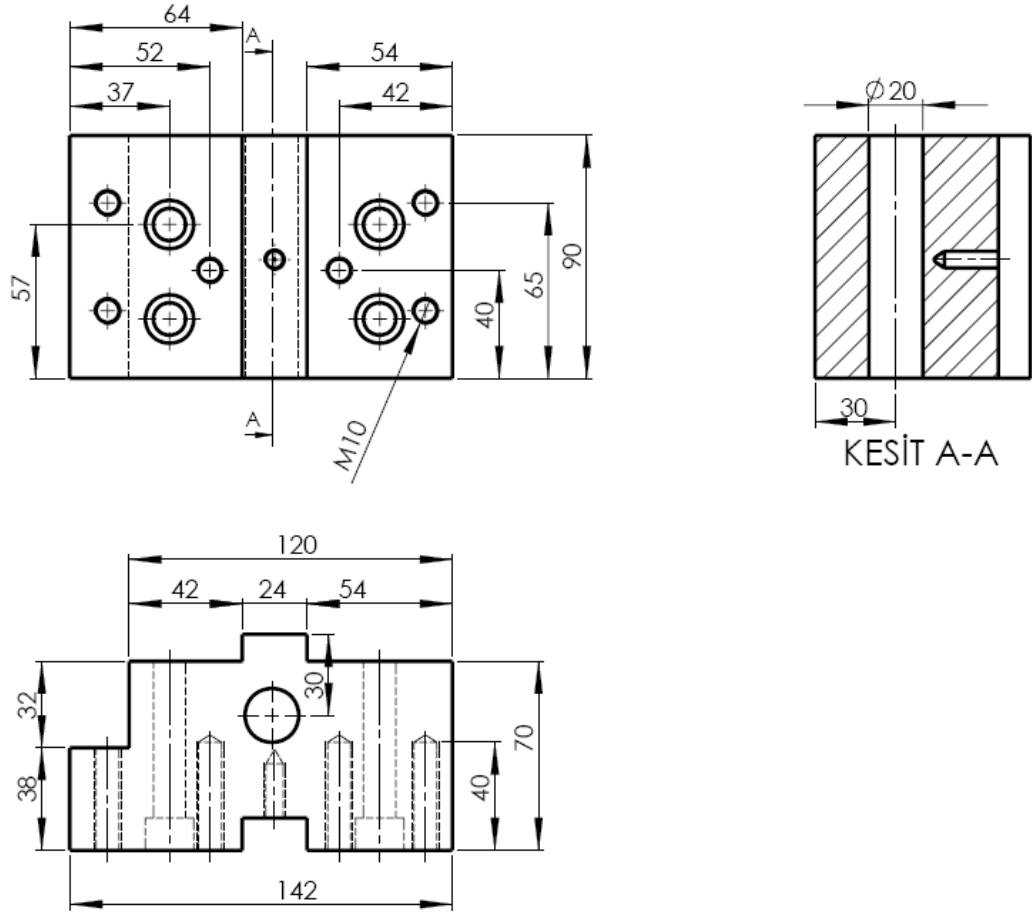
Şekil 2.1. Üniversal torna tezgahı için tasarlanan bağlama aparatı gövdesinin yapım resmi

EK – 3 Üiversal torna tezgahı için bağlama aparatı



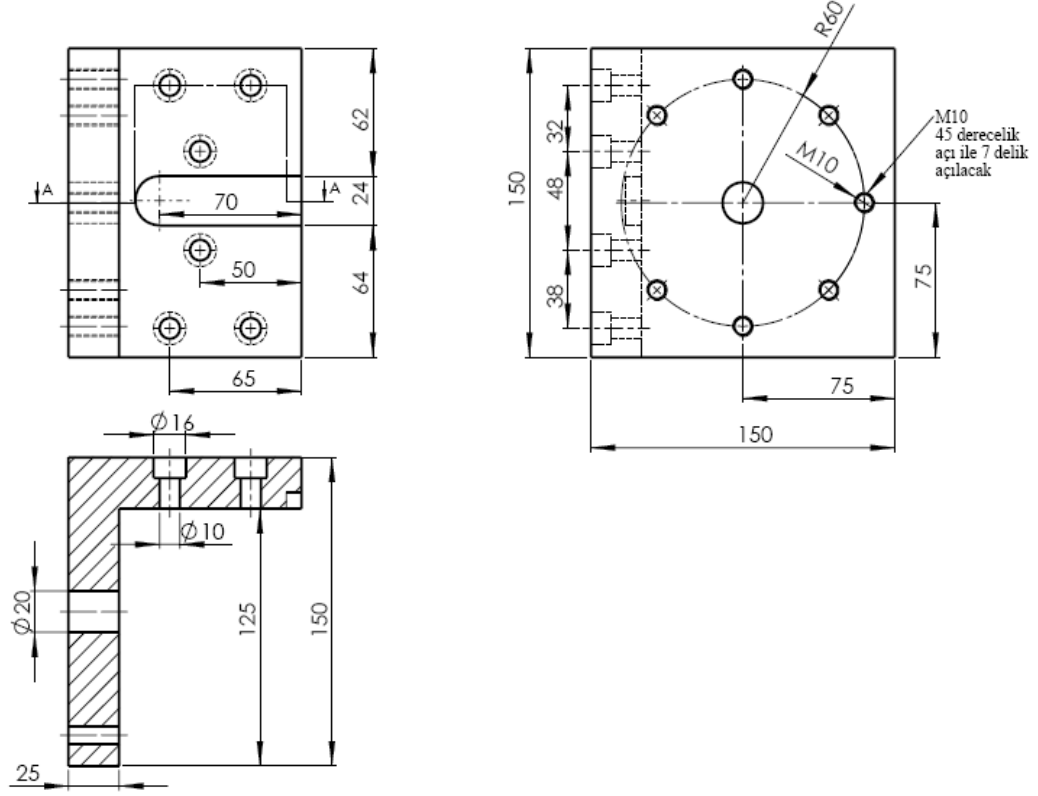
Şekil 3.1. Üiversal torna tezgahı için tasarlanan ara bağlama parçasının yapım resmi

EK – 4 CNC torna tezgahı için bağlama aparatı ana gövdesi



Şekil 4.1. CNC torna tezgahı için tasarlanan bağlama aparatı ana gövdesinin yapım resmi

EK – 5 CNC torna tezgahı için bağlama aparatı



Şekil 5.1. CNC torna tezgahı için tasarlanan ara bağlama parçasının yapım resmi

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : USTA, Muharem
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 02.10.1984 - Giresun
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : 0 (312) 346 58 06
 Faks :
 e-mail : usta.maki@gmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi /Makine Eğitimi	2010
Lisans	Gazi Üniversitesi/ Makine Eğitimi	2007
Lise	Atatürk E.M.L.	2001

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2008-2010	Demirer Hidrolik	Pnömatik Satış Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Basketbol, Bilgisayar teknolojileri, Bowling