

T.C.  
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİR DELME DİNAMOMETRESİ TASARIM VE  
İMALATI İLE HSS-1040 MALZEME ÇİFTİNDE  
İLERLEME KUVVETİ VE  
DÖNDÜRME MOMENTİNİN ANALİZİ**

Ahmet SOYLU

MAKİNE EĞİTİMİ ANABİLİM DALI  
TALAŞLI ÜRETİM EĞİTİMİ PROGRAMI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Konya, 2007

T.C.  
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİR DELME DİNAMOMETRESİ TASARIM VE İMALATI İLE HSS-1040  
MALZEME ÇİFTİNDE İLERLEME KUVVETİ VE DÖNDÜRME  
MOMENTİNİN ANALİZİ**

Ahmet SOYLU  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNE EĞİTİMİ ANABİLİM DALI  
TALAŞLI ÜRETİM EĞİTİMİ PROGRAMI

Bu tez 02/07/2007 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Süleyman YALDIZ   Prof. Dr. Ahmet AKDEMİR   Doç. Dr. Hacı SAĞLAM  
(Üye)                                      (Üye)                                      (Danışman)

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### **BİR DELME DİNAMOMETRESİ TASARIM VE İMALATI İLE HSS-1040 MALZEME ÇİFTİNDE İLERLEME KUVVETİ VE DÖNDÜRME MOMENTİNİN ANALİZİ**

Ahmet SOYLU

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Eğitimi Anabilim Dalı

Talaşlı Üretim Eğitimi Programı

Danışman: Doç. Dr. Hacı SAĞLAM

2007, 98 Sayfa

Jüri: Prof. Dr. Süleyman YALDIZ

Jüri: Prof. Dr. Ahmet AKDEMİR

Jüri: Doç. Dr. Hacı SAĞLAM

Kesme kuvvetlerinin ölçülmesi, takım tasarımını optimize etmede faydalı olup, kesmenin bilimsel analizi için de gereklidir. Son yıllarda takıma etki eden kesme kuvvetlerinin yeterli hassaslıkta ölçülmesi için pek çok farklı dinamometre tasarımı ve imalatı gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada, helisel matkaplarla delme işlemi esnasında meydana gelen itme kuvveti ve döndürme momenti, takım geometrisi, uzama ölçer teknolojisi ve dinamometre imalatı için gereken kriterlerle ilgili literatür araştırması yapılmıştır. Delme işlemi esnasında meydana gelen itme kuvveti ve döndürme momentini ölçebilecek, uzama ölçer esaslı bir dinamometre tasarımı ve imalatı gerçekleştirilmiştir. Bu dinamometre ETİAL 44 Alaşım Alüminyum malzemedен yapılmış olup, 4000 N'luk itme kuvvetini ve 30 Nm'lik döndürme

momentini ölçebilecek kapasitededir. Dinamometre statik olarak kalibre edilmiştir. Dinamometreden alınan kuvvet ve moment sinyalleri sinyal yükselticiler ve veri toplama kartı aracılığı ile bilgisayara transfer edilmiştir.

Tam faktöriyel tasarım kullanılarak hazırlanan deney planına göre numuneler farklı matkap geometrisi [uç açısı ( $\psi=100^\circ, 118^\circ, 130^\circ$ ) ve helis açısı ( $\gamma=20^\circ, 25^\circ, 30^\circ$ )] ve kesme parametrelerinde [kesme hızı ( $v=18, 22, 28$  m/dak) ve ilerleme ( $f=0, 1; 0, 2; 0, 3$  mm/dev)] delinmiştir. Deneylerde çapı 10 mm TS 95/1, HSSE %10 Co alaşımlı yüksek hız çeliğinden özel olarak imal edilmiş matkaplar kullanılmış, deney malzemesi olarak makine parçalarının imalatında yaygın olarak kullanılan gerilim giderme işlemi yapılmış Ç1040 çeliği kullanılmıştır. Deneyler sonunda matkap geometrisi ve kesme parametrelerinin kuvvet ve tork değerleri üzerindeki etkileri analiz edilmiştir. Bu analiz sonucunda Ç1040 imalat çeliğinin delinmesinde optimum takım ve kesme parametreleri helis açısı  $30^\circ$ , uç açısı  $118^\circ$ , kesme hızı 28 m/dak ve ilerleme 0,2 mm/dev olarak tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Delme dinamometresi, Veri toplama ve değerlendirme, Matkap açıları, Kesme parametreleri, Eksenel kuvvet, Döndürme momenti.

## **ABSTRACT**

Master Thesis

### **INVESTIGATION OF THRUST FORCE AND TORQUE IN COUPLE OF TOOL-WORKPIECE (HSS-Ç1040) BY THE DESIGN AND MANUFACTURING OF DRILLING DYNAMOMETER**

Ahmet SOYLU

Selçuk University

Graduate School of Natural and Applied Science

Department of Machine Education

The Programme of Machining Production Education

Danışman: Doç. Dr. Hacı SAĞLAM

2007, 98 pages

Jüri: Prof. Dr. Süleyman YALDIZ

Jüri: Prof. Dr. Ahmet AKDEMİR

Jüri: Doç. Dr. Hacı SAĞLAM

The cutting forces measuring is essential in optimising tool design, in addition it is even necessary for scientific analyse of cutting. In recent years, many dynamometers have been developed to measure cutting forces acting on the tool at sufficient accuracy. In this study, the literature investigation for required criterions such as the thrust force and torque generated in-drilling process with helical drill bits, tool geometry, strain gauge technology and dynamometer manufacturing has been performed. In order to measure thrust force and torque occurring in-drilling process, a strain gauge based drilling dynamometer design and manufacturing has been carried out. This dynamometer is made of aluminium alloy (ETIAL 44) and its capacity 4.000 N for thrust force and 30 Nm for torque. The dynamometer has been calibrated as static. The force and torque signals

obtained from the dynamometer have been transferred to computer by means of the signal amplifiers and data acquisition card.

The experiment plan prepared according to full factorial design the samples have been drilled at different tool geometry [point angle ( $\psi=100^\circ, 118^\circ, 130^\circ$ ) and helix angle ( $\gamma=20^\circ, 25^\circ, 30^\circ$ )] and cutting parameters [cutting speed ( $v=18, 22, 28\text{m/dak}$ ) and feed rate ( $f=0,1; 0,2; 0,3\text{mm/dev}$ )]. In experiments, specially manufactured the drill bits in 10 mm made of high speed steel (HSSE 10% Co) as a tool and stress relieved steel of Ç1040 used widely in manufacturing of machine parts as a workpiece have been used.

After the experiments, the effects of tool geometry and cutting parameters on thrust force and torque were analysed. As a result of this analysis, in drilling of samples of Ç1040 steel by HSS drill bits, optimum tool and cutting parameters were found as  $30^\circ$  of helix angle,  $118^\circ$  of point angle, 28 m/min of cutting speed and 0.2 mm/rev of feed rate.

**Key words:** Drilling dynamometer, Data collection and evaluation, Drill angles, Cutting parameters, Thrust force, Torque.

## TEŞEKKÜR

Öncelikle Yüksek lisans eğitimime başlamama sebep olan Yüksekokul Müdürüm Öğr. Gör. Ahmet KÜÇÜKÇELİK bey başta olmak üzere, Bu tezin hazırlanmasındaki çalışmalarım boyunca yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren saygı değer hocam Doç. Dr. Hacı SAĞLAM'a, tecrübelerinden ve yardımlarından faydalandığım arkadaşlarım Öğr. Gör. Mustafa Tansu BIYIK, Öğr. Gör. Gökhan YALÇIN, Öğr. Gör. Nazif ERBİL'e Dinamometrenin yapımında emeği geçen HUSAŞ A.Ş. den Adem SANDAL'a, matkapların temininde aracı olan İHSAN KOÇAK Mak.San. ve Tic.A.Ş. den Alpaslan İYİOLDU'ya matkapların imalatını gerçekleştiren başta Sadettin GÜLTEKİN bey olmak üzere KARCAN Makine San. Ve Tic.Ltd.Şti. yetkililerine ve çalışanlarına, matkapların taşlanması yardımcı olan Murat BAĞCI ve tüm emeği geçen TUMOSAN yetkililerine, gönderdiği değerli bilgilerle çalışmalarına ışık tutan Nikken Türkiye Octo Eng.Ltd.Sti. yetkilisi Dr. Ayhan ETYEMEZ beye, deneylerim sırasında emeği geçen S.Ü.Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Makine atölyesi çalışanlarına ve tüm mesai arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	viii
ŞEKİLLER.....	x
TABLolar.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	3
3. TEORİK ESASLAR.....	7
3.1. Matkap Takım Geometrisi.....	7
3.2. Matkapla Delme Mekanikği.....	16
3.2.1 Keski kenarı (radyal ağız).....	16
3.2.2. Kesme kenarı.....	17
3.3. Kesme Kuvvetlerinin Etüdü.....	18
3.3.1. Kesme hızı.....	18
3.3.2. İlerleme.....	20
3.3.3. Uç açısı.....	21
3.3.4. Helis açısı.....	21
3.3.5. Talaş boyutları ve kesiti.....	22
3.4. Matkap Kuvvetleri.....	23
3.4.1. Kesme kuvveti ( $F_c$ ).....	24
3.4.2. İlerleme kuvveti ( $F_a$ ).....	25
3.4.3. Delme momenti ( $M_c$ ).....	25
3.4.4. Sürtünme momenti ( $M_f$ ).....	27
4. DİNAMOMETRE TASARIMI VE İMALATI.....	33
4.1. Uzama Ölçerler.....	33
4.2. Gerinme Ringleri.....	35
4.3. Wheatstone Köprüsü Devresi.....	37
4.4. Dinamometre Malzemesinin Seçimi.....	38
4.5. Sekizgen Ring Et Kalınlığının Hesaplanması.....	39
4.6. Dinamometrenin Yapım İlkeleri.....	40
4.6.1. Ringlerin montajı.....	41
4.6.2. Wheatstone köprülerinin kurulması.....	42
4.7. Dinamometrenin Kalibrasyonu ve Tezgâha Bağlanması.....	45
4.7.1. Uzama ölçer giriş modülü.....	47
4.7.2. Veri toplama.....	48
4.8. Bilgisayar programı akış diyagramı.....	49
5. DENEYSEL BULGULAR VE DEĞERLENDİRMELER.....	50
5.1. Deneysel Çalışmalar.....	50
5.2. Deneysel Bulgular.....	51
5.3. Takım Geometrisi Değişimi Bulguları.....	52
5.3.1. Uç açısı ile eksenel kuvvet ve moment değişimi.....	53
5.3.2. Helis açısı ile eksenel kuvvet ve moment değişimi.....	54
5.3.3. Uç açısı - kesme hızı eksenel kuvvet ve moment değişimi.....	56
5.3.4. Helis açısı - kesme hızı eksenel kuvvet ve moment değişimi.....	57



5.4. Kesme Parametreleri Değişim Bulguları .....	58
5.4.1. Kesme hızı ile aksenal kuvvet ve moment değişimi .....	58
5.4.2. İlerleme ile aksenal kuvvet ve moment değişimi .....	61
5.4.3. Kesme hızı-İlerleme aksenal kuvvet ve moment değişimi .....	63
6. SONUÇLAR .....	66
7. EKLER .....	71
EK-A BİLGİSAYAR PROGRAMI AKIŞ ŞEMASI .....	72
EK-B ADAM 3016 TERMİNAL VE BLOK DİYAĞRAMI .....	77
ADAM 3016 Terminal .....	78
EK-C PCLD-8712 BORD VE PCI-1712 A/D DÖNÜŞTÜRÜCÜ .....	79
PCLD-8712 Veri Bordu PCI-1712 A/D Dönüştürücü Kartı Bağlantısı.....	80
PCI-1712 Blok Diyağramı .....	80
EK-D DENEY FOTOĞRAFLARI.....	81
Matkapların Bilenmesi .....	82
Dinamometre.....	82
Dinamometre Bağlantıları.....	83
Matkapla Delme Çalışması .....	83
EK-E DİNAMOMETRE İMALAT RESİMLERİ.....	84
Alt plaka .....	85
Üst plaka.....	86
Sekizgen ring.....	87

## ŞEKİLLER

Şekil 3.1 Helis matkaplar .....	8
Şekil 3.2 Matkap takımının geometrisi .....	8
Şekil 3.3 Talaş açısının çap boyunca değişimi .....	9
Şekil 3.4 Çap boyunca talaş değişimi .....	10
Şekil 3.5 Öz inceltmenin etkileri.....	10
Şekil 3.6 Matkap uçlarına uygulanan düzeltmeler .....	11
Şekil 3.7 Talaş açılarının helis etkeni ile değişimi.....	12
Şekil 3.8 Standart matkaplar .....	13
Şekil 3.9 Helisel matkaplarda oluşan aşınma mekanizmaları.....	14
Şekil 3.10 Serbest yüzeyde oluşan aşınmanın gösterimi .....	15
Şekil 3.11 Helisel matkabın keski kenar geometrisi .....	16
Şekil 3.12 Helisel matkabın meyilli kesme modellemesi .....	18
Şekil 3.13 Talaş kesiti .....	22
Şekil 3.14 Takım ucunu etkileyen kuvvetler.....	23
Şekil 3.15 Kesme kuvvetlerinin oluşturduğu kesme momenti.....	26
Şekil 3.16 Sürtünme moment oluşumu .....	28
Şekil 4.1 Bir uzama ölçerin yapısı .....	33
Şekil 4.2 Standart Wheatstone köprüsü ve kodlaması .....	34
Şekil 4.3 Dairesel gerinme ringinde meydana gelen deformasyon.....	36
Şekil 4.4 Wheatstone köprü devresi.....	38
Şekil 4.5. Tasarımı ve imalatı gerçekleştirilen dinamometre.....	40
Şekil 4.6 Sekizgen halkanın imalat resmi .....	41
Şekil 4.7 Delme dinamometresi .....	42
Şekil 4.8 $M_t$ momenti Wheatstone köprü devresi .....	43
Şekil 4.9 $F_a$ kuvvet bileşeni Wheatstone köprü devresi .....	43
Şekil 4.10 ADAM-3016 giriş modülü.....	44
Şekil 4.11 Deney seti gösterimi .....	45
Şekil 4.12 Kalibrasyon bileziği kuvvet grafiği .....	45
Şekil 4.13 $F_a$ eksenel kuvvet kalibrasyon grafiği.....	46
Şekil 4.14 $M_t$ tork kalibrasyon grafiği .....	47
Şekil 4.15 Modül-kart terminal bağlantısı .....	48
Şekil 5.1 Çift kademeli düzlemsel yüzey sırt düşürmeli matkap ucu .....	51
Şekil 5.2 Deney numunesi .....	51
Şekil 5.3 Uç açısı ile eksenel kuvvet ve momentin değişimi.....	54
Şekil 5.4 Helis açısı ile eksenel kuvvet ve momentin değişimi .....	56
Şekil 5.5 Uç açısı ve kesme hızları ile eksenel kuvvet ve momentin değişimi.....	57
Şekil 5.6 Helis açısı ve kesme hızları ile eksenel kuvvet ve momentin değişimi .	57
Şekil 5.7 Kesme hızı ile eksenel kuvvet ve momentin değişimi.....	59
Şekil 5.8 Kesme hızı ile eksenel kuvvet ve momentin değişimi.....	60
Şekil 5.9 Kesme hızı ile eksenel kuvvet ve momentin değişimi.....	63
Şekil 5.10 Kesme hızı ve ilerleme ile eksenel kuvvet ve moment değişimi.....	64
Şekil 5.11 Kesme hızı ve ilerleme ile eksenel kuvvet ve moment değişimi .....	65

## TABLolar

Tablo 3.1 N tipi matkap için kesme açıları .....	13
Tablo 3.2 Matkap cinsleri ve sertlikleri (Tosun, 2002).....	15
Tablo 3.3 Helisel matkapla delmede kesme hızları .....	20
Tablo 3.4 K değerleri .....	25
Tablo 3.5 Gereç cinsine göre $\mu$ sürtünme katsayısı değerleri .....	30
Tablo 3.6 Matkap ve çalışmasının geometrik faktörleri .....	31
Tablo 4.1 ETİAL 44 Alüminyum'un özellikleri .....	39
Tablo 4.2 Izgara tipi uzama ölçerin teknik özellikleri .....	41
Tablo 5.1 Deneylerde kullanılan parametreler ve değerleri.....	50
Tablo 5.2 Deney numunelerinin kimyasal kompozisyonu (% ağırlık) .....	51
Tablo 5.3 Deney parametreleri ve değerler tablosu .....	52

## 1. GİRİŞ

Talaşlı üretimde kullanılan takım tezgâhlarının ve takımların kendilerinden beklenen fonksiyonları yerine getirebilmeleri için, tasarım ve imalatlarının amaca uygun olarak yapılması gerekir. Tezgâhın mekanik yapısı, tezgâhın rijitliğini bozmadan, üzerinde bulunan takım ve aparatları taşıyabilecek mukavemette olmalıdır. Daha da önemlisi, tezgâh çalışırken kesici takıma gelen kesme kuvvetlerinin etkisiyle tezgâh parçaları istenilmeyen şekilde deforme olmamalıdır. Talaş kaldırmadan dolayı meydana gelen kesme kuvvetlerinin güvenle karşılanabilmesi için doğru analiz edilmesi ve kesici takımının dayanım özelliklerinin bu kuvvetleri karşılayabilecek nitelikte olması gerekir.

Makineler, üretimin her alanında kullanılan ve yaptığı işe uygun olarak yük ve kuvvetlerin tesiriyle gerilme ve zorlanmaların etkisinde kalan sistemlerdir. Bu nedenle makineler kullanılırken oluşabilecek zorlanmaların en iyi şekilde analiz edilerek, tasarım ve boyutlandırmaları ona göre yapılmalıdır. Teori ile pratiğin çeşitli etkenlerden dolayı birbirleri ile uyuşmaması kuvvetlerin deneysel olarak ölçülmesini gerektirmektedir. Üretimi yapılacak sistemlerin uzun ömürlü, emniyetli, kaliteli ve ekonomik olabilmesi için sisteme etki eden bütün kuvvetlerin hassas olarak ölçülmesi gerekir. Çok-yönlü yüklenmelere maruz parçalarda mukavemet hesaplarının yapılması ve bu kuvvetlerin hâsıl ettiği gerilmelerin analizi oldukça zordur. Ayrıca teorik hesaplamada göz ardı edilen bazı kuvvetler ileri safhalarda büyük problemler teşkil edebilir. Malzemelerde gerilme ve kuvvetin etkisiyle oluşan şekil değişiminin hesaplanması, kuvvet ölçümlerinde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu çalışmada, ilk merhalede matkap tezgâhında delme esnasında meydana gelen eksenel kuvvet ile sürtünme ve kesme kuvvetlerinden ortaya çıkan döndürme momentini algılayabilen, uzamaölçer teknolojisine dayalı bir dinamometre tasarımı ve imalatı yapılmıştır. Bu dinamometre kalibre edilerek, tam faktöriyel tasarım deney planına göre eksenel kuvvet ile sürtünme ve kesme kuvvetlerinden ortaya çıkan döndürme momenti ölçülmüştür.

İkinci merhalede hazırlanan deney numuneleri farklı matkap geometrisi (uç açısı ve helis açısı) ve kesme parametrelerinde (kesme hızı ve ilerleme) delinmiş, delme esnasında elde edilen analog kuvvet ve tork sinyalleri bir yükseltici ve A/D dönüştürücüden geçirilerek ISO birim sistemleri cinsinden bilgisayar ortamına kaydedilmiştir. Daha sonra, matkap geometrisi ve kesme parametrelerinin kaydedilen kuvvet ve tork değerleri üzerindeki etkileri analiz edilmiştir.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Metal kesme işleminin analizini yapabilmek için işlemeden önce, işleme esnasında ve işleme sonrasında bazı gözlemlerin yapılması gerekir. Kesme işlemi sırasında yapılabilecek gözlemler oldukça sınırlıdır. Bu tür tespitlerin en önemlilerinden biri kesme parametreleri ve takım geometrisinin kesme kuvvetlerine etkilerinin belirlenmesidir. Kesme kuvvetleri; takım tezgâhlarının tasarımında kullanılmasının yanı sıra, takımın şeklini, yapısını ve yer değiştirmesini belirlemek için de kullanılmaktadır.

Kuvvet ölçmede genellikle dinamometreler kullanılır. Dinamometrelerin tasarımı ve imali konusunda bugüne kadar birçok bilimsel araştırma yapılmıştır. Yapılan dinamometrelerin önemli bir kısmı uzama-ölçer esasına dayalıdır. Bu konularda yapılan çalışmalar aşağıdaki gibi özetlenmiştir.

Cook ve ark. (1954), "*Takım Tezgâhları Dinamometreleri*" başlıklı çalışmalarında torna, freze ve taşlama tezgâhlarında oluşan kesme kuvvetlerini ölçebilecek, "Strain-Gauge" tipi dinamometre tasarımı ve imalatını yapmışlardır. Bu çalışmada, dört adet sekiz-köşeli ring kullanmışlardır. Uzama-ölçerleri doğrudan takım üzerine yerleştirmek uygun olmadığından, ölçme bölgesini üzerinde taşıyacak bir takım tutucusu kullanılmıştır.

Ay (1988), yaptığı bir çalışmada makine parçalarının üzerine uygulanan yükten dolayı doğan gerilmelerin belirlenebilmesi için uzama-ölçerlerin önemini ortaya koyarak, uzama-ölçer uygulamalarını araştırmış ve deneysel gerilme analizlerinin vazgeçilmez elemanı olan uzama-ölçerlerin; tel tipi, folye tipi ve yarı iletken tipinde olanlarını incelemiştir.

Yardımoğlu ve Boyar (1992), talaş kaldırmada gerekli olan enerjiyi belirten, özgül kesme enerjisini deneysel olarak araştırmışlardır. Kesme kuvvetlerini, takım taşıyıcıya tespit edilen "*üç eksenli mekanik kuvvet-ölçer*" ile ölçmeye çalışmışlardır. Genel olarak, kuvvet bileşenlerinin ilerleme hızı ile doğru orantılı olduğunu ve talaş derinliğinin artmasıyla kesme kuvvetlerinin arttığını

gözlemler ve ayrıca kesme hızının artışı ile özgül kesme enerjilerinin azaldığını göstermişlerdir.

Biçer (1993), tornalama işleminde kesme kuvvetlerini ölçebilecek bir dinamometre tasarımı ve yapımını gerçekleştirmiştir.

Hamid ve Ali (1995), ortogonal metal-kesme deneylerinin büyük bir bölümünü Alüminyum 2014-T6 numune üzerinde HSS ve sementit takımlarla değişik kesme parametreleri değerleri kullanarak gerçekleştirmişlerdir. Takım-iş parçası temasından sonraki ilk birkaç devir süresince, geçici dinamik kuvvet davranışını kaydederek, zaman ve frekans analizleri yapmışlardır.

Dai ve Gautschi (1997), "*yeni nesil kesme kuvveti dinamometreleri*" adlı çalışmalarında, dönel kesme kuvveti dinamometreleri (Rotating Cutting Force Dynamometers-RCD) ve üç-parçalı dinamometre (Compac Dyn) aletlerinde kesme kuvveti ölçme aralığını genişletmişler ve hassas bir ölçme yapma konularını incelemişlerdir.

Santochi ve ark. (1997), "*kesme kuvveti gösterimi için hassas bir takım*" adlı çalışmada, tornalama operasyonlarındaki kuvvetlerin ölçülmesinde uzama-ölçer esaslı kesici takımların kullanıldığı yeni bir görüşü tanıtmışlardır. Takım sapı içerisine sensör yerleştirilerek, kullanımı ve montajı kolay olan ve radyo-telsiz dalgaları aracılığıyla verilerin CNC'ye aktarıldığı yeni bir sistemi incelemişlerdir. Özellikle ölçme köprüsündeki ölçme sinyallerini yükselterek ve kızılötesi dönüştürücüyle dış veri alma sistemine göndermişlerdir. Çalışmalarında, sensör entegre edilmiş takım sistemi kullanmışlardır.

Chen ve Tsao (1999), çeşitli şekillerde kaplanmış HSS helisel matkapların kesme parametrelerini araştırmışlardır. Bazı delme şartları altında kaplanmış helisel matkaplar kullanılarak, yapılan deneylerin sonucunda delme işlemi esnasında meydana gelen aksenal kuvvet ve torkun küçük bir aralıkta değişkenlik gösterdiği ortaya konmuştur.

Ertunç (1999), delmede işlem sırasında takım durumunu izlemek için takım aşınmasını tanımlamada kesme kuvveti ve motor güç sinyalleri ölçümüne dayalı

bir model ortaya koymuştur. Burada iki yaklaşım sergilenmiştir; birincisi Hidden Markov modelinin (HMM) bar grafiklerinin izlenmesi, ikincisi de merkezi karar füzyonu algoritması (DFCA) ile takımın aşınma durumuna (keskin, kesebilir, körlenmiş) tekabül eden kesme kuvvetleri sinyallerinin sınıflandırılmasıdır. Geliştirilen bu modellerin her türlü kesme ve işleme operasyonlarında kullanılabilecek genel bir model olduğu ifade edilmiştir.

Dimla ve Lister (2000), kesme kuvvetleri ve titreşim sinyallerinin analizine dayalı deneysel ve analitik bir model geliştirerek, çeşitli kesme şartlarında değişik kesme parametrelerinde tornalama esnasında takım durumunu izlemişlerdir.

Juhchin ve ark. (2000), delme ve raybalama işlemleri için yeni bir bilgisayarlı simülasyon modeli açıklamışlardır. Bu model dört parçadan meydana gelir: kesici ağız için kuvvet modeli, çapraz kesme kenarı için kuvvet modeli, takım tezgahı için dinamik model, kuvvet ve takım tezgahı titreşimleri arasındaki yenilebilir korelasyon (ilgişim) kuvvetler ve takım tezgahı için kullanılan modeller.

Sağlam ve Ünüvar (2000), takım aşınmasının işlem sırasında izlenmemesi durumunda üretilen iş parçasındaki yüzey kalitesi ve ölçü toleransında karşılaşılan olumsuzluklar nedeniyle üretim miktarında ve zamanında kayıpların arttığını ve üretim kalitesi üzerinde en etkili parametrenin takım ömrü olduğunu vurgulamışlardır.

Işık (2001), talaş kaldırma işlemlerinde kesici takımların kırılma anını önceden belirleyecek bir sistem oluşturmuştur. Kırılma öncesi erken uyarı için kesme kuvvetleri ve serbest yüzey aşınmasındaki artış değerlerini kullanmıştır. Deneylerde iş parçası malzemesi olarak takım çeliği ve imalat çeliği numuneler üzerinde değişik kesici takım malzemeleri (HSS, tungsten karbür-WC, TiC+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+TiN, TiC+TiCN+TiN ve TiAlN) kullanmıştır.

Sahu ve ark. (2003), Bu çalışmada helisel matkaplarda helis kanal içerisine bir talaş yönlendirici yerleştirilmesini teklif etmişlerdir. Talaş yönlendiricili ve talaş yönlendiricisi bulunmayan matkaplarla yapılan deneylerde, helisel kanal içerisine yerleştirilen talaş yönlendiricisinin talaş tahliyesini kolaylaştırdığı, matkap ömrünü uzattığı, kritik delme derinliğini artırdığı, kesme kuvvetlerini azalttığı



dolayısıyla da matkaba tesir eden aksenal kuvvet ve momenti azalttığı gözlenmiştir.

Bıyık (2004), yaptığı çalışmada tornalama esnasında oluşan üç eksendeki kesme kuvvetlerini ölçebilecek uzama-ölçer esaslı sekizgen halka tipi bir tornalama dinamometresi geliştirmiş ve farklı kesme parametrelerinde silindirik tornalama esnasında kesme kuvvetlerini ölçmüş, takım aşınması ile kesme kuvvetleri arasındaki ilişkileri analiz etmiştir. Ayrıca, tezgah motorunun çektiği akımı ölçmek üzere dalga kontrol akım ölçüm modülü (Hall-effect device) kullanmıştır.

Strenkowski ve ark.(2004), helisel matkaplar ile delik delme işleminde aksenal kuvvet ve torkun tahmini için analitik olarak bir sonlu elemanlar tekniği geliştirilmiştir. Bu bir dizi eğik kesme işleminde kesici uç bölgesindeki kesme kuvvetlerinin gösterimine dayanan bir yaklaşımdır. Benzer şekilde radyal konuma bağlı farklı kesme hızları ile yapılan ortogonal kesmede çapraz kesme kenarı arasındaki kesmeler ele alınmıştır. Bölümün her biri için kesme kuvvetlerini benzeten bir Eulerian sonlu eleman modeli kullanılmıştır.

Karabay (2005), ince dairesel ringlerin temel elastik teorilerini dikkate alarak uzama-ölçerli sekizgen ring esaslı dinamometreler imal etmiştir. Bu dinamometreyi kullanarak delme anındaki aksenal itme kuvvetini ve torku ölçmüştür.

Kea ve ark. (2005), delme işlemlerindeki sürekli oluşan spiral talaş formu sık sık talaşın uzaklaştırılma problemlerine yol açar. Bu makalede sürekli talaşlar için (spiral ve düz) delmedeki talaş oluşum süreci araştırılmıştır. Talaş kaldırma hareketi ve kuvvetleri analiz edilmiştir. Spiral ve düz uzun talaş oluşumunun tahmin edilmesi için iki model geliştirilmiştir.

Çakır ve Çavdar (2006), metal kesme işlemlerinde beklenmedik problemlerle karşılaşmadan problemlerin önceden analizi yapılarak erken tedbir alınması gerektiğini belirterek, bu amaçla üç temel metal işleme operasyonunda (tornalama, frezeleme ve delme) karşılaşılan problemleri çözmek için bir bilgi tabanlı uzman sistem (COROSolve) geliştirmişlerdir.

### 3. TEORİK ESASLAR

Kesme kuvvetlerinin ölçülmesi, kesme parametrelerini ve takım tasarımını optimize etmede faydalı olup, kesme işleminin teorik prensiplerinin doğrulanması ve bilimsel analizi için önemli bir ihtiyaçtır. Takım tezgâhlarının tasarımında, titreşimsiz ve rijit tezgâhların üretilebilmesi için tezgâhları etkileyen kuvvetlerin tespit edilmesi (ölçümü/hesaplanması) ve buna göre tezgâh gücü hesaplarının yapılması gereklidir. Matkapla delmede aksenal kuvvet ( $F_a$ ), ilerleme mekanizması elemanlarını ve özellikle yatakları (rulmanları) zorlamaktadır. Tezgâhın konstrüksiyonu yapılırken bu elemanlar, belirli bir aksenal kuvvete ( $F_{a-max}$ ) göre hesaplanır. Çalışma sırasında  $F_a > F_{a-max}$  olursa, ilerlemeyi sağlayan elemanlar ve özellikle rulmanlar çabuk bozulur, buna ilaveten aksenal kuvvet takımı burkulmaya zorlar.

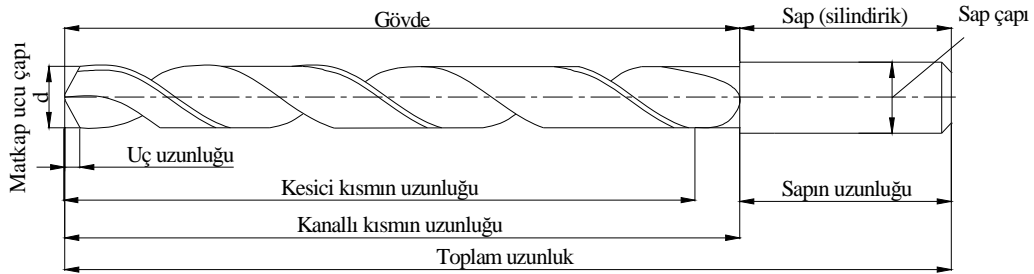
#### 3.1. Matkap Takım Geometrisi

Delik delmede veya büyültmede, çevresinde helis kanallar bulunan ve helisel matkap denilen takımlar kullanılır. Matkap uçları genellikle yüksek hız çeliklerinden (HSS) ve karbür malzemededen imal edilirler. Bunların çapları genel olarak h6-h8 toleransına göre kalibre edilmiştir. Helisel kanallar, talaşın delikten dışarıya atılmasını sağlarlar. Helisel matkaplar gövde ve sap olmak üzere (Şekil 3.1) iki kısımdan meydana gelmektedirler.

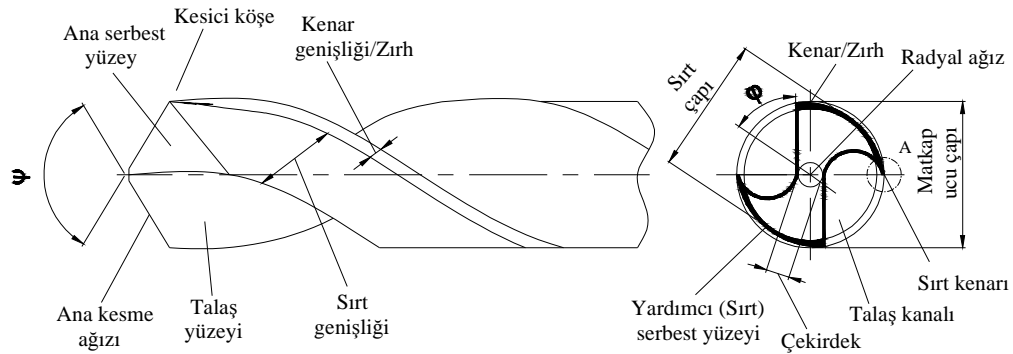
Matkabin çapı ( $d$ ), kanallı kısmının başlangıçtaki çapıdır. Delme sırasında matkap zırhının delik yüzeylerine sürtünmesini azaltmak için matkap çapı uçtan sapa doğru koniktir. Bu sırt/arka konikliği diye tanımlanır ve genellikle bu koniklik oranı 0.01/100–0.08/100 mm/mm arasında değişir.

Takımın kesme kısmı uç kısmıdır. Burada iki ana kesme ağızı (Şekil 3.2), her ağzın birer talaş yüzeyi ve serbest yüzeyi bulunur. Ana ağzların oluşturduğu koni tam sivri değildir, aralarında çekirdek/öz denilen yassı bir kısım vardır. Çekirdeğin genişliği radyal kesme ağzını/keski kenarını oluşturur. Ana ağzların

birbirine göre açısal konumu uç açısı ( $\psi$ ), radyal kesme ağzının/keski kenarının konumu radyal kesme açısı ( $\phi$ ), kanalların şekli helis açısı ( $\gamma$ ) ile ifade edilir.



Şekil 3.1 Helis matkaplar



Şekil 3.2 Matkap takımının geometrisi

Talaş yüzeyi esasen uç kısmına isabet eden kanaldır. Bu kısımda iki kanal arasındaki yüzey serbest yüzeyi meydana getirmektedir. Matkabın kanallı kısmında iki kanal arasındaki yüzey, matkabın sırtını oluşturmaktadır. Sırtla kanal arasında bir kenar/zırh vardır.

Delme işlemi radyal ağzın/keski kenarının parçaya dalmasıyla başlar ve ana kesme ağzlarının aktif kesme işlemini gerçekleştirmesiyle devam eder. Kesme ağzları tarafından kesilerek parçadan ayrılan talaş helisel kanallar vasıtasıyla tahliye edilir. Delme mekaniği, keski kenarı ve kesme ağzları olarak ayrı ayrı analiz edilmelidir. Keski kenarı kesme yapmaz, sadece dönme ve ilerleme hareketi sayesinde iş parçasını ezerek ağızlama yapar ve matkabın kolayca ilerlemesini sağlar (Akkurt 1992). Kesici ağız ise, dönme ve ilerleme hareketiyle helisel bir yüzey oluşturarak iş parçasını keser. Bu helisin adımı, matkabın bir devirde yaptığı ilerleme miktarı olarak ifade edilebilir (Altıntaş 2000). Dolayısıyla

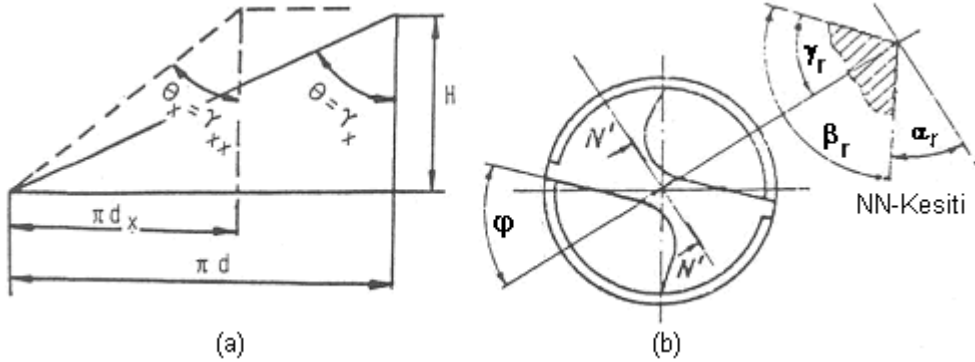
helisel yüzey boyunca hareket eden takımda, kesme ağızlarının efektif yönü sürekli değiştiğinden, matkabın efektif kesme açıları da değişir. Matkabın bir ağızı, delik açma torna kalemi ile benzeştirilebilir, iki ağızı ise üst üste yerleştirilmiş iki kalemden meydana geldiği düşünülebilir. Şöyle ki; esas matkabın, bu iki kalemin bir çekirdek üzerine helisel bir şekilde sarılması ile oluştuğu varsayılabilir. Dolayısıyla matkabın esas kesme ağzının geometrisi, tek ağızlı takımlarda olduğu gibi tayin edilebilir. Burada da talaş açısı ( $\lambda$ ), serbest açısı ( $\alpha$ ) ve kama açısı ( $\beta$ ) gibi kesme açıları vardır. Matkaplarda her ağza karşılık gelen ve helis açısının kesici ağzın talaş açısına eşit olduğu bir kanal vardır.

Matkabın açıları arasında;  $\gamma + \beta + \alpha = 90^\circ$  bağıntısı vardır.

Kesme ağzına bağlı kanalın açılımına dayanarak (Şekil 3.3a), matkabın  $d$  ve  $d_x$  çapına karşılık gelen talaş açıları,  $H$  kanalın helis adımı olmak üzere,

$$\tan \gamma_x = \tan \theta = \frac{\pi \cdot d}{H} \quad \tan \gamma_{xx} = \tan \theta_x = \frac{\pi \cdot d_x}{H}$$

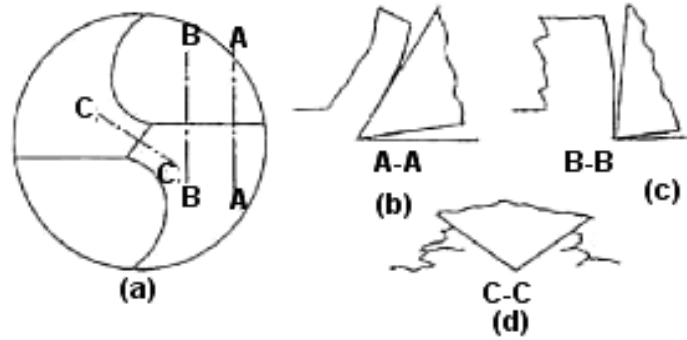
şeklinde yazılır.



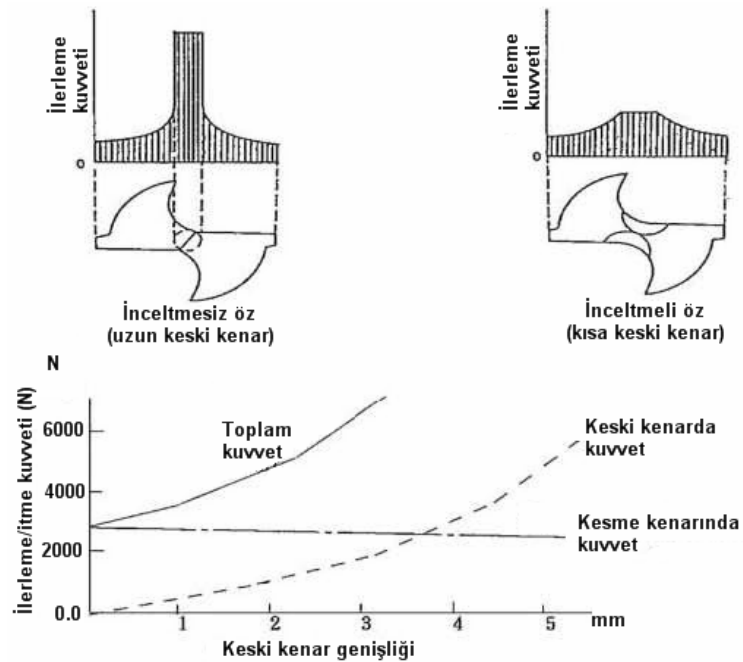
Şekil 3.3 Talaş açısının çap boyunca değişimi

Bu bağıntılardan görüldüğü gibi, ağız boyunca talaş açısı ( $\lambda$ ) değişmektedir;  $d_x = d$ 'de maksimum değere ulaşan talaş açısının değeri matkabın ucuna doğru azalmakta ve radyal kesme ağzının bulunduğu yassı kısımda negatif olmaktadır (Şekil 3.3b). Burada radyal kesme ağzına karşılık gelen kesme açıları  $\lambda_r$ ,  $\beta_r$  ve  $\alpha_r$  şeklinde ifade edilmiştir. Bu durumda kama açısı  $\beta_r > 90^\circ$  olur ve yassı kısım

malzemeyi keserek değil ezerek kaldırır (Şekil 3.4). Aksenal kuvvetin yarısından fazlasına bu keski kenardaki yapılanma sebep olmaktadır. Bu durum aksenal kuvvetin artmasına neden olur ve kesme koşullarını zorlaştırır. Ayrıca, yassı kısmın bir tarafı diğerine göre biraz daha yüksek olursa, matkap işlenecek parça ile temasa geldiğinde sağa, sola kayma eğiliminde bulunur. Bu olayı bertaraf etmek için delinecek yer markalanır veya delme işlemi kılavuz burçlarla yapılır.



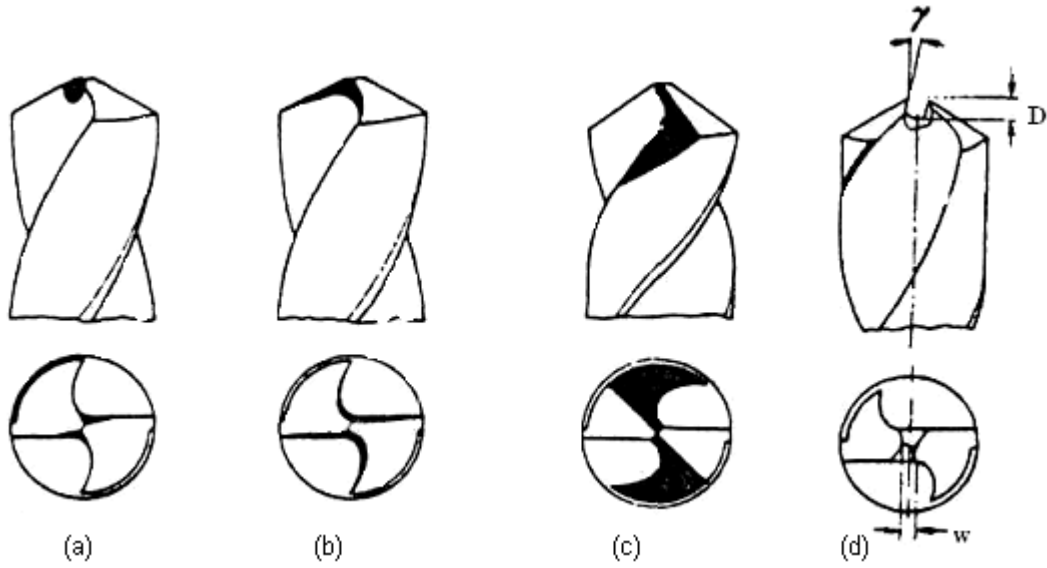
Şekil 3.4 Çap boyunca talaş değişimi



Şekil 3.5 Öz inceltmenin etkileri

Çekirdeğin menfi etkisini ortadan kaldırmak amacıyla, son zamanlarda radyal kesme ağzının sivrileştirilmesi adı ile bilinen yöntemler uygulanmaktadır

(Şekil 3.5). Öz inceltme bilemelerinde (Şekil 3.6a), çekirdek kalınlığının  $0,1.d$  değerine kadar radyal ağzın her iki köşesi eşit miktarda sivrileştirilir. Bu metot aksenal kuvvetin azalmasını sağlarken daha iyi bir merkezleme özelliği oluşturmaktadır. Öz inceltme ve kesme kenarları talaş açısı düzeltilmesinde kararlı bir kama açısı oluşarak, helis açısını düşürmeden, talaş açısını engellemeyen bir matkap elde edilir (Şekil 3.6b). Bu tür bileme yüksek zorlanmalara uğrayan matkaplar için uygundur.



Şekil 3.6 Matkap uçlarına uygulanan düzeltmeler

Talaş kaldırma sırasında matkap aynı anda dönme ve ilerleme hareketi yaptığı için, esas ağzın herhangi bir noktası bir daire değil de, bir helis yapmaktadır (Şekil 3.7a). Bu helisin adımı, takımın bir dönmeye yaptığı ilerlemeye ( $f$ -mm/dev) eşittir. Dolayısıyla kesme sırasında tüm ağız helisel bir yüzey meydana getirecektir. Sistemin açılımı yapılırsa (Şekil 3.7b) helisel yüzey, kesme ve ilerleme yönlerinin oluşturduğu etken yönde, eğim açısı;

$$\tan \eta = \frac{f}{\pi.d} \quad (1)$$

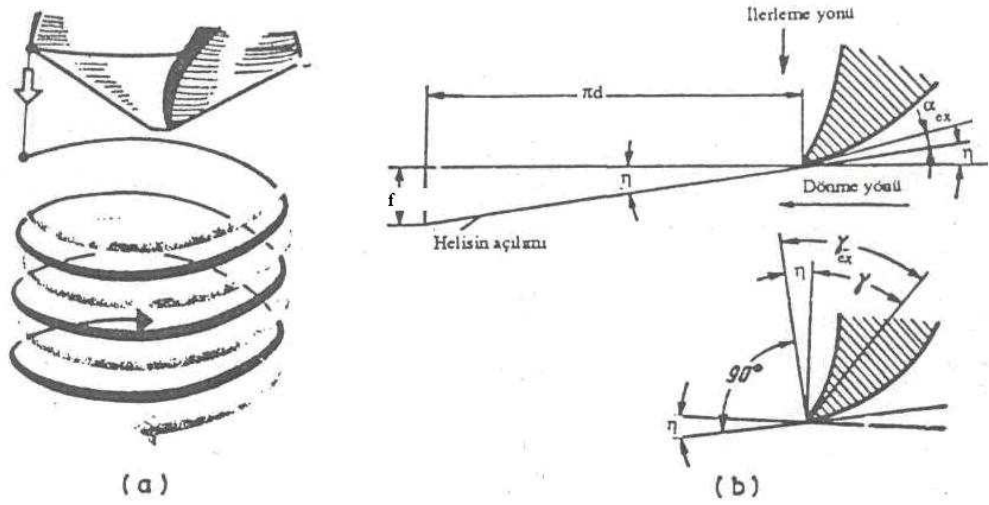
olan eğik bir yüzeye dönüşecektir. Kesme ağzlarının etken kesme yönü, bu yüzeye  $\eta$  ile eğik olacaktır. Bundan dolayı talaş kaldırma sırasında matkabın

kesme açıları değişecektir, bunlara etken kesme açıları denir. Şekil 3.7b'de de görüldüğü gibi etken serbest ( $\alpha_{ex}$ ) ve etken talaş açısı ( $\gamma_{ex}$ )

$$\alpha_{ex} = \alpha_x - \eta \quad (2)$$

$$\gamma_{ex} = \gamma_x + \eta \quad (3)$$

olur. Yani etken serbest açısı azalır ve etken talaş açısı büyür. Kama açısı aynı kalır. Bu durum Şekil 3.7'de gösterilmiştir.



Şekil 3.7 Talaş açılarının helis etkene ile değişimi

Yukarıdaki açıklamaların ışığı altında matkabın geometrisi ile ilgili önemli sonuçlar şu şekilde sıralanabilir;

- Talaş açısı matkabın ucuna doğru azalır,
- Yassı kısım çekirdek/radyal ağız/keski kenarı, menfi kesme özelliklerine sahiptir,
- Talaş kaldırma sırasında serbest açının azalması, serbest yüzey ile işlenen yüzey arasındaki sürtünmelerin büyümesine neden olur, bu nedenle bu açı  $8^\circ$  ila  $14^\circ$  arasında alınır.

- Parça malzemesine bağlı olan kesme açlarına göre DIN standartlarında (DIN 1414) N, H ve W ile simgelenen üç çeşit matkap vardır (Şekil 3.8).

Bunlardan:

- N tipi çelik ve dökme demir gibi normal malzemeler için helis açıları  $16^{\circ}$ - $30^{\circ}$ ,
- H tipi pirinç alaşımları gibi sert ve gevrek malzemeler için helis açıları  $10^{\circ}$ - $13^{\circ}$ ,
- W tipi alüminyum alaşımları gibi yumuşak malzemeler için helis açıları  $35^{\circ}$ - $40^{\circ}$  dir.

Bunlara, plastik malzemeler için geçerli olan değiştirilmiş H tipi de ilave edilebilir.



Şekil 3.8 Standart matkaplar

Her tip için kesme açıları matkabın çapına bağlıdır. Mesela çelik ve dökme demir için geçerli olan N tipi matkabın, çapa bağlı olarak kesme açıları (Tablo 3.1) de verilmiştir. Çelik ve dökme demir için geçerli olan N tipi matkabın uç açısı  $118^{\circ}$ 'dir; bu açı standart bir açı olarak kabul edilir.

Tablo 3.1 N tipi matkap için kesme açıları

Matkabın çapı (mm)	Yan serbest açı $\alpha_x \pm 1^{\circ}$	Talaş açısı $\gamma_x \pm 3^{\circ}$	Uç açısı $\psi \pm 3^{\circ}$
2,51...6,3	$12^{\circ}$	$22^{\circ}$	$118^{\circ}$
6,31...10	$10^{\circ}$	$25^{\circ}$	
>10	$8^{\circ}$	$30^{\circ}$	

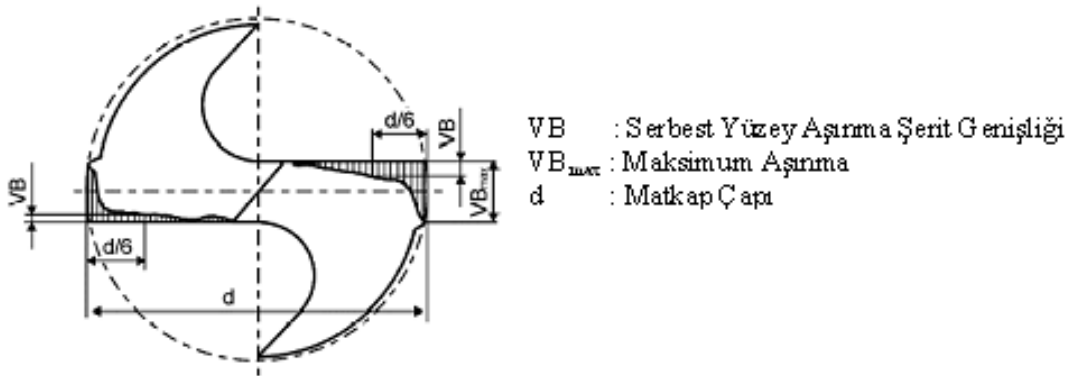


Uç açıları  $118^\circ$ 'den daha küçük olan matkaplara uzun açılı, daha büyük olanlara düz denir. Matkapların en çok aşınan yerleri uç kısmının köşeleridir. Uç açısı büyüdükçe köşe açısı azalır ve aşınma hızlanır.

Delik delme işlemlerinde kesme parametrelerinin optimize edilmesi oldukça önemlidir. Çünkü delme parametreleri, efektif takım açılarını doğrudan etkilemektedir. İlerlemenin artması, helis açısını artıracak ve boşluk açısını azaltacaktır. Boşluk açısının azalması, takımın ana serbest yüzeyinin, işlenen yüzeye sürtünmesini artırarak sürtünme kuvvetlerini dolayısıyla moment değerini artıracaktır. Bu durum serbest yüzey aşınmasını hızlandıracaktır (Çakır 2000). Matkap takımlarında aşınma, Şekil 3.9'da görüldüğü gibi, serbest yüzeylerde serbest yüzey aşınması, köşelerin yuvarlanması, kesici kenarla zırhın birleştiği noktada zırhın aşınması, krater aşınması ve keski kenar aşınması şeklinde oluşur (Avuncan 1998). Genelde aşınma (Şekil 3.10), kesici kenarın zırh ile birleştiği noktada başlar, kesici ağızlar ve serbest yüzeylerde gelişir. Kesici ağızlarda aşınmanın artması, serbest yüzeylerde boşluk açısı kaybolmuş konik yüzey meydana getirir. Oluşan bu konik yüzey, serbest yüzeylerde aşınma şeritlerini (VB) temsil eder. Serbest yüzeylerdeki aşınma, kesme işleminin yerini sürtünme ve zorlamalara bırakarak ısı oluşumunu artırır ve aşınma hızlanarak takımı köreltir (Avuncan 1998).



Şekil 3.9 Helisel matkaplarda oluşan aşınma mekanizmaları



Şekil 3.10 Serbest yüzeyde oluşan aşınmanın gösterimi

Oluşan aşınma değerleri kabul edilir sınırı aştığında, delme işlemlerinde oldukça önemli olan delik geometrisi (dairesellik), boyut ve yüzey kalitesinin bozulmasına neden olur. Delme işlemlerinde kullanılan matkaplar, kesme işlemi sırasında oluşan mekanik (tork, kesme kuvvetleri), ısıl, kimyasal ve abrazyif /sürtünme) yükleri karşılayabilmesi için bazı özelliklere sahip olmalıdır (Çakır 1999). Bir matkap öncelikle yeterli mukavemet ve kırılma direncine sahip olmalı, ikinci olarak, delme sırasında oluşan talaşın ve ısının daha kolay transfer edilmesi ve abrazyif aşınma direncinin yüksek ve kimyasal olarak da kararlı olması gerekir. Bu özelliklerin tümünün mevcut olduğu ideal bir kesici takım malzemesi mevcut değildir. Ancak, kaplama tekniklerinin gelişmesiyle, ana malzemenin tokluk özelliği korunarak, mikron mertebesindeki sert seramik tabakalarla, aşınma ve ısı direnci yüksek ve kimyasal olarak kararlı kesici takım malzemesi kombinasyonu elde edilmiştir. Tablo 3.2’de bazı matkap malzemelerinin sertlik değerleri verilmiştir.

Tablo 3.2 Matkap cinsleri ve sertlikleri (Tosun, 2002)

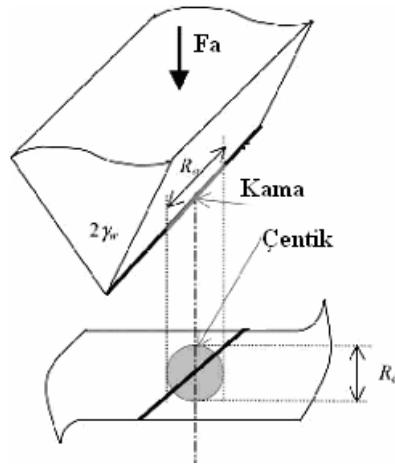
Matkap Cinsi	Sertlik (HV30)
Karbür matkaplar	3000
TiN kaplı matkaplar	2000
HSS matkaplar	800-900

### 3.2. Matkapla Delme Mekanikği

Matkap, iş parçalarına çabuk ve kolayca delik açmak için tasarlanmış bir takımdır. Delme; raybalama, delik büyültme ve delik taşlama için bir ön operasyondur. Matkap ilerleme hızında ( $f$ ) malzemeye ilerlerken kesme kenarları sabit talaş kalınlığında ( $h$ ) malzemeden talaş çıkararak deliği genişletir. Delme operasyonlarının mekaniğini değerlendirmek için gerekli olan iki unsur; matkabı iş malzemesine iten aksel kuvvet ( $F_a$ ) ve matkap veya iş miline uygulanan ( $M_t$ ) torktur. Delme mekaniği keski kenar ve kesme kenarı bölgeleri için etraflıca analiz edilmelidir.

#### 3.2.1 Keski kenarı (radyal ağız)

Keski kenarın rolü kesme yapmak değil, sadece bir çentik/yarma mekanizması ile malzemeyi kenarlara yaymaktır. Kesme kurallarını kullanmak yerine yarma mekanizması çentik mekanizması kullanılmalıdır. Eğer işlem bir sertlik testi olarak basitleştirilirse, (Şekil 3.11) o zaman keski kenarına etki eden itme kuvveti hesaplanması şöyle basitleştirilebilir (4) (Yang ve ark. 2000).



Şekil 3.11 Helisel matkabın keski kenar geometrisi

$$\dot{ITME}_i = F_{z,i} = A_{ch} H_B \quad (4)$$

Burada  $H_B$  iş malzemesinin Brinell sertlik değeri ve  $A_{ch}$  keski kenarın ani çentik alanıdır.  $A_{ch}$ , keski kenarı uzunluğunun ( $2w / \sin(\pi - \psi_c)$ ) ve kesme kenarı

ile yayılan malzemenin temas uzunluğunun ( $f/(2 \cos \gamma_t)$ ) ürünü olarak değerlendirilir.

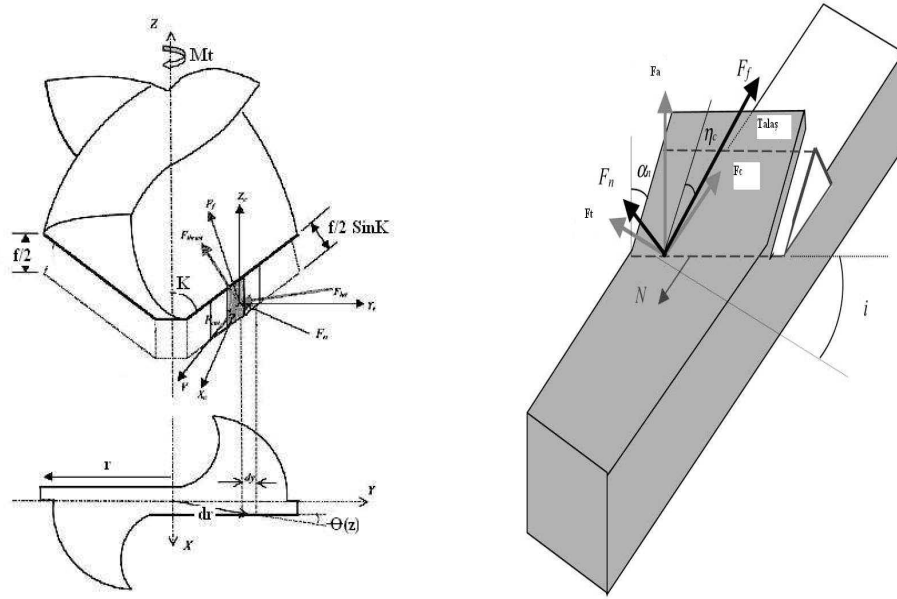
Keski temasının her iki tarafı dikkate alındığında, çentik için bir temas alanı elde edilir (5).

$$A_{ch} = \frac{2\omega f}{\sin(\pi - \psi_c) \cos \kappa_t} \quad (5)$$

Keski kenar geometrisi ve çentme mekanizması oldukça karmaşık olduğundan, çeşitli ampirik/deneye dayalı faktörlerin deneysel kalibrasyonu (Armarego ve ark. 1983) yanında detaylı modelleme gerektirir. Son zamanlarda, delme sırasında iş yüzeyindeki matkabın kaymasını minimize etmek için takım imalatçıları tarafından keski kenar geometrisi önemli ölçüde iyileştirilmiştir. Pratik olarak keski kuvvetleri kesme kenarı kuvvetlerinin yaklaşık %10-15'i kabul edilebilir ve keski genişliği ( $2\omega$ ) çok küçükse tork ihmal edilebilir.

### 3.2.2. Kesme kenarı

Bir matkabın kesme kenarının geometrisi oldukça karmaşıktır. Ortogonal kesmenin meyilli kesmeye dönüşümlerini kullanmak için kesme kenarı boyunca kesme noktalarındaki helis, normal talaş ve meyil açılarının tanımlanması gerekir. Keski kenar ve değişen çapın sebep olduğu dengeleme yüzünden  $\gamma$  helis,  $\lambda$  normal talaş ve  $i$  meyil açıları keski-kesme kenarı ile kesme kenarı-helisel kanal arakesitinden değişir. Şekil 3.12'teki matkap geometrisi Armarego ve ark. (1969), tarafından sunulan çalışmalara dayanır.



Şekil 3.12 Helisel matkabın meyilli kesme modellemesi

Keski kenarın mekaniği ve onun meyilli geometri modellemedeki zorluğu, delme mekaniğini karmaşık hale getirir. Helisel matkapların taşlanması keski ve kesme kenarı geometrisinin, aynı zamanda talaş açısı, helis ve boşluk açılarının tam modellenmesini gerektirir. Çünkü bunlar kesme mekaniği (Chen, Wu, 1984), titreşimler (Ricon, Ulsoy, 1994) ve takım aşınmasını (Kaldor, Lenz, 1982), güçlü şekilde etkilerler.

### 3.3.Kesme Kuvvetlerinin Etüdü

Kesici takım üzerine etki eden kuvvetler, talaş kaldırmanın önemli bir safhasını oluşturmaktadır. Helis açısı, keski kenar genişliği ve uç açısı delme performansının tayin edilmesinde üç önemli büyüklüktür. Son iki büyüklük kullanıcı tarafından belli bir durum için değiştirilebilirken bunlardan ilki imalatçı tarafından kontrol edilir.

#### 3.3.1. Kesme hızı

Matkapla talaş kaldırmada kesme hareketi, matkabın dönme hareketine bağlı olduğundan kesme hızı, matkabın çapı  $d$  (mm), devir sayısı  $n$  (d/dak) olmak üzere,

$$v = \pi.d.n/1000 \text{ (m/dak)} \quad (6)$$

ile ifade edilir. Kesme hızı, kesme ağzının çapına bağlı olarak, ağız boyunca değişir, matkapın çevresinde maksimum, merkezinde ise sıfır olur. Bu olay, talaş kaldırma olayını ağırlaştıran bir etkidir. Kesme hızı kesme ağzı boyunca değişken olmasına rağmen pratikte  $d$  çapına karşılık gelen hız, kesme hızı olarak kabul edilir.

Kesme hızları takım-iş malzeme çiftine, kesme şartlarına, tezgahın rijitliği ve bağlama şartları gibi faktörlere bağlı olarak doğrudan cetvellerden seçilir. Bu değerler teknik ve ekonomik koşullara bağlı optimizasyon metoduyla veya teknik koşullara bağlı analitik olarak tayin edilmişlerdir.

Talaş kaldırma işleminde kesme kuvvetlerinin, takım-talaş arasındaki temas uzunluğu ile ilgili olduğu bilinmektedir. Kesme hızının artırılması, kayma açısını artırdığı, daha ince talaş oluşturduğu ve temas uzunluğunu azalttığı için kesme kuvvetleri de azalır. Sınırlı temas uzunluğuna sahip takımlar kullanılarak, takım-talaş arasındaki temas uzunluğunun sınırlandırılmasıyla kesme kuvvetlerinde belirli düşüşler sağlanabilmektedir.

İlke olarak, matkapla talaş kaldırma olayı tek ağızlı takımla (tornalama, planyalama) talaş kaldırma olayına benzer. Ancak delik işlemede:

- Talaşın tahliyesi,
- Kesme sıvısının verilmesi çok daha zor olduğu,
- Talaş ile helisel kanalların ve matkap ile işlenen yüzeyler arasında sürtünmenin çok daha büyük olduğu,
- Talaş açısının ağız boyunca değişmesi ve bundan dolayı ağız boyunca farklı kesme koşullarının oluştuğu,
- Kesme özellikleri iyi olmayan radyal ağzın bulunduğu,

göz önünde tutulursa, matkapla talaş kaldırmanın, tek ağızlı takıma göre çok daha karışık ve ağır koşullarda meydana geldiği sonucuna varılır. Bu nedenle matkapla delik işlemede talaş kaldırma faktörlerinin tayininde yukarıdaki hususların göz önünde bulundurulmasında fayda vardır.

### 3.3.2. İlerleme

İlerleme  $f$  (mm/dev), matkabın bir devirde aksenal yönde kat ettiği mesafedir. Matkap iki ağızlı bir takımdır; genel olarak ağız sayısı  $z$  ile ifade edilirse, bir ağza karşılık gelen ilerleme:

$$f_z = f / z = f / 2 \text{ (mm/dev)} \quad (8)$$

ve ilerleme hızı

$$v_f = f \cdot n = f_z \cdot z \cdot n = 2 f_z \cdot n \text{ (mm/dak)} \quad (9)$$

şeklinde yazılır.

İlerlemenin artması, helis açısını artıracak ve boşluk açısını azaltacaktır. Boşluk açısının azalması, takımın ana serbest yüzeyinin, işlenen yüzeye sürtünmesini artırarak sürtünme kuvvetlerini dolayısıyla moment değerini artıracaktır.

(Tablo 3.3)'de kesme hızı ( $v$ ) ve ilerleme hızı ( $v_f$ ) değerleri verilmiştir. Değerler delme derinliği  $l < 3d$  için geçerlidir. Delme derinliği  $l > 3d$  olduğu durumda,  $v$  değeri (10) denklemi ile,  $v_f$  değeri (11) denklemi ile tayin edilir.

$$v = v_{cet} \left( 1 - \frac{l}{50 \cdot d} \right) \quad (10)$$

$$v_f = v_{f \cdot cet} \left( 1 - \frac{l}{40 \cdot d} \right) \quad (11)$$

Tablo 3.3 Helisel matkapla delmede kesme hızları

Parça malzemesi	$v$ (m/dk)		Delik çapı d(mm)						
			2,5	4	6,3	10	16	25	40
Alaşimsız çelikler ( $\sigma_k \leq 70 \text{ daN/mm}^2$ ) (Ç1010, Ç1040)	32	n	4000	2500	1600	1000	630	400	250
		s	0,05	0,08	0,12	0,18	0,25	0,32	0,4
Alaşimsız çelikler ( $\sigma_k > 70 \text{ daN/mm}^2$ ) (Ç1050, Ç1060)	20	n	2500	1600	1000	630	400	250	160
		s	0,05	0,08	0,12	0,18	0,25	0,32	0,4

### 3.3.3.Uç açısı

Uç açısı genellikle 118°'dir. Eğer uç açısı 118°'den daha büyük bilirse kesme kenarı içbükey (konkav), 118°'den daha küçük bilirse dışbükey (konveks) olur.

Uç açısı delinecek malzemeye göre doğru seçilmeli ve uygun şekilde bilinmelidir. Genellikle 118° uç açısı birçok yumuşak çelik türleri, bronz ve yumuşak malzemeler için uygundur. Uç açısı arttığı zaman kesme kenarı uzunluğu kısalırken talaş kalınlığı artar (Ostwald, Muñoz, 1996). Birim hacim için, kalın talaş formunda talaş kaldırma, aynı miktar ince talaş formunda talaş kaldırmaya göre daha az enerji gerektirir. Yani uç açısı büyüdükçe moment küçülür. Sert ve işlenmesi zor olan malzemelerin delinmesinde kalın talaşlar bir miktar güç/enerji tasarrufu sağlar. Ayrıca, uzun kesme kenarı (küçük uç açısı) bazı aşındırıcı aşınması oluşturan malzemelerin delinmesinde faydalıdır. Aşındırıcı aşınması uzun kesme kenarına dağıtılır ve birim uzunluk başına düşen kesme kuvveti azaltılır. Buna ilave olarak, küçük uç açılı matkap için köşe açısı daha büyük olup, köşelerde matkaba daha büyük aşınma direnci sağlar. Yumuşak dökme demir ve çoğu plastik malzemeler <118° uç açısı ile daha iyi delinebilirler. Uç açısı büyüdükçe köşe açısı azalır ve aşınma hızlanır. Bu menfi etkiyi gidermek için büyük uç açılı matkaplar, ikinci açı  $\psi=70^\circ$  olmak üzere çift açılı şekilde yapılırlar. Küçük uç açılı büyük bir helis açılı ve ince keski kenarlı matkaplar düşük mukavemetli malzemeler için kullanılırken, geniş uç açılı ve büyük değerlikli keski kenarının bulunduğu matkaplar mukavemetli malzemeler için kullanılırlar.

### 3.3.4. Helis açısı

Helis açısı çevredeki kenarın kılavuzluğu ile tanımlanır. Helis açısını büyümesi, yüksek talaş açısı gibi, kesme performansını iyileştirir. Fakat talaş açısının optimum bir değeri mevcut olup bu değer daha fazla artışı kesici ucun dayanımını azaltacağından aşınmayı artırır. Helis açısının artmasından dolayı helisel kanalın helis uzunluğu artar, talaş kaldırma kötüleşmeye başlar ve matkap kolayca kırılabilir. Helis açısı 0°-45° arasında değişmektedir. Çelik ve çoğu malzemeler için 24°'dir. Bu açı ne kadar küçük yapılırsa, verilen bir ilerlemede



çalıştırmak için gerekli tork/döndürme momenti o kadar büyüktür. Açık kayda değer ölçüde artırıldığında, bazı malzemeler için kesme kenarının ömrü azalır. Helis açısı bakır, magnezyum ve yumuşak plastikler için yaklaşık  $35^{\circ}$ - $45^{\circ}$ , bakır alaşımları için  $20^{\circ}$ - $25^{\circ}$ , sert plastikler için  $17^{\circ}$ , yumuşak ve orta karbonlu çelikler için  $24^{\circ}$ - $32^{\circ}$  tavsiye edilmektedir. Yapılan araştırmalar, helis açısı arttığı zaman aksel kuvvet ve torkta küçük bir azalma olduğunu göstermiş olup, ancak matkabın toplam performansı dikkate alındığında bu önemsizdir.

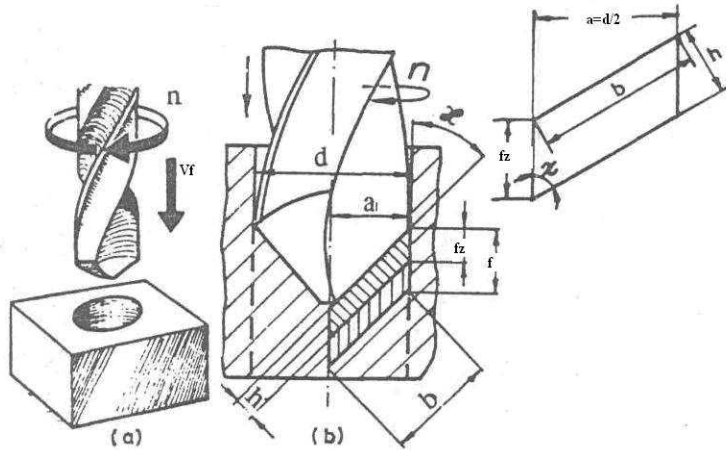
### 3.3.5. Talaş boyutları ve kesiti

Şekil 3.13'e göre, talaş kalınlığı;

$$h = \left( \frac{f}{z} \right) \cdot \sin \frac{\psi}{2} \quad (12)$$

kesici kenar uzunluğu;

$$b = \frac{d/2}{\sin \frac{\psi}{2}} \text{ yazılabilir.} \quad (13)$$

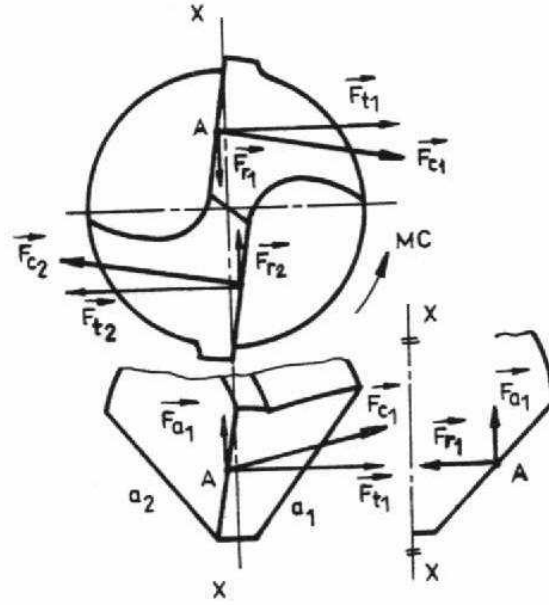


Şekil 3.13 Talaş kesiti

talaş kesiti (12) ve (13) denklemlerinin çarpımıyla bulunur.

$$A = \left( \frac{f}{z} \right) \left( \frac{d}{2} \right) \quad (14)$$

### 3.4. Matkap Kuvvetleri



Şekil 3.14 Takım ucunu etkileyen kuvvetler

Şekil 3.14'deki kesici ağızlardan bir tanesi ele alınıp incelendiğinde, bu bölgenin;

$F_{a1}$  : Eksenel kuvvet,

$F_{r1}$  : Radyal kuvvet,

$F_{t1}, F_{c1}$  : Teğetsel kuvvet,

olmak üzere üç ayrı kuvvetin tesiri altında olduğu görülür. Takımın birbirine göre simetrik iki kesici ağızı olduğu dikkate alınır, aşağıdaki bağıntılar yazılabilir.

$$F_a = F_{a1} + F_{a2} \quad (\text{Eksenel kuvvet})$$

$$F_{t1} = F_{t2} \quad (\text{Teğetsel kuvvet})$$

$$F_{c1} = F_{c2} \quad (\text{Kesme kuvveti})$$

$F_a$  değeri genellikle deneysel yollarla belirlenir.  $F_t$  teğetsel kuvveti ile  $F_c$  kesme kuvveti pratikte birbirine eşit olarak kabul edilir.

Kesici ağızları etkileyen teğetsel kuvvet veya kesme kuvveti kesici kenarın her noktasında farklı değer taşır. Bu sebeple kuvvet hesabında ortalama kesme kuvveti dikkate alınır.

### 3.4.1. Kesme kuvveti ( $F_c$ )

Matkabın tek ağızına gelen kesme kuvveti düzeltme faktörleri de göz önüne alınarak;

$$F_{c1} = k_s \cdot A \cdot k_p \cdot k_u = k_s \cdot \left( \frac{f \cdot d}{2 \cdot z} \right) \cdot k_p \cdot k_u \quad (15)$$

şeklinde yazılabilir.

Kesici ağız sayısı ( $z=2$ ) (15) denkleminde yerine yazılırsa;

$$F_{c1} = k_s \cdot \left( \frac{f \cdot d}{4} \right) \cdot k_p \cdot k_u \quad (16)$$

elde edilir.

Burada;

$k_s$  : Özgül kesme kuvveti ( $N/mm^2$ )

$F_{c1}$  : Esas kesme kuvveti(N)

$k_u$  : Aşınma faktörü

$k_p$  : Takım gereç faktörü

Aşınma faktörü	$k_u$
Kılavuz deliksiz işlem için	1~1,05
Kılavuz delikli işlem için	0,95

<b>Takım gereç faktörü</b>	$k_p$
Yeni bilenmiş matkap uçlarında	2
Aşınmış, yıpranmış takımlarda ve döküm gereçlerde	5
Aşınmış, yıpranmış takımlarda ve çelik gereçlerde	4

### 3.4.2. İlerleme kuvveti ( $F_a$ )

Eksenel kuvvet  $F_a$  ilerlemeyi sağlayan elemanları ve özellikle yatakları (rulmanları) zorlamaktadır. Tezgâhın konstrüksiyonu sırasında bu elemanlar, belirli bir eksenel kuvvete ( $F_{a-max}$ ) göre hesaplanır. Çalışma sırasında  $F_a > F_{a-max}$  olursa, ilerlemeyi sağlayan elemanlar ve özellikle rulmanlar çabuk bozular. Ayrıca  $F_a$  kuvveti takımı burkulmaya zorlar.  $F_{a-max}$  'ın değeri tezgâh katalogunda verilir.

Bugüne kadar yapılan çalışmalar,  $F_a$  ilerleme kuvvetinin deneysel yollarla tespit edilebildiğini göstermiştir.  $F_a$  'nın değerinin hesaplanmasında gerçeğe daha yakın değerlere veren (17) denkleminin kullanılması tavsiye edilir (Mendi, 1996).

$$F_a \approx K.(s.d)^{0.8} \quad (17)$$

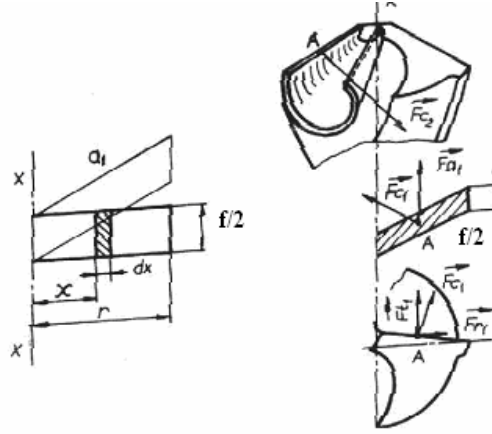
Formüldeki  $K$  değerleri Tablo 3.4'te verilmiştir;

Tablo 3.4 K değerleri

Delinen gereç cinsi(Genel)	K (N/mm <sup>2</sup> )
Çelikler	1650
Döküm gereçler	800
Hafif metal alaşımları	900

### 3.4.3. Delme momenti ( $M_c$ )

Delme işleminde, kesme kuvvetlerinin meydana getirdiği momentin iki ayrı açıdan incelenmesi gerekir: Bunlardan birincisi kesme momenti, diğeri sürtünme momentidir (Şekil 3.15).



Şekil 3.15 Kesme kuvvetlerinin oluşturduğu kesme momenti

Burada;

$b$  : Kesici kenar uzunluğu (mm)

$f/2$  : Bir kesici ağzın bir devirdeki ilerleme miktarı (mm/devir)

$dx$  : Tek dişin oluşturduğu talaş kesiti üzerinde alınan yüzey parçasının genişliği (mm)

$X$  :  $dx$  yüzey parçasığının dönme eksenine uzaklığı (mm)

$R$  : Takım yarıçapı ( $d/2$ ) (mm)

$F_{c1} = F_{c2}$  : Kesme kuvvetleri (N)

$k_s$  : Delinen gerecin özgül kesme kuvveti ( $N/mm^2$ )

$M_c$  : Delme momenti (Nm)

Buna göre; talaş kesiti üzerinde alınan elemanter yüzey parçasığının  $d_x$ 'e göre türevi alınırsa,

$$\frac{dA}{dx} = \frac{f}{2} \quad (18)$$

$$dA = \frac{f}{2} dx \quad (19)$$

bulunur.  $dA$  yüzeyine etkiyen kuvvetin  $dx$ 'e göre türevi,

$$\frac{dF_{c1}}{dx} = \frac{f}{2} k_s \quad (20)$$

veya

$$dF_{c1} = \frac{f}{2} k_s \cdot dx \quad (21)$$

yazılabilir. Bu ifadenin 0'dan  $r$ 'ye kadar integrali alınır,

$$F_{c1} = k_s \frac{f}{2} \int_0^r dx \quad (22)$$

olup (22) denklemini çözüldüğünde bir kesici ağızda oluşan kesme kuvveti;

$$F_{c1} = \frac{f}{2} k_s \cdot r \quad (23)$$

$r = d/2$  olduğundan, (23) denkleminde yerine yazılırsa,

$$F_{c1} = \frac{f \cdot d}{4} k_s \quad (24)$$

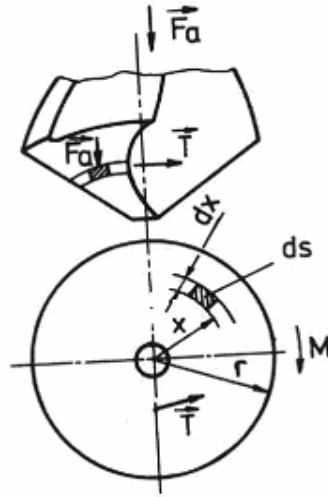
elde edilir. X-X eksenine göre  $F_{c1}$  ve  $F_{c2}$  kuvvetlerinin meydana getirdiği moment;

$$M_c = F_{c1} \frac{d}{2} \quad (25)$$

şeklinde yazılabilir.

#### 3.4.4. Sürtünme momenti ( $M_f$ )

Sürtünme momentinin etüt edilmesinde (Şekil 3.16) matkap ucunun delik yuvasına dik konumda yataklanmış bir mil olduğu ve delme anında matkap konik ucunun delik tabanı yüzeyine kayma sürtünmesi ile sürtüldüğü varsayılacaktır.



Şekil 3.16 Sürtünme moment oluşumu

$ds$  : Takım konik yüzeyi üzerinde alınan elemanter yüzey parçacığı

$f_a$  : Elemanter  $ds$  yüzeyini etkileyen elemanter aksenal kuvvet (N)

$\mu$  : Sürtünme katsayısı

Buna göre  $ds$  elemanter yüzeyini etkileyen aksenal kuvvetin diferansiyeli,

$$\frac{dF_a}{ds} = f_a \quad (26)$$

$\mu$  sürtünme katsayısı dikkate alındığında  $F_c (F_c = F_t)$  teğetsel kuvvetinin  $df_a$  'ya göre türevi;

$$dF_c = \mu \cdot dF_a \quad (27)$$

(26) denklemini (27)'de yerine yazılırsa,

$$dF_c = \mu \cdot f_a \cdot ds \quad (28)$$

$ds$  : yüzey alanı

$$ds = 2\pi \cdot X \cdot dx \quad (29)$$

(28) ve (29) denklemlerinden (30) denklemi yazılabilir.

$$dF_c = \mu \cdot f_a \cdot 2\pi \cdot X \cdot dx \quad (30)$$

ds elemanter yüzeye etki eden  $dF_c$  kuvvetinin nötr eksene göre oluşturduğu sürtünme momenti:

$$dM_f = X \cdot dF_c \quad (31)$$

(30) ve (31) denklemlerinden (32) yazılabilir.

$$dM_f = X \cdot \mu \cdot f_a \cdot 2\pi \cdot X \cdot dx \quad (32)$$

Bu denklemin 0-r arasındaki entegrali, delik tabanı ile takım ucu arasında oluşan sürtünme momentini verir.

$$M_f = \mu \cdot f_a \cdot 2\pi \int_0^r X^2 \cdot dx \quad (33)$$

$$M_f = \mu \cdot f_a \cdot 2\pi \cdot r^3 / 3 \quad (34)$$

Sürtünen yüzey alanı,

$$A = \pi \cdot r^2 \quad (35)$$

olduğu varsayılarak

$$f_a = \frac{F_a}{A} \quad (36)$$

olduğu göz önüne alınarak (34), (35), (36) denklemlerinden (37) denklemi elde edilir.

$$M_f = \mu \cdot F_a \frac{d}{3} \quad (37)$$

Delme anında oluşan momentlerin toplamı (25) ve (37) denklemleri toplamından,

$$M_{top} = M_c + M_f \quad (38)$$

$$M_{top} = \frac{F_{cl}}{2} d + \mu \frac{F_a}{3} d \quad (39)$$

elde edilir.



Bazı gereçlerin sürtünme katsayıları (Tablo 3.5)'de verilmiştir.

Tablo 3.5 Gereç cinsine göre  $\mu$  sürtünme katsayısı değerleri

Sürtünen malzeme	$\mu$
Çelik/Çelik	0,10
Çelik/Döküm	0,16
Çelik/Bronz	0,18
Çelik/Hafif metal alaşımı	0,2
Çelik/Ağaç	0,5-0,6

Matkap ve çalışmasının geometrik faktörleri (Tablo 3.6) da gösterilmiştir.

Tablo 3.6 Matkap ve çalışmasının geometrik faktörleri

Karakteristikler	Kesme direnci		Rijitlik		Talaş kaldırabilme	Kılavuz perform.	Uçtaki çapaklanma miktarı	Açıklamalar
	Matkabın Geometri Faktörleri	İtme	Tork	Gövde				
Helis açısı	Yüksek ↑ Düşük	Küçük ↑ Büyük	Küçük ↑ Büyük	Küçük ↑ Büyük	İyi ↑ Kötü		Küçük ↑ Büyük	Helis açısı büyütüldüğü zaman, kesme direnci azalır, fakat matkabın rijitliği düşmelidir. Yüksek helis açısı yumuşak malzemeler için, düşük helis açısı kırılğan malzemeler için benimsenmiştir.
Uç açısı	Büyük ↑ Küçük	Büyük ↑ Küçük	Küçük ↑ Büyük	Küçük ↑ Büyük	İyi ↑ Kötü		Küçük ↑ Büyük	Uç açısı küçüldüğünde itme kuvveti küçülür, fakat tork büyümeye başlar. 118° uç açısı sert malzemeler için benimsenmiş, yüksek hızda kesme için 135° tasarlanmıştır.
Öz kalınlığı	Büyük ↑ Küçük	Büyük ↑ Küçük	Büyük ↑ Küçük	Büyük ↑ Küçük	Kötü ↑ İyi			Matkap öz kalınlığını artırmak için matkabın rijitliği büyük olmalıdır. Fakat, uzun keski kenar yüzünden ayrıca itme kuvveti de artar. İtme kuvvetini azaltmak için öz inceltme işlemi yapılır.
Boşluk açısı	Büyük ↑ Küçük	Büyük ↑ Küçük		Küçük ↑ Büyük			Küçük ↑ Büyük	Eğer boşluk açısı büyütülürse, itme kuvveti ve ayrıca serbest yüzey aşınması azalır, fakat kesme kenarı kırılğan olmaya başlar. Sert malzemeler için boşluk açısı küçük, yumuşak malzemeler için büyük tutulur.
Arka konikliği	Büyük ↑ Küçük		Küçük ↑ Büyük			Kötü ↑ İyi		Arka konikliği artırıldığı zaman tork küçülmeye başlar ve aşınan zırh uzunluğu küçülür. Fakat fazla arka konikliği daha az kılavuzluk performansı sağlar ve delikdoğrusallığı azalır.

### 3.4.5.Eksenel kuvvet ve döndürme moment hesabı

Malzeme: Ç 1040 imalat çeliği

Takım malzemesi: HSSE % 10 Co

Matkap çapı: 10mm.

Takım gereç faktörü:  $k_p = 1,25$

Takım aşınma faktörü:  $k_u = 1,05$

Sürtünme katsayısı:  $\mu = 0,1$

İlerleme:  $f = 0,1-0,3$  mm/devir

Birim özgül kesme kuvveti:  $k_{11} = 1780$  N/mm<sup>2</sup>

Malzeme sabiti:  $m = 0,17$

$$h = \frac{f}{2} \cos \frac{\psi}{2}$$

$$k_s = \frac{k_{11}}{h^m} = \frac{1780}{\left(\frac{0,1}{2} \cos \frac{130}{2}\right)^{0,17}} = 3429 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{cl} = k_s \cdot \frac{f \cdot d}{4} \cdot k_p \cdot k_u = 3429 \cdot \frac{0,3 \cdot 10}{4} \cdot 1,25 \cdot 1,05 = 3375 \text{ N.}$$

$$F_a = K(f \cdot d)^{0,8} = 1650 \cdot (0,3 \cdot 10)^{0,8} = 3973 \text{ N}$$

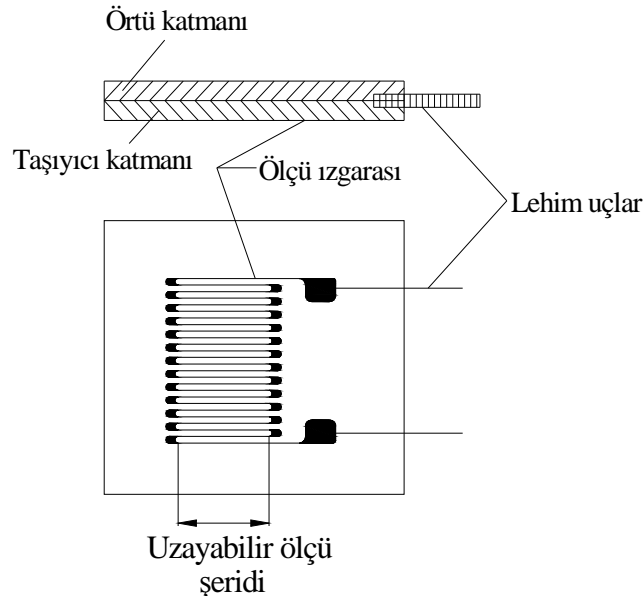
$$M_c = X \cdot d F_c = F_c \cdot \frac{d}{2} = 3375 \cdot \frac{10}{2} = 16875 \text{ N.mm}$$

$$M_f = \mu \cdot F_a \cdot \frac{d}{3} = 0,1 \cdot 3973 \cdot \frac{10}{3} = 1324 \text{ N.mm}$$

$$M_T = M_c + M_f = 16875 + 1324 = 18199 \text{ N.mm} \approx 18 \text{ Nm}$$

## 4. DİNAMOMETRE TASARIMI VE İMALATI

### 4.1. Uzama Ölçerler



Şekil 4.1 Bir uzama ölçerin yapısı

Uzama ölçerler (Şekil 4.1), uzaması ölçülecek malzemeye özel yapıştırıcılarla yapıştırılır. Bu malzemede sıcaklık veya kuvvet etkisiyle olacak boyut değişimleri aynen uzama ölçerde de meydana gelir. Daha doğrusu boyut değişimleri uzama ölçeri de beraberinde sürükler. Mesela eleman boyu  $\Delta l$  kadar uzamışsa uzama ölçerin direnci  $\Delta R$  kadar değişir. Elastik bölge içinde kalmak şartı ile bu ilişki şöyle olur,

$$\left( \frac{\Delta R}{R} = k \cdot \frac{\Delta L}{L} \right) \quad (40)$$

Burada;

R uzama ölçerin orijinal direnci ( $\Omega$ )

$\Delta R$  Uzama ölçerin uzaması veya kısılması sonucu orijinal direncinde meydana gelen değişiklik ( $\Omega$ )

L uzama ölçer yapıştırılmış olan elemanın orijinal boyu (mm)

$\Delta L$  Uzama ölçer yapıştırılmış olan elemanın çeki veya bası sonucu yaptığı boyut değişikliği (mm)

k Orantı katsayısı veya daha yaygın adıyla uzama ölçer faktörüdür.

Uzama ölçerin birim uzaması  $\Delta L/L_0 = \varepsilon$  ile ifade edilebilir. Burada kaydedicide görülen voltaj değişimi dirençteki değişimi gösterir. Çıkış voltajı ile dirençteki değişim şöyle bulunur,

$$\Delta E = V \cdot \frac{r}{(1+r)^2} \left( \frac{\Delta R_1}{R_1} - \frac{\Delta R_2}{R_2} + \frac{\Delta R_3}{R_3} - \frac{\Delta R_4}{R_4} \right) \quad (41)$$

Burada,

$\Delta E$  Çıkış voltajı, 10-6V

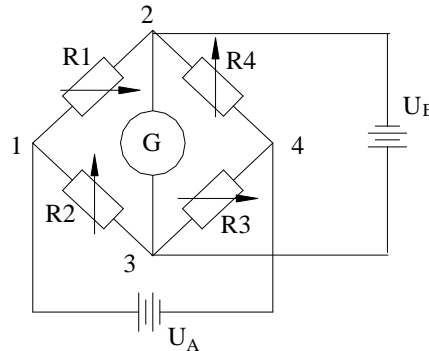
V Giriş voltajı, 10-6V

R  $R_2/R_1$  oranı

$\Delta R_i$  Ölçer direncindeki değişim i, i= 1, 2, 3, 4

$R_i$  Ölçer direnci, ( $\Omega$ )

Uzama ölçerler uygulamada daima bir Wheatstone köprüsü içinde kullanılmaya çalışılır. Buna ölçü köprüsü adı da verilir (Şekil 4.2').



Şekil 4.2 Standart Wheatstone köprüsü ve kodlaması

Tüm uzama ölçer ölçümlerinin özü önce  $\Delta R$  yi bulmak, buradan  $\Delta l$  ye yani birim uzamaya ( $\varepsilon$ ) geçmek ve nihayet gerilmeyi ( $\sigma$ ) bulmaktır (Koenigsberger 1958).

Yani:

$$\frac{U_A}{U_E} = \frac{1}{4} \cdot \frac{\Delta R}{R} \quad (42)$$

eşitliğinden istifade etmektir (Erdiller 1982). Bu eşitlikte  $U_A$  ölçülür  $U_E$  ve  $R$  önceden bilinir. Dolayısıyla  $\Delta R$  değeri artık bulunabilir. Diğer taraftan bilindiği üzere, (40) eşitliği geçerlidir. Burada k ile gösterilen uzama ölçer faktörü üretici

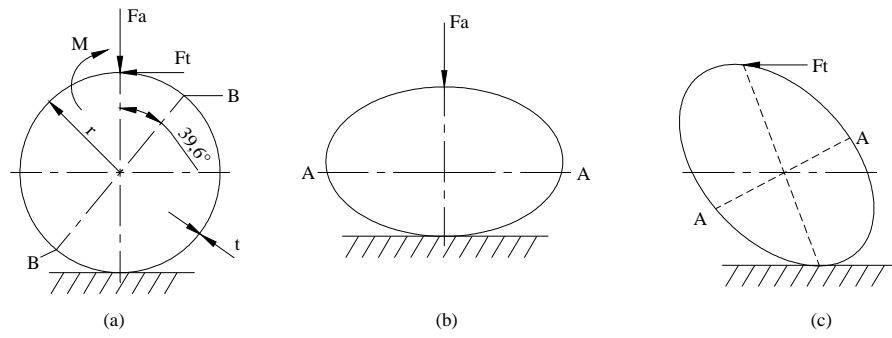
tarafından verilmektedir. O halde  $R$ ,  $\Delta R$  ve  $k$  biliniyorsa buradan  $(\Delta l/l) = \epsilon$  birim uzaması bulunur.  $\epsilon$  değerinin bulunmasıyla gerilme, Hook kanunu uyarınca  $\sigma = E \cdot \epsilon$  ile bulunur. Kullanılan malzemenin  $E$  elastikiyet modülü bellidir, gerilme bulunduktan sonra  $F = \sigma \cdot A$  yardımıyla  $A$  kesitini zorlayan kuvvet bile doğrudan bulunabilir (Erdiller 1982, Kim 1996).

#### 4.2. Gerinme Ringleri

Bir dinamometrenin tasarımında; duyarlık, rijtlik, esneklik, kalibrasyon yeteneği, doğruluk ve yenilenebilme özelliklerinin bulunması gerekmektedir. Bu özelliklerin elde edilmesinde, dinamometrelerde kullanılan ölçü araçlarının yanında geometrik biçimlerinin de önemi büyüktür. Bunu en iyi sağlayan dairesel gerinim halkası ile birlikte uzama ölçer kullanılmaktadır (Rapier 1959). Bu halkaların özelliği, üzerine uygun şekilde yerleştirilen uzama ölçerler sayesinde üç boyutlu kesme kuvvetlerini ölçmenin yanında, meydana gelen tork değerini de ölçebilmeleridir. Şekil 4.3'de görülen dairesel gerinme halkası, hassaslık, duyarlık ve rijitliğin yanında flambaja karşı da dayanıklıdır. Bir gerinme halkası kolay üretilmeli ve montajı kolay olmalıdır. Uzama ölçerlerin gerinme halkasına montajı ise tamamen farklı uygulama gerektiren bir işittir.

Bu halkaların birden fazla kullanılması halinde, halkaların birbirine olan simetrikliği doğru sonuçların alınabilmesi için çok önemlidir. Simetrikliğin doğru olması gerekliliğinin sebebi ise, sıcaklık faktörüyle yakından ilgili olmasıdır. Burada, halkaların zıt yüzeylerindeki denk noktaların aynı sıcaklıkta olması, ölçerlerin birbirleriyle aynı ekseninde olmasının yanında halkaların birbiriyle olan simetrikliği ile yakından ilgilidir. Bu yolla dört kollu aktif köprü devresi kurularak ısınmadan dolayı meydana gelen ölçme farklılıkları ortadan kaldırılmış olur.

Gerinme ringlerinin boyutlandırılmasında referans alınan iki faktör, ölçülecek kuvvetin büyüklüğü ve ölçme hassasiyetidir. Kesme kuvvetlerini ölçmek için, (Şekil 4.3a) gibi, yarıçapı ( $r$ ), et kalınlığı ( $t$ ) ve aksel genişliği ( $b$ ) olan bir ring tabanından bağlanarak, aksel ( $F_a$ ) ve teğet kuvvet ( $F_t$ ) uygulanmıştır.



Şekil 4.3 Dairesel gerinme ringinde meydana gelen deformasyon

Sadece ( $F_a$ ) uygulandığı zaman ring Şekil 4.3b'deki gibi deforme olur ve ince ring elastik teorisine göre ringin iç ve dış yüzeylerinde A-noktalarındaki gerinme;

$$\varepsilon_A = \pm \frac{1,09.F_a.r}{E.bt^2} \quad (43)$$

Olurken, düşey eksenenden  $39,6^\circ$  açıda B noktalarındaki gerinme değeri sıfırdır.

Sadece ( $F_t$ ) uygulandığı zaman ise (Şekil 4.3c) A-noktalarındaki gerinmeler sıfırken B noktalarındaki gerinmeler şöyle olur:

$$\varepsilon_B = \pm \frac{2.18F_t.r}{Ebt^2} \quad (44)$$

Ringin elastikiyet sınırı dâhilinde kaldığı sürece A ve B noktalarındaki gerinme değerleri, kuvvet ile lineer olarak değişir ve böylece gerinme ringi istenilen lineerlik ihtiyacını karşılar.

İnce bir dairesel ringin radyal ve teğet doğrultulardaki katılık değerleri de şöyledir:

$$K_a = \frac{F_a}{\delta_a} = \frac{E.bt^3}{1,8.r^3} \quad (45)$$

$$K_t = \frac{F_t}{\delta_t} = \frac{E.bt^3}{3,6.r^3} \quad (46)$$

Burada  $\delta_a$  radyal yük  $F_a$  yüzünden radyal doğrultudaki sapmadır. Eğer (43) denkleminin her iki tarafı  $F_a$  ile bölünürse:

$$\frac{\varepsilon_A}{\delta_a/r} = \pm \frac{1,09.r}{E.b.t^2} \quad (47)$$

Eğer (45) ve (47) denklemleri birlikte çarpılırsa,

$$\frac{\varepsilon_A}{\delta_a/r} = \pm \frac{1,09.t}{1,8.r} = 0,61 \frac{t}{r} \quad (48)$$

elde edilir.

Bir histerezis probleminin meydana gelmemesi için sekizgen ringin alt ve üst yüzeyleri çok hafif içbükey işlenir. Ring genişliğinin (b) ve elastikiyet modülünün (E), halkalar arası gerinme sapmasıyla bir ilişkisi yoktur.  $\frac{\varepsilon_A}{\delta_a}$  ne kadar büyük olursa o kadar hassaslık ve rijitlik elde edilir. Maksimum duyarlılık ve rijitlik için ring yarıçapının (r), mümkün merteye küçük, et kalınlığının (t) ise büyük olması gerekir (Cook ve ark. 1954). Ring eksenlerinin mutlaka kuvvet eksenine doğrultusunda olması sağlanmalıdır. Ölçümler, ring eksenlerinin sınırladığı alan içinde kuvvet uygulama noktasından bağımsızdır. Bu alan dâhilinde uygulanacak aynı kuvvet daima aynı çıkış değeri verecektir.

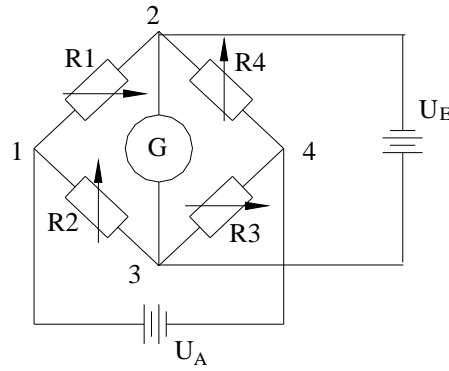
### 4.3.Wheatstone Köprüsü Devresi

Direnç tipi uzama ölçerler deforme edildikleri zaman, boyutlarındaki değişime bağlı olarak, dirençlerindeki değişim çıkış voltajındaki değişim olarak görülür. Direnç değişimi;

$$\frac{\Delta R}{R} = GF.\varepsilon \quad (49)$$

şeklinde yazılabilir.  $\Delta R$ 'yi veya buna tekabül eden çıkış voltajını ( $U_A$ ) ölçmek için statik ve dinamik gerinme ölçümlerinde yeterli duyarlılığa sahip olan Wheatstone köprü devreleri kullanılmaktadır (Şekil 4.4).





Şekil 4.4 Wheatstone köprü devresi

Uzama ölçer meydana gelen gerinimi ( $\epsilon$ ), onunla orantılı direnç değişimine dönüştürür. Direnç değişimleri, gerinme göstergelerinde volt (mV/V) veya gerinme birimi ( $\mu\text{m/m}$ ) cinsinden okunabilir. Wheatstone köprüsünde 2 ve 3 düğüm noktalarına giriş/uyarı voltajı ( $U_E$ ) uygulanır ve 1 ve 4 düğüm noktalarında köprü çıkış voltajı ( $U_A$ ) ölçülür. Çıkış voltajının değeri, giriş voltajı ve köprü kollarına bağlanan  $R_1: R_2$  ve  $R_3: R_4$  dirençlerinin oranlarına bağlıdır. Eğer  $R_1$  ile  $R_4$  dirençleri değişirse çıkış voltajında değişim görülür. Yük uygulanmadan önce köprü çıkışı sıfırlanır. Yük uygulandığında köprü çıkışından ölçülen değer, gerinme sebebiyle ayarlı dirençteki değişime karşılık gelir. Yük kaldırıldığı zaman çıkış tekrar sıfırlanır. Bir köprüde  $\epsilon$  ile  $U_A$  arasındaki ilişki nonlineer olup, bu düşük gerinme değerlerinde kabul edilebilir, ancak yüksek gerinme değerlerinde düzeltme yapılmalıdır.

#### 4.4. Dinamometre Malzemesinin Seçimi

Dinamometre malzemesi seçilirken bir takım faktörler göz önünde bulundurulmalıdır. Bu faktörler şunlardır:

- Yeteri kadar rijit olmalı, değişken yüklemeler altında boyut değişiklikleri meydana gelmemeli ve titreşimlerden etkilenmemeli.
- Hafif olmalı ve tabii frekansı yüksek olmalı.
- Isı iletkenliği iyi olmalı, kullanılacak olan uzama ölçerlerle uyumlu çalışabilmelidir.
- Dinamometre malzemesinin korozyona karşı direnci iyi olmalıdır.

Buna göre dinamometre ring malzemesi olarak responsu (sinyal cevaplama) yüksek olan ETİAL 44 alüminyum malzeme seçilmiştir. Bu malzemenin özellikleri Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1 ETİAL 44 Alüminyum’un özellikleri

Özgül ağırlığı ( $\rho$ )	2,8 gr/cm <sup>3</sup>
Elastisite modülü (E)	72000 N/mm <sup>2</sup>
Sertliği	150 HB
Çekme dayanımı ( $\sigma$ )	550 N/mm <sup>2</sup>
Akma dayanımı ( $\sigma$ )	490 N/mm <sup>2</sup>
Kesme dayanımı ( $\tau$ )	330 N/mm <sup>2</sup>

#### 4.5. Sekizgen Ring Et Kalınlığının Hesaplanması

İmal edilen dinamometreye ait gerinim halkası sekizgen olduğundan yatay ( $F_t$ ) kuvveti karşısında gerinmenin maksimum olduğu B noktası 45°’dir. Bu noktada oluşan  $\delta_a$  radyal yük  $F_a$  yüzünden radyal doğrultudaki sapma (Karabay 2005).

$$\delta_a = \frac{F_a r^3}{Eb_r t_r^3} \quad (50)$$

$\delta_b$  teğetsel yükler  $F_t$  yüzünden teğetsel doğrultudaki sapma

$$\delta_b = \frac{3,7 \cdot F_t r^3}{Eb_r t_r^3} \quad (51)$$

Burada;

$F_t$  : Dinamometreye uygulanan teğetsel kuvvetler, (N)

$F_a$  : Dinamometreye uygulanan aksenal kuvvetler, (N)

$\delta$ : Kuvvetten dolayı yer değiştirme, (mm)

$E$  : Elastikiyet modülü, (N/mm<sup>2</sup>)

$t$  : Sekizgen halkanın et kalınlığı, (mm)

$b$  : Sekizgen halkanın genişliği, (mm)

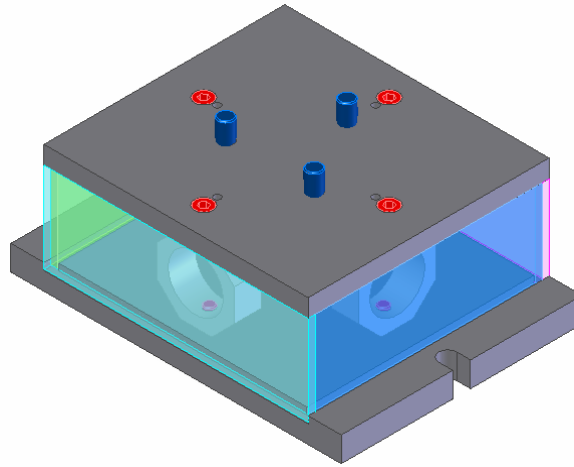
Dinamometre ring malzemesi olarak seçilen ETİAL 44 alüminyum için elastikiyet modülü  $E=72000$  N/mm<sup>2</sup>, uzama ölçer (HBM-LY43-6/350) için

müsaade edilen %5'lik uzama miktarının güven aralığı açısından %50'si dikkate alınarak sekizgen ringlerin genişliği  $b=20$  mm, ring iç çapı  $r=20$  mm olarak belirlenmiştir.  $F_t$  ve  $F_a$  için 4000 N'luk kuvveti taşıyacak sekizgen ringlerin et kalınlığı 8 mm olarak hesaplanmıştır.

#### 4.6.Dinamometrenin Yapım İlkeleri

Dinamometrelerin tasarımı sırasında duyarlılık, rijitlik, esneklik, kalibrasyon yeteneği gibi özelliklerin göz önünde bulundurulması gerekir. Ayrıca dinamometre malzemesinin kolay işlenebilirliği ve imal edilen dinamometrenin başka tezgâhlarda da kullanılabilir olması dinamometre için önemli sayılabilecek niteliklerdir.

Bu çalışmada, kullanılan dinamometrenin yapım ilkelerinin başında tasarım ilkelerine uygunluğu düşünülmüş ve buna göre imalatı gerçekleştirilmiştir. İmalatı gerçekleştirilen dinamometrenin resmi Şekil 4.5'de verilmiştir.

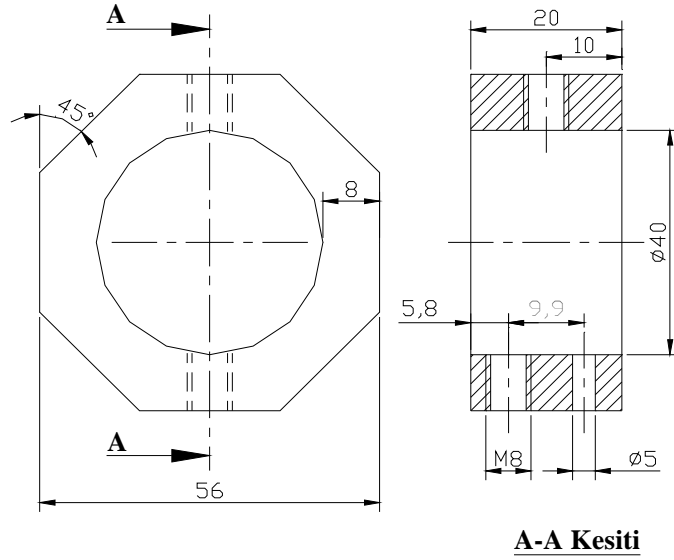


Şekil 4.5. Tasarımı ve imalatı gerçekleştirilen dinamometre

Şekilde katı model olarak gösterilen dinamometre, sütunlu matkap tezgâhlarında delme işlemi esnasında meydana gelen aksenal kuvveti ve torku ölçmek üzere tasarlanmış sekizgen halkalı bir dinamometredir.

Sekizgen gerinim halkaları minimum kesite göre dairesel gerinim halkalarından daha rijit ve sağlam olduğundan tasarımı yapılan dinamometre için sekizgen halka seçilmiştir. Dinamometrenin boyutları, hassasiyeti ve dinamik

karakteristikleri belirtilen bu ilkelere dayanarak belirlenmiştir.Şekil 4.6’de ETİAL 44 alüminyum malzemeden yapılan sekizgen halkanın imalat resmi görülmektedir.



Şekil 4.6 Sekizgen halkanın imalat resmi

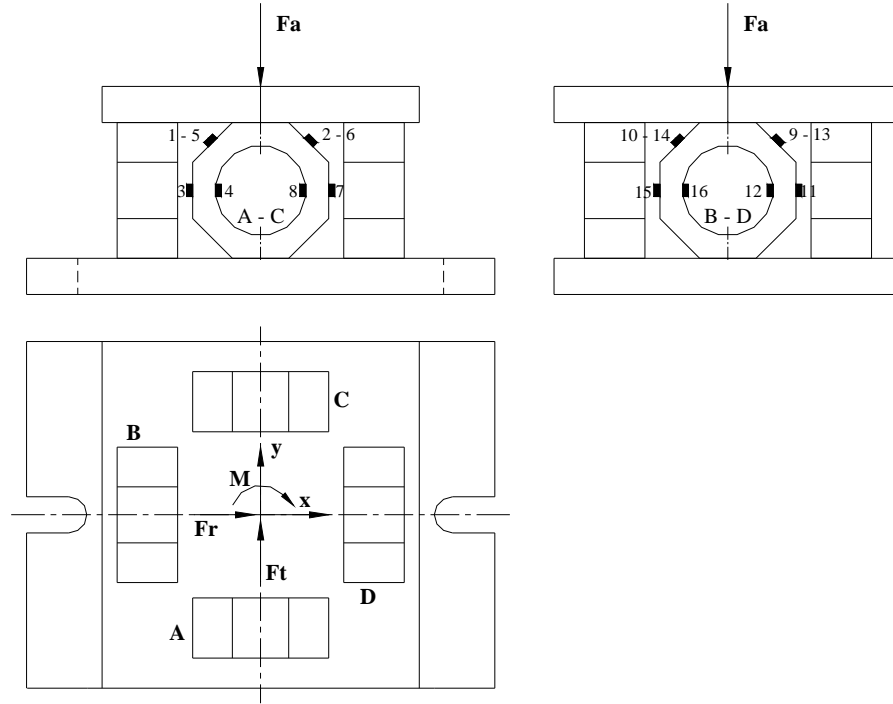
Dinamometrede kullanılan dört adet sekizgen halkaya 16 adet uzama ölçer yapıştırılmıştır. Bu uzama ölçerlerin sekiz tanesi düşey kuvveti, sekiz tanesi tork ölçecek şekilde konumlandırılmış ve ilgili uzama ölçerlerden oluşan birisi aksel kuvvet, diğeri tork Wheatstone köprüleri oluşturulmuştur. Seçilen uzama ölçere ait teknik özellikler Tablo 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4.2 Izgara tipi uzama ölçerin teknik özellikleri

Tipi	Nominal Direnci (ohm)	Ölçüler (mm)				Müsaade edilen enerji voltajı köprüsü (V rms)
		Izgara		Taşıyıcı		
		a	b	c	d	
LY43 6/350	350	6	2,9	12,8	6,3	15

#### 4.6.1. Ringlerin montajı

Dinamometre Şekil 4.7’de görüldüğü gibi iki rijit plaka arasına yerleştirilmiş dört adet sekizgen ring ihtiva eder. B ve D ring eksenleri X-ekseni doğrultusunda, A ve C ring eksenleri de Y-ekseni doğrultusunda yerleştirilmiştir.



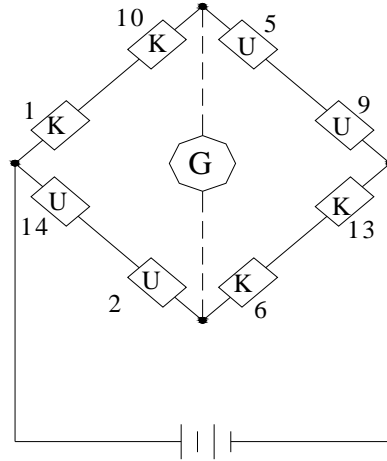
Şekil 4.7 Delme dinamometresi

Dinamometreye düşey bir yük ( $F_a$ ) uygulandığı zaman bu yük dört ring tarafından taşınır. Düşey kuvvetleri ölçmek için her ringdeki 3, 4, 7, 8, 11, 12, 15 ve 16 numaralı UÖ'lerden oluşan bir tam Wheatstone köprüsü teşkil edilmiştir. Z-eksenine göre oluşan moment ise A-B ve C-D ringlerinin meyilli yüzeylerine yapıştırılan 1, 2, 5, 6, 9, 10, 3 ve 14 numaralı UÖ'lerden oluşan köprüyle ölçülmüştür. Tasarlanan dinamometrede A ve B ringlerinin eğimli yüzeyindeki UÖ'ler aynen muhafaza edilirken C ve D ringlerinin eğimli yüzeyindeki UÖ'lerin köprü devresindeki pozisyonları tersine çevrilerek Z-ekseni etrafındaki döndürme momentinin ölçülmesi sağlanmıştır.

#### 4.6.2. Wheatstone köprülerinin kurulması

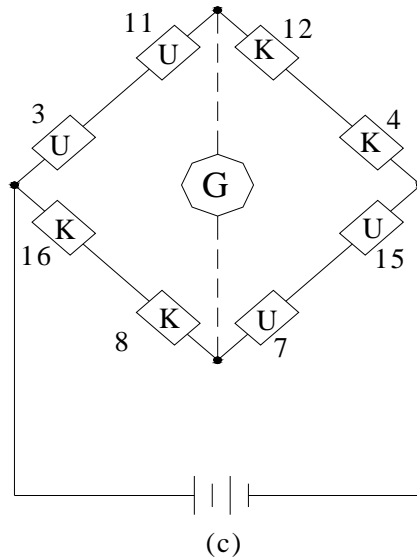
Çapraz duyarlılık hatası meydana gelmemesi için, B ve D ring eksenleri dinamometrenin X-ekseni, A ve C ring eksenleri de Y-ekseni ile aynı doğrultuda olacak şekilde üst plaka üzerine komparatör yardımıyla gönyeye getirilerek bağlantı saplamaları ve pimlerle tespit edilmiştir. Silindirik numunelerin seri ve ekseninde bağlanabilmeleri için, dinamometrenin üzerine üç-ayaklı bir ayna bağlanmıştır.

Döndürme momenti ölçümü için dört uzama ölçerden oluşan bir köprü devresi oluşturulmuştur. Dinamometrede X-Y düzlemindeki torku ölçmek için ringlerin üzerine yapıştırılacak olan uzama ölçerlerin Wheatstone köprü devresi bağlantıları Şekil 4.8'te gösterilmiştir.



Şekil 4.8  $M_t$  momenti Wheatstone köprü devresi

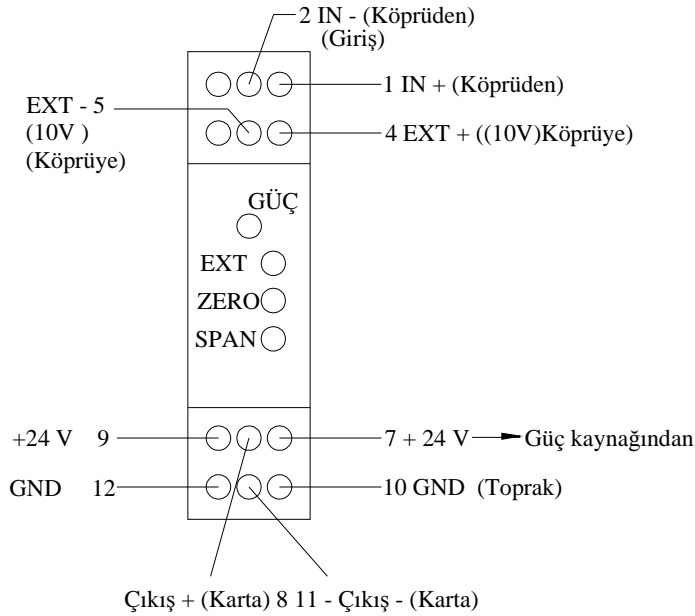
Z-ekseni doğrultusundaki  $F_a$  düşey kuvvetini ölçmek için ise Wheatstone köprü devresi Şekil 4.9'deki gibi kurulmuştur.



Şekil 4.9  $F_a$  kuvvet bileşeni Wheatstone köprü devresi

Burada X-Y eksenleri köprülerinde ve Z-ekseni köprü devresinde her köprü kolunda iki UÖ seri bağlanarak sekiz UÖ'den oluşan bir tam köprü devresi teşkil

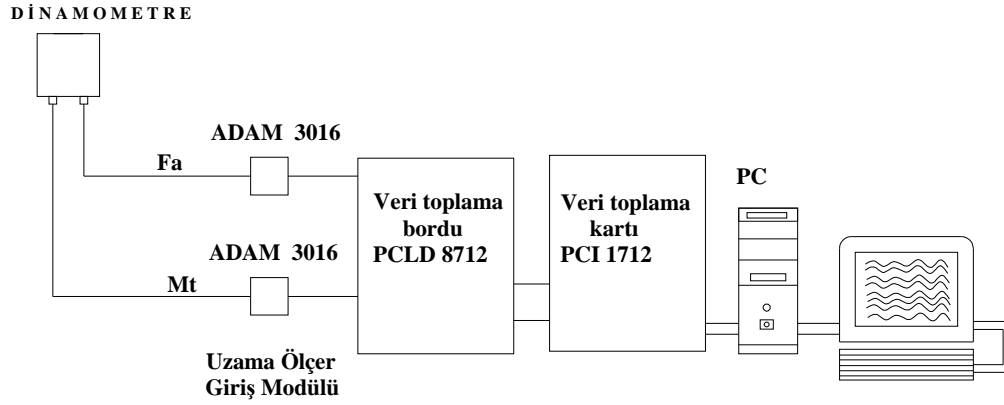
edilmiştir. Böylece aynı şartlarda köprü çıkış voltajının iki misli artırılması sağlanmıştır. Köprü çıkışı sıfırlandıktan sonra yükleme yapıldığında x-y eksenleri devresindeki UÖ'lerden 1, 6, 10 ve 13 kısılırken, 2, 5, 9 ve 14'ün uzama yaptığı ve köprü dengesinin bozulduğu gözlenmiştir. Ayrıca köprü çıkışı sıfırlandıktan sonra yükleme yapıldığında Z-ekseni devresindeki UÖ'lerden de 4, 12, 8 ve 16 kısılırken 3, 11, 7 ve 15'in uzadığı ve köprü dengesinin bozulduğu gözlenmiştir. Elde edilen köprü çıkış sinyalleri düşük olduğundan bu çıkışlar içerisinde yükseltici bulunan ADAM 3016 giriş modülüne (Şekil 4.10) verilerek çıkış değerleri daha hassas okunabilir ve kaydedilebilir hale getirilmiştir. Modül çıkışları ise bilgisayara takılan çok fonksiyonlu yüksek hızda veri toplama kartına (Advantech PCI-1712) girilmiştir.



Şekil 4.10 ADAM-3016 giriş modülü

#### 4.6.3. Kuvvet Verilerinin Bilgisayar Ortamına Kaydedilmesi ve Değerlendirilmesi

Bu çalışmada, dinamometreden bilgisayara kuvvet ve tork verilerinin transferinde kullanılmak üzere kurulan deney setinin şematik görüntüsü Şekil 4.11'de görülmektedir.



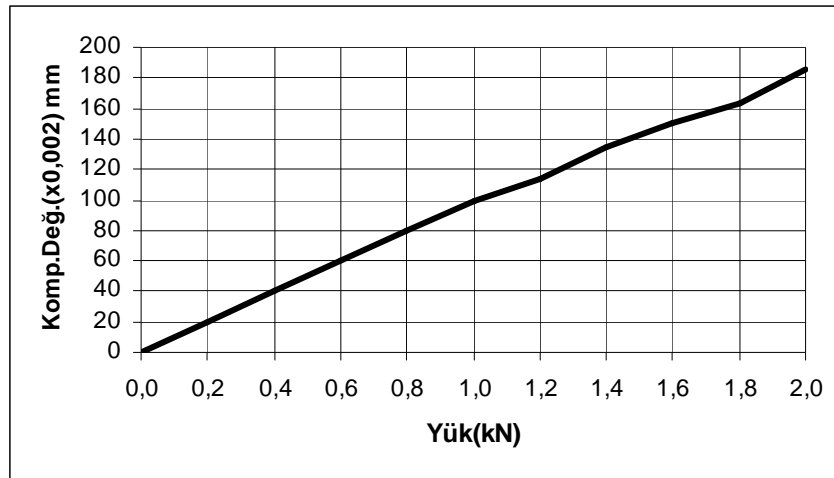
Şekil 4.11 Deney seti gösterimi

Dinamometreden alınan sinyallerin yükseltilerek bir veri toplama kartı aracılığı ile bilgisayar ortamına aktarılması verilerin daha sonra veya eş-zamanlı olarak işlenmesini sağlamıştır.

Dinamometreye uygulanan kuvvet ve moment verilerinin bilgisayar ortamına aktarılmasında üç kademe vardır.

#### 4.7. Dinamometrenin Kalibrasyonu ve Tezgâha Bağlanması

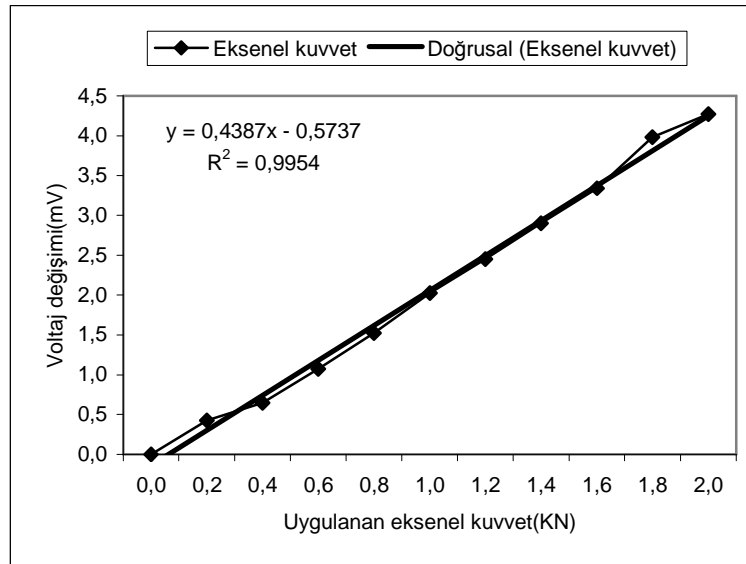
Dinamometreden alınan çıkış sinyallerinin kuvvet cinsinden bir anlam ifade etmesi için çekme deney cihazı'nda kalibrasyonu yapılmış bir kalibrasyon bileziği ile dinamometre kalibre edilmiştir. Şekil 4.12'da bileziğin kalibrasyon eğrisi görülmektedir.



Şekil 4.12 Kalibrasyon bileziği kuvvet grafiği



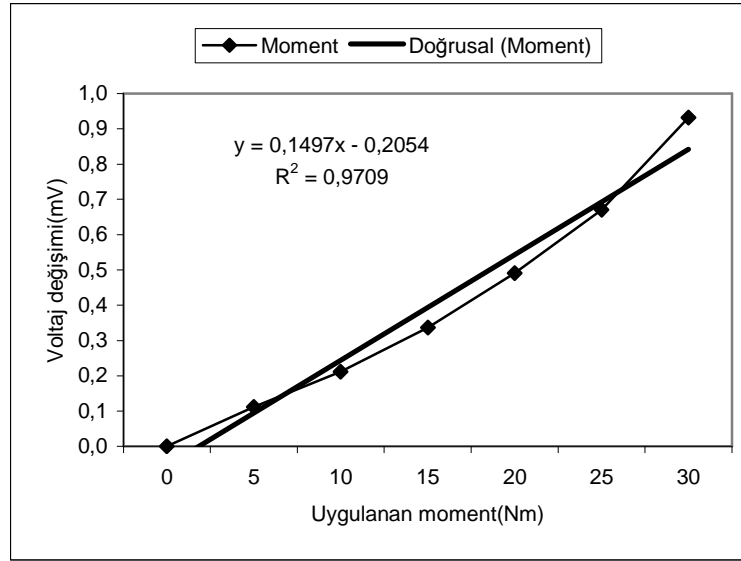
Daha sonra, önceden kalibrasyon bileziğine uygulanan, bilinen statik yüklerin karşılığında 1/1000'lik komparatördeki değişimden istifade edilmek suretiyle; dinamometreye 0,2 kN, 0,4 kN ve 0,6 kN gibi yükler,  $F_a$  kuvvetinin olduğu yönde uygulanmıştır. Her yükleme kademesinde 5 sn. süre ile veriler bilgisayara kaydedilmiştir. Daha sonra oluşan ölçümlerin ortalamaları alınmıştır. Bu ortalama değer ve uygulanan yük arasındaki kurulan denklem ile kalibrasyon katsayısı belirlenmiş ve kalibrasyon grafiği çizilmiştir. Bundan sonra delme işlemi sırasında ölçülen uzama değerleri bu katsayı değerinde yerine konarak kuvvet değerleri hesaplanmıştır ve matkap ekseninde uygulanan kuvvet ve buna karşılık elde edilen köprü çıkış değerlerinin eğrisi elde edilmiştir. Şekil 4.13'te kalibrasyon grafiği görülmektedir.



Şekil 4.13  $F_a$  eksenel kuvvet kalibrasyon grafiği

Daha sonra, kollu bir torkmetre ile dinamometre 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 Nm'lik yüklemeler yapılmıştır. Yükleminin her kademesinde 5 sn. süre ile veriler bilgisayara kaydedilmiş ve sonra oluşan ölçümlerin ortalama değerleri alınmıştır. Bu ortalama değerler ve uygulanan yük arasındaki kurulan denklem ile kalibrasyon katsayısı belirlenmiş ve kalibrasyon grafiği çizilmiştir. Bundan sonra delme işlemi sırasında ölçülen uzama değerleri bu katsayı değerinde yerine konarak tork değerleri hesaplanmıştır. Matkaba uygulanan tork değerleri ve buna

karşılık elde edilen köprü çıkış değerlerinin eğrisi elde edilmiştir. Şekil 4.14’de kalibrasyon grafiği görülmektedir.



Şekil 4.14 M<sub>t</sub> tork kalibrasyon grafiği

Grafikler incelendiğinde çapraz duyarlılık hatalarının ihmal edilebilecek seviyede az olduğu ve dinamometrenin yüksek bir lineerliğe sahip olduğu görülmektedir.

#### 4.7.1. Uzama ölçer giriş modülü

Uzama ölçer giriş modülü (Advantech ADAM-3016); giriş, çıkış ve güç kaynağı arasında 1000 V<sub>DC</sub> üç yollu izolasyon ile raya monte edilebilen bir uzama ölçer giriş modülüdür (Advantech 1997). Bu modül anahtar tertipli giriş ve çıkış uzama ölçer için yaygın kullanım imkanı sunar. Modül, giriş voltajını, giriş/çıkış aralığını ve köprü çıkışını sıfırlamaya yarayan üç adet değişken direnç ile donatılmıştır.

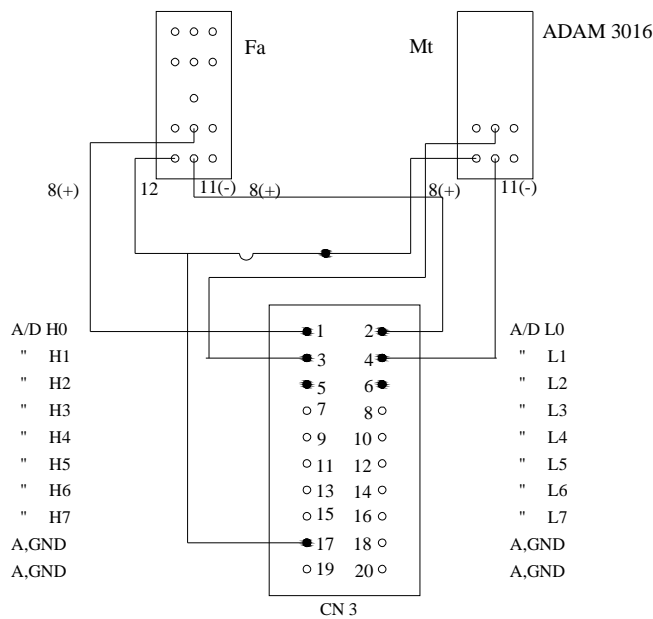
Kuvvet ölçüm ve kaydına başlamadan önce güç kaynağı çıkışı V<sub>DC</sub> ve uyarı gerilimi maksimum 10 Volta ayarlandıktan sonra köprünün dengelenmesi modül üzerindeki “ZERO” sıfırlama değişken direnci ile sıfırlanır. Aynı anda modül çıkışına paralel bağlı olan iki adet sayısal voltmetre (DVM) ekranından da dengeleme işlemi takip edilebilir. Ancak modüllerin kuvvet değişimlerine tepki

gösterebilmesi için sıfır yerine sıfır üzerinde bir gerilimle veri kaydı yapılması gerekir. Aksi halde bu değerin altında harmonikler gösterir.

#### 4.7.2. Veri toplama

Uzama ölçer giriş modülünden gelen analog sinyaller veri toplama borduna (Advantech PCLD-8712) aktarılmıştır. Aktarılan bu sinyaller kişisel bilgisayar (PC) içerisindeki veri toplama kartı (Advantech PCI-1712) tarafından sayısallaştırılarak (Advantech 1993), Visual Basic 5.0 yazılım programı ile yazılan bir veri toplama yazılımı yardımıyla PC'ye kaydedilmiştir.

Veri toplama kartı proses kontrolü, otomatik test işlemleri ve fabrika otomasyonu gibi endüstriyel ve laboratuvar ortamlarında kullanılabilir. Kart 16 tek uçlu veya 8 diferansiyel anahtar seçimli analog giriş/çıkış ve sayısal giriş/çıkış kanallı bir tertibe sahiptir. Ayrıca başka kartlarla birleştirilerek özellik ve kapasitesi artırılabilir. En yüksek A/D örnekleme oranı DMA (Direct Memory Access) modunda 1 MHz'dir. Uzama ölçer giriş modül çıkışları kartın analog giriş diferansiyel kanallar (CN3) portuna takılır. Kartın DMA modunda veri transferi yapması yüksek hızda A/D dönüşümü sağlar. Buna göre uzama ölçer giriş modülü ile veri toplama kartı bağlantısı Şekil 4.15'de görüldüğü gibidir (Sağlam 2000).



Şekil 4.15 Modül-kart terminal bağlantısı

#### 4.8. Bilgisayar programı akış diyagramı

Farklı takım geometrisine sahip helisel matkaplarla delme sırasında dinamometreden alınan aksenal kuvvet ve tork verileri, Visual Basic 5.0 programlama dili kullanılarak yazılan veri toplama programı ile dinamometreden statik veya dinamik yükleme sonucu elde edilen kuvvet ve tork verileri bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Veri okunacak kanal sayısı, birim zamanda okutulacak veri sayısı (*veri/saniye*), alınacak ortalama sayısı ve kart giriş gerilimi program içerisinden değiştirilebilmektedir. Böylece dinamik kuvvet ölçümlerindeki dalgalanmalar düzeltilmekte, daha az fakat anlamlı bir veri dosyası teşkil edilerek değerler grafiğe aktarılabilir.

Veriler gerek milivolt gerek sayısal değer olarak kaydedilsin, bu değerlerin kuvvet birimi cinsinden ifade edilebilmesi için bu veriler kalibrasyon katsayıları ile çarpılarak kuvvet verileri *Newton* ve tork değerleri de *N.m* cinsinden kaydedilmiştir. Yazılan bilgisayar programının akış diyagramı Ek-1'de verilmiştir.

## 5. DENEYSEL BULGULAR VE DEĞERLENDİRMELER

### 5.1. Deneysel Çalışmalar

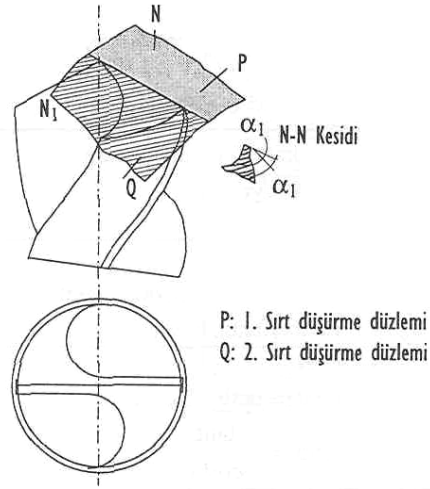
Bu çalışmada, farklı helis açısı ( $20^{\circ}$ ,  $25^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ ) ve uç açlarına ( $100^{\circ}$ ,  $118^{\circ}$ ,  $130^{\circ}$ ) sahip matkaplarla, farklı kesme hızı (18, 22, 28 m/dak) ve ilerleme (0.1, 0.2, 0.3 mm/dev) değerlerinde delme işlemleri yapılmış ve bu değişik takım geometrisi ve kesme parametrelerinin ilerleme/eksenel kuvvet ve döndürme momenti üzerindeki etkileri deneysel olarak araştırılmıştır. Delme işleminde optimum sonuçlar elde etmek amacıyla deney numunesi delme boyu, delik çapının üç katı veya üç katından daha düşük olması gerektiği şartına uymak amacı ile 30 mm seçilmiştir (ASM, 1967). Delme sırasında takımlardaki muhtemel ısı şokunu azaltmak için soğutma sıvısı kullanılmakla birlikte (Durante *ve ark.* 1997, Tosun 2002), delme boyunun kısa olması ve takım ömrüne yönelik bir çalışma olmaması sebebiyle bu deneyler kuru şartlarda yapılmıştır. Deneyler, TEZSAN M20MS tipi (Gebze Türkiye 1987) sütunlu matkap tezgâhında yapılmıştır. Deneylerde kullanılan takım ve kesme parametre değerleri Tablo 5.1’de verilmiştir.

Tablo 5.1 Deneylerde kullanılan parametreler ve değerleri

Parametreler	Değerleri
Matkap cinsi	HSS
Matkap helis açısı ( $^{\circ}$ )	20, 25, 30
Matkap uç açısı ( $^{\circ}$ )	100, 118, 130
İlerleme (mm/dev)	0.1, 0.2, 0.3
Devir sayısı (d/dak)	560, 710, 900

Delme işlemleri Tam faktöriyel tasarım kullanılarak hazırlanan deney planına göre yukarıda belirtilen farklı matkap geometrisi ve kesme parametrelerinde gerçekleştirilmiştir. Deneylerde  $\varnothing 10$  mm çaplı TS 95/1, HSSE %10 Co alaşımlı yüksek hız çeliğinden özel olarak imal edilmiş matkaplar ile makine parçalarının (transmisyon milleri, dişliler, raylar vs.) imalinde yaygın olarak kullanılan gerilim giderme işlemi yapılmış Ç1040 Makine Kimya imalat

çeliği numuneler kullanılmıştır. Uç açıları otomatik alet bileme tezgâhında serbest açıları çift kademeli düzlemsel yüzey sırt düşürmeli olarak (Şekil 5.1) bilenmiştir.

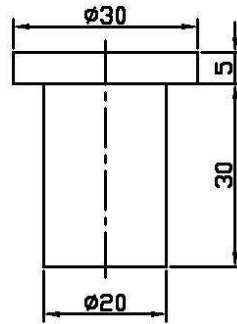


Şekil 5.1 Çift kademeli düzlemsel yüzey sırt düşürmeli matkap ucu

Deney numunesinin kimyasal kompozisyonu Tablo 5.2’de, ve imalat resmi Şekil 5.2’de verilmiştir.

Tablo 5.2 Deney numunelerinin kimyasal kompozisyonu (% ağırlık)

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu
0,443	0,810	0,219	0,0057	0,0207	0,156	0,109	0,0715	0,136



Şekil 5.2 Deney numunesi

## 5.2. Deneysel Bulgular

Tasarım kalitesine uygun olarak bilgisayar bağlantılı bir delme dinamometresi tasarlanmıştır. Dinamometrenin imalatı S.Ü. Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Makine Programı atölye ve laboratuvarlarında

gerçekleştirilmiştir. Dinamometre kuvvet ve tork ölçümü için kalibre edilerek test edilmiş, kuvvet ve tork ölçüm değerlerinin bilgisayara transferi için gerekli elektrik, elektronik ve bilgisayar donanımları sağlanmış ve işlem sırasında ölçümler için hazır hale getirilmiştir. Matkap tam çapı parçaya girdikten sonra kayıt işlemi başlatılmış ve matkap ucu çıkmadan kayıt işlemi sona erdirilmiştir. Ölçüm hatalarını asgariye indirmek ve kaydedilen değerleri doğrulamak için her deney tekrarlanmıştır. Yapılan deneyler sonucunda belirlenen parametrelere bağlı olarak bilgisayara kaydedilen kuvvet ve moment değerler Tablo 5.3’de verilmiştir.

Tablo 5.3 Deney parametreleri ve değerler tablosu

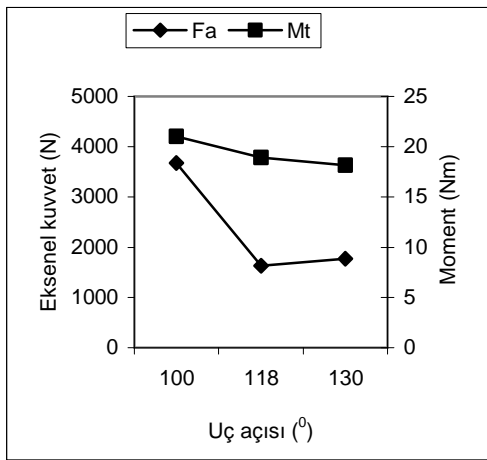
$v$ m/dak	$f$ mm/dev	$\psi^\circ$ $\gamma^\circ$	$\psi_1 = 100^\circ$			$\psi_2 = 118^\circ$			$\psi_3 = 130^\circ$		
			$\gamma_1=20$	$\gamma_2=25$	$\gamma_3=30$	$\gamma_1=20$	$\gamma_2=25$	$\gamma_3=30$	$\gamma_1=20$	$\gamma_2=25$	$\gamma_3=30$
$v_1=18$	$f_1=0,10$	F	1190	1130	1110	1290	1250	1120	1330	1260	1160
		M	20,99	20,08	19,78	20,68	19,45	18,86	18,33	16,51	15,88
	$f_2=0,20$	F	2250	1930	1720	1820	1710	1640	1980	1750	1710
		M	22,63	21,93	20,59	21,33	20,91	20,18	20,23	19,41	18,48
	$f_3=0,30$	F	2710	2020	1980	2210	2160	1920	2350	2280	2170
		M	22,97	22,61	21,76	22,59	22,33	21,37	22,48	21,84	20,44
$v_2=22$	$f_1=0,10$	F	1590	1480	1360	1240	1120	1020	1280	1190	1110
		M	21,06	20,16	18,91	19,13	18,72	17,59	18,03	16,06	15,13
	$f_2=0,20$	F	2760	2430	2060	1660	1540	1360	1820	1690	1580
		M	22,17	20,63	19,58	20,14	19,93	19,36	19,58	18,45	17,82
	$f_3=0,30$	F	3880	3170	2850	2210	2080	1750	2300	2230	1840
		M	22,53	22,29	20,44	20,85	20,37	19,59	21,42	19,82	19,22
$v_3=28$	$f_1=0,10$	F	1690	1570	1460	1180	1090	1030	1210	1110	1080
		M	22,37	21,09	20,54	18,21	17,91	16,82	16,24	15,44	14,05
	$f_2=0,20$	F	2910	2610	2180	1420	1370	1260	1720	1680	1490
		M	22,71	21,59	20,72	19,58	18,64	18,14	18,31	17,09	16,41
	$f_3=0,30$	F	3950	3790	3680	1910	1780	1630	2040	1910	1770
		M	23,07	22,37	21,01	20,16	19,71	18,92	20,08	19,18	18,15

### 5.3. Takım Geometrisi Değişimi Bulguları

Matkaplarda aksenal kuvveti ve momenti etkileyen başlıca takım parametreleri; uç açısı, helis açısı, serbest açı, çap, matkap uzunluğu ve matkabın yapıldığı malzemedir. Bu çalışmada, farklı helis açısı ( $v=20^\circ, 25^\circ, 30^\circ$ ) ve uç açılarına ( $\psi=100^\circ, 118^\circ, 130^\circ$ ) sahip matkaplarla delme işlemleri yapılmış ve bu değişik tezgah parametrelerinin ilerleme/aksenal kuvvet ve döndürme momenti üzerindeki etkileri grafikleri ve yorumları aşağıda açıklanmıştır.

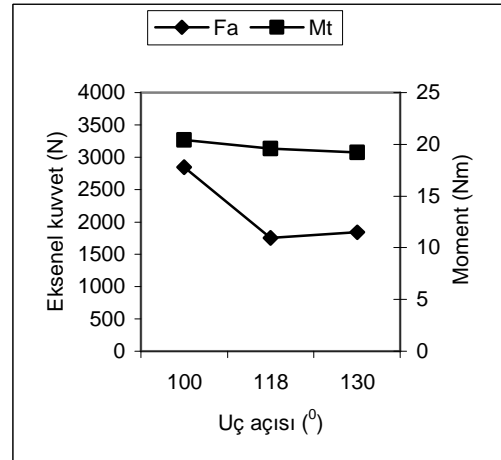
### 5.3.1. Uç açısı ile aksenal kuvvet ve moment değişimi

Uç açısının büyüyen değerlerinde moment değerlerinde azalmalar gözlemlenmiştir. Bu deney sonuçlarının tüm kesme hızları ( $v=18, 22, 28$  m/dak), helis açıları ( $\gamma=20^0, 25^0, 30^0$ ) ve ilerlemeler ( $f=0.1, 0.2, 0.3$  mm/dev) için de aynı şekilde tekerrür ettiği, bu durumun yukarıda kuvvet ve moment etüdü bölümünde açıklandığı gibi literatüre uygunluğu gözlemlenmiştir. (Şekil 5.3 a,b,c,d,e,f).



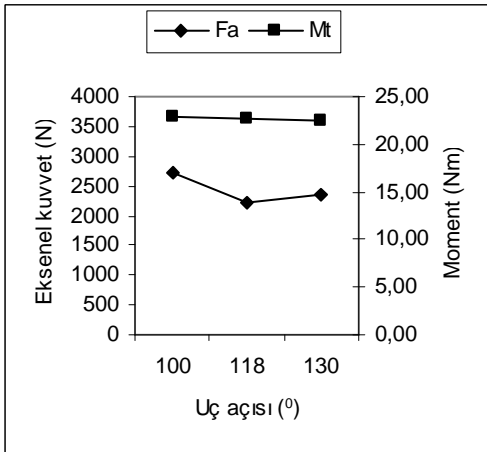
(a)

$v=28$  m/dak;  $f=0,3$  mm/dev;  $\gamma=30^0$



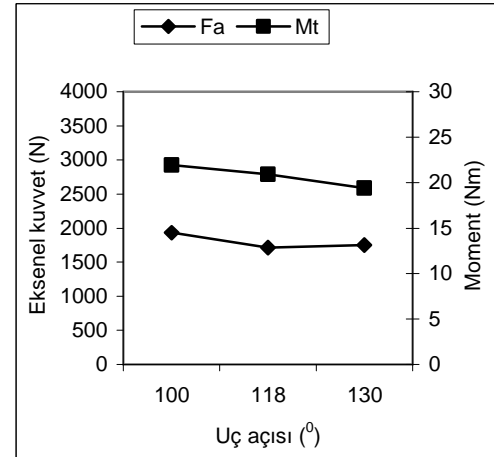
(b)

$v=22$  m/dak;  $f=0,3$  mm/dev;  $\gamma=30^0$



(c)

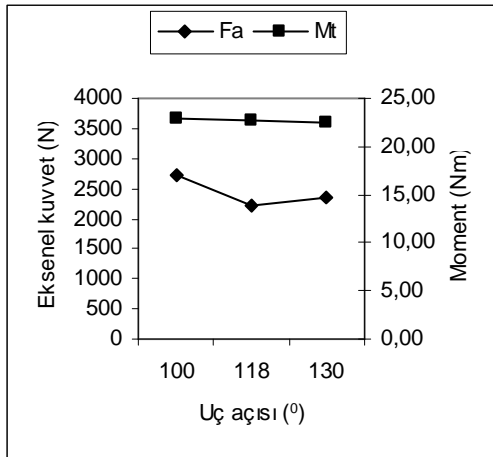
$v=18$  m/dak;  $f=0,3$  mm/dev;  $\gamma=20^0$



(d)

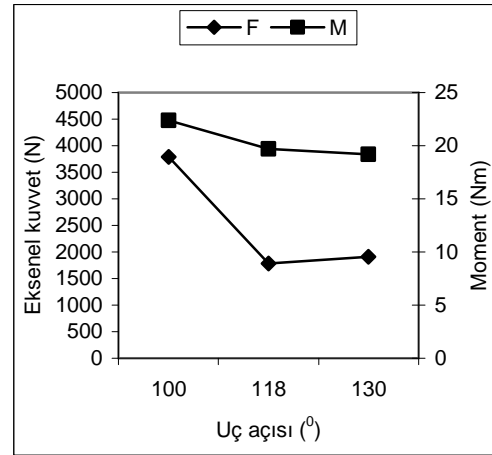
$v=18$  m/dak;  $f=0,2$  mm/dev;  $\gamma=25^0$





(e)

$v=18$  m/dak;  $f=0,3$  mm/dev;  $\gamma=20^0$



(f)

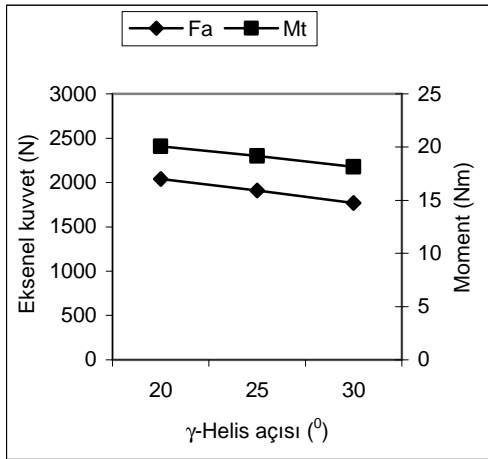
$v=28$  m/dak;  $f=0,3$  mm/dev;  $\gamma=25^0$

Şekil 5.3 Uç açısı ile aksenal kuvvet ve momentin değişimi

Eksenal kuvvetin,  $\psi=118^0$  uç açısında  $\psi=130^0$  uç açısına oranla azalma eğilimi ve bu durumun yukarıda kuvvet ve moment etüdü bölümünde açıklandığı gibi literatüre uygunluğu gözlemlenmiştir. Ancak  $\psi=100^0$  uç açısında aksenal kuvvetin  $\psi=118^0$  uç açısına oranla yükselme eğilimi gözlemlenmiştir. Bu durumun küçük uç açılı matkaplarda ( $\psi=100^0$ ) iyi bir merkezleme sağlanırken, keski ucunun zayıflaması ve delik çevresindeki yüksek bir sürtünme nedeniyle ortaya çıktığı düşünülmektedir.

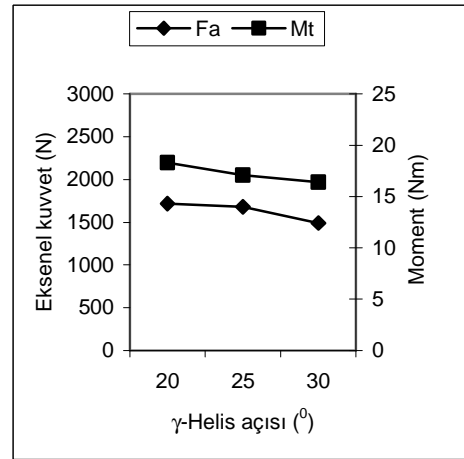
### 5.3.2. Helis açısı ile aksenal kuvvet ve moment değişimi

Helis açısının büyüyen değerlerinde aksenal kuvvet ve moment değerlerinde azalmalar gözlemlenmiştir. Bu deney sonuçlarının tüm kesme hızları ( $v=18, 22, 28$  m/dak), uç açıları ( $\psi=100^0, 118^0, 130^0$ ) ve ilerlemeler ( $f=0,1,0,2, 0,3$  mm/dev) için de aynı şekilde tekerrür ettiği gözlemlenmiştir. (Şekil 5.4 a, b, c, d, e, f, g, h) Bu durumun yukarıda kuvvet ve moment etüdü bölümünde açıklandığı gibi literatüre uygunluğu gözlemlenmiştir.



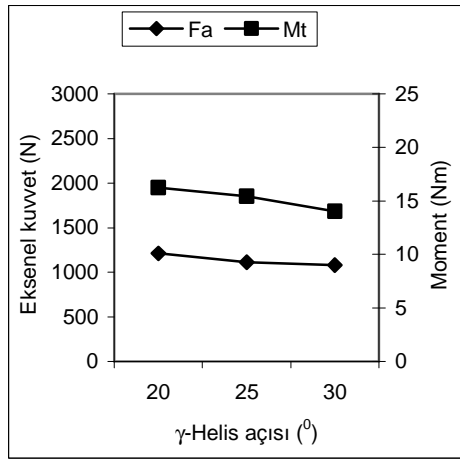
(a)

$v=28$  m/dak;  $f=0,3$  mm/dev;  $\psi=130^\circ$



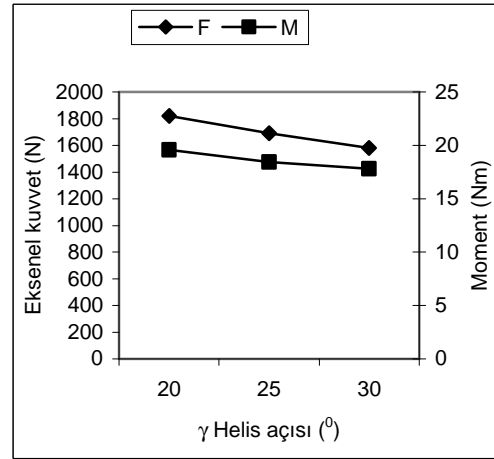
(b)

$v=28$  m/dak;  $f=0,2$  mm/dev;  $\psi=130^\circ$



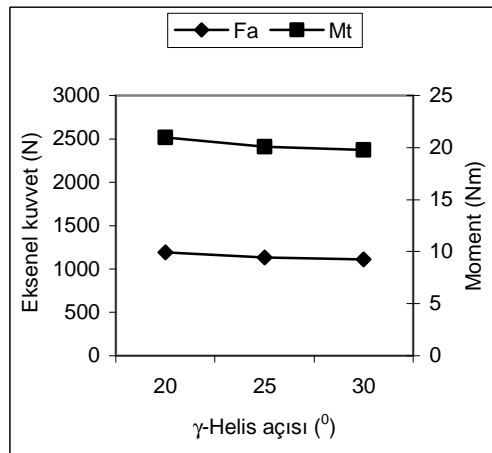
(c)

$v=28$  m/dak;  $f=0,1$  mm/dev;  $\psi=130^\circ$



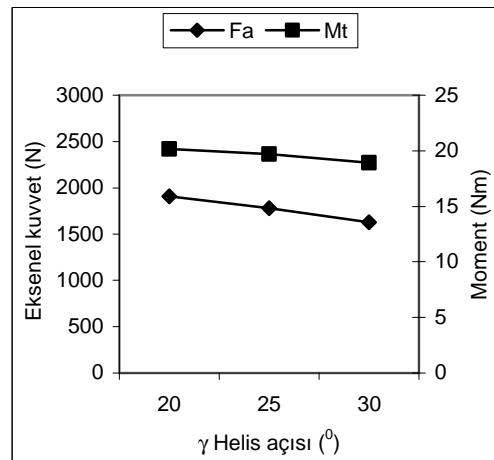
(d)

$v=22$  m/dak;  $f=0,2$  mm/dev;  $\psi=130^\circ$



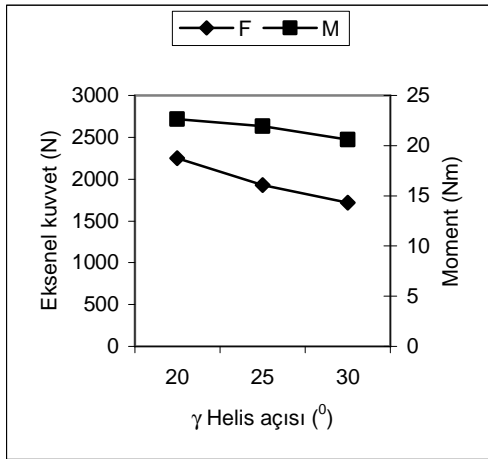
(e)

$v=18$  m/dak;  $f=0,1$  mm/dev;  $\psi=100^\circ$



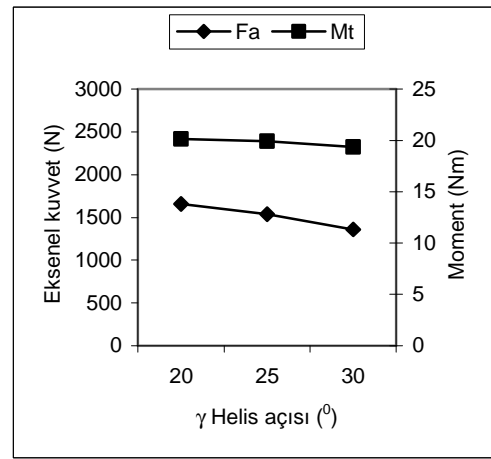
(f)

$v=28$  m/dak;  $f=0,3$  mm/dev;  $\psi=118^\circ$



(g)

$v=18$  m/dak;  $f=0,2$  mm/dev;  $\psi=100^\circ$



(h)

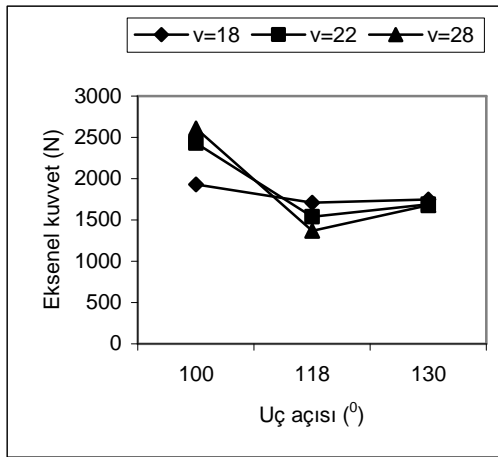
$v=22$  m/dak;  $f=0,2$  mm/dev;  $\psi=118^\circ$

Şekil 5.4 Helis açısı ile aksenal kuvvet ve momentin değişimi

### 5.3.3. Uç açısı - kesme hızı aksenal kuvvet ve moment değişimi

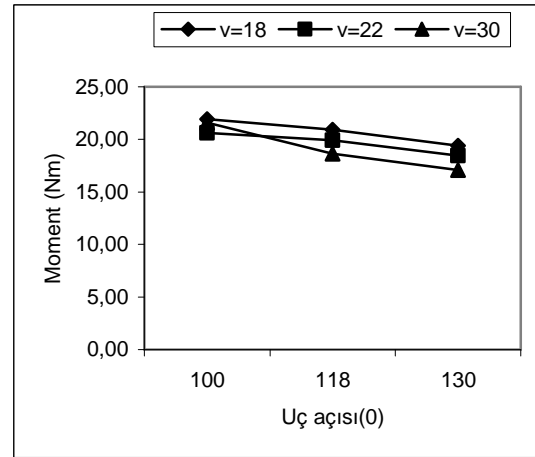
Uç açısı küçüldükçe aksenal kuvvet azalmalıdır. Ancak grafikte de görüldüğü gibi (Şekil 5.5a) Uç açısının  $130^\circ$  den  $118^\circ$  ye değişiminde kuvvette azalma görülürken  $100^\circ$  uç açısında kuvvetlerde artışlar gözlemlenmiştir. Bu değişim tüm kesme hızlarında da aynı şekilde tekrarlamıştır. Bu durumun küçük uç açılı matkaplarda ( $\psi=100^\circ$ ) iyi bir merkezleme sağlanırken, keski ucunun zayıflaması ve delik çevresindeki yüksek bir sürtünme nedeniyle ortaya çıktığı düşünülmektedir.

Uç açısı küçüldükçe moment artmalıdır. Grafikte de görüldüğü gibi, (Şekil 5.5b) uç açısı küçüldükçe tüm kesme hızlarında momentlerin arttığı gözlenmiştir. Bu durum diğer ilerleme değerlerinde ve helis açılarında da aynı şekilde tekerrür etmiştir.



(a)

Uç açısı ve kesme hızları değişiminde eksenel kuvvet değişim grafiği ( $f=0,2$  mm/dev,  $\gamma=25^\circ$ )



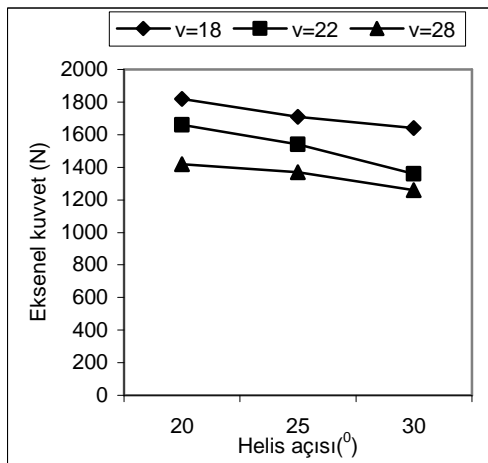
(b)

Uç açısı ve kesme hızları değişiminde moment değişim grafiği ( $f=0,2$  mm/dev,  $\gamma=25^\circ$ )

Şekil 5.5 Uç açısı ve kesme hızları ile eksenel kuvvet ve momentin değişimi

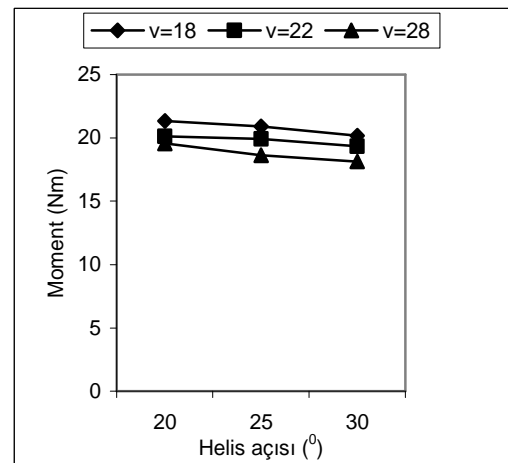
### 5.3.4. Helis açısı - kesme hızı eksenel kuvvet ve moment değişimi

Helis açısı büyüdükçe eksenel kuvvet ve moment azalmalıdır. Grafiklerde görüldüğü gibi (Şekil 5.6a, b) uç açısı küçüldükçe tüm kesme hızlarında eksenel kuvvetlerin ve momentlerin azaldığı gözlenmiştir. Bu durum diğer uç açılarında ve ilerleme değerlerinde de aynı şekilde tekrar etmiştir.



(a)

Helis açısı ve kesme hızları değişiminde eksenel kuvvet değişim grafiği ( $f=0,2$ mm/dev,  $\psi=118^\circ$ )



(b)

Helis açısı ve kesme hızları değişiminde moment değişim grafiği ( $f=0,2$  mm/dev,  $\psi=118^\circ$ )

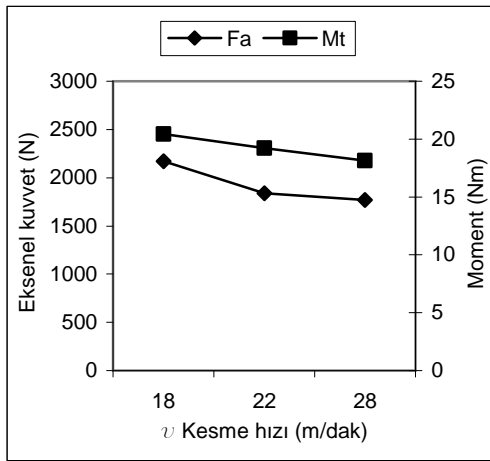
Şekil 5.6 Helis açısı ve kesme hızları ile eksenel kuvvet ve momentin değişimi

#### 5.4. Kesme Parametreleri Değişim Bulguları

Matkap tezgâhında aksenal kuvvet ve momenti etkileyen başlıca tezgâh parametreleri kesme hızı/devir, ilerleme ve tezgâhın rijitliğidir. Bu çalışmada farklı kesme hızı ( $v=18, 22, 28$  m/dak) ve ilerleme ( $f=0.1, 0.2, 0.3$  mm/dev) değerlerinde delme işlemleri yapılmış ve bu değişik tezgâh parametrelerinin ilerleme/aksenal kuvvet ve döndürme momenti üzerindeki etkileri grafikleri ve yorumları aşağıda açıklanmıştır.

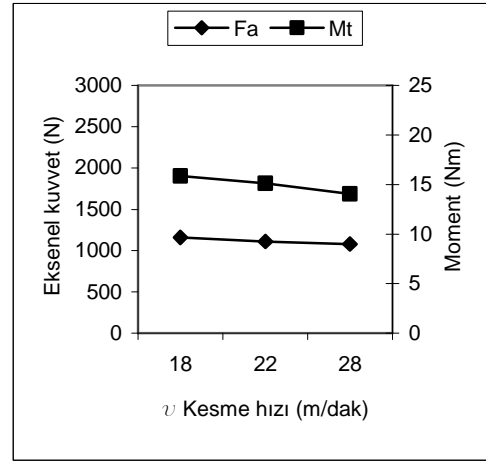
##### 5.4.1. Kesme hızı ile aksenal kuvvet ve moment değişimi

Kesme hızındaki artma sonucunda uç açısının  $\psi=118^\circ$  ve  $\psi=130^\circ$  olduğu durumda aksenal kuvvette ve moment değerlerinde azalmalar gözlemlenmiştir. Bu deney sonuçlarının tüm ilerlemeler ( $f=0.1, 0.2, 0.3$  mm/dev), uç açıları ( $\psi=100^\circ, 118^\circ, 130^\circ$ ) ve helis açıları ( $\gamma=20^\circ, 25^\circ, 30^\circ$ ) için de aynı şekilde tekerrür ettiği gözlemlenmiştir (Şekil 5.7 a, b, c, d, e, f, g, h). Bu durumun yukarıda kuvvet ve moment etüdü bölümünde açıklandığı gibi literatüre uygunluğu gözlemlenmiştir.



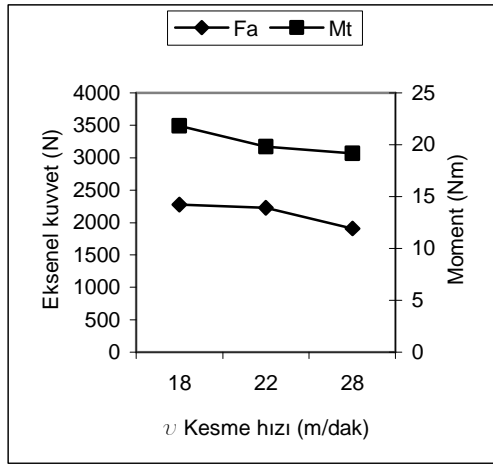
(a)

$f=0.3$  mm/dev;  $\psi=130^\circ$ ;  $\gamma=300$



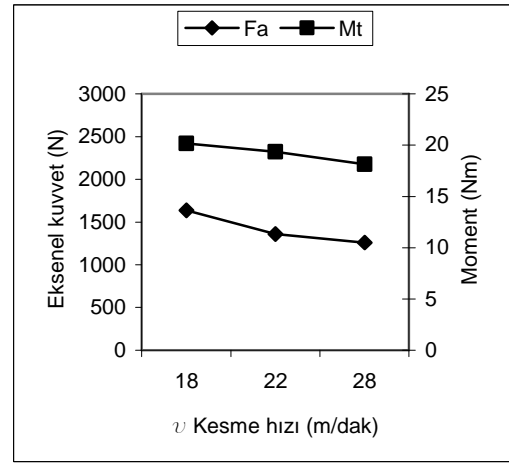
(b)

$f=0.1$  mm/dev;  $\psi=130^\circ$ ;  $\gamma=300$



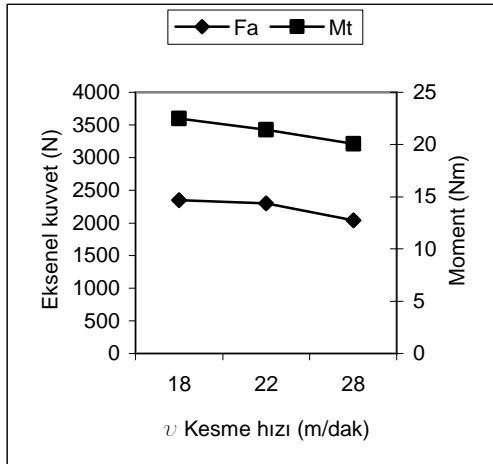
(c)

$$f=0,3 \text{ mm/dev}; \psi=130^\circ; \gamma=25^\circ$$



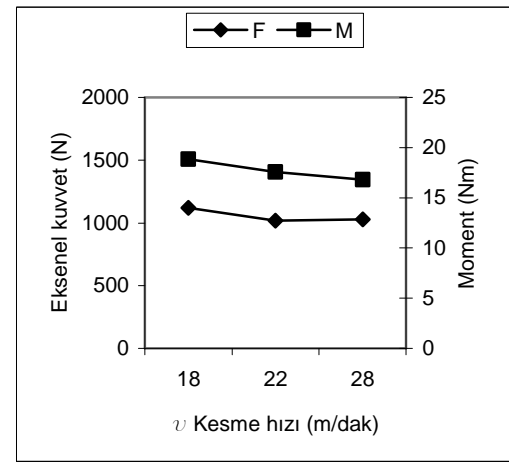
(d)

$$f=0,2 \text{ mm/dev}; \psi=118^\circ; \gamma=30^\circ$$



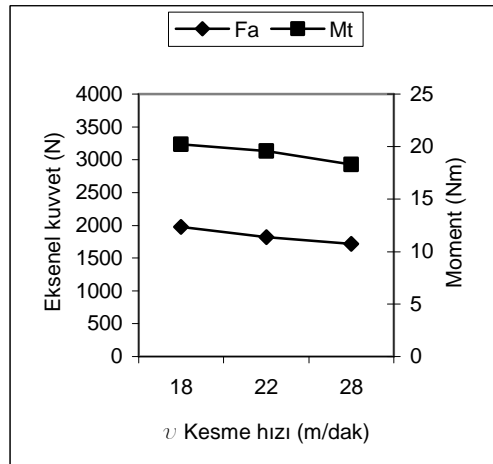
(e)

$$f=0,3 \text{ mm/dev}; \psi=130^\circ; \gamma=20^\circ$$



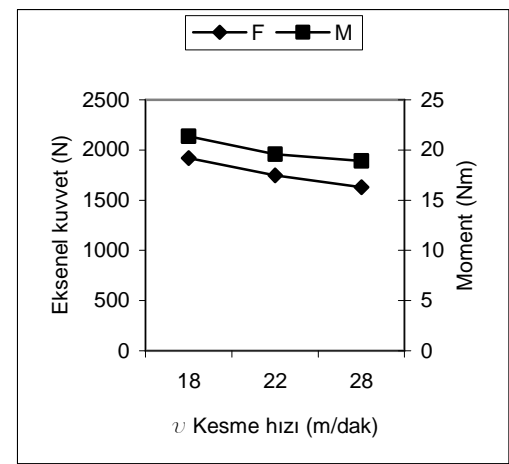
(f)

$$f=0,1 \text{ mm/dev}; \psi=118^\circ; \gamma=30^\circ$$



(g)

$$f=0,2 \text{ mm/dev}; \psi=130^\circ; \gamma=20^\circ$$

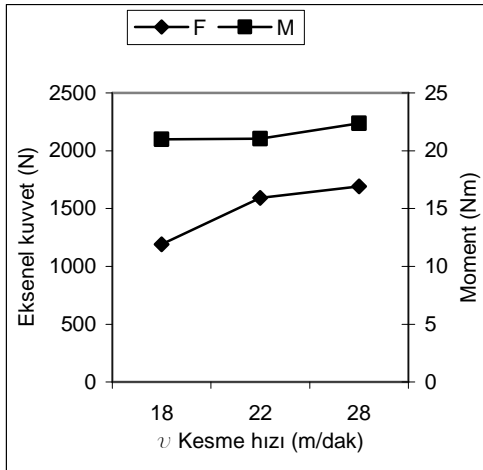


(h)

$$f=0,3 \text{ mm/dev}; \psi=118^\circ; \gamma=30^\circ$$

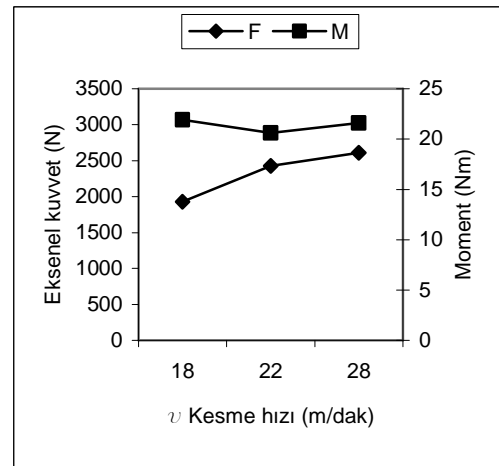
Şekil 5.7 Kesme hızı ile eksenel kuvvet ve momentin değişimi

Kesme hızı arttıkça,  $\psi=100^\circ$  uç açılarında aksenal kuvvet artarken, moment kesme hızının  $v=18$  m/dak. dan  $v=22$  m/dak. ya yükselmesiyle azalmış  $v=22$  m/dak. dan  $v=28$  m/dak. ya yükselmesiyle artış göstermiştir (Şekil 5.8 a,b,c,d).



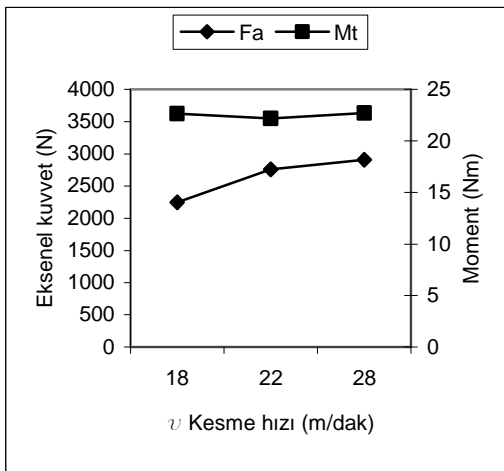
(a)

$f=0,1$  mm/dev;  $\psi=100^\circ$ ;  $\gamma=20^\circ$



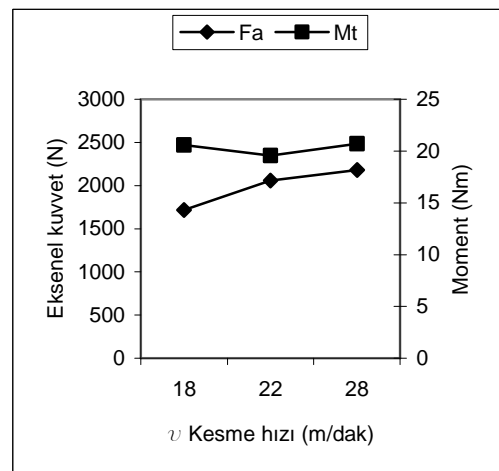
(b)

$f=0,2$  mm/dev;  $\psi=100^\circ$ ;  $\gamma=25^\circ$



(c)

$f=0,2$  mm/dev;  $\psi=100^\circ$ ;  $\gamma=20^\circ$



(d)

$f=0,2$  mm/dev;  $\psi=100^\circ$ ;  $\gamma=30^\circ$

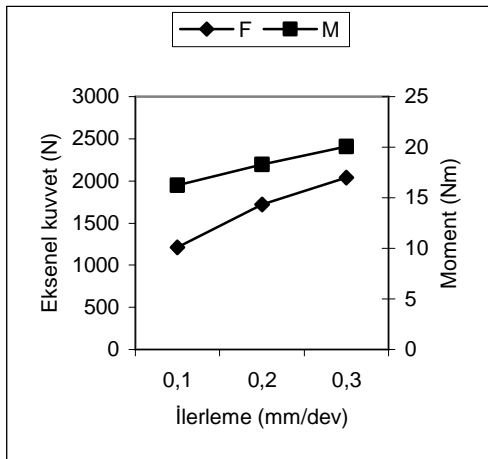
Şekil 5.8 Kesme hızı ile aksenal kuvvet ve momentin değişimi

Eksenal kuvvet ve moment değerlerindeki artışın, küçük uç açılı matkaplarda ( $\psi=100^\circ$ ) iyi bir merkezleme sağlanırken, keski ucunun zayıflaması ve delik çevresindeki yüksek bir sürtünme nedeniyle yüksek hızlarda ( $v=28$

m/dak) ortaya çıktığı, moment azalışının ise yüksek hızlarda ( $v=22$  m/dak) kesme kuvvetlerinin düşmesinden ortaya çıktığı düşünülmektedir.

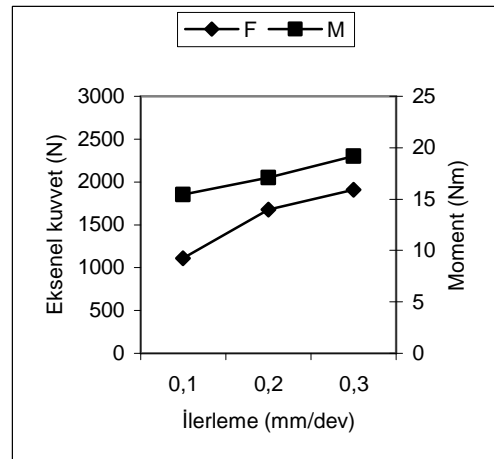
#### 5.4.2. İlerleme ile aksel kuvvet ve moment değişimi

İlerlemenin artan değerlerinde aksel kuvvet ve moment değerlerinde artışlar gözlemlenmiştir. Bu deney sonuçlarının tüm kesme hızları ( $v=18, 22, 28$  m/dak), uç açıları ( $\psi=100^0, 118^0, 130^0$ ) ve helis açılarının değişimleri ( $\gamma=20^0, 25^0, 30^0$ ) için de aynı şekilde tekerrür ettiği gözlemlenmiştir. (Şekil 5.9 a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l, m, n) Bu durumun yukarıda kuvvet ve moment etüdü bölümünde açıklandığı gibi literatüre uygunluğu gözlemlenmiştir.



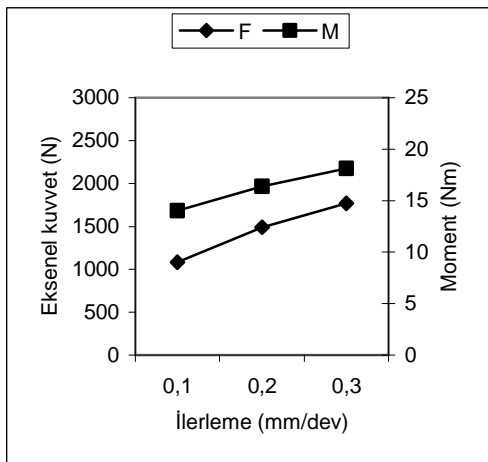
(a)

$V=28$  m/dak;  $\psi=130^0$ ;  $\gamma=20^0$



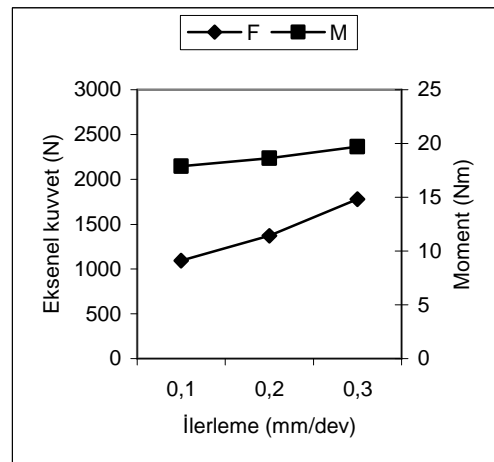
(b)

$V=28$  m/dak;  $\psi=130^0$ ;  $\gamma=25^0$



(c)

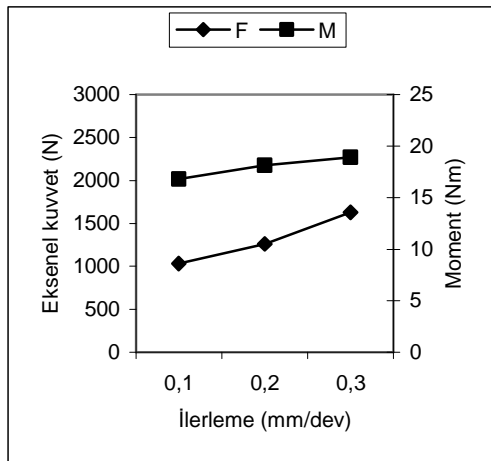
$V=28$  m/dak;  $\psi=130^0$ ;  $\gamma=30^0$



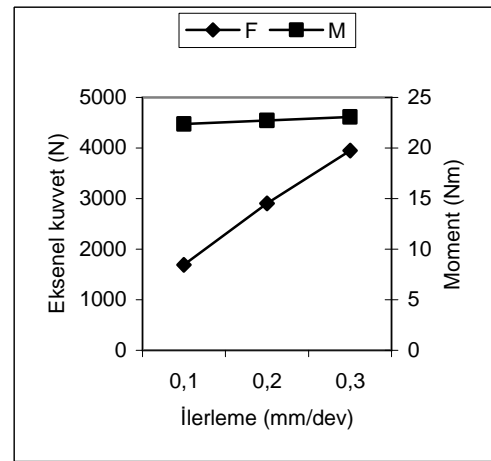
(d)

$V=28$  m/dak;  $\psi=118^0$ ;  $\gamma=25^0$

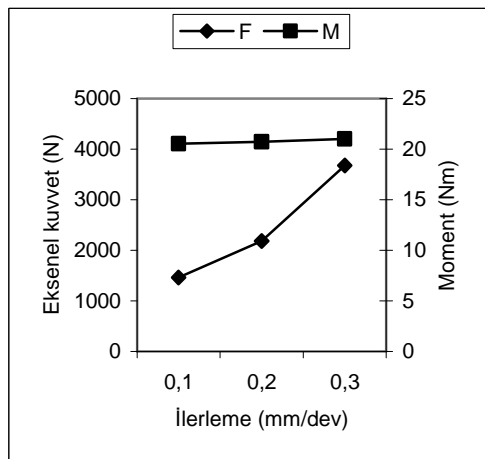




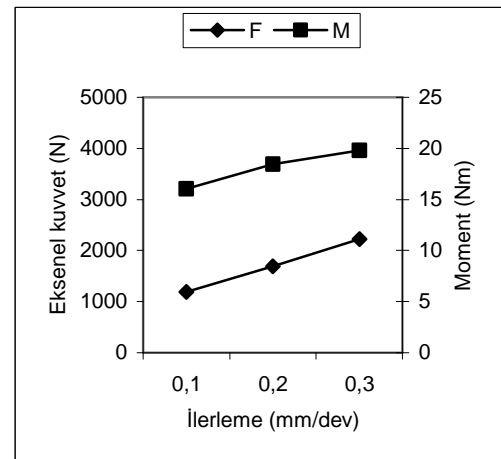
(e)

 $V=28 \text{ m/dak}; \psi=118^\circ; \gamma=30^\circ$ 


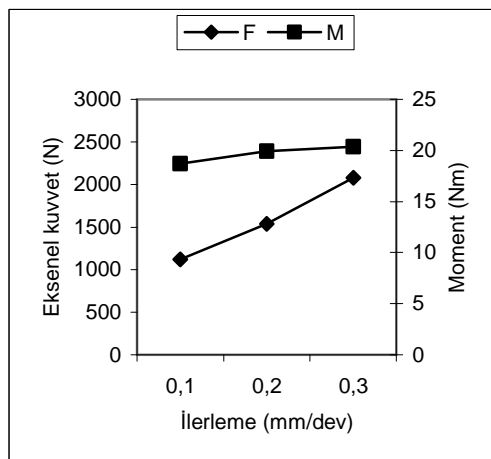
(f)

 $V=28 \text{ m/dak}; \psi=100^\circ; \gamma=20^\circ$ 


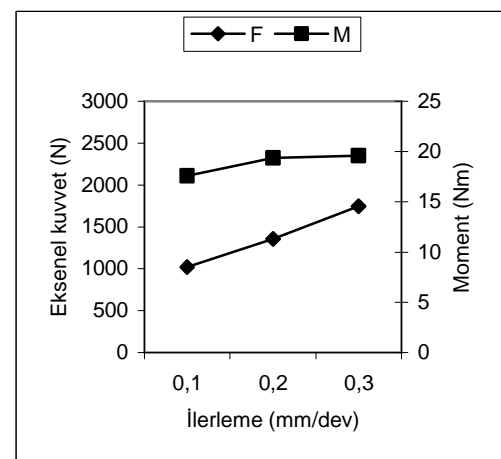
(g)

 $V=28 \text{ m/dak}; \psi=100^\circ; \gamma=30^\circ$ 


(h)

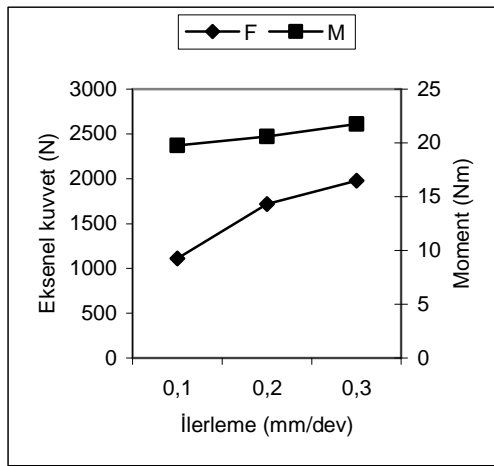
 $V=22 \text{ m/dak}; \psi=130^\circ; \gamma=25^\circ$ 


(i)

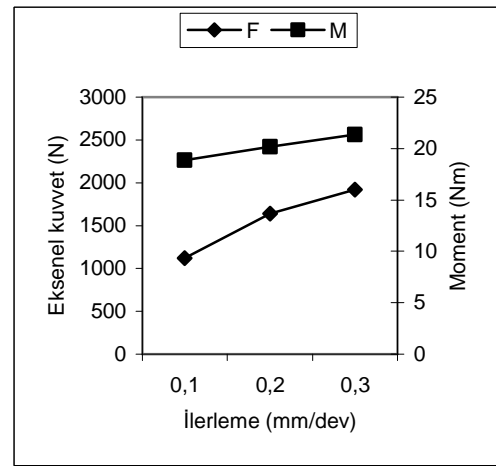
 $V=22 \text{ m/dak}; \psi=118^\circ; \gamma=25^\circ$ 


(j)

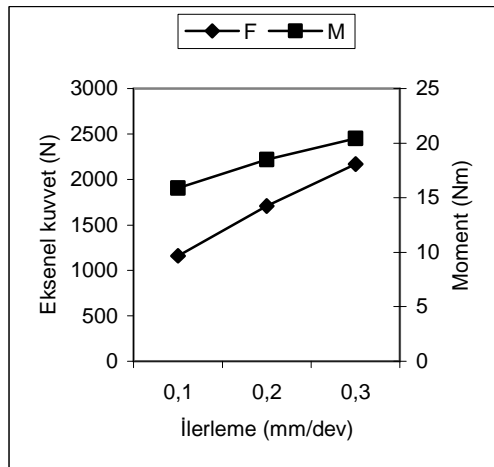
 $V=22 \text{ m/dak}; \psi=118^\circ; \gamma=30^\circ$



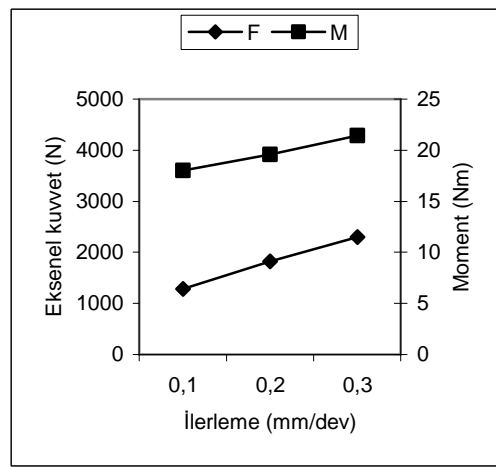
(k)

 $V=18 \text{ m/dak}; \psi=100^\circ; \gamma=30^\circ$ 


(l)

 $V=18 \text{ m/dak}; \psi=118^\circ; \gamma=30^\circ$ 


(m)

 $V=18 \text{ m/dak}; \psi=130^\circ; \gamma=30^\circ$ 


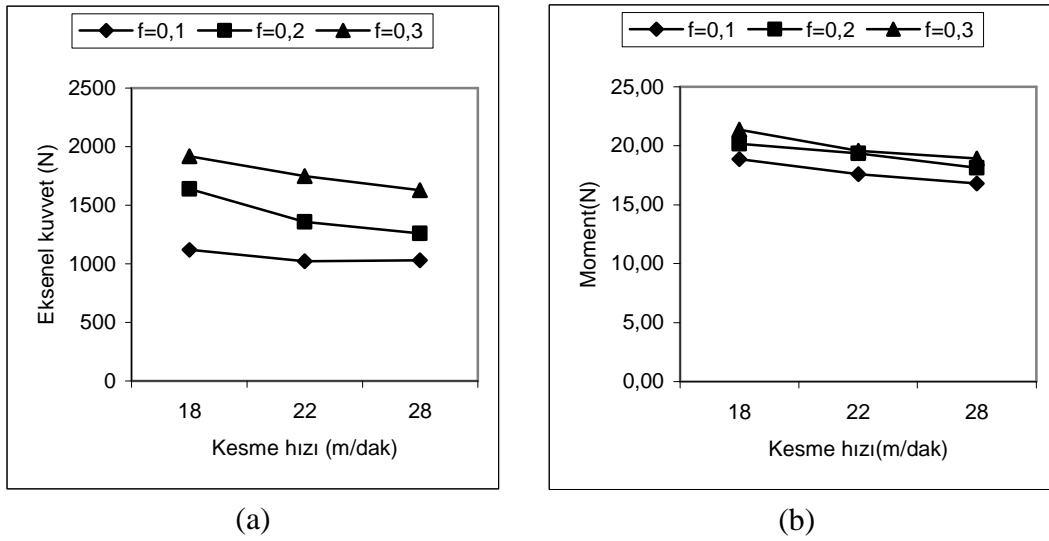
(n)

 $V=22 \text{ m/dak}; \psi=130^\circ; \gamma=20^\circ$ 

Şekil 5.9 Kesme hızı ile eksenel kuvvet ve momentin değişimi

### 5.4.3. Kesme hızı-İlerleme eksenel kuvvet ve moment değişimi

Kesme hızı arttıkça eksenel kuvvet ve moment azalmalıdır. Grafiklerde de görüldüğü gibi, kesme hızı arttıkça ilerlemenin her değerinde eksenel kuvvet ve moment değerlerinin azaldığı (Şekil 5.10a, b) gözlemlenmiştir. Bu değişim uç açısının  $118^\circ$  ve  $130^\circ$  olduğu değerlerde ve helis açısının diğer değerlerinde aynı şekilde tekrar etmektedir.



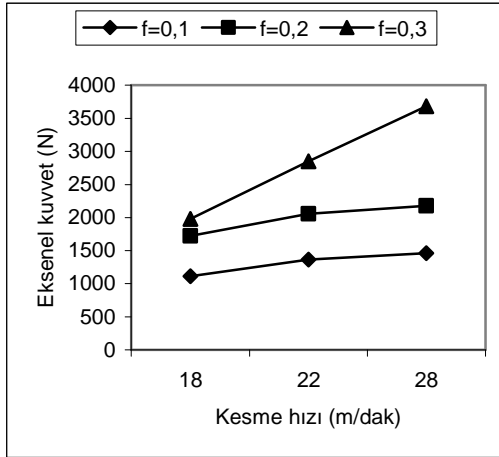
Kesme hızı ve ilerleme değişiminde aksenal kuvvet değişim grafiği  $\psi=118^\circ$ ,  $\gamma=30^\circ$

Kesme hızı ve ilerleme değişiminde moment değişim grafiği  $\psi=118^\circ$ ,  $\gamma=30^\circ$

Şekil 5.10 Kesme hızı ve ilerleme ile aksenal kuvvet ve moment değişimi

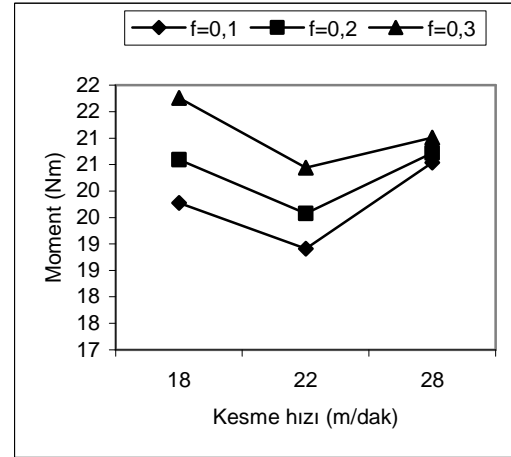
Kesme hızı arttıkça aksenal kuvvet azalmalıdır. Ancak grafiklerde de görüldüğü gibi,  $100^\circ$  uç açısında kesme hızı arttıkça ilerlemenin her değerinde aksenal kuvvet değerlerinin arttığı (Şekil 5.11a) gözlemlenmiştir. Bu değişim helis açısının diğer değerlerinde de aynı şekilde tekrür etmektedir. Bu artışın küçük uç açılı matkaplarda iyi bir merkezleme sağlanırken, keski ucunun zayıflaması ve delik çevresindeki yüksek bir sürtünme nedeniyle ortaya çıktığı düşünülmektedir

Kesme hızı arttıkça moment azalmalıdır. Ancak grafiklerde de görüldüğü gibi,  $100^\circ$  uç açısında kesme hızı arttıkça ilerlemenin her değerinde aksenal kuvvet değerlerinin kesme hızınının 22 m/dak değerinden 28 m/dak değerine yükseldiğinde arttığı (Şekil 5.11b) gözlemlenmiştir. Bu değişim helis açısının diğer değerlerinde de aynı şekilde tekrür etmektedir. Bu artışın yüksek kesme hızlarında küçük uç açılı matkaplarda, keski ucunun zayıflaması ve delik çevresindeki yüksek sürtünme nedeniyle ortaya çıktığı düşünülmektedir.



(a)

Kesme hızı ve ilerleme değişiminde eksenel kuvvet değişim grafiği  $\psi=100^\circ$ ,  $\gamma=30^\circ$



(b)

Kesme hızı ve ilerleme değişiminde eksenel kuvvet değişim grafiği  $\psi=100^\circ$ ,  $\gamma=30^\circ$

Şekil 5.11 Kesme hızı ve ilerleme ile eksenel kuvvet ve moment değişimi

## 6. SONUÇLAR

Bu çalışmada, 10mm çaplı TS 95/1, HSSE %10 Co alaşımlı yüksek hız çeliğinden özel olarak imal edilmiş matkaplar ile makine parçalarının (transmisyon milleri, dişliler, raylar vs.) imalinde yaygın olarak kullanılan gerilim giderme işlemi yapılmış Ç1040 Makine Kimya imalat çeliği numunelerin sütunlu matkap tezgâhında delinmesi esnasında tezgâh kesme parametrelerinin ve takım geometrisinin itme kuvveti ile döndürme momentine etkileri araştırılmıştır. Çelikler için uç açısının genellikle  $118^\circ$  olduğu göz önüne alınarak  $\psi=100^\circ;118^\circ$  ve  $130^\circ$  uç açılı matkaplar, alaşımsız çelikler için kesme hızı  $v=20;32\text{m/dak.}$  olduğu göz önüne alınarak  $18;22;28\text{m/dak.}$  kesme hızları, çelikler için helis açısının  $\gamma=16^\circ;32^\circ$  olduğu göz önüne alınarak  $20^\circ;25^\circ;30^\circ$  helis açılı matkaplar kullanılmıştır. Deneyler sonucunda elde edilen en önemli bulgular aşağıda özetlenmiştir.

1. İlerlemenin artan değerlerinde aksenal kuvvetlerin ve döndürme momentlerinin arttığı gözlemlenmiştir.
2. Kesme hızındaki artma sonucunda uç açısının  $100^\circ$  olduğu durumda aksenal kuvvetlerin ve momentlerin arttığı gözlemlenmiştir. Bu durumun, uç açısının  $100^\circ$  olduğu durumda keski kenar ucundaki zayıflık ve yan kenarlardaki aşırı sürtünmeler nedeniyle ortaya çıktığı düşünülmektedir.
3. Kesme hızındaki artma sonucunda uç açısının  $118^\circ$  ve  $130^\circ$  olduğu durumlarda aksenal kuvvetlerin ve momentlerin azaldığı gözlemlenmiştir.
4. Uç açısındaki artma sonucunda aksenal kuvvetlerde artmalar, momentlerde ise azalmalar gözlemlenmiştir.
5. Helis açısındaki artma sonucunda aksenal kuvvetlerde ve momentlerde azalmalar gözlemlenmiştir.
6. Bütün bu deney verileri göz önüne alındığında deney numunesi olarak ele alınan Ç1040 Makine Kimya imalat çeliği malzemelerin, HSSE %10 Co alaşımlı yüksek hız çeliği matkaplarla delinmesinde en uygun delme parametreleri olarak kesme hızı  $v=28\text{m/dak.}$ , ilerleme  $f=0,2\text{ mm/dev}$ , helis açısı  $\gamma=30^\circ$  ve uç açısı

$\psi=118^0$  olarak belirlenmiştir. Bu değerler Ç1040 grubundaki diğer malzemelere de yansıtılabilir.

Bundan sonraki yapılacak çalışmalarda, matkapla delmede takım geometrisinin değişik açı değerleri için aksenal kuvvet ve moment değişimleri araştırılabilir. Takım geometrisi ve kesme parametrelerinin farklı malzemeler için aksenal kuvvet ve moment değişimleri araştırılabilir. Takım geometrisi ve kesme parametrelerinin delik kalitesi üzerine etkileri araştırılabilir. Takım malzemesinin aksenal kuvvet, moment ve delik kalitesi üzerine olan etkileri ve takım geometrisi ve kesme parametrelerinin takım aşınması üzerine etkileri araştırılabilir.

## KAYNAKLAR

Advantech, PCL-1712 User's Manual, Advantech Co. Ltd., Taiwan, 1993.

Advantech, ADAM-3016 User's Manual, Advantech Co. Ltd., Taiwan, 1997.

Akkurt, M., Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları, Birsen Yayınevi, İstanbul, 168-180, 1992.

Armarego, E.J.A. and Brown, R.H., The Machining of Metals. Prentice Hall. 1969.

Armarego, E.J.A., Pramanik, D., Smith, A. J. R. and Whitfield R. C., Forces and power in drilling-computer aided predictions. Journal of Production Engineering, 6:149-174, 1983.

ASM, Machining, Metal handbook, Editor: Taylor Lyman, vol. 3, 8th Edition, Metal Park, Ohio, (1967).

Avuncan, G., Kesici Takımların Bilenmesi, Mavi Tanıtım ve Pazarlama Ltd. Şti. Yayınları, Gebze, 62-80, 1998.

Chen, L.H. and Wu, S.M., Further investigation of multifaced drills. Trans. ASME Journal of Engineering for Industry, 106:313-324, 1984.

Chen, W.C. and Tsao, C.C., Cutting performance of different coated twist drills. Journal of Materials Processing Technology, 88:203-207, 1999.

Cook, N. H., Loewen, E. G. and Shaw, M. C., Machine-Tool Dynamometers. American Machinist, USA, 1954.

Çakır, M. C., Modern Talaşlı İmalat Esasları, Vipaş, s. 187-192, Bursa, 1999.

Çakır, M. C., Modern Talaşlı İmalat Yöntemleri, Vipaş, s.216-221, Bursa, 2000.

Durante, S.; Rutelli, G.; Rabezzana, F., (1997), "Aluminum-Based MMC Machining with Diamond-Coated Cutting Tools", Surface & Coatings Technology, Vol. 94-95, No. 1-3, pp. 632-640.

Erdiller, B. ve Saral, A., DMS (Uzayabilir Ölçü Şeridi) İle Ölçme Esasları, A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları: 819, Derlemeler: 43, Ankara, 1982.

Juhchin A. Yang, Venkatraman Jaganathan, Ruxu Du, A new dynamic model for drilling and reaming processes, International Journal of Machine Tools & Manufacture, 42:299–311,2002.

Kaldor, S. and Lenz E., Drill point geometry and optimization. Trans. ASME Journal of Engineering for Industry, 104:84-90, 1982.

Karabay, M. ve Karabay, S., Takım tezgahları için dinamometre tasarımı, 2. Ulusal Makina Tasarım ve İmalat Kongresi, ss. 209-216, ODTÜ, Ankara, 1986.

Karabay, S., Analysis of drill dynamometer with octagonal ring type transducers for monitoring of cutting forces in drilling and allied process Materials and Design, (2005).

Kea,F., Nib,J., Stephensonc, D.A., Continuous chip formation in drilling. International Journal of Machine Tools & Manufacture, 45:1652–1658,2005.

Koenigsberger, F., Desing and performance of two milling force dynamometers. Prod. Engineer, vol. 37, no. 12, p. 727, 1958.

Mendi, F., Takım Tezgahları ve Teori Hesapları, 72 TDFO Ltd. Şti. Basımevi, Ankara, 1996.

Oswald, P.F. ve Muñoz, J., Manufacturing Processes and Systems, John Wiley & Sons, USA, 1996.

Rapier, A. C., Cutting Force Dynamometers H. M. Stationary Office, NEL Plasticity Rep. 158, 1959.

Ricon, D.M. and Ulsoy, A.G., Effects of drill vibrations on cutting forces and torque. Annals of the CIRP, 43(1):59-62, 1994.

Sağlam, H., Frezelemede yapay sinir ağları kullanarak, çok elemanlı kuvvet ölçümlerine dayalı takım durumu izleme, S. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, (2000).



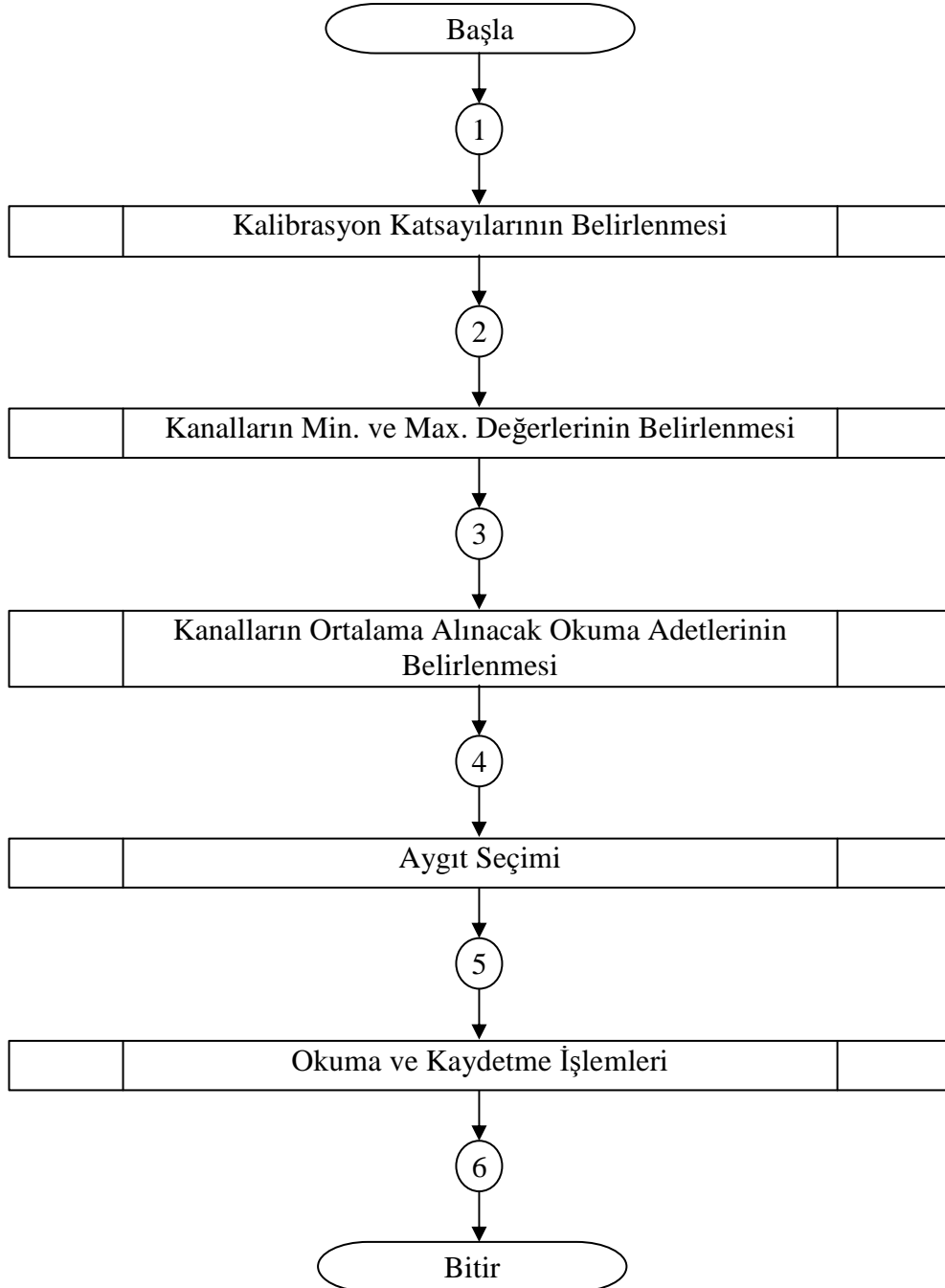
Sahu, K.S., Ozdoganlar, O.B., DeVor, R.E., Kapoor, S.G., Effect of groove-type chip breakers on twist drill performance. *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 43:617–627,2003.

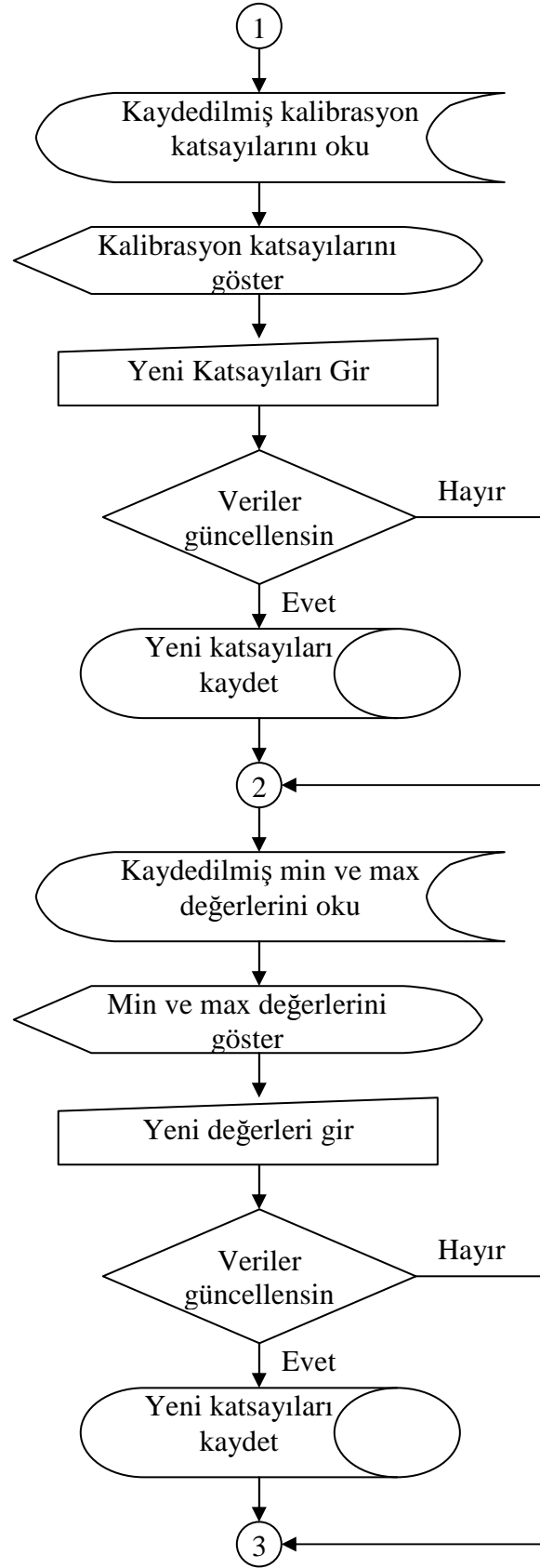
Strenkowski, J.S., Hsieh, C.C., Shih, A.J. An analytical finite element technique for predicting thrust force and torque in drilling *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 44:1413–1421,2004.

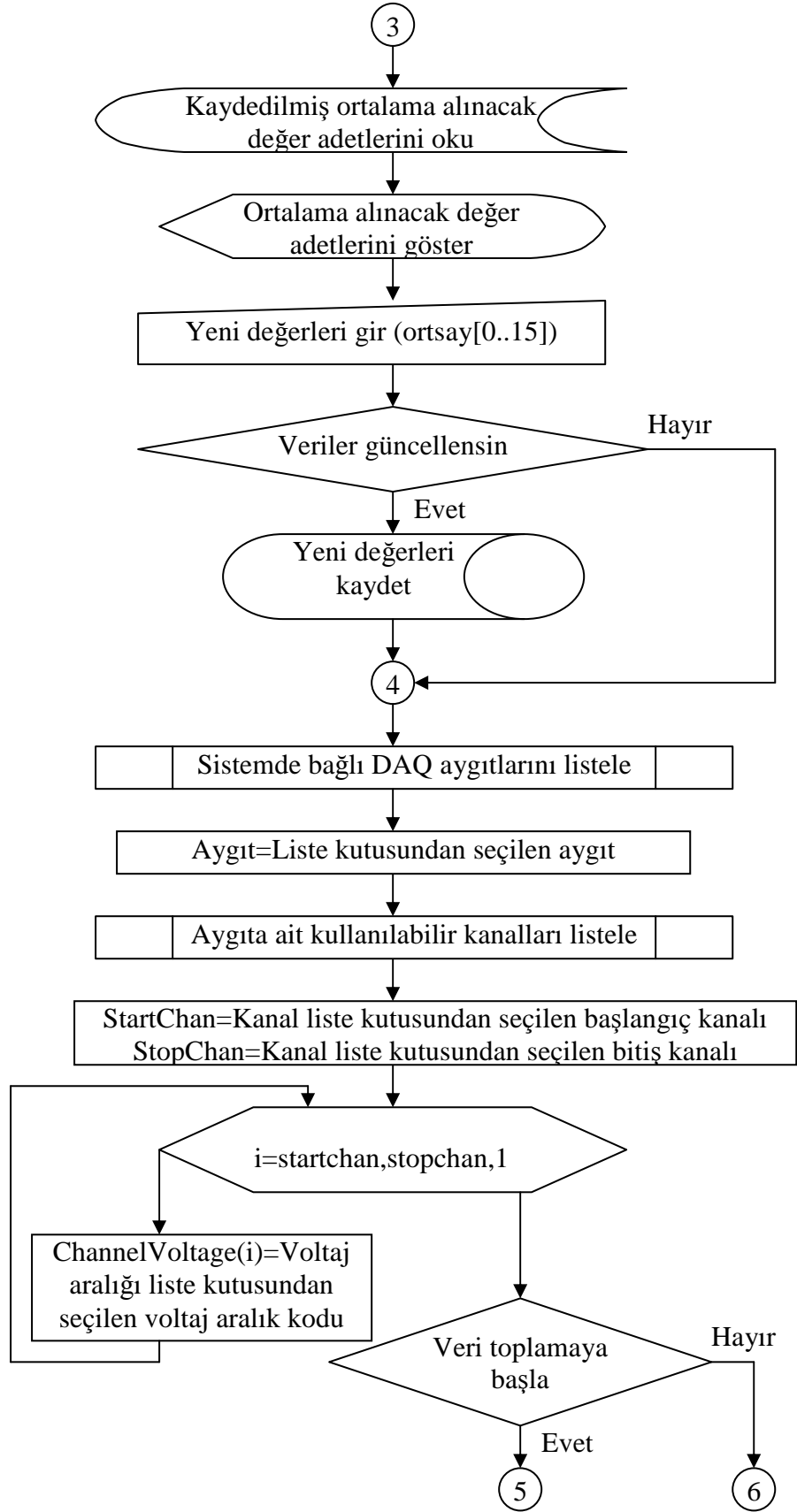
Tosun, G., 2124 Al/SiC Kompozitinin İşlenmesinde Matris Özelliklerinin İşleme Şartlarına Etkisinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, (2002).

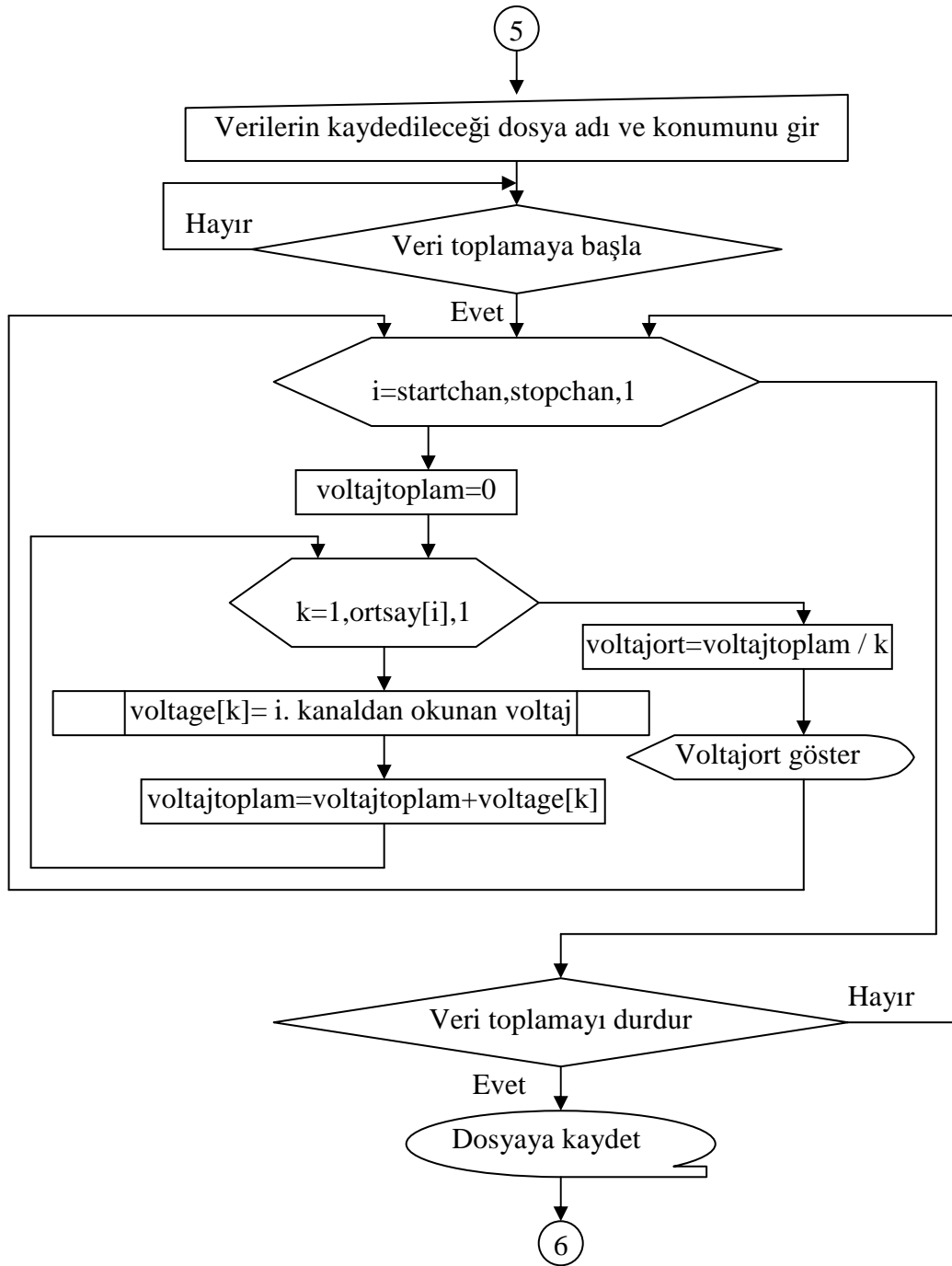
**7.EKLER**

**EK-A BİLGİSAYAR PROGRAMI AKIŞ ŞEMASI**



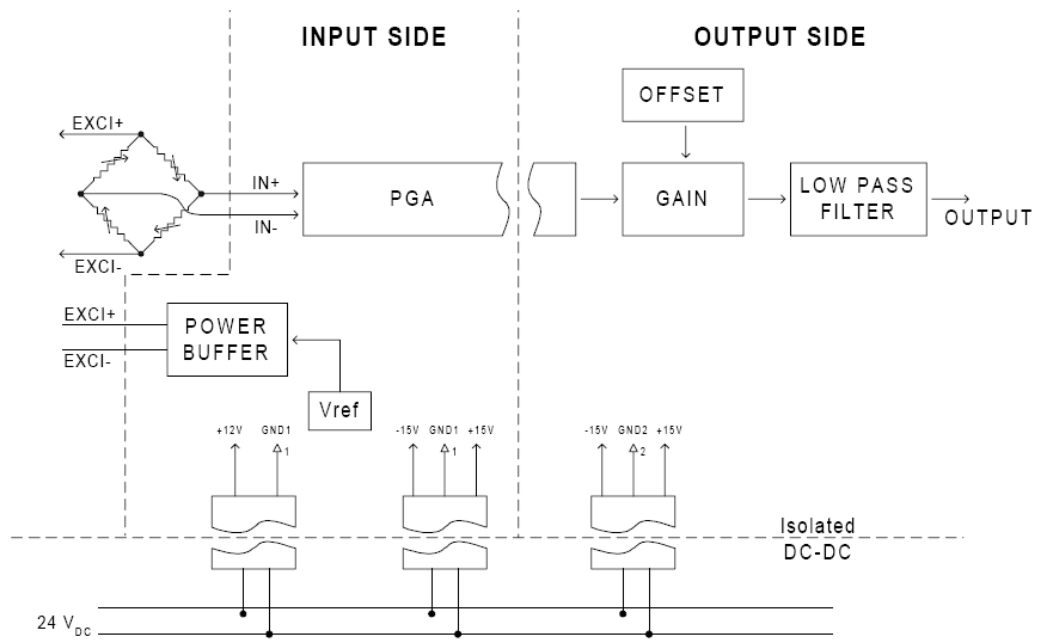




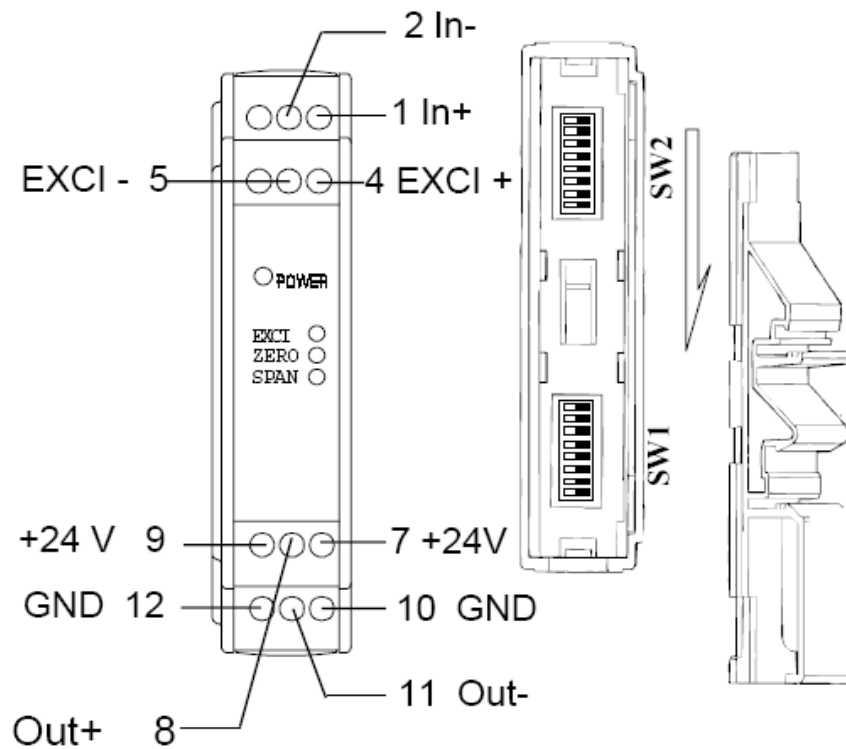


**EK-B ADAM 3016 TERMİNAL VE BLOK DİYAĞRAMI**





**ADAM-3016 BLOCK DIAGRAM**

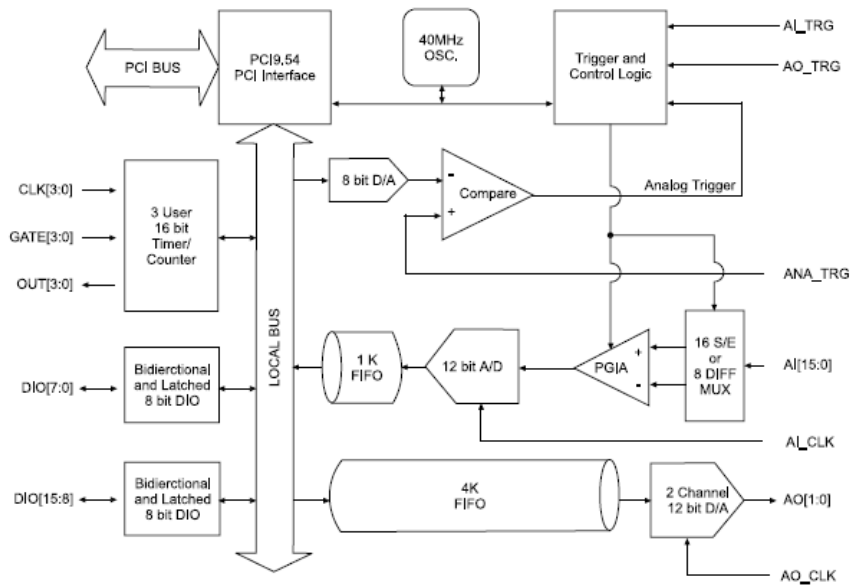


**ADAM 3016 Terminal**

**EK-C PCLD-8712 BORD VE PCI-1712 A/D DÖNÜŞTÜRÜCÜ**



**PCLD-8712 Veri Bordu PCI-1712 A/D Dönüştürücü Kartı Bağlantısı**



**PCI-1712 Blok Diyagramı**

**EK-D DENEY FOTOĞRAFLARI**



**Matkapların Bilenmesi**



**Dinamometre**



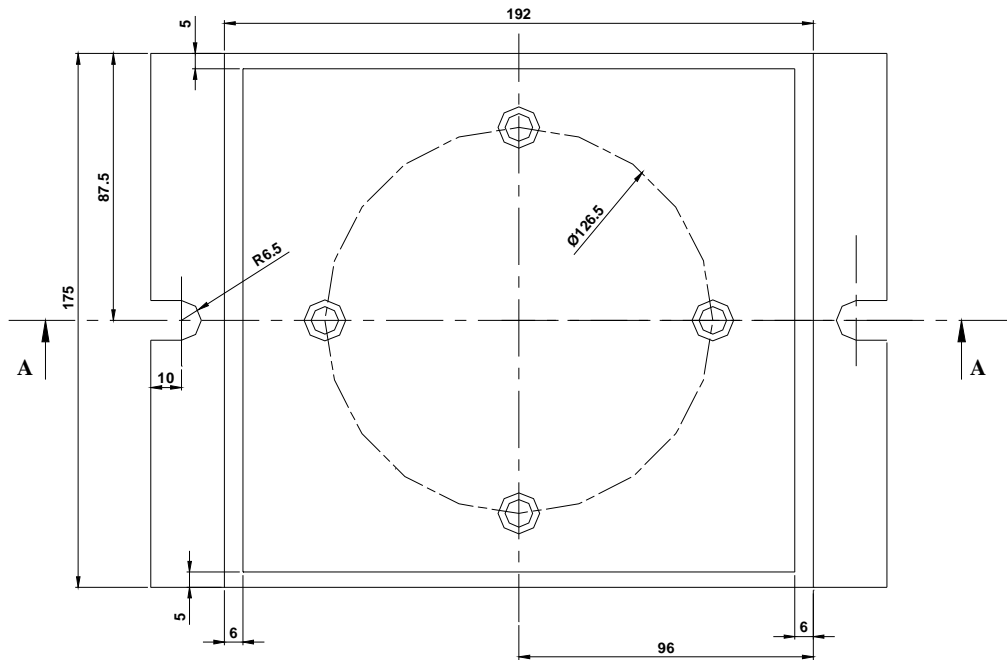
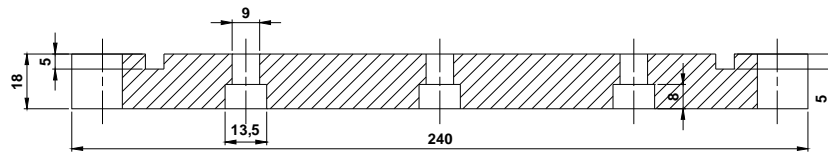
**Dinamometre Bağlantıları**



**Matkapla Delme Çalışması**

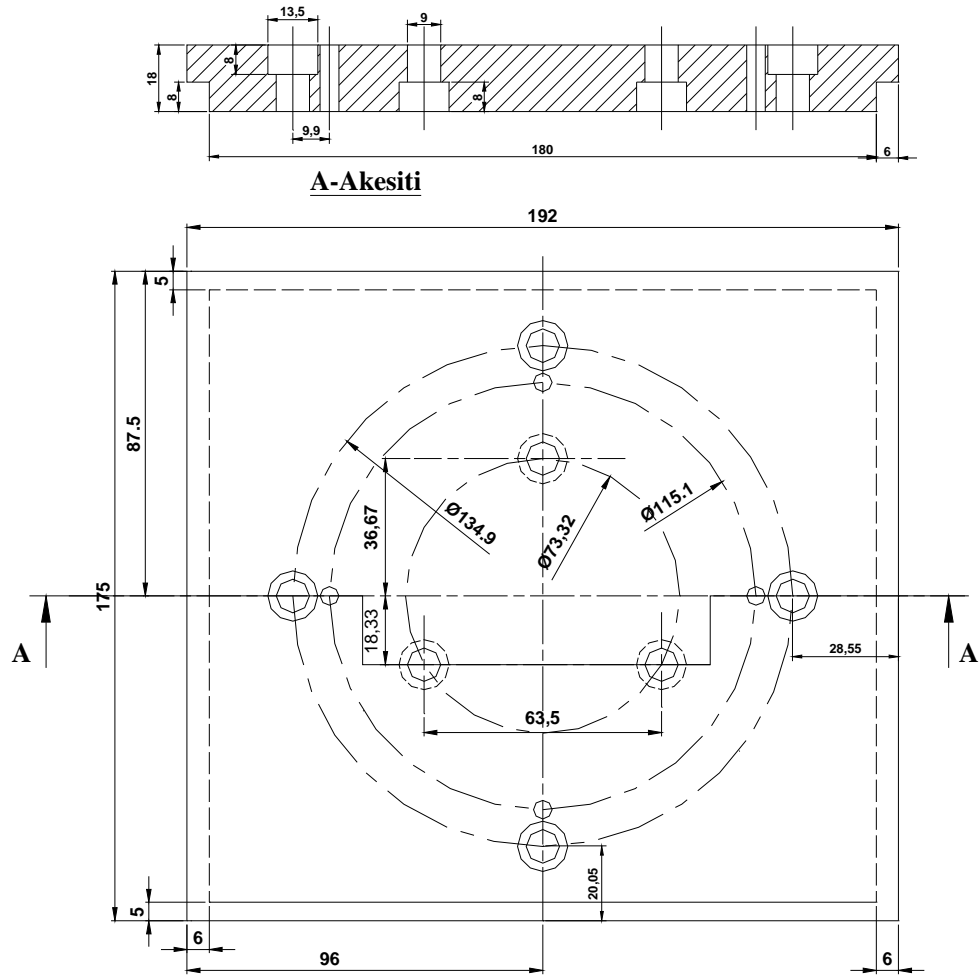
**EK-E DİNAMOMETRE İMALAT RESİMLERİ**

### Alt plaka





## Üst plaka



## Sekizgen ring

