

**TORNA TEZGÂHINDA KANAL AÇMA OPERASYONLARI İÇİN KESME  
PARAMETRELERİNİN KESME KUVVETİ, TAKIM AŞINMASI VE  
KANAL PROFİLİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

**FATİH MEYDANERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNA EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ŞUBAT 2014**

**ANKARA**

Fatih MEYDANERİ tarafından hazırlanan “TORNA TEZGAHINDA KANAL AÇMA OPERASYONLARI İÇİN KESME PARAMETRELERİNİN KESME KUVVETİ, TAKIM AŞINMASI VE KANAL PROFİLİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ” adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Hakan Dilipak .....  
Tez Danışmanı, İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı

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

Doç. Dr. Hüdayim BAŞAK .....  
Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü.

Doç. Dr. Hakan Dilipak .....  
İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü.

Yrd. Doç. Dr. Hakan GÜRÜN .....  
İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü.

Tez Savunma Tarihi: 07/02/2014

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

Prof. Dr. Şeref SAĞIROĞLU .....  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## **TEZ BİLDİRİMİ**

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

Fatih MEYDANERİ

**TORNA TEZGÂHINDA KANAL AÇMA OPERASYONLARI İÇİN KESME  
PARAMETRELERİNİN KESME KUVVETİ, TAKIM AŞINMASI VE  
KANAL PROFİLİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ**  
(Yüksek Lisans Tezi)

**Fatih MEYDANERİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ŞUBAT 2014**

**ÖZET**

Talaşlı imalatta tornalama operasyonları içerisinde en karmaşık işleme yapısına sahip yöntemlerden birisi kanal açma işlemleridir. Talaş kaldırma işlemi sırasında kesici ucun üç yüzeyinin de iş parçası üzerine aynı anda temas etmesi ve oluşan talaşın kanal içerisinde sergileyeceği davranış, işlemin zorlaşmasına sebep olan temel unsurlardır. Bu şartlar altında, istenilen yüzey kalitesi, kanal geometrisi ve ölçü hassasiyetine sahip bir kanal açma işlemi için kesme şartlarının (kesme hızı, ilerleme hızı, kesici geometrisi ve kesici takım malzemesi) en iyi şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Çalışmada, kaplamalı (TiAlN) ve kaplamasız, GM ve TF talaş kırıcı geometriye sahip 4 farklı kesici uç kullanılmıştır. Kanal açma işlemi AISI 1050 çelik malzemesi üzerinde 4 farklı kesme hızı (60-96-153-245 m/dak) ve 4 farklı ilerleme hızı (0,06-0,14-0,22-0,3 mm/dev) değerleri ile kuru kesme şartları altında gerçekleştirilmiştir. Kanal açma işlemleri sırasında kesme kuvvetleri ve kanal yüzey pürüzlülük değerleri incelenmiştir.

Kesme kuvvetleri bakımından en düşük değerler yüksek kesme hızlarında elde edilmiştir. Kesme hızlarına bağlı olarak artan sıcaklık ile plastik deformasyonun kolaylaşması, kesme kuvvetlerinin düşmesi ile sonuçlanmıştır.

**Kaplamalı takımlarla yapılan deneylerde kaplamasız takımlara göre daha yüksek kesme kuvvetleri görülmüştür.**

**Yüzey pürüzlülüklerine bakıldığında ise en iyi sonuçlar kaplamalı takımlarla yapılan deneylerde elde edilmiştir. Artan kesme hızları ile birlikte TF geometriye sahip kesici uçların yüzey pürüzlülük değerlerinin düşmesinde önemli bir etkiye sahip oldukları görülmüştür.**

**Bilim Kodu : 708.3.028**  
**Anahtar Kelimeler : Kesme ve Kanal Açma, AISI 1050, İşlenebilirlik**  
**Sayfa Adedi : 67**  
**Tez Yöneticisi : Doç Dr. Hakan DİLİPAK**

**INVESTIGATION OF EFFECTS ON CUTTING FORCE, TOOL WEAR AND  
GROOVING PROFILE OF THE CUTTING PARAMETERS FOR  
GROOVING OPERATIONS IN THE CNC TURNING  
(M.Sc. Thesis)**

**Fatih MEYDANERİ**

**GAZİ UNIVERSITY  
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES  
FEBRUARY 2014**

**ABSTRACT**

**Parting and grooving is one of the most complex machining operations in chip removal methods. During chip removal, three surfaces of grooving inserts to the workpiece at the same time and behavior of chip in grooves are essential facts on the difficulty of process. In these context, it is required to determine the optimal cutting conditions(cutting speed, feed rate, material of insert and insert geometry) for the best surface quality, groove geometry and dimension sensivity. In this study, 4 different types of inserts as coated-uncoated and GM-TF geometry have been used. Grooving operations in the experiments have been carried out on AISI 1050 steel material with 4 different cutting speeds (60-96-153-245 m/min) and 4 different feed rates (0,06-0,14-0,22-0,3 mm/rev) in dry machining conditions. Cutting forces and surface roughness values have been determined during the grooving processes.**

**The lowest results with regard to cutting forces have been obtained with high cutting speeds. Depending on cutting speeds with increasing temperature, it has been seen facilitate of plastic deformation and resulted in a reduction of cutting forces.**

**With the coated grooving inserts, it has been obtained the best results for the surface roughness. Increasing cutting speeds have significant effects in the decrease of the surface roughness.**

**Science Code : 708.3.028**  
**Key Words : Parting and Grooving, AISI 1050, Machinability**  
**Page Number : 67**  
**Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Hakan DİLİPAK**

## TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren Hocam Doç. Dr. Hakan DİLİPAK'a, yine kıymetli tecrübelerinden faydalandığım Arş. Gör. Dr. Gültekin UZUN'a, destek ve yardımlarını esirgemeyen Semih UZUNOĞLU ve Emre AY'a teşekkür ederim.

Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Başkanlığı'na 41/2012-09 No'lu projeye verdikleri destekten dolayı teşekkür ederim.



## İÇİNDEKİLER

|   |      |
|---|------|
| ÖZET .....  | iv   |
| ABSTRACT .....  | vi   |
| TEŞEKKÜR .....  | viii |
| İÇİNDEKİLER.....  | x    |
| ÇİZELGELERİN LİSTESİ .....  | xii  |
| ŞEKİLLERİN LİSTESİ .....  | xiii |
| RESİMLERİN LİSTESİ .....  | xv   |
| SİMGELER VE KISALTMALAR .....   | xvi  |
| 1. GİRİŞ .....  | 1    |
| 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....   | 4    |
| 2.1. Tornalama Operasyonlarında Kesme Parametrelerinin İş Parçası Üzerindeki Etkilerinin İncelendiği Çalışmalar ..... | 5    |
| 2.2. Kanal Açma İşlemi Üzerine Yapılan Çalışmalar.....  | 11   |
| 3. KANAL AÇMA İŞLEMİ.....   | 18   |
| 3.1. Çoklu Kanal Açma.....  | 18   |
| 3.2. Dalma Tornalama.....   | 19   |
| 3.3. Rampa Tornalanma .....   | 20   |
| 3.4. Geniş Bir Kanalın İnce İşlemleri .....   | 20   |
| 3.5. Kanal Açma İşleminde Talaş Kontrolü .....  | 21   |
| 3.6. Tornalama ve Profil İşleme .....   | 21   |
| 3.7. Segman Kanalı Açma.....  | 24   |
| 4. KESİCİ UÇ GEOMETRİSİNİN ETKİLERİ .....   | 26   |
| 4.1. Takım Aşınması.....  | 30   |
| 4.2. Uygulamada Rijitliğin Önemi.....   | 31   |
| 4.3. Titreşimler.....   | 32   |
| 4.4. Tırlama Olayına Etki Eden Faktörler .....  | 33   |
| 4.5. Kesme Kuvvetlerinin Gözlenmesi .....   | 33   |

|   |    |
|---|----|
| 5. MALZEME VE YÖNTEM.....                                     | 35 |
| 5.1. Malzeme .....  | 35 |
| 5.2. Deneý Numunelerinin Hazırlanması.....                    | 35 |
| 5.3. Takım Tezgâhı, Kesici Takım Ve Takım Tutucu .....        | 36 |
| 5.4. Kesme Parametrelerinin Belirlenmesi.....                 | 38 |
| 5.5. Deneýlerin Gerçekleştirilmesi .....                      | 39 |
| 5.6. İş parçasının Ölçümler için Hazırlanması .....           | 39 |
| 5.7. Yüzey Pürüzlülüğünün Ölçülmesi .....                     | 41 |
| 5.8. Kesme Kuvvetinin Ölçülmesi.....                          | 42 |
| 5.9. Kanal Geometrisinin Ölçülmesi.....                       | 43 |
| 6. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....                           | 45 |
| 6.1. Kesme Kuvvetlerinin Değerlendirilmesi.....               | 45 |
| 6.1.1. Esas kesme kuvvetinin ( $F_c$ ) değerlendirilmesi..... | 45 |
| 6.1.2. İlerleme kuvvetinin ( $F_f$ ) değerlendirilmesi .....  | 47 |
| 6.2. Yüzey Pürüzlülüğünün Değerlendirilmesi .....             | 49 |
| 6.2.1. Kanal yan yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesi.....  | 49 |
| 6.2.2. Kanal dip yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesi ..... | 51 |
| 7. SONUÇ VE ÖNERİLER .....                                    | 54 |
| KAYNAKLAR.....  | 57 |
| EKLER.....  | 62 |
| EK-1 Deneýler sonucunda elde edilen değerler çizelgesi.....   | 63 |
| EK-2 Kesme kuvvetleri sonuçları çizelgesi .....               | 65 |
| EK-3 Yüzey pürüzlülük değerleri sonuçları çizelgesi .....     | 66 |
| ÖZGEÇMİŞ.....   | 67 |

## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

| <b>Çizelge</b>  | <b>Sayfa</b> |
|---|--------------|
| Çizelge 5.1. AISI 1050 çeliği kimyasal bileşimleri, % Ağırlık.....          | 35           |
| Çizelge 5.2. Kullanılan kesici takımların kodları ve özellikleri.....       | 36           |
| Çizelge 5.3. Kesici takım tutucunun geometrik boyutları .....               | 38           |
| Çizelge 5.4. Kesme parametreleri.....                                       | 38           |
| Çizelge 5.5. Yüzey pürüzlülük ölçme cihazı teknik özellikleri .....         | 42           |
| Çizelge 5.6. Kistler 9257B dinamometrenin teknik özellikleri.....           | 42           |
| Çizelge 5.7. DEA Global Silver SF marka CMM tezgahı teknik özellikleri..... | 43           |

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

| Şekil   | Sayfa |
|---|-------|
| Şekil 2.1. Obikava ve arkadaşlarının kanal açma deneyleri sırasında kullandıkları yöntem .....  | 13    |
| Şekil 2.2. Pinar'ın oluşturduğu deney düzeneği ve çalışma yöntemi .....   | 14    |
| Şekil 3.1. Geniş bir kanalın çoklu kanal açma işlemleri.....  | 19    |
| Şekil 3.2. Geniş bir kanalın dalma tornalanması.....  | 19    |
| Şekil 3.3. Geniş bir kanalın ince işlemleri .....   | 20    |
| Şekil 3.4. İş parçası çapının telafisi .....  | 22    |
| Şekil 3.5. Geniş bir kanalın kaba tornalanması.....   | 23    |
| Şekil 3.6. Yuvarlak kesici uçlarla köşelerin tornalanması .....   | 24    |
| Şekil 3.7. Segman modelleri .....   | 24    |
| Şekil 3.8. Takımın eğim açısı .....   | 25    |
| Şekil 4.1. Yanaşma açısının etkileri .....  | 26    |
| Şekil 4.2. Köşe radyüsünün etkisi .....   | 27    |
| Şekil 4.3. Kesici uç genişliği.....   | 28    |
| Şekil 4.4. Genişlik-ilerleme ilişkisi .....   | 28    |
| Şekil 4.5. Merkeze doğru ilerleme.....  | 29    |
| Şekil 4.6. Kesme kuvvetlerinin etkisi .....   | 30    |
| Şekil 4.7. Rijitlik faktörleri .....  | 31    |
| Şekil 4.8. Aynaya yakın işlemenin etkileri .....  | 32    |
| Şekil 5.1. Kesici takım ölçüleri ve Geometrilere.....   | 37    |
| Şekil 5.2. Kanal açılmış iş parçası şekli.....  | 39    |
| Şekil 5.3. Kanal açma işlemi sonrasında kanal çapı üzerindeki yüzey pürüzlük değeri ölçümü için frezelenen yüzeyler ve ölçüleri ..... | 40    |

|   |    |
|---|----|
| Şekil 5.4. Kanal yan yüzeylerinde oluşan yüzey pürüzlülük değerlerinin ölçümü için oluşturulan kesitler ..... | 41 |
| Şekil 5.5. Kistler 9257B tipi dinamometre ile ölçülen kesme kuvveti .....                                     | 43 |
| Şekil 6.1. Esas kesme kuvvetlerinin ( $F_c$ ), ilerleme miktarı ve kesme hızına bağlı olarak değişimi .....   | 46 |
| Şekil 6.2. İlerleme kuvvetlerinin ( $F_f$ ), ilerleme miktarı ve kesme hızına bağlı olarak değişimi.....      | 48 |
| Şekil 6.3. Yan yüzeylerdeki pürüzlülüklerin, ilerleme miktarı ve kesme hızına bağlı olarak değişimi .....     | 50 |
| Şekil 6.4. Dip yüzeylerdeki pürüzlülüklerin, ilerleme miktarı ve kesme hızına bağlı olarak değişimi .....     | 52 |

**RESİMLERİN LİSTESİ**

| <b>Resim</b>   | <b>Sayfa</b> |
|--|--------------|
| Resim 2.1. Mahnama ve Movahhedy'nin yaptıkları çalışmada kullandıkları deney parametreleri ve deney çalışma prensibi ..... | 12           |
| Resim 2.2. Ceretti ve arkadaşlarının kullandıkları kesici takım, deney malzemesi ve çalışma örneği .....                   | 15           |
| Resim 3.1. Geniş bir kanalın işlenmesi.....  | 70           |
| Resim 5.1. Kullanılan takım tutucu .....   | 37           |
| Resim 5.2. Kanal geometrisinin CMM tezgahında ölçülmesi.....   | 74           |

## SİMGELER VE KISALTMALAR

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

| <b>Simgeler</b> | <b>Açıklama</b>                                      |
|-----------------|--|
| $\alpha_n$      | Ön boşluk açısı                                      |
| $\alpha_p$      | Yan boşluk açısı                                     |
| $\alpha_s$      | Üst boşluk açısı                                     |
| $c$             | Yay rijitliği  |
| $d$             | Sönümlleme faktörü                                   |
| $m$             | Kesici takım kütlesi                                 |
| $a$             | Kesici takım uç genişliği                            |
| $b$             | Kesici uç yuvası genişliği                           |
| $l_a$           | Kesici uç uzunluğu                                   |
| $r$             | Kesici uç radyüsü                                    |
| $\tau$          | Kesme gerilmesi ( $\text{kg/cm}^2$ )                 |
| $L_0$           | Plastik şekil değiştirilmemiş malzeme boyu (mm)      |
| $A_0$           | Plastik şekil değiştirilmiş alan ( $\text{mm}^2$ )   |
| $A$             | Plastik şekil değiştirilmemiş alan ( $\text{mm}^2$ ) |
| $f$             | İlerleme   |
| $F$             | Kuvvet (daN)   |
| $F_n$           | $F_s$ 'ye dik kuvvet                                 |
| $F_{pi}$        | Eksenel kuvvet                                       |
| $F_{rz}$        | Radyal kuvvet  |
| $F_s$           | Kayma düzlemine paralel kuvvet                       |
| $F_s$           | Kesme kuvveti  |
| $F_{sz}$        | Asıl kesme kuvveti                                   |
| $F_x$           | X ekseninde oluşan kesme kuvveti                     |
| $F_y$           | Y ekseninde oluşan kesme kuvveti                     |
| $F_z$           | İlerleme kuvveti                                     |
| $K_c$           | Özgül kesme kuvveti                                  |

| <b>Simgeler</b>      | <b>Açıklama</b>            |
|----------------------|----------------------------|
| <b>n</b>             | Devir sayısı               |
| <b>R<sub>a</sub></b> | Ortalama yüzey pürüzlülüğü |
| <b>T</b>             | Sıcaklık (°C)              |
| <b>V</b>             | Kesme hızı (m/dak)         |
| <b>α</b>             | Boşluk açısı               |
| <b>γ</b>             | Talaş Açısı                |
| <b>K</b>             | Yanaşma açısı              |
| <b>ε</b>             | Kayma açısı                |
| <b>φ</b>             | Enine kesici kenar açısı   |
| <b>ψ</b>             | Uç açısı                   |
| <b>ω</b>             | Açısal hız                 |

| <b>Kısaltmalar</b>                 | <b>Açıklama</b>   |
|------------------------------------|---|
| <b>Al</b>                          | Alüminyum   |
| <b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> | Alüminyum oksit   |
| <b>CBN</b>                         | Kübik Bor Nitrür  |
| <b>CMM</b>                         | Coordinate Measuring Machine (Koordinat Ölçüm Cihazları)                            |
| <b>CNC</b>                         | Computer Numerical Control (Bilgisayarlı Sayısal Denetim)                           |
| <b>CO<sub>2</sub></b>              | Karbondioksit   |
| <b>CrAlN</b>                       | Krom alüminyum nitrür   |
| <b>CrC</b>                         | Krom karbon   |
| <b>CrN</b>                         | Krom nitrür   |
| <b>DIN</b>                         | Deutsche industrie norm (Alman Standartları)  |
| <b>HB</b>                          | Brinell sertlik   |
| <b>HRC</b>                         | Rockwel sertlik   |
| <b>HSS (YHÇ)</b>                   | High speed steel (Yüksek Hız Çeliği)  |
| <b>ISO</b>                         | International organization for standardization (Uluslararası standartlar teşkilâtı) |



| <b>Kısaltmalar</b> | <b>Açıklama</b>  |
|--------------------|--|
| <b>MQL</b>         | Minimum Quantity Lubrication (Minimum Miktarda Yağlama İşlemi) |
| <b>S</b>           | Kükürt   |
| <b>TiAlN</b>       | Titanyum alüminyum nitrit                                      |
| <b>TiC</b>         | Titantum karbon  |
| <b>TiCN</b>        | Titantum karbon nitrit   |
| <b>TiN</b>         | Titanyum nitrit  |
| <b>TS</b>          | Türk standartları  |
| <b>WC</b>          | Volfram karbon   |
| <b>WC/C</b>        | Volfram karbür   |

## 1. GİRİŞ

Günümüz teknolojisi en kısa zamanda, en az maliyetle istenilen kalitede üretim yapmayı hedeflemektedir. Bütün sektörler en iyi hizmeti vermek amacıyla farklı tasarım kabiliyetleri, yeni üretim yöntemleri ve pazarlama teknikleri geliştirme çabasına girmişler ve buna paralel olarak teknolojinin hızlı bir şekilde ileri safhalara taşınmasını sağlamışlardır.

Teknolojinin gelişmesine paralel olarak firmalar rekabet kabiliyetlerini artırabilmek amacıyla sanayiye yeni takım tezgâhları ve yeni işleme yöntemleri kazandırmaktadırlar. Teknoloji geliştikçe parçaların imalat yöntemleri ve süreçleri günden güne iyileşmektedir.

İmalat sanayinde, makine parçalarının büyük bir kısmı talaşlı üretim yöntemleri kullanılarak şekillendirilmektedir. Talaşlı üretim yöntemlerinin vazgeçilmez elemanları içerisinde olan torna, freze ve matkap tezgahları da imalat sanayinde oldukça önemli bir yere sahiptirler. Özellikle silindirik parçaların imalatı için kullanılan torna tezgâhlarında farklı özelliklerde makine parçaları üretilebilmektedir. Örneğin miller, yataklar, yağlama ve sızdırmazlık elemanları, valfler, tamburlar, vidalı bağlantılar, sıkma ve kenetleme elemanları, dişliler, kalıplama elemanları vb. makine elemanları torna tezgâhlarında üretilmektedir ve bu işlemlerin büyük bir çoğunluğunda kanal açma ve kesme işlemleri kullanılmaktadır.

Kanal açma ve kesme işlemleri, tornalama işlemleri arasında en çok sorunla karşılaşılan işlemler arasındadır. Kesme işleminin parça eksenine dik olması, kesme sırasında oluşan kuvvetlerin büyük bir bölümünün iş parçası üzerine binmesine ve bunun sonucunda, özellikle bağlanması zor olan parçalar ve uzun parçaların işlenmesi sırasında titreşim oluşumuna ve kesme işleminin zorlaşmasına, kesici takımın titreşim sonucu hızlı bir şekilde kırılmasına veya aşınmasına ve kanal ölçülerinin istenilen tolerans sınırları dışına çıkmasına sebep olmaktadır.

Mekanizmalar üzerinde bulunan kanallarda yüzey pürüzlüğü ve kanal geometrisi değerleri, birbirleri ile çalışan parçaların sorunsuz ve uzun ömürlü çalışmaları konusunda büyük önem arz etmektedirler.

Kesme ve kanal açma işlemlerinde kesici takımın parçaya dalma derinliği ve kanal genişliği göz önüne alınmalıdır. Mümkün olan en yüksek rijitliğin elde edilmesi için etkili takım uzunluğunun mümkün olduğunca küçük olması gerekir. Bu da mümkün olan en küçük dalma derinliğini sağlayacak katerin seçilmesi demektir. Buna ek olarak mümkün olan en büyük kesici uç yuvası seçilmelidir.

Kesici ucun genişliği ve kesici uç yuvası her zaman eşit değildir. Aynı kesici uç genişliği için farklı yuva ölçüleri mevcuttur. Rijitliği arttırmak amacıyla daha geniş kesici uçlar kullanılabilir, ancak bu durumda daha fazla malzeme talaş olarak kaybolur. Bu durum, sayıca fazla ve pahalı malzemelerin işlenmesinde maliyetin artmasına neden olabilir.

Açılacak olan kanal ölçülerine bağlı olarak kullanılan kesici takım genişliğinin artması, iş parçası üzerinde diğer tormalama işlemlerine nazaran çok daha fazla temas yüzeyinin oluşmasına sebep olmaktadır. Artan temas yüzeyi, kanal açma işlemi sırasında iş parçası ve kesici takım üzerinde bir anda çok yüksek sıcaklık artışlarına yol açmaktadır. Yüksek sıcaklıklarla birlikte, takım ve iş parçası malzemesi arasında kimyasal tepkimelerin gerçekleşmesiyle birlikte, kesme işlemi sırasında tahmin edilemeyen kesici ucu kırılmaları ve ölçü bozuklukları oluşmaktadır. Kanal açma işlemi sırasında kesici takımın iş parçası üzerinde üç kenarının da aynı anda temas etmesi de bu sorunları fazlasıyla tetiklemektedir.

Bunun yanı sıra kanal genişlik ölçülerinin azalması, işleme sırasında talaş kontrolünü zorlaştırarak, oluşan talaşın parça yüzeyine sürtmesine veya kesiciyle iş parçası arasına sıkışmasına sebep olmaktadır. Dolayısıyla yüzey pürüzlülüğü, ölçü tamlığı ve kanal geometrisi üzerinde istenmeyen bozukluklar meydana getirmektedir.

Kanal açma ve kesme işlemleri sırasında kullanılan işleme parametreleri, kesici takım aşınması, yüzey pürüzlülüğü, kanal geometrisi ve ölçü tamlığı değerlerini doğrudan etkilemektedir. Uygun olmayan değerler kullanıldığı takdirde parça imalatı sırasında önemli ölçüde zaman, maliyet ve kalite kaybı ortaya çıkmaktadır.

Üretimde öncelikli amaç; istenilen geometri, ölçü ve bitirme yüzeyine sahip parçaları teknik ve ekonomik yönden en az maliyetle üretmektir [1].

Talaşlı imalatta, parça maliyeti açısından en uygun değerleri elde edebilmek için kesme parametrelerinin iyi belirlenmesi gerekmektedir. Maliyete etki eden unsurlar arasında bulunan takım ömrünü belirleme en etkili parametre kesme hızıdır [2,3].

Yüzey pürüzlülüğü, üretilen parçaların yüzey kalitelerinin belirlenmesinde önemli bir rol oynar. Çünkü yüzey pürüzlülüğü; yorulma direnci, aşınma, ısı iletimi, sürtünme ve yağlama gibi ürünün kalitesinin artırılması için gerekli olan fonksiyonel karakteristik özellikleri etkilemektedir [4,5].

Yüzey pürüzlülüğü temelde takım geometrisi ve kesme şartları (ilerleme hızı, kesme hızı, talaş derinliği vs.) gibi işleme parametrelerinin sonucuna bağlıdır [6]. Bu sebeple yüzey pürüzlülük değerlerinde istenilen sonuçları elde edebilmek için ilerleme hızı, kesme hızı ve talaş derinliği parametrelerinin iyi belirlenmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada AISI 1050 malzemesi üzerinde kanal açılması sırasında farklı takım geometrilerine sahip kesici uçların, farklı kesme ve ilerleme hızlarında oluşan kesme kuvvetlerinin kanal yan yüzeyleri, kanal dip çap yüzeyi pürüzlük değerleri ve kanal geometrisi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Böylelikle işleme yöntemleri arasında önemli bir yere sahip olan kanal açma işlemi sırasında kullanılan kesme parametreleri ve kesici takım geometrisinin işleme kalitesine etkilerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

## 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Endüstriyel ürünlerin üretilmesinde, en önemli alanlardan bir tanesi talaşlı imalattır. Talaşlı imalat işleminde iş parçasını istenilen geometriye getirmek için, üzerindeki fazlalıklar uygun takım tezgâhı ve kesici takım kullanılarak, talaşlar şeklinde uzaklaştırılıp, istenilen boyutlar ve yüzey kalitesi sağlanır. Uzay, havacılık, otomotiv ve kalıp gibi endüstriyel alanlarda çoğu ürüne son şekli talaşlı imalat işlemleriyle verilir.

Talaşlı imalat işlemleriyle üretilen parça kalitesini artırmaya ve ürün maliyetini düşürmeye yönelik çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar 1800'lü yılların başında Avrupa'da başlayan Endüstri Devrimi'nden bu yana devam etmektedir. Yapılan bu çalışmalar talaşlı imalatın bütün alanlarında (kesici takımlar, iş parçası malzemeleri ve takım tezgâhları) uygulanarak önemli derecede gelişmeler sağlanmıştır [7].

Talaşlı imalatta her türlü talaş kaldırma işleminde istenilen kalitede bir yüzey elde edebilmek için birçok kesme parametresinin en uygun şekilde düzenlenmesi gerekmektedir. İşlenecek malzeme ve istenilen geometriye bağlı olarak kesme hızı, ilerleme, talaş derinliği, talaş açısı, kullanılacak kesicinin cinsi, malzemesi ve geometrisi ile bunlara bağlı olarak işleme maliyetinin tespitinde, talaş kaldırma sırasında oluşan kesme kuvvetlerinin, kesici takım aşınmasının, yüzey pürüzlülüğünün ve sıcaklığın önemli bir etkisi olduğu görülmektedir [8].

Taylor tarafından takım aşınması üzerinde yapılan çalışmadan bu yana, takım aşınması talaşlı imalat işlemlerinde en çok çalışılan konulardan biri olmuştur. Takım çelikleri ve ısıl işlemlerle başlayıp yeni takım malzemeleri ve son olarak da kaplamaların geliştirilmesi yoluyla takım aşınmasını azaltmak için çeşitli yaklaşımlar benimsenmiştir. İlk önemli gelişme HSS takımların geliştirilmesi ile gerçekleşmiştir. Ancak, geçtiğimiz yüzyılın ikinci yarısından itibaren karbürlerin kullanımlarının yaygınlaşması ile HSS'lerin kullanımı ciddi oranda azalmıştır [9].

Karbürlerin aksine, seramik kesici takımlar talaşlı imalat işlemlerinde geçtiğimiz yüzyılın başından beri kullanılmaktadır. Ancak, seramik, CBN ve PCD kesici takımlar karbür takımlara nazaran daha pahalıdır ve maliyet söz konusu olduğunda bunların kullanımı iyi bir şekilde analiz edilmelidir. İdeal bir kesici takım malzemesi iyi tokluk ve kimyasal kararlılıkla birlikte yüksek sertlik ve aşınma direncine sahip olmalıdır. Ancak, hiçbir takım malzemesi bu özelliklere sahip değildir. Bir alternatif olarak, kesici takımlar takım-talaş ara yüzeyindeki kesme şartlarına dayanabilmesi daha uygun malzemelerle kaplanabilirler. Dolayısıyla, uygun bir altlıkla birleştiği zaman, kaplamalarla daha iyi özellikler yüzeye kazandırılabilir. Kaplama malzemeleri yüksek sıcaklıklarda yüksek sertlik, iyi kimyasal kararlılık, yağlama özelliği ve iyi ısı özellikler sağlarlar [9-13].

Literatür çalışması 2 aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir. 1. aşamada, genel tornalama işlemlerinde, kesme parametrelerinin iş parçası üzerindeki etkileri araştırılmıştır. 2. aşamada ise, kanal açma üzerine yapılan çalışmalar incelenmiştir.

### **2.1. Tornalama Operasyonlarında Kesme Parametrelerinin İş Parçası Üzerindeki Etkilerinin İncelendiği Çalışmalar**

Tornalama operasyonları ile ilgili olarak literatürde çok fazla sayıda çalışmanın olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmalardan bazıları aşağıda verilmiştir.

Reginaldo T. Coelho tarafından yapılan çalışmada sertleştirilmiş AISI 4340 çelik malzeme üzerinde kaplamalı ve kaplamasız CBN kesici takımlar kullanılarak tornalama deneyleri yapılmıştır. Kaplamasız kesici takım en yüksek kesme kuvvetini göstermiştir. Ra değerleri 0,7 ila 1,2 mikrometre arasında değişmekle birlikte kesici takımlara bağlı olarak fazla bir değişiklik göstermemiştir [14].

Byrne ve arkadaşları, 52 HRC sertliğinde BS 817M40 çelik malzemenin CBN/TiC kesici takımlarla bitirme işlemine tabi tutulmasında takım aşınma mekanizmalarının incelemek için bir çalışma yapılmıştır. 3 farklı kompozisyona sahip bu çelik malzemelerin işlenmesinde takım aşınmasında 4 kat kadar farklılıklar görülmüştür. İş

parçası içerisindeki Al ve S içeriğinin takım aşınmasında etkili olduğu düşünülmüştür [15].

Jeffrey ve arkadaşları sertleştirilmiş AISI 52100 çelik malzemenin tornalanmasında kesici uç ve iş parçası sertliğinin yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetlerine etkisini incelemek için yaptıkları çalışmada kesici uç geometrisinin işlenmiş yüzey özelliklerini önemli derecede etkilediği sonucuna varmışlardır. Artan uç yarıçapının ortalama yüzey pürüzlülük değerini kesici ucun artan kazıma etkisinden dolayı artırdığını belirtmişlerdir. Ancak, uç yarıçapının yüzey pürüzlülüğüne etkisi artan iş parçası sertliğiyle azalmıştır. Aynı zamanda, kesici uç geometrisinin aksel ve radyal kesme kuvveti bileşenlerini önemli derecede etkilediğini belirtmişlerdir [16].

Yallese ve arkadaşları sertleştirilmiş ve temperlenmiş AISI 52100 malzemenin CBN kesici takımla tornalanması esnasında CBN takımın davranışını belirlemek için çalışma yapmışlardır. Sonuçlardan 60 HRC sertliğindeki AISI 52100 malzemenin işlenmesinin zor olmasına rağmen kesici takımın aşınma direncinin iyi olduğu belirtilmiştir. Tornalama işlemi esnasında oluşan ısının büyük bir kısmının talaş ile atıldığı sonucuna varılmıştır. 280 m/dk'nın üzerindeki kesme hızlarında sistemin kararsız hale geldiği ve birkaç dakikalık işlemde sonra bile titreşimlerin önemli derecede arttığı görülmüştür. Bu malzeme çifti için ideal kesme hızının 120 m/dk olduğu sonucuna varılmıştır [17].

Ucun ve Aslantaş yaptıkları çalışmada kaplamalı karbür kesici takımların sertleştirilmiş AISI 52100 çeliğinin tornalanması işleminde aşınma performansı ve kesme işlemi boyunca oluşan yüzey pürüzlülüğünü incelemişlerdir. Deneyler dört farklı kesme hızı, dört farklı ilerleme hızı ve iki farklı talaş derinliğinde yapılmıştır. Karbür kesici takımlarla sertleştirilmiş malzemelerin işlenmesinde kabul edilebilir bir takım ömrü elde edilmesi için işleme parametrelerinin düşük olduğu sonucuna varılmıştır [18].

Benga ve Abroa tarafından yapılan çalışmada, sertleştirilmiş 100Cr6 rulman çeliğinin (62-64 HRC) sürekli olarak işlenmesinde parçacık takviyeli alumina ve

CBN takımlar kullanılmıştır. Çalışmalarında, takım ömrü ve yüzey pürüzlülüğünü değerlendirmişlerdir. En iyi takım ömrü ve yüzey pürüzlülük sonuçları CBN takımlarla elde edilmişken, karma alumina takımlarla düşük ilerleme miktarlarında, parçacık takviyeli alumina takımlarda ise ilerleme miktarı arttırıldığında takım ömrü değerleri artmış ve yüzey pürüzlülükleri iyileşmiştir. Ayrıca, çalışmada elde edilen Ra yüzey pürüzlülük değerleri  $0,25 \mu\text{m}$ 'den küçük çıkmıştır [19].

Arunachalam ve diğerleri, yaşlandırma ısıl işlemi uygulanmış Inconel 718'in CBN ve karma seramik takımlarla işlenmesinde oluşan kalıcı gerilme ve yüzey pürüzlülüğünü incelemişlerdir. CBN takım olarak saf CBN ve  $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiC}$  içerikli karma seramik takım kullanılmıştır. Ayrıca, seramik kesici takımların performans karşılaştırılması da yapılmıştır. CBN kesici takımlarda, kalıcı gerilme ve yüzey pürüzlülüğü talaş derinliğinden daha çok kesme hızından etkilenmiştir. CBN takımlarla 150 m/dak düşük kesme hızı, 0,05 mm düşük talaş derinliği ve soğutma sıvısı kullanıldığında oldukça düşük değerlerde kalıcı gerilmeler ve yüzey pürüzlülük değerlerinin elde edildiğini belirtmişlerdir [20].

Rajasekaran ve arkadaşları Taguchi metodunu kullanarak yüzey pürüzlülüğü için tornalama parametreleri üzerine deneysel araştırma yapmışlardır. Deneylerde  $45^\circ$  oryantasyon açısına sahip karbon elyaf takviyeli kompozit malzeme, 100-200-300 m/dak kesme hızı, 0,05-0,1-0,15mm/dev ilerleme, 0,5-0,75-1 mm kesme derinliği ve CBN kesici uç kullanmışlardır. Deneyler sonucunda yapılan optimizasyon ile deneysel çalışma arasında %88,1 korelasyonun sağlandığı ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki en etkili parametrenin ilerleme hızı olduğu belirtilmiştir. Ayrıca kesme hızının azalmasıyla yüzey pürüzlülüğünde artış olduğu da gözlemlenmiştir [21].

Neseli ve arkadaşları tornalama işlemleri için yüzey metodolojisi esasına dayalı kesici takım geometri parametrelerinin optimizasyonu üzerine deneysel araştırma yapmışlardır. Deneylerde  $\text{Ø}40 \times 250$  mm ölçülerinde AISI 1040 malzeme,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  kaplamalı CNMG 120404-BF, CNMG 120408-BF, CNMG 120412-BF kesici uç, 150m/dak kesme hızı, 0,15 mm/dev ilerleme ve 1,5 mm sabit kesme derinliği kullanılmıştır. Ayrıca kesici uçlar için 0,4-0,8-1,2 mm uç radyüsü,  $60^\circ$ ,  $75^\circ$ - $90^\circ$



yanaşma açısı ve  $-9^\circ$ ,  $-6^\circ$  ve  $-3^\circ$  talaş açısı değerleri seçilmiştir. Araştırma sonucunda yüzey pürüzlülüğü parametresinin %96 gibi bir oranla tahminin yapılabildiği gözlemlenmiştir. Takım uç radyüsünün %51,4 oranla yüzey pürüzlülüğü üzerinde en önemli etkiye sahip olduğu görülüp, yanaşma açısının %18,24, talaş açısının ise %17,74 etkiye sahip olduğu belirtilmiştir. Ayrıca en uygun parametrelerin 0,4 mm uç radyüsü,  $60^\circ$  yanaşma açısı  $-3^\circ$  talaş açısı değerleri ile sağlandığı sonucuna varılmıştır [22].

Aouici ve arkadaşları CBN kesici takımla tornalama işlemlerinde kesme hızı, ilerleme hızı, iş parçası sertliği ve kesme derinliği değerlerinin, kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerini analiz ederek, deneysel çalışmaları sonucu kesme şartlarını optimize edebilecekleri tahmini bir model geliştirmişlerdir. Deneysel 40-45-50 HRC sertliğinde AISI H11 sıcak iş çeliği malzeme, CBN 7020 kesici uç, 120-180-240 m/dak kesme hızı, 0,08-0,12-0,16 mm/dev ilerleme ve 0,15-0,3-0,45 mm kesme derinliği değerleri kullanmışlardır. Yaptıkları çalışma sonucunda ilerleme hızı ve iş parçası sertliğinin yüzey pürüzlülüğü değerleri üzerinde çok etkili olduğu, kesme derinliğinin ilerleme kuvvetlerine %56,77, kesme kuvvetine ise %31,5 oranında etki yaptığı belirtilmiştir. Ayrıca daha iyi bir yüzey kalitesi elde edebilmek için düşük ilerleme ve yüksek kesme hızlarında çalışmak gerektiğini vurgulamışlardır [23].

Fetecau ve Stan PCD kesici uçlarla, PTFE (politetrafloroetilen) kompozit malzemelerin tornalanmasında yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetlerinin analizini deneysel olarak araştırmışlardır. Deneysel 7 $^\circ$  ve 5 $^\circ$  yanaşma açısı ve 45 $^\circ$  kesme kenar açısına sahip PCD kesici uç, 51,02-128,58-163,28 m/dak kesme hızı, 0,053-0,167-0,25 mm/dev ilerleme, 0,5-1,5-2 mm kesme derinlikleri kullanılmıştır. Deneysel sonucunda ilerleme hızı ve kesme derinliğinin kesme kuvvetleri üzerinde önemli ölçüde etkiye sahip olduğu gözlenirken, kesme hızı ve kesici uç radyüsü etkisinin çok az olduğu ortaya çıkmıştır. Bunun yanında yüzey pürüzlülüğü üzerinde ise ilerleme hızı ve kesici uç radyüsü parametrelerinin etkili olduğu ve ilerleme değerlerinin artmasıyla yüzey kalitesinin azaldığı, kesici uç radyüsünün artmasıyla ise yüzey kalitesinin arttığı belirtilmiştir [24].

Kumar ve arkadaşları karbon çeliklerinin tornalanmasında ilerleme hızı ve devir sayısının yüzey pürüzlülüğü değeri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Deneylerde beş farklı karbon alaşımlı çelik (SAE 8620, EN 19, EN 8, EN 24 ve EN47) malzeme, 339-430-576-730 ve 980 dev/dak devir sayısı, 0,05-0,075-0,1-0,125 ve 0,15 mm/dev ilerleme hızı ve 0,5 mm sabit kesme derinliği kullanılmıştır. Deneyler sonucunda devir sayısının artmasıyla yüzey pürüzlülüğünün azaldığı gözlenirken, ilerlemenin artmasıyla ise artış gösterdiği belirtilmiştir [25].

Sadık farklı sertliklerdeki çeliklerin tornalanmasında CBN kesici takım üzerinde oluşan kesme kuvvetlerinin ve aşınmanın gelişimi ile ilgili deneysel çalışma yapmışlardır. Deneyler Ø100x400 mm ölçülerde, üç farklı sertlikte (SS2244, SS2511 ve SS2260) çelik malzeme, %88 oranında bağlayıcı ve 2 µm çapta tanecik yapısına sahip CBN kesici uç, 140 m/dak kesme hızı ve 0,2 mm/dev ilerleme değerleri kullanılmıştır. Deneyler sonucunda işlenebilirliğin ve kesme kuvvetlerinin, malzemelerin mikro yapı ve kimyasal bileşimiyle alakalı olduğu belirtilirken takım ömrü, talaş formu ve kesme kuvvetleri açısından en iyi sonuçların indüksiyonla sertleştirilmiş (S2244) malzeme ile elde edildiği vurgulanmıştır [26].

Correia ve Davim AISI 1045 çeliğinin tornalanması işleminde farklı kesici uç radyüslerinin yüzey pürüzlülüğüne etkilerini deneysel olarak incelemişlerdir. Deneylerde Ø51x119 mm ölçülerde malzemenin sementit karbür ve wiper kesici uçlarla, 345-410-470 m/dak kesme hızları ve 0,075-0,15 ve 0,25 mm/dev ilerleme değerleri kullanarak işlenmesi üzerine çalışmışlardır. Araştırma sonucunda yüksek ilerleme hızlarında wiper kesici uçlarla daha iyi yüzey kalitesinin elde edildiği bu sayede silindirik malzemelerin taşlama işlemine gerek kalmadan üretilebileceği görülmüştür. Ayrıca düşük kesme hızı ile yapılan çalışmalarda yüzey kalitesinin azaldığı gözlemlenmiştir [27].

Bartarya ve Choudhury 60 HRC sertliğindeki EN31 (AISI 5210 eşiti) çeliğinin kaplamasız CBN takımla işleme sırasında belirlenen kesme parametreleri arasından yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri açısından en iyi parametreyi belirlemek

amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Deneylerde tornalama işlemleri için 167-204-261 m/dak kesme hızı, 0,075-0,113-0,15 mm/dev ilerleme hızı ile 0,1-0,15-0,2 mm kesme derinliği değerleri kullanılmıştır. Çalışmaları sonucunda kesme kuvvetleri üzerinde en önemli etkinin kesme derinliği ile gerçekleştiği gözlenirken kesme hızının kesme kuvvetleri üzerinde en az etkiye sahip olduğu belirtilmiştir. Ayrıca kesme hızının artmasıyla yüzey kalitesinin arttığı, ilerleme hızının artmasıyla yüzey kalitesinde düşüş görüldüğü sonucuna varılmıştır [28].

Ay ve Korkut yaptıkları çalışmada Ø100x550 mm ölçülerinde AISI 1050 çeliğinin tornalanması işlemi sonucunda oluşan takım aşınmalarını araştırmışlardır. Deneylerde kaplamalı ve kaplamasız seramik kesici uçlarla 250-280-315-350-400 m/dak kesme hızı, 0,25 mm/dev ilerleme hızı ve 2,5 mm kesme derinlik değerleri kullanılarak bunların takım aşınması, kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkileri incelenmiştir. Çalışma sonucunda kesme hızı arttıkça kesme kuvvetlerinde düşüş görülmüştür. Aynı zamanda kaplamasız takımlarla yapılan deneyler sonucunda kaplamalı takımlara göre daha düşük takım ömrü tespit edilmiştir [29].

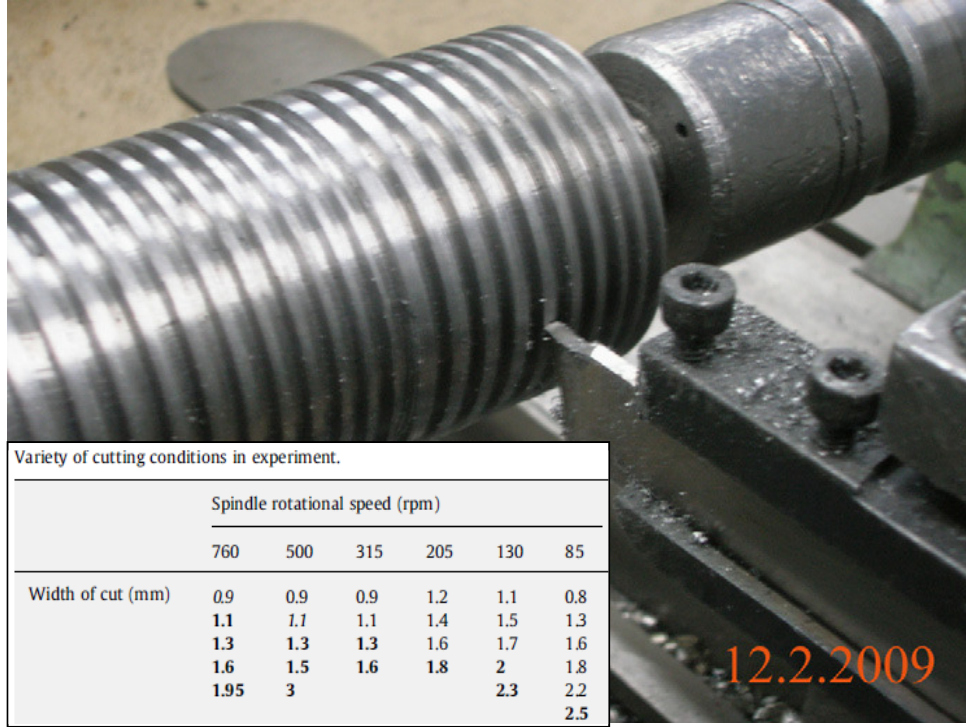
Genel tornalama operasyonları üzerinde yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde, talaş derinliği, kesici uç radyüsü, kesme hızı ve ilerleme oranı gibi kesme parametrelerinin incelendiği görülmüştür. Bu kesme parametrelerinin takım üzerinde oluşturduğu yüzey pürüzlülüğü, kesme kuvveti, takım aşınması, ısı ve titreşim açısından oluşturduğu etkiler araştırılmıştır. Kesici takım olarak, genellikle CBN, kaplamalı ve kaplamasız karbür kesici uçlar kullanılmıştır. Çalışmalardan elde edilen sonuçlar, kesme hızı, talaş derinliği ve ilerleme hızı parametrelerinden, ilerleme hızının yüzey pürüzlülüğü üzerindeki en etkili parametre olduğu gözlemlenmiştir. İlerleme hızının artması sonucu yüzey kalitesinin düştüğü, kesme hızı ve kesici uç radyüsü değerlerinin artmasıyla ise yüzey kalitesinin arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca kesme hızı, malzeme mikro yapısı, kesici uç radyüsü, ilerleme hızı, kesme derinliği, kesici takım geometrisi ve kaplama türünün kesme kuvvetleri üzerinde etkili parametreler olduğu belirtilmiştir. Kesici uç radyüsü, ilerleme hızı ve kesme derinliği değerlerinin artmasıyla kesme kuvvetlerinde önemli ölçüde artışlar ortaya çıkmıştır. Kesme işleminin kaplamasız takımlarla yapılması da kesme kuvvetlerini arttıran

etkenlerden bir tanesidir. Kesme hızının artması ile kuvvetlerin azaldığı sonucuna varılmıştır.

## **2.2. Kanal Açma İşlemi Üzerine Yapılan Çalışmalar**

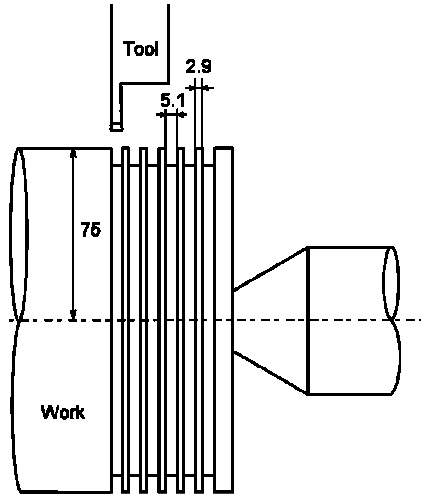
Torna tezgahında kanal açma üzerine çok kısıtlı çalışmanın olduğu belirlenmiştir. Bu konu ile ilgili olarak ulaşılan çalışmalar hakkındaki bilgiler aşağıda verilmiştir.

Mahnama ve Movahhedy, torna tezgahlarında kanal kalemi ile talaş kaldırma operasyonları esnasında oluşan tırlama titreşimi ve talaş yapısı arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Çalışmada 60 mm çapında AISI 1045 iş parçası malzemesi üzerinde, genişlikleri 0,9 mm ile 3 mm arasında değişen disk şeklindeki 9 mm yüksekliğe sahip kesitler oluşturulmuştur (Resim 2.1). Diskler, farklı (85-130-205-315-500-760 dev/dak) devirlerde, 0,11 mm/dev ilerleme hızı ve 4 mm genişliğinde tek tip kanal kalemi ile tamamen yok olacak şekilde işlenmişler ve işleme sırasında oluşan titreşimler sonucunda ortaya çıkan talaş yapısı incelenmiştir. Bu yaklaşımda, tırlama titreşimi ve talaş oluşumu arasındaki ilişkiyi incelemek için sonlu eleman simülasyonunu kullanılmıştır. Deneyler sonucunda kesme esnasında oluşan talaş genişliğinin devir sayısının artmasıyla azaldığı ve deneysel verilerle teorik olarak elde edilen verilerin birbirleriyle örtüştüğünü gözlemişlerdir [30].



Resim 2.1. Mahnama ve Movahhedy'nin yaptıkları çalışmada kullandıkları deney parametreleri ve deney çalışma prensibi [30]

Obikawa ve arkadaşları, torna tezgahında, yüksek hızlı kesme işlemi esnasında en az miktarda yağlama işlemi (MQL) kullanılmasının kanal açma işlemi üzerindeki performansını değerlendirmişlerdir. İş parçası olarak 400 mm uzunluğunda 150mm çapında AISI 1045 malzemesi, kesici takım olarak P35 kaplamalı sementit karbür (TiC / TiCN / TiN) ve P25 kaplamasız sementit karbür takım kullanmışlardır (Şekil 2.1). Kanal açma işlemlerinde 0,12 mm/dev sabit ilerleme hızı ve P35 kesiciler için 2,4-4-5 m/sn, P25 kesicileri için 1,75 mm/sn parametreleri ile çalışmışlardır. Yüksek işleme hızı şartları altında, en az miktarda yağlama ile köşe ve yanak aşınmalarında gözle görülür bir azalma görüldüğü tespit edilmiştir [31].



Şekil 2.1. Obikava ve arkadaşlarının kanal açma deneyleri sırasında kullandıkları yöntem [31]

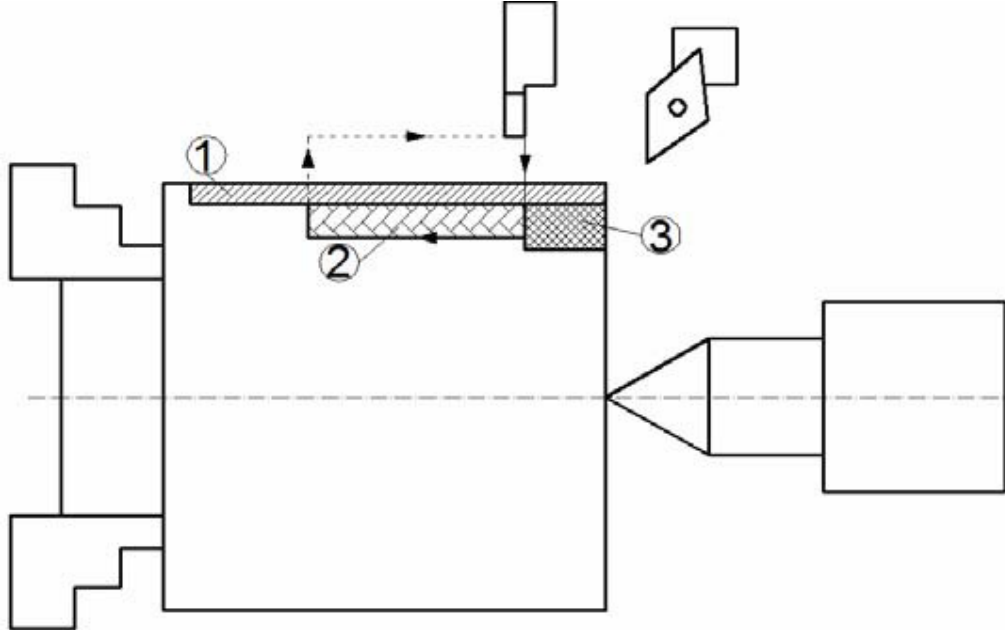
Egashira ve arkadaşları tarafından mikro tornalama takımlarıyla delme ve iş parçasının ön yüzüne kanal açma operasyonu gerçekleştirilmişlerdir. Dış çapı 25 - 50 mm olan iş parçalarında mikro tornalama takımlarıyla elektroerozyon tezgahında delme ve yüzeye kanal açma işlemi üzerinde çalışmışlardır. Sonuç olarak kesme derinliği ve ilerleme hızının, kesici takım aşınması üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu anlaşılmıştır [32].

Dhupal ve arkadaşları, silindirik seramik iş parçası üzerine mikro kanal açılması üzerine bir çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında Pulsu Nd: Yağ Laser tornalama yöntemini kullanmışlardır. Deneyler sonucunda kanal geometrilerinin  $Al_2O_3$  malzemesi üzerinde daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür [33].

Chiffre ve arkadaşları östenitik paslanmaz çeliğe vida ve kanal açılmasında  $CO_2$  kriyojeninin performans testi üzerine araştırma yapmışlardır. Kanal açma işlemleri 90 mm çapında AISI 304L malzeme üzerinde 19 mm kesme derinlik değeri üzerinde uygulanmıştır. Kriyojenik işlemi için dört farklı nozul çapı (0,2-0,3-0,5-0,7 mm) 4,6 ve 10 m/dak akış oranı kullanıldığı gözlenmiştir. Ayrıca kanal açma işlemlerinde deneyler 130 ve 150 m/dak kesme hızı ile 0,15 mm/dev ilerleme değerleri kullanılarak 3 mm genişliğinde kaplamalı karbür kesici uç ile CNC torna tezgahında

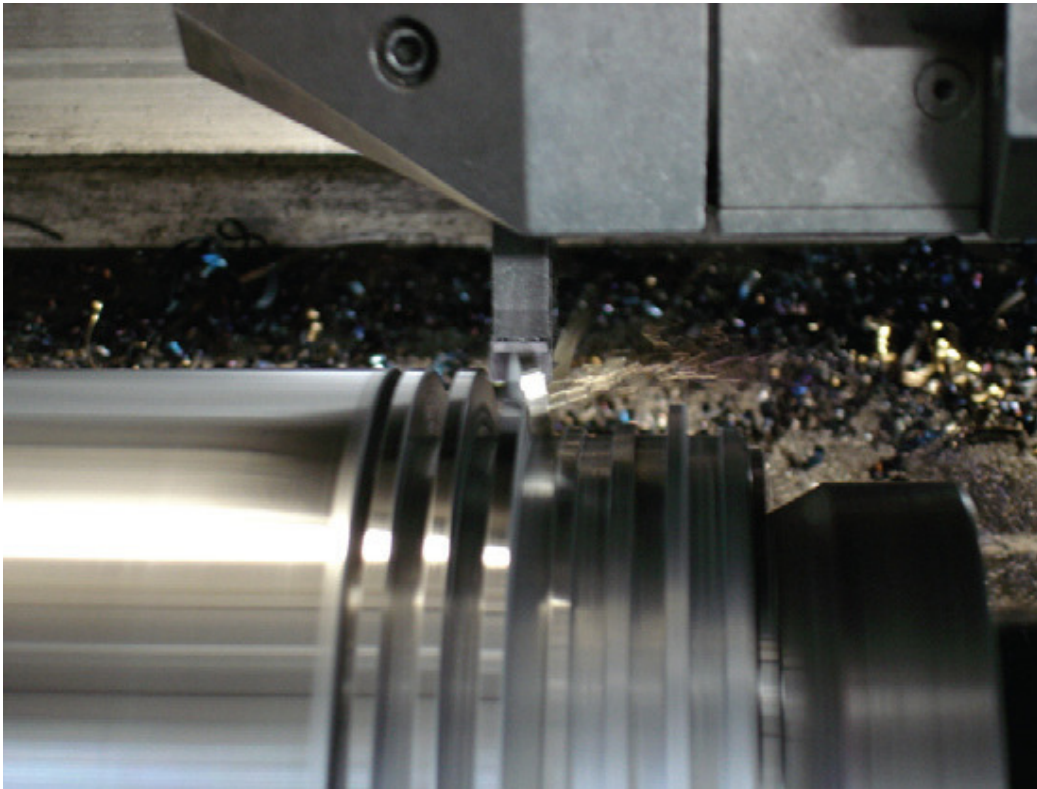
gerçekleştirilmiştir. Kriyojenik işlemlerde gaza ilave olarak bitkisel ve klorlu yağ kullanılmıştır. Deneyle sonuçunda klorlu yağ ile yapılan kesme işlemlerinde daha düşük kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülük değerleri elde edildiği görülmüştür. Ayrıca bitkisel yağla yapılan kesme işlemlerinde daha düşük takım ömrünün elde edildiği de belirtilmiştir [34].

Pinar işlenebilirlik çalışmalarında referans malzeme olan, AISI 1040 çeliğinin 3 mm genişliğindeki kanal açma takımıyla tornalanmasında kesme hızı, ilerleme oranı ve talaş derinliği faktörlerinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerini istatistiksel olarak değerlendirmiştir.  $\text{Ø}65 \times 60$  ölçülerindeki 100-140-180 m/dak kesme hızı, 0,05-0,15-0,25 mm/dev ilerleme ve 0,6-1,3 ve 2 mm kesme derinliği parametreleri ile tornalama işlemine tabi tutulmuştur (Şekil 2.2). Deneyle sonuçunda en iyi yüzey kalitesinin 180 m/dev kesme hızı, 0,05 mm/dev ilerleme hızı ve 0,6 mm kesme derinlik parametreleri ile elde edildiği gözlemlenmiştir. Deneysel ve teorik sonuçlar incelendiğinde hata oranının %8,14 olduğu saptanmıştır. Ayrıca optimum kesme şartlarının oluşabilmesi için düşük ilerleme ve yüksek kesme hızı değerlerinin kullanılması gerektiği de belirtilmiştir [35].



Şekil 2.2. Pinar'ın oluşturduğu deney düzeneği ve çalışma yöntemi [35]

Ceretti ve arkadaşları kesici takım ve talaş ara yüzünde oluşan ısının transfer edilmesi üzerine yeni bir yaklaşımda bulunmuşlardır. Deneyle torna tezgahı kullanılarak AISI 1045 malzeme, 4 mm genişliğinde kaplamalı (WC/TIN) ve kaplamasız karbür kesici takım 50-100-150 m/dak kesme hızı, 0,05-0,1-0,15 mm/dev ilerleme değerleri ile yapılmıştır (Resim 2.2). Deneyle sonucunda kesici takım-talaş ara yüzünde oluşan sıcaklığın temas yüzeyi üzerinde oluşan basınca, temas yüzeyi uzunluğuna ve kesici takım sıcaklığına bağlı olduğu gözlemlenmiştir. Kaplamalı kesicilerle yapılan deneylelerde temas yüzey basıncının daha fazla olduğu, kaplamasız kesicilerle yapılan deneylelerde ise oluşan ısının daha düşük olduğu gözlemlenmiştir [36].



Resim 2.2. Ceretti ve arkadaşlarının kullandıkları kesici takım, deney malzemesi ve çalışma örneği [36]

Yanar yüksek lisans tez çalışmasında AISI 1040 çeliğinde iç çap tornalama ve kanal açma işlemlerinde makine devri, ilerleme hızı, talaş derinliği ve kesici takım



parametrelerinin yüzey pürüzlüğü üzerine etkilerini araştırmıştır. Kanal açma deneylerinde TiAlN ve sermet kaplamalı kesi uçlarla 1500-2200 dev/dak devir sayısı, 0,05-0,1 mm/dev ilerleme hızı ve 0,1-0,2 mm kesme derinliği değerleri kullanılmıştır. Deneyler sonucunda en iyi yüzey pürüzlülük değerlerinin TiAlN kaplamalı kesici takımlarla, yüksek devirlerde, büyük kesici uç yarıçapı, düşük kesme derinlikleri ve düşük ilerleme hızları ile elde edildiği görülmüştür [37].

Ozyılmaz yüksek lisans tez çalışmasında çeşitli sıcaklıklarda (150, 165, 180 ve 195 °C sıcaklıklarda 8 saat süreyle) yaşlandırma işlemine tabi tutulmuş, Ø50x250 mm ölçülerinde Etial 145 Al-Si malzemesi üzerine farklı kesme hızlarında kanal açarak talaş kaldırma sırasında yaşlandırma işleminin yüzey kalitesine etkisini incelemiştir. Deneysel parametreleri olarak 8 mm kesme derinliği, 200-240-280 ve 320 m/dak kesme hızı ve 0,1 mm/dev ilerleme hızı değerleri kullanılmıştır. Yaşlandırma ısıl işlemiyle yüzey pürüzlülük değerlerinde az da olsa bir azalma görülmüştür. Ayrıca kesme hızına bağlı olarak yüzey pürüzlülük değerlerinde belirgin bir eğilim görülmemiştir. Bu durum kanal açma işleminin karmaşık oluşu ile açıklanmıştır [6].

Rotberg ve Wertheim kanal kalemi ile (cut-off) parçanın kesimi işleminde talaş oluşumunu incelemiştir. Araştırmacılar, talaş oluşumu ve oluşan talaşın kanaldan dışarı çıkarken daralarak çıkmasının önemini vurgulamışlardır. Çalışmada, uç geometrisi ve kesme parametrelerinin talaş oluşumu üzerindeki etkileri araştırılmıştır [38].

Kanal açma işlemleri ile alakalı yapılan çalışmalar ortaya konulduğunda kesme hızı, ilerleme hızı, soğutma sıvısı ve yağlama, kesme derinliği, devir sayısı ve malzeme yapısı etkenlerinin kesme kuvvetleri, yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınması üzerinde ortaya koydukları sonuçlar araştırılmıştır. Yapılan çalışmalar ışığında kesme hızı faktörünün kesme kuvvetleri üzerinde çok az bir etkisi olduğu, yağlama (MQL) ve soğutma sıvısı kullanımının kuvvetleri önemli ölçüde azalttığı ve kesme derinliğinin artmasıyla kesici uca binen talaş kesiti miktarının artmasına paralel olarak kesme kuvvetlerinin de arttığı belirtilmiştir. İlerleme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülük değerinin arttığı, buna zıt olarak belirli bir noktaya kadar kesme hızının artmasıyla

yüzey pürüzlülüğünün azaldığı gözlemlenmiştir. Soğutma sıvısı ve yağlama ile yapılan kanal açma işlemlerinde daha iyi yüzey pürüzlülük değerleri elde edilmiştir.

Yapılan bu çalışmada CNC torna tezgahında AISI 1050 malzemesi üzerine 60-96-153-245 m/dak kesme hızı, 0,06-0,14-0,22 ve 0,3 mm/dev ilerleme hızları ile TF ve GM uç geometrisine sahip TiAlN kaplamalı ve kaplamasız karbür kesici takımlarla 10 mm kesme derinliğinde kanal açma işlemi sonucunda ortaya çıkan yüzey pürüzlülüğü, kanal geometrisi ve kesme kuvvetleri değerleri araştırılmıştır.

### 3. KANAL AÇMA İŞLEMİ

Kanal açma işlemleri, özellikle derin kanal açma işlemleri, kesme işlemleriyle pek çok benzerlik gösterir. Pek çok durumda hem kesme hem de kanal açma işlemleri için aynı takım tutucu sistemleri kullanılsa da, kesici uç geometrileri uygun performans ve sonuçlar sağlayacak şekilde özel olarak tasarlanmıştır. Farklı kanal tipleri mevcuttur: sığ kanallar, derin kanallar, geniş kanallar, dış çap kanalları, delik kanalları ve alın kanalları [39].

Tek kanal için, ölçü ve sınırlara göre bir kesici uç uygulanırken, daha geniş kanallar farklı şekillerde işlenebilir. Alçak ve yüksek ilerleme uygulamaları için tasarlanan özel kesici uç geometrileri, çok özel faydalar sağlayarak kanal açma işlemlerinde en iyi sonuçlar alınmasında katkıda bulunurlar.

#### 3.1. Çoklu Kanal Açma

Geniş bir kanal açmak için kesme işlemi yapılır, mümkün olan en geniş kesici uç alternatifli daldırma sırasıyla kullanılmalıdır. En iyi talaş kontrolü ve takım ömrü daha sonra ortadan kaldırılacak halkalar bırakan kesici uç genişliğinin kullanımıyla olur. Kesici ucun köşesi korunur ve talaşlar doğrudan talaş kırıcının ortasına yönlendirilir. Tavsiye edilen halka eni kesici uç genişliğinin 0,5 ile 0,8 katıdır (Şekil 3.1).

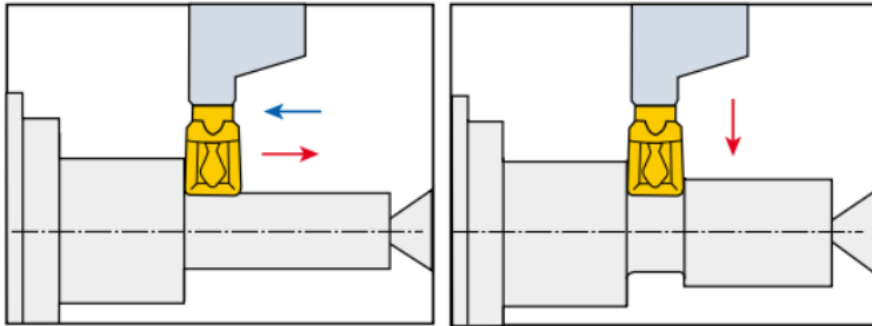


Şekil 3.1. Geniş bir kanalın çoklu kanal açma işlemleri [40]

Çoğunlukla üretim adedinin az olduğu durumlarda ve altına kanal açma işlemleri için daha uygundur. Bu yöntem hızlı programlanabilir esnek bir metottür.

### 3.2. Dalma Tornalama

Geniş sığ kanalların dalma tornalanması için aksel tornalama derinliği kesici uç genişliğinin 0,75 katından büyük olmamalıdır. Talaş işlem sürecini ve takım ömrünü iyileştirmek amacıyla, titreşim eğilimini en aza indirmek için ilerleme yönünü değiştirmeden önce kesme kuvvetlerini azaltılıp, titreşimi en aza düşürmek için köşelerdeki ilerleme durdurulur (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Geniş bir kanalın dalma tornalanması [41]

### 3.3. Rampa Tornalanma

İki kat daha fazla kesme işlemi gerektirir. Ama çubuk şeklinde, ince veya zayıf olan parçalarda daha uygundur. Radyal kuvvetler daha küçüktür ve bunun sonucunda titreşim eğilimi daha azdır. İyi bir talaş kontrolü sağlanır. Daha düşük işlenebilirliğe sahip iş parçası malzemelerinde kanal açarken çentik aşınması özellikle azalır.

### 3.4. Geniş Bir Kanalin İnce İşlemleri

Geniş bir kanalın işlenmesi sırasında en sonuçları elde etmek için, kanal köşelerini işlerken özen gösterilmelidir. Kesici uç köşelerin yarıçapını keserken, takım hareketinin çoğu z-ekseni boyunca olacaktır. Bu durum ön kesme kenarında çok ince bir talaş oluşturarak kesme yerine sürtünme etkisi yaratabilir ve titreşim eğilimine yol açabilir. Bunu önlemek için aksel ve radyal talaş derinliği 0.5 -1.0 mm olmalı ve ilk kesme işlemi, aksel olarak kanal yarıçapının düz tabanla birleştiği kanalın içine yapılmalıdır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Geniş bir kanalın ince işlemleri [42]

### 3.5. Kanal Açma İşleminde Talaş Kontrolü

Her geçen gün gelişen teknoloji sayesinde üstün niteliklere sahip kesici takımlar üretilmektedir. Benzersiz kesici uç geometrisi sayesinde yüksek ilerleme hızlarında verimlilik önemli ölçüde arttırılabilir. Özellikle geniş kanallar için uygun olan geometri üst düzeyde bir talaş kontrolü olanağı sağlar. Kesici kenar üzerindeki özel olarak tasarlanmış profil sayesinde talaş kanallardan daha kolay boşaltılır.

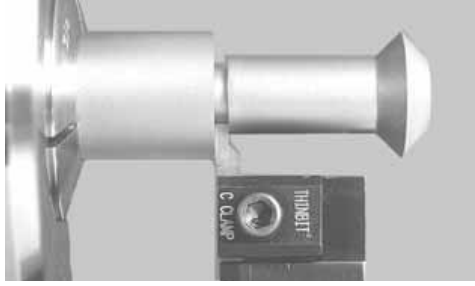
Kesme ve kanal açma takımları için geçerli bazı önemli tavsiyeler aşağıda verilmiştir:

- Her zaman çok fazla miktarlarda soğutma sıvısı kullanılmalıdır.
- Kesici kenarın eksenden olan mesafesi hassas olarak ayarlanmalıdır.
- Kesici takımın iş parçası eksenine 90° derecelik bir açı yapacak şekilde, hassas olarak konumlanmasına dikkat edilmelidir.
- Belirli bir işlem için mümkün olan en küçük dalma derinliğine sahip bir kesici takım kullanılabilir.
- Titreşimlerin önüne geçmek için uygun kesme hızıyla çalışılmalıdır.
- Kesme işleminin en sonunda ilerleme hızı azaltılır.
- Eksenel kanal açma işleminde talaş sıkışması riskini en aza indirmek için parçaya ilk dalma işlemini en büyük çapta, en dış kanaldan başlayarak gerçekleştirilir.

### 3.6. Tortalama ve Profil İşleme

Modern kesme ve kanal açma takım sistemleri tornalama işlemlerinin de yapılmasına olanak tanır ve bu amaca özel kesici uç geometrileri geliştirilmiştir. Her zaman bir miktar takım sapması olur ve işlenen çaptaki fark için bir miktar telafi gerekir. Farkın miktarı bulunmalı ve doğru çapın işlenebilmesi için takım geri çekilmelidir. Şekil 3.4'deki diyagram bu durumu göstermektedir. Profil işleme ve tornalamada rijitliği maksimum seviyede tutmak için tornalama ve profil işleme için tasarlanmış takımlar

kullanılmalıdır. Eğer erişim nedeniyle bu mümkün değilse, uzun erişim ölçüsüne sahip bir takım tutucu kullanılır ve kesme değerleri bu duruma uygun olarak düşürülür. Kesici ucun gevşek çalışmasını ortadan kaldırmak, takım aşınmasını en aza indirmek ve talaş kontrolünü iyileştirmek için iç kopyalama yapılabilir [39].



Şekil 3.4. İş parçası çapının telafisi [43]

Kesici ucun her iki köşesini de kullanmak ve takım ömrünü arttırmak için her iki yönde aksel tormalama yapılır. İki konvansiyonel takımla yapılabilecek geniş bir kanalın açılması işlemi tek bir takımla gerçekleştirilebilir (Şekil 3.5). Dip yarıçapını veya pahı işlerken dikkatli olunmalıdır. Kesici uç yarıçapın çeperinde ilerlerken, hareketin çoğu z-yönünde olmaktadır. Bu durumda kesme kenarının önünde ince talaş oluşmaktadır. Oluşan ince talaş, kesme işlemi sırasında takımla iş parçası arasında sürtünmeye yol açarak daha fazla aşınmaya ve titreşim eğilimine yol açmaktadır. Doğru sıralamayı uygulamak bu durumun oluşmasını engellemede yardımcı olacaktır.

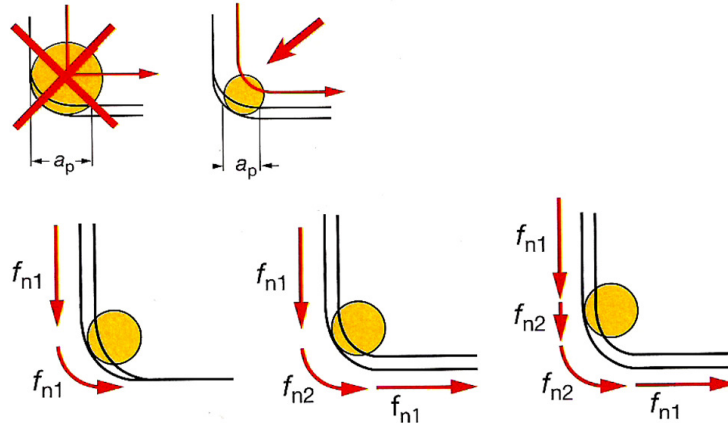


Şekil 3.5. Geniş bir kanalın kaba tornalanması [43]

Küçük bir talaş derinliğiyle yeterince yüksek bir ilerleme kullanıldığında (veya düşük ilerleme ve büyük talaş derinliği), kesici ucun ön kesme kenarında gerekli olan boşluğu sağlamak için yeterli miktarda takım sapması oluşmaktadır. Ancak hem ilerleme hem de talaş derinliği tavsiye edilen değerlerin altındaysa, kesici uç boşluğu yeterli olmamaktadır. Kesici uçla işlenen yüzey arasında sürtünme meydana gelmektedir. Bunun sonucunda titreşim eğiliminde artış ve kötü yüzey kalitesi oluşmaktadır.

Yuvarlak kesici uçla dalma tornalama yaparken veya profil işlerken, sarılma problemi ortaya çıkabilir. Kesme kenarının önemli bir bölümü kesme işleminde kullanılmaktadır ve kesici uç üzerinde önemli bir basınca yol açmaktadır. Ancak ilerleme hızı aşırı düşürülürse, titreşim eğilimleri oluşur. Parça profiline uygun kesici köşe radüsü seçimi sorunu çözmede yardımcı olmaktadır. (Şekil 3.6).

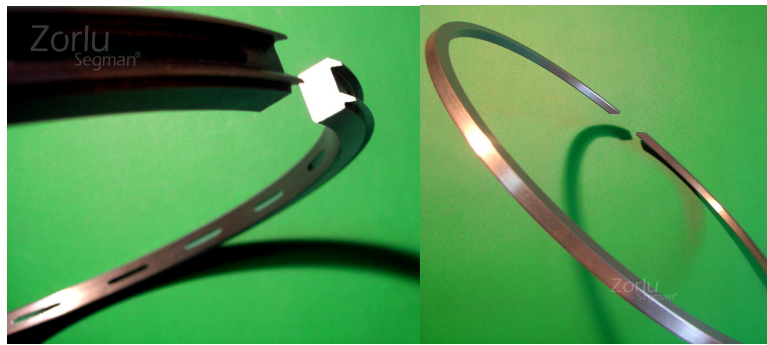




Şekil 3.6. Yuvarlak kesici uçlarla köşelerin tornalanması

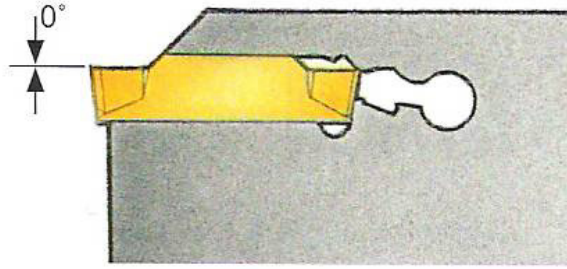
### 3.7. Segman Kanalı Açma

Segman; pistonlu makinelerde pistonla silindirin arasındaki sızdırmazlığı sağlamaya yarar. Segmanlar ayrıca, ısıyı kontrol eden ve bunu silindir duvarına ileten elemanlardır [44]. Bu işlemi yanmanın sonucunda ortaya çıkan ısıyı, mekanik enerjiye çevirerek yaparlar. Halka biçiminde olan segmanlar kesik, ağız şeklinde bir biçimleri vardır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Segman modelleri [44]

Mil ve aks parçalarında segman kanalı açma ihtiyacı çok yaygındır. Genellikle bu tip kanallarda ölçü toleransları düşük tutulur. Bu nedenle bu tip kanalların ölçü hassasiyetine dikkat edilmelidir. Bu tip sığ kanallarının açılmasında bir eğim açısının kullanılması çok önemlidir (Şekil 3.8)



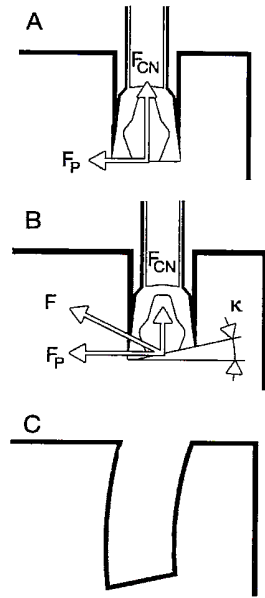
Şekil 3.8. Takımın eğim açısı

Kanal açmak için kullanılan kesici takımın kesme yüzeyinin genişliği arttıkça aşınma fazla olur. Bu yüzden bu tip kanallarda açılacak kanalın genişliğinde daha küçük bir kesici takımı ile kesme yapılması gerekir.

#### 4. KESİCİ UÇ GEOMETRİSİNİN ETKİLERİ

Kanal açma ve kesme işlemlerinde kesici uç geometrisi; yüzey pürüzlülüğü, kesme kuvvetleri ve kanal genişlik ölçüleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.

Pozitif bir talaş açısı daha düşük kesme kuvvetlerinin oluşumuna neden olur. Böylece parça üzerinde daha düşük bir basınç oluşur ve çekirdeğin boyutlarını küçültür. Ancak, büyük bir pozitif talaş açısı daha zayıf bir kesici kenar demektir.

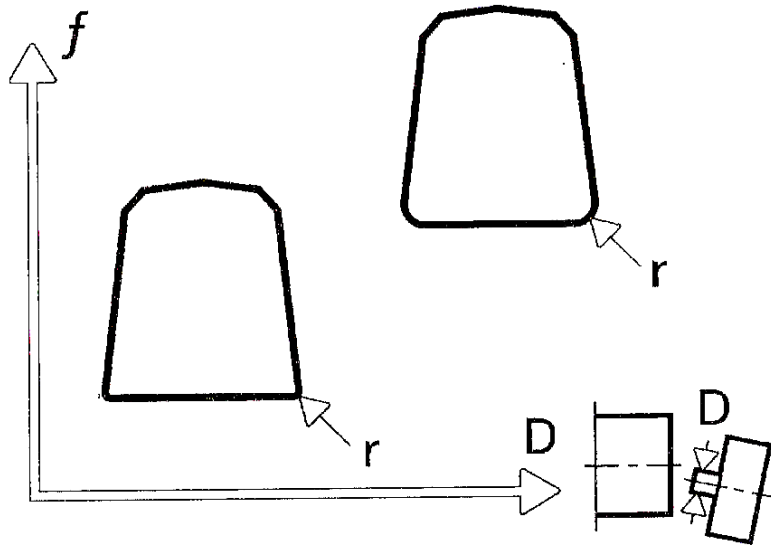


Şekil 4.1. Yanaşma açısının etkileri

Kesici uç farklı yanaşma açılarına ( $\kappa$ ) sahip olabilir. Nötr veya düz kesici uçlarda (Şekil 4.2.A) yanaşma açısı sıfırdır. Bu tasarım daha mukavemetli bir kesici kenar ve daha iyi bir yüzey kalitesi sağlar; aynı zamanda takım ile iş parçası arasındaki diklik toleransları açısından daha iyi toleranslar elde edilebilir. Artan yanaşma açısıyla, aksenal kesme kuvveti ( $F_p$ ) artar ve bileşke kuvvet ( $F$ ) kesici ucun eğimli kısmına baskı uygulamaya çalışır (B). Büyük yanaşma açılarıyla işleme durumunda sehim o kadar fazladır ki yan yüzeylerde bir dairesellik oluşur ve dışbükey veya içbükey bir yüzey elde edilir (C). Azalan yanaşma açısıyla daha büyük radyal kesme kuvvetleri ( $F_{CN}$ ) ortaya çıkar ve küçük çaplı parçaların işlenmesinde olduğu gibi titreşim

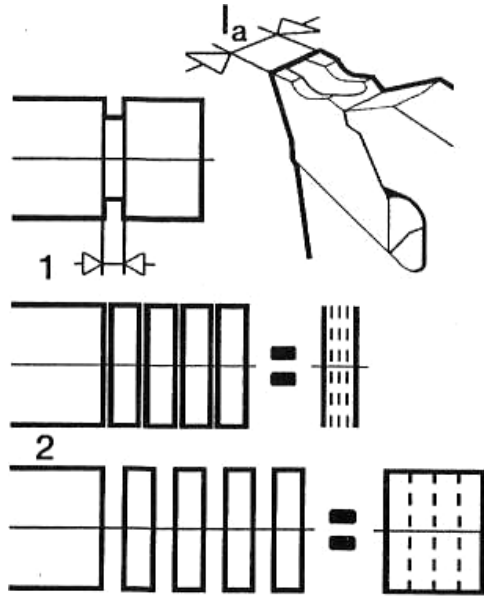
problemleri görülebilir. Kanal açma işlemlerinde kesici ucun radyal yer değiştirmesi kanal derinliğinin hassasiyetinin bozulmasına yol açar.

Daha küçük bir köşe Radyüsü ( $r$ ) kesici uç üzerindeki yükü azaltır ve daha küçük bir çekirdek ( $D$ ) oluşumuna neden olur. Ancak daha büyük bir köşe radyüsü daha büyük ilerlemelere ( $f$ ) izin verir ve takım ömrünü arttırır (Şekil 4.3).

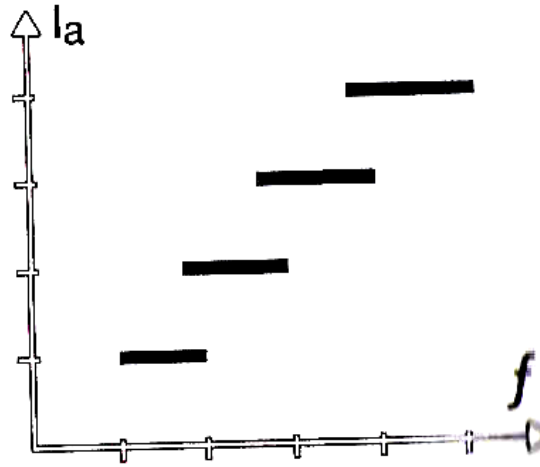


Şekil 4.2. Köşe radyüsünün etkisi

Kesme ve kanal açma işlemlerinde en büyük öneme sahip olan faktör kesme derinliği değil, kesme genişliğidir. Kesici ucun genişliği ( $la$ ) ve kesici uç seçimi çeşitli faktörler tarafından kontrol edilir. Kanal açma işleminde (Şekil 4.4.1) kanalın genişliği kesin olarak belirlenmiştir. Kesme işleminde (Şekil 4.4.2) ise rijitlikte herhangi bir azalma olmaksızın olabildiğince malzeme tasarrufu yapılması gerekir.



Şekil 4.3. Kesici uç genişliği



Şekil 4.4. Genişlik-ilerleme ilişkisi

Kesme hızı seçilirken düşük hızlarda yığıntı talaş oluşumu riski, yüksek hızlarda ise plastik deformasyon riski dikkate alınmalıdır. Merkeze doğru ilerleme yönünde çap ve kesme hızı azaldığından takım hem yüksek hem de düşük kesme hızlarında çalışabilecek durumda olmalıdır. Sabit bir kesme hızının devir sayısı ayarlanarak sağlanabileceği bir gerçektir. Ancak olasılıklar tezgâhın maksimum devir sayısı ile

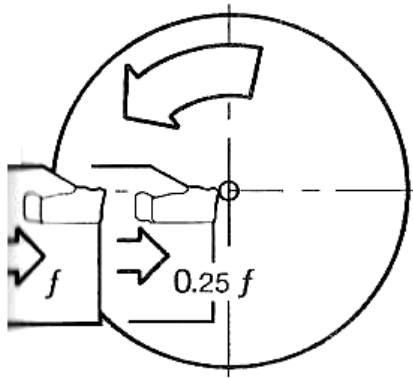
ve belirli devir sayısı aralıklarında ortaya çıkabilecek titreşim riskiyle sınırlandırılmıştır.

İlerleme için önerilen başlangıç değeri kesici uç geometrisine ve kesici uç kalınlığına bağlı olarak belirlenir. Daha geniş kesici uçlar ( $I_a$ ) daha yüksek ilerleme değerlerinde çalışabilirler (Şekil 4.5). Belirli bir uygulama için uygun bir ilerleme aşağıdaki faktörlerle belirlenir:

- İş parçasının malzemesi
- İş parçasının deformasyonu
- Çekirdek boyutu

Talaş oluşumu alanı malzemeye bağlı olarak değişir. Bu alan kesici uç genişliği ve ilerleme hızına bağlı olarak istenilen bir talaş üretiminin söz konusu olduğu alandır.

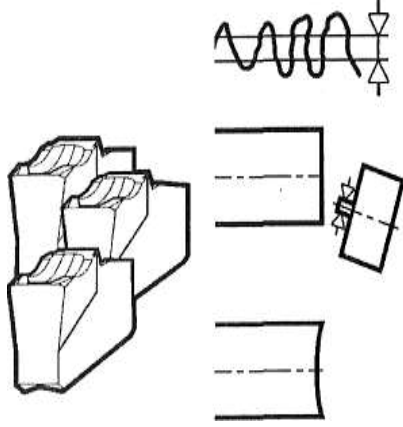
İlerlemenin artması talaşın kırılmasını kolaylaştırır, ancak kesme kuvvetlerindeki artış iş parçasının titreşimine veya deformasyonuna neden olur. Çekirdeğin boyutunun küçültülmesi için takım merkeze yaklaştığında ilerleme % 75 oranında azaltılmalıdır (Şekil 4.6).



Şekil 4.5. Merkeze doğru ilerleme

#### 4.1. Takım Aşınması

Takım ömrünü belirleyen kriterler, yüzey yapısını, çekirdek boyutunu, doğrusallık toleranslarını ve kırılmayı da etkiler. Aşınmayla kesme kuvvetleri artar ve sehime bağlı olarak yüzey kalitesini etkileyen bir titreşim oluşur. (Şekil 4.7) Aşınma aynı zamanda, kesici ucun merkezden aşağıda konumlanmasına ve çekirdek boyutunun artmasına neden olur. Kesici ucun köşesinin aşınması, işlenmiş yüzeyin diklik toleransını etkiler. Bu nedenle aşınma kriteri işlem için gerekli toleranslara bağlı olmalıdır.



Şekil 4.6. Kesme kuvvetlerinin etkisi

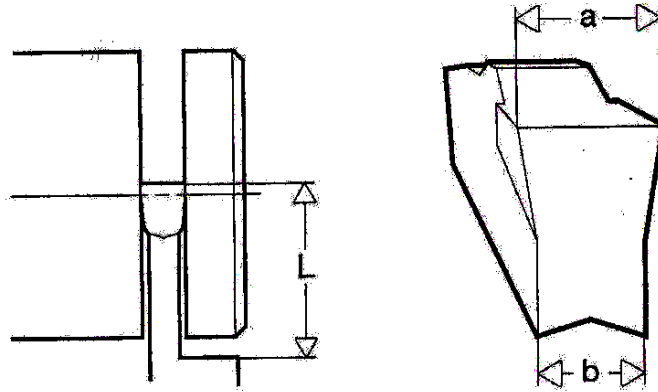
Ancak, kesici ucun aşınması kesici ucun ömrünün sonunda hızla artar ve özellikle otomatik tornalama işleminde toleransları sağlamak zor olabilir. Bundan dolayı aşınma kriteri olarak çekirdek boyutu kullanılır. Eğer işlemeye uç kırılana kadar aynı kesici ucla devam edilirse, genellikle takım tutucu da kırılır. Bu nedenle en ideal olan çalışma yöntemi, yapılacak testlere dayalı belirli bir parça/kenar sayısının tayin edilmesi ve bu sayının bir kriter olarak kullanılarak sabit aralıklarla kesici uçların değiştirilmesidir.

Kesme hızlarındaki değişime bağlı olarak yığıntı talaş oluşumu riskinin aşınma üzerindeki önemi büyüktür.

## 4.2. Uygulamada Rijitliğin Önemi

Klasik dış tornalama işleminde etkili takım uzunluğu iş parçasının uzunluğundan etkilenmez ve takım tutucunun boyutu işleme sırasında ortaya çıkacak gerilmelere bağlı olarak seçilebilir. Ancak kesme ve kanal açma işlemlerinde kesici takımın parçaya dalma derinliği ve kanalın genişliği göz önüne alınmalıdır. Bunun anlamı genellikle, erişebilirlik şartlarının sağlanması için rijitlikte kısıtlama yapılmasıdır.

Mümkün olan en yüksek rijitliğin elde edilmesi için etkili takım uzunluğunun mümkün olduğunca küçük olması gerekir, bu da mümkün olan en küçük dalma derinliğini ( $L$ ) sağlayacak takım tutucunun seçilmesi demektir (Şekil 4.8). Buna ek olarak mümkün olan en büyük kesici uç yuvası seçilmelidir. Kesici ucun genişliği ve kesici uç yuvası her zaman eşit değildir. Aynı kesici uç genişliği için farklı yuva ölçüleri mevcuttur. Rijitliği arttırmak amacıyla daha geniş kesici uçlar kullanılabilir, ancak bu durumda daha fazla malzeme talaş olarak kaybolur. Bu durum, sayıca çok ve pahalı malzemelerin işlenmesinde ekonomik açıdan sakıncalı olabilir.

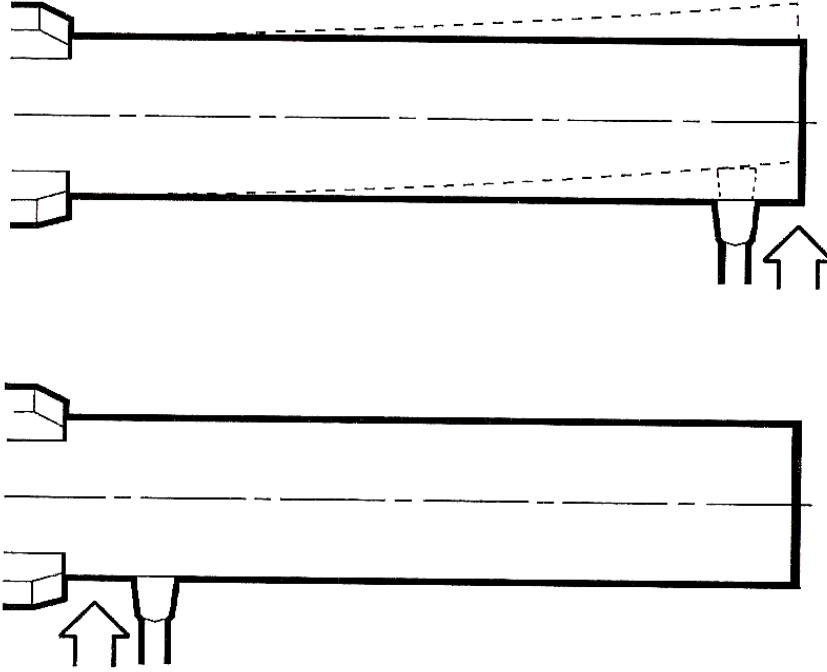


Şekil 4.7. Rijitlik faktörleri

İş parçasındaki sehimin bir sonucu olarak titreşim de oluşabilir. Kesme konumu aynaya ne kadar yakınsa gerilmeler ve dolayısıyla iş parçasının sehimi de o kadar az olur. Sonuç olarak, titreşime eğilimli olan bir iş parçası aynaya olabildiğince yakın işlenmelidir (Şekil 4.9).



Kalite ve takım ömrü açısından kabul edilebilir sonuçların elde edilmesi için titreşim riski mümkün olan en düşük seviyede tutulmalıdır. En iyi takımın ve en rijit yerleşimin seçimine ek olarak kesme verileri, takımın ve iş parçasının titreşime olan eğilimlerini en az seviyede tutacak şekilde ayarlanmalıdır.



Şekil 4.8. Aynaya yakın işlemenin etkileri [10]

### 4.3. Titreşimler

Takım tezgahlarında tırlama titreşimi; mekanik titreşimler, serbest, zorlanmış ve kendiliğinden oluşan titreşimler olarak üç önemli sınıfa ayrılmaktadır. Takım tezgahlarında kesme sırasında oluşan titreşim türü kendiliğinden oluşan titreşimdir. Bu titreşim, sistemdeki kapalı bir çevrim iliksisini sağlayan mekanizma yapısı vasıtasıyla gelişir. Bu mekanizma, sürekli periyodik olmayan bir dış enerji kaynağının ve titreşimi sürdüren sistemin, titreşimi nedeniyle periyodik bir kuvvet üretiminin modülasyonu biçimindedir [45].

Tornalama işleminde parça-takım-tezgâh zinciri esnek bir sistemdir. Dolayısıyla, talaş kaldırma sırasında, kesme kuvvetinin değişken olmasından dolayı titreşimler meydana gelebilir. Bu titreşimler şiddetli oldukları durumda, kötü bir yüzey kalitesine ve neden olan tırlama olayını oluştururlar.

#### **4.4. Tırlama Olayına Etki Eden Faktörler**

Tırlama olayı, talaş kaldırma zincirini oluşturan parça-takım-tezgâh sisteminin şu nedenlerinden meydana gelir:

- Eğilme ve burulma rijitliğinin yeterli olmayışından,
- Parçanın uygun bir şekilde aynaya bağlanamamasından ve kesici uç ile takım tutucu arasında fazla miktarda boşluk olmasından,
- Parçanın dengelenmemiş olmasından,
- Kesme değerlerinin uygun olarak seçilmemesinden.

Tırlama olayının etkisini azaltmak veya tamamen yok etmek için şu önlemler alınır:

- Parça-takım-tezgâh sisteminin rijitliği artırılır.
- Tezgâh arasındaki boşluklar izin verilen değere indirilir gerekirse parça dengelenir,
- Kesme değerleri uygun olarak seçilir,
- Aşınmış takımlarla işlem yapılmaz.

#### **4.5. Kesme Kuvvetlerinin Gözlenmesi**

Talaş kaldırma işlemi esnasında ortaya çıkan kuvvetler ve momentler iş parçası, takım ve takım tezgâhının tüm mekanik bileşenleri üzerinde etkide bulunurlar. Kesme kuvvetleri takımın sehimini etkiler ve titreşime neden olarak hassasiyeti azaltır. Kesme kuvvetleri aynı zamanda iş parçasında da sehime neden olurlar ve belirli durumlarda plastik deformasyonda artış gerçekleşmektedir. Takım veya iş

parçası tezgâh ana mil yataklarına bağlıdır. Dolayısıyla büyük gerilmelerin söz konusu olması halinde yataklar aşınmaya maruz kalırlar. Diğer mekanik elemanlar da büyük yükler nedeniyle aşınmaya maruz kalırlar, bunun sonucunda tezgâhın hassasiyeti azalır.

## 5. MALZEME VE YÖNTEM

Bu çalışmada, kaplamalı, kaplamasız ve farklı talaş kırıcı geometrilerine sahip sementit karbür kesici takımlar kullanılarak AISI 1050 silindirik çubuk malzemeye kanallar açılmıştır. Kanal açma işleminde, farklı kesme şartları altında, yüzey pürüzlülüğü, kanal geometrisi ve kesme kuvvetleri incelenmiştir. Kesme parametrelerinin belirlenmesi aşamasında "TSE 10329 (ISO 3685) "Torna Kalemleri Ömür Deneyi" standardından yararlanılmıştır.

### 5.1. Malzeme

Takım ömrü deneyleri için iş parçası malzemesi olarak imalat sanayisinde geniş kullanım alanı olan AISI 1050 (DIN 1.1210) karbon çeliği kullanılmıştır. Bu malzemenin analizi Mavi Çelik firması tarafından yapılarak kimyasal kompozisyonu belirlenmiştir. Kullanılan malzeme için kimyasal analiz raporu Çizelge 5.1'de verilmiştir. Ham deney malzemesi Ø60x530 mm boyutlarındadır.

Çizelge 5.1. AISI 1050 çeliği kimyasal bileşimleri, % Ağırlık

| Element   | C    | Si    | Mn   | P     | S      | Cr    | Ni   | Cu   | MO    | Fe         |
|-----------|------|-------|------|-------|--------|-------|------|------|-------|------------|
| % Ağırlık | 0.46 | 0.176 | 0.68 | 0.144 | 0.0053 | 0.054 | 0.10 | 0.13 | 0.013 | +<br>Kalan |

### 5.2. Deney Numunelerinin Hazırlanması

Deney malzemesi TS 10329 göz önünde bulundurularak boy/çap oranı 10/1'den küçük olacak şekilde hazırlanmıştır. Ayna-punta arasında işlemeye uygun olacak biçimde numunelerin ucuna 6,3 mm çapında ve 120° koruyucu havşası olan punta deliği açılmış ayna tarafına ise çapı 90 mm çapında bir kademe oluşturulmuştur. Deney öncesinde titreşim, vuruntu ve malzeme üzerinde haddeleme işlemi sonucu oluşan sert kabuk sebebiyle yüzey pürüzlülüğü, kesme kuvvetleri ve takım aşınması üzerinde oluşabilecek değişimlerin önüne geçmek amacıyla deney numunesi

üzerinden 1 mm talaş kaldırılarak malzeme üzerindeki salgı ve bağlamadan dolayı oluşacak hatalar yok edilmiştir.

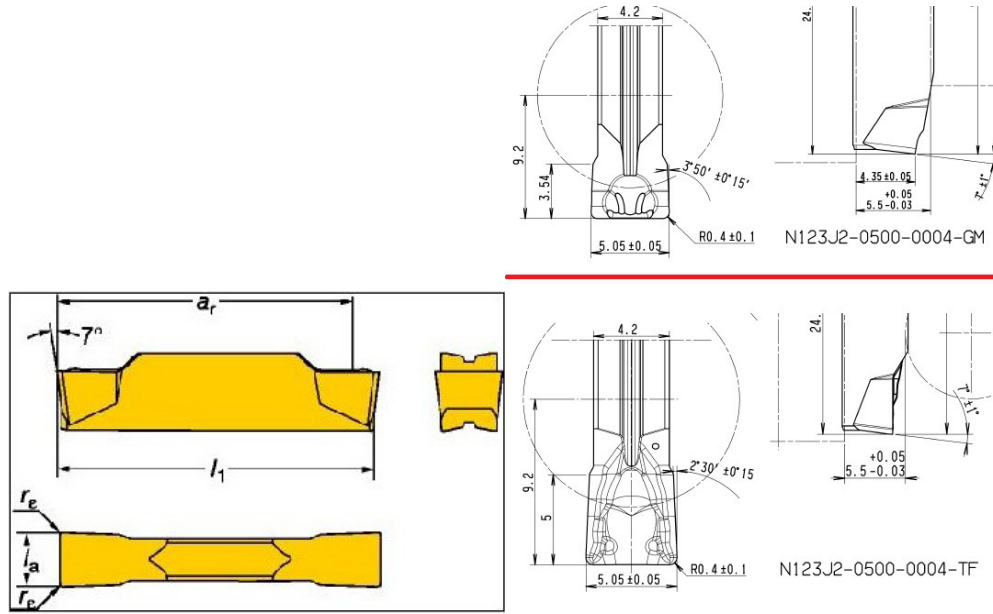
### 5.3. Takım Tezgâhı, Kesici Takım Ve Takım Tutucu

Deneylerde TS 10329' da belirtilen deney şartlarına uygun olarak SANDVIK firmasına ait uç burun yuvarlatma yarıçapı ( $r$ ) 0,4 mm olan TiAlN kaplamalı (1125 grade) GM ve TF talaş kırıcı geometrisine sahip ve kaplamasız (H13A) GM ve TF talaş kırıcı geometrisine sahip kesici takımlar kullanılmıştır. Kesme deneylerinde kullanılan ve talaş kırıcı geometrisi ile talaş açısına göre sınıflandırılan kesici takımlar Çizelge 5.2' de verilmiştir. Deneylerde kullanılan kesici uç resmi Şekil 5.1'de gösterilmektedir.

Çizelge 5.2. Kullanılan kesici takımların kodları ve özellikleri

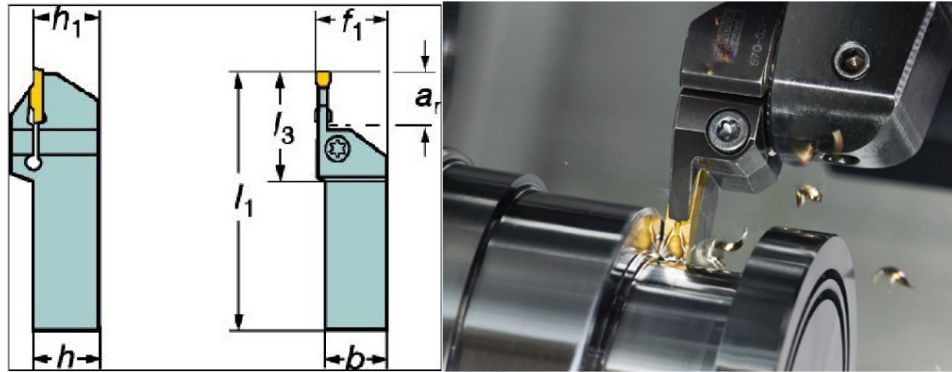
| ISO 3685'e göre gösterim       | Burun yuvarlatma yarıçapı,<br>$r$ (mm) | Talaş kırıcı geometrisi |
|--------------------------------|--|-------------------------|
| N 123 G2- 0500-0003 - GM 1125  | 0,4                                    | GM                      |
| N 123 G2- 0500-0003 - GM H13 A |  |                         |
| N 123 G2- 0500-0003 - TF 1125  |  | TF                      |
| N 123 G2- 0500-0003 - TF H13 A |  |                         |

Deneyde kaplamalı ve kaplamasız sementit karbür uçlar tercih edilmiştir. GM talaş geometrisine sahip kesici uçlar  $3^{\circ} 50'$ , TF talaş geometrisine sahip kesici uçlar ise  $2^{\circ} 30'$  yan boşluk açısına sahiptirler. Ayrıca GM talaş geometrisine sahip takımlarda talaş kırıcı boyu 3,54 mm iken TF talaş geometrisine sahip takımlarda talaş kırıcı boyu 5 mm'dir (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. Kesici takım ölçüleri ve Geometrileri [46]

Mekanik sıkmalı tip uçlar, sert metal malzeme için ISO P25 kalitesine karşılık gelecek şekilde bir takım tutucu kullanılmıştır (Resim 5.1).



Resim 5.1. Kullanılan takım tutucu [46]

Tornalamada yanaşma açısı takım ömrü açısından önemlidir. Şekil 5.1.'de takım tutucunun yanaşma açısı  $7^\circ$  olarak belirtilmiştir. Ayrıca kesici takım tutucuya ait geometrik boyutlar Çizelge 5.3'te verilmiştir.

Çizelge 5.3. Kesici takım tutucunun geometrik boyutları

| Kesici Takım Kodu | h  | h <sub>1</sub> | b  | l <sub>1</sub> | l <sub>3</sub> | f <sub>1</sub> | a <sub>r</sub> |
|-------------------|----|----------------|----|----------------|----------------|----------------|----------------|
| RF123J32-2525BM   | 25 | 25             | 25 | 150            | 57             | 26             | 32             |

Talaş kaldırma deneyleri, Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İmalat Mühendisliği Bölümü Laboratuvarında bulunan Johnford TC35 marka sanayi tipi CNC torna tezgâhında gerçekleştirilmiştir. Tezgâh gücü 10 KW, devir sayısı maksimum 3500 dev/dk olup kademesiz olarak devir kontrolü yapılmaktadır.

#### 5.4. Kesme Parametrelerinin Belirlenmesi

Kesme parametreleri, takım üretici firma verileri ve TS 10329' daki öneriler dikkate alınarak belirlenmiştir. Belirtilen çalışmada dört farklı kesme hızı, dört farklı ilerleme ve sabit talaş derinlik değerleri seçilmiştir. Deneyler, Çizelge 5.4'de verilen kesme şartları altında kuru olarak gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 5.4. Kesme parametreleri

| Kesici Takım   | Kesme Parametreleri |            |
|--|---------------------|------------|
|  | V (m/dak)           | f (mm/dev) |
| N 123 G2- 0500-0003<br>–<br>GM 1125<br>(Kaplmalı)    | 60-96-153-<br>245   | 0,06       |
|  |                     | 0,14       |
|  |                     | 0,22       |
|  |                     | 0,3        |
| N 123 G2- 0500-0003<br>–<br>TF 1125<br>(Kaplmalı)    | 60-96-153-<br>245   | 0,06       |
|  |                     | 0,14       |
|  |                     | 0,22       |
|  |                     | 0,3        |
| N 123 G2- 0500-0003<br>–<br>GM H13 A<br>(Kaplamasız) | 60-96-153-<br>245   | 0,06       |
|  |                     | 0,14       |
|  |                     | 0,22       |
|  |                     | 0,3        |
| N 123 G2- 0500-0003<br>–<br>TF H13 A<br>(Kaplamasız) | 60-96-153-<br>245   | 0,06       |
|  |                     | 0,14       |
|  |                     | 0,22       |
|  |                     | 0,3        |

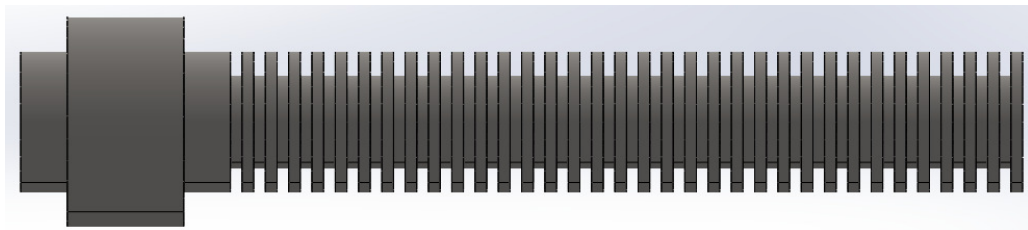
### 5.5. Deneilerin Gerçekleştirilmesi

Deneiler gerçekleştirilmeden önce çalışma sırasında herhangi bir problemle karşılaşılmaması amacıyla n deneme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Yapılan n deneme çalışmalarında ayna ve punta arasında sıkılı olan iş parçası üzerinde herhangi bir problem olmadığı, fakat kesici takım ve dinamometrenin bağlı olduğu bağlama kalıbının dikey kesme işlemleri için gerekli olan rijitliği göstermediği belirlenmiştir. Kesici takım üzerine binen dikey yüklere bağlı olarak işleme sırasında, büyük oranda tırlama ve titreşim oluştuğu grlmştir. Oluşan tırlama ve titreşim, kesici takım ve takım tezgâh mili üzerine yoğun kuvvetlerin binmesine, oluşan vuruntu sebebiyle kesici takımın aniden aşınıp kırılmasıyla sonuçlanmıştır. Kesici ucun kırılmasının ardından takım tutucu katerin de zarar görmesi ve kullanılamaz hale gelmesine sebep olarak talaş kaldırma işlemini imknsız bir hale getirmiştir.

Benzer problemlerle tekrar karşılaşmamak ve kanal açma deneilerini gerçekleştirebilmek amacıyla, dinamometre ve takım tutucu bağlama kalıbı üzerinde dikey kuvvetlere karşı rijitliği yakalayabilmek için dinamometrenin bağlama kalıbı üzerine destek parçaları eklenip, deneilerin sağlıklı şartlar altında gerçekleştirilmesi sağlanmıştır.

### 5.6. İş parçasının ölümler için Hazırlanması

Kanal açma deneilerinin yapılmasının ardından yüzey pürüzlülük değerlerinin llebilesi amacıyla deney numunesi üzerinde talaş kaldırma işlemleri gerçekleştirilmiştir (şekil 5.2).

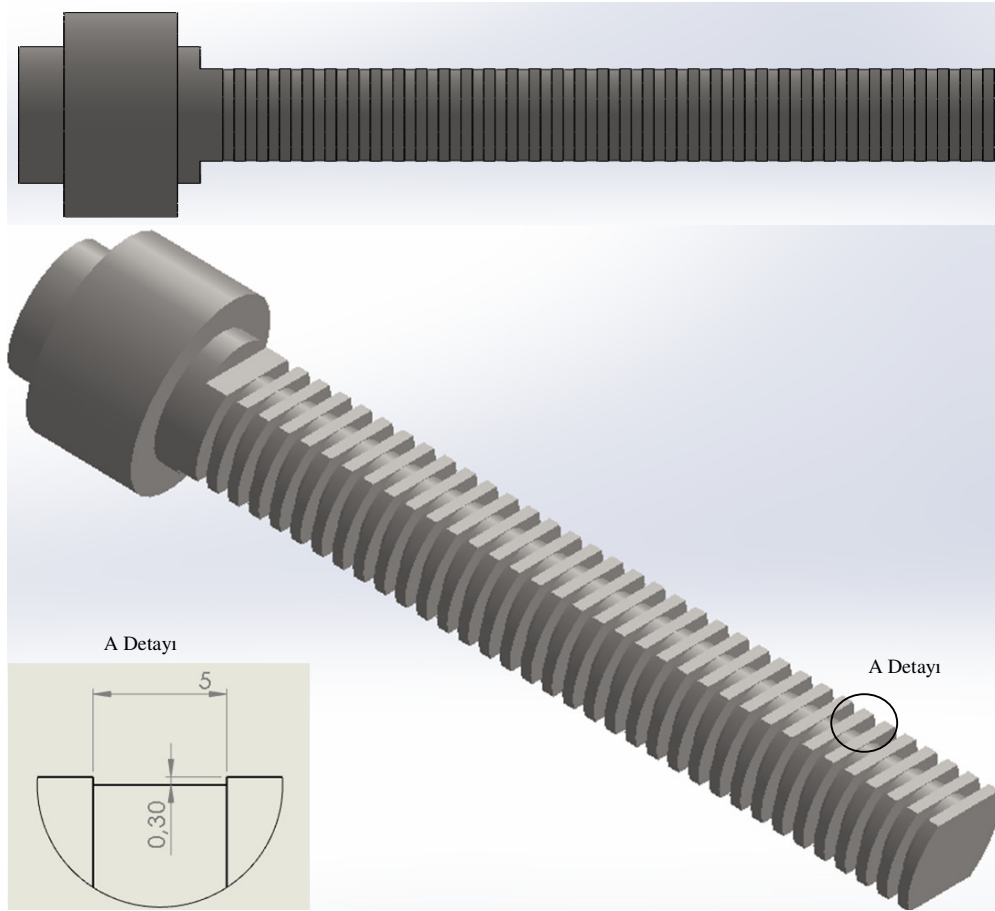


şekil 5.2. Kanal açılmış iş parçası şekli



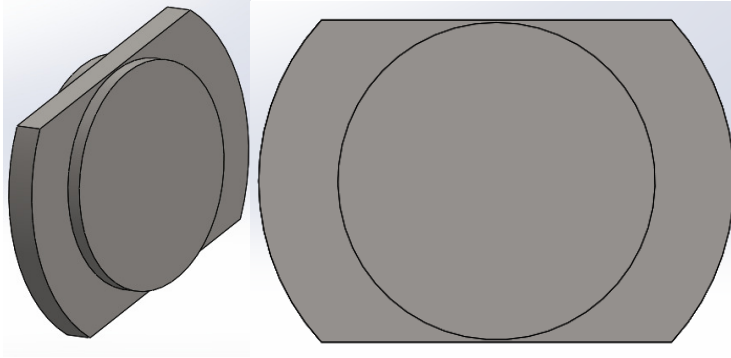
Kanal dip çapı üzerindeki yüzey pürüzlülük değerinin ölçülebilmesi için deney malzemesinin silindirik yüzeyi üzerinden freze tezgahında, karşılıklı iki taraftan, kanallara 0,3 mm mesafe kalacak şekilde talaş kaldırılmıştır (Şekil 5.3). İşlemin amacı yüzey pürüzlülük cihazının uç kısmındaki ölçme probu ve iğnesinin kanalın dip çapına temas edip ölçüm alabilmesini sağlamaktır.

Kanal dip çaplarında yapılan ölçümler, 1,75 mm ölçüm genişliği alınarak, frezelenen her iki taraftan 3'er ayrı noktadan alınan toplam 6 değerın ortalaması hesaplanmıştır.



Şekil 5.3. Kanal açma işlemi sonrasında kanal çapı üzerindeki yüzey pürüzlük değeri ölçümü için frezelenen yüzeyler ve ölçüleri

Kanal yan yüzeylerinin pürüzlülük değerlerinin ölçülebilmesi amacıyla için deney malzemesi, testere yardımıyla her kanalın ortasından dilimler şeklinde parçalara ayrılmışlardır (Şekil 5.4). Ayrılan parçalar üzerinden pürüzlülük değerleri her iki taraftan ve 3'er farklı noktadan olmak üzere toplam 6 noktadan alınıp ortalama değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 5.4. Kanal yan yüzeylerinde oluşan yüzey pürüzlülük değerlerinin ölçümü için oluşturulan kesitler

### 5.7. Yüzey Pürüzlüğünün Ölçülmesi

Yüzey pürüzlülüğü ölçümleri için “MahrPerthometer M1” yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı kullanılmıştır. Yüzey pürüzlülük değerleri kanalların yan ve dip yüzeyleri üzerinden ölçülmüştür. Bu amaçla, için silindirik parçanın bir tarafı, kanalın dip kısmından bir miktar boşluk kalıncaya kadar freze tezgâhında temizlenmiştir. Böylece kanal dibi yüzey pürüzlülüğü ölçülmüştür. Daha sonra her bir kanal testere yardımıyla kesilmiş ve bu şekilde kanalın freze tezgahında işlenmemiş olan yan yüzey pürüzlülükleri ölçülmüştür. İş parçası kendi ekseni etrafında  $120^{\circ}$  döndürülerek üç ayrı yüzeyden ölçüm değerleri alınmıştır. Ortalama yüzey pürüzlülüğü, elde edilen pürüzlülük değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Yüzey pürüzlülüğü ölçme cihazının teknik özellikleri Çizelge 5.5’ de verilmiştir.

Çizelge 5.5. Yüzey pürüzlülük ölçme cihazı teknik özellikleri

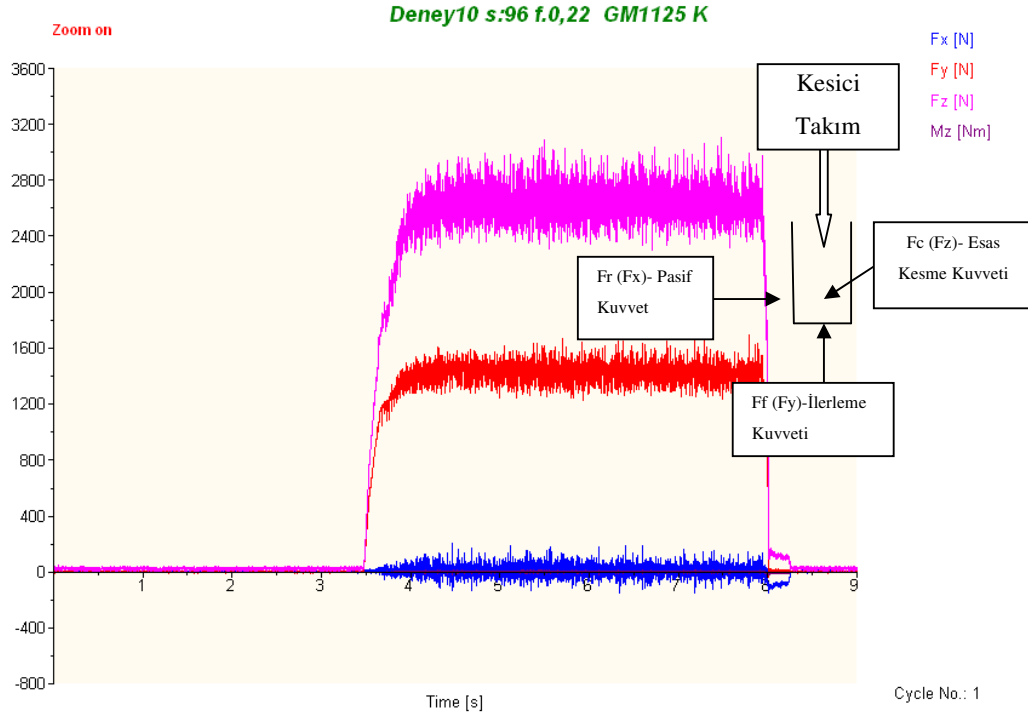
|                        |                                   |
|------------------------|-----------------------------------|
| Model                  | Perhometer M1 (Mahr)              |
| Ölçme Hızı             | 150 $\mu\text{m/sn}$              |
| Ölçme Kuvveti          | 0.7 mN                            |
| Uç Malzemesi           | Elmas                             |
| Numune Uzunluğu        | 0.8 mm                            |
| Değerlendirme Uzunluğu | 5.6 mm                            |
| Tarama Hızı (mm/sn)    | 0.5                               |
| Boyutları (mm)         | 190x170x75                        |
| Yaklaşık Ağırlığı (gr) | 900                               |
| Dil                    | Seçilebilir 10 Avrupa, 3Asya dili |

### 5.8. Kesme Kuvvetinin Ölçülmesi

Deneylerde teknik özellikleri Çizelge 5.6' de verilmiş olan KİSTLER 9257B tipi dinamometre kullanılmıştır. Her bir deney için; kesme derinliği, ilerleme sabit tutulup, kesme hızlarında değişiklik yapılarak kesme kuvvetlerinin grafikleri Şekil 5.5'deki gibi elde edilmiştir. Kesme işlemi sonunda kesme kuvvetlerinin kararlı olduğu bölgenin başlangıç ve bitiş değerleri esas alınarak, ortalama  $F_c$  (esas kesme kuvveti),  $F_f$  (ilerleme kuvveti),  $F_r$  (Pasif/radyal kuvvet) kuvvetleri belirlenmiştir. Şekil 5.5' deki örnek grafikte  $F_y=F_f$ ,  $F_x=F_r$ ,  $F_z=F_c$ 'ye karşılık gelen kuvvetleri işaret etmektedir.

Çizelge 5.6. Kistler 9257B dinamometrenin teknik özellikleri

|   |           |                                     |          |
|---|-----------|-------------------------------------|----------|
| Kuvvetaralığı (kN)( $F_x$ , $F_y$ , $F_z$ ) | -5.....10 | Doğalfrekans $f_0(x,y,z)$ (kHz)     | 3.5      |
| Tepkiverme (N)                              | <0.01     | Histerezis                          | %0.5 FSO |
| Hassasiyet (pC/N) $F_x$ , $F_y$             | -7.5      | Çalışması sıcaklığı ( $\square C$ ) | 0.....70 |
| $F_z$                                       | -3.5      | Kapasitans (pF)                     | 220      |
| Doğrusallık                                 | %1 FSO    | Ağırlık (kg)                        | 7.3      |



Şekil 5.5. Kistler 9257B tipi dinamometre ile ölçülen kesme kuvveti

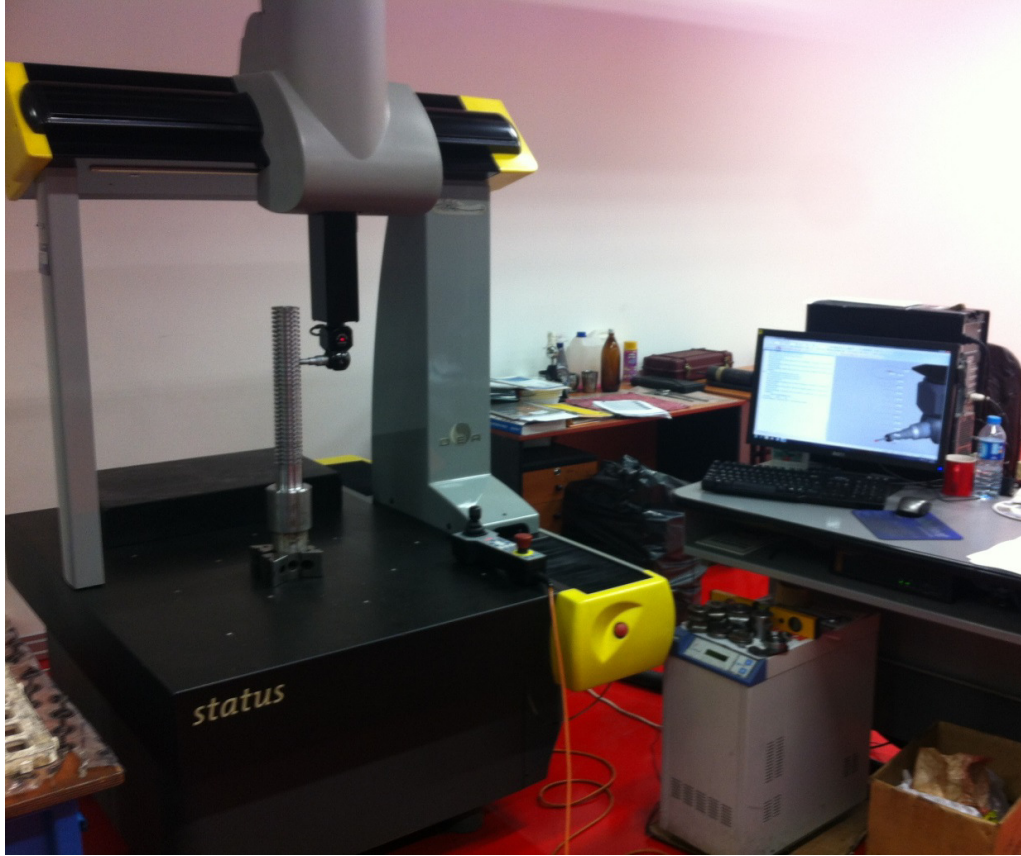
### 5.9. Kanal Geometrisinin Ölçülmesi

Deneyler sonucunda oluşturulan kanal geometrisini belirlemek amacıyla DEA Global Silver SF marka CMM tezgâhında 2 mm çapında ölçme probu kullanılmıştır. CMM tezgahıyla alakalı teknik bilgiler Çizelge 5.7’de verilmiştir.

Çizelge 5.7. DEA Global Silver SF marka CMM tezgahı teknik özellikleri

| <b>ÖLÇÜ HASSASİYETİ</b>                                  |                |          |
|--|----------------|----------|
| <b>X</b>   | <b>Y</b>       | <b>Z</b> |
| 500  | 500-700        | 500      |
| 700  | 700-1000       | 500-600  |
| 900  | 1200-1500-2000 | 800      |
| 1200   | 1500-2000-3000 | 1000     |
| Hassasiyet $MPE_E = 1,5+L/333 \mu\text{m}$ 'den itibaren |                |          |

Kanal dip çap ölçümlerinin yapılması için CMM tezgahında bulunan lme probu, dip çap üzerinde dört farklı noktaya temas ettirilmiştir. Kanal genişliklerinin ölçülmesinde ise, lme probu kanal yan yüzeylerinin en alt ve en üst noktalarına temas ettirilmiştir. (Resim 5.2).



Resim 5.2. Kanal geometrisinin CMM tezgahında lülmesi

## **6. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA**

Bu çalışmada, deney numunesi olarak AISI 1050 çelik malzemesi kullanılmıştır. Kesme parametreleri olarak dört farklı kesme hızı (60, 96, 153 ve 245 m/dak) ve dört farklı ilerleme hızı (0,06, 0,14, 0,22 ve 0,3 mm/dev) belirlenmiştir. İki farklı formda (GM ve TF Geometrileri) kaplamasız ve TiAlN kaplamalı kesiciler kullanılmıştır. Deneyler sonucunda elde edilen değerler Ek-1' de verilmiştir.

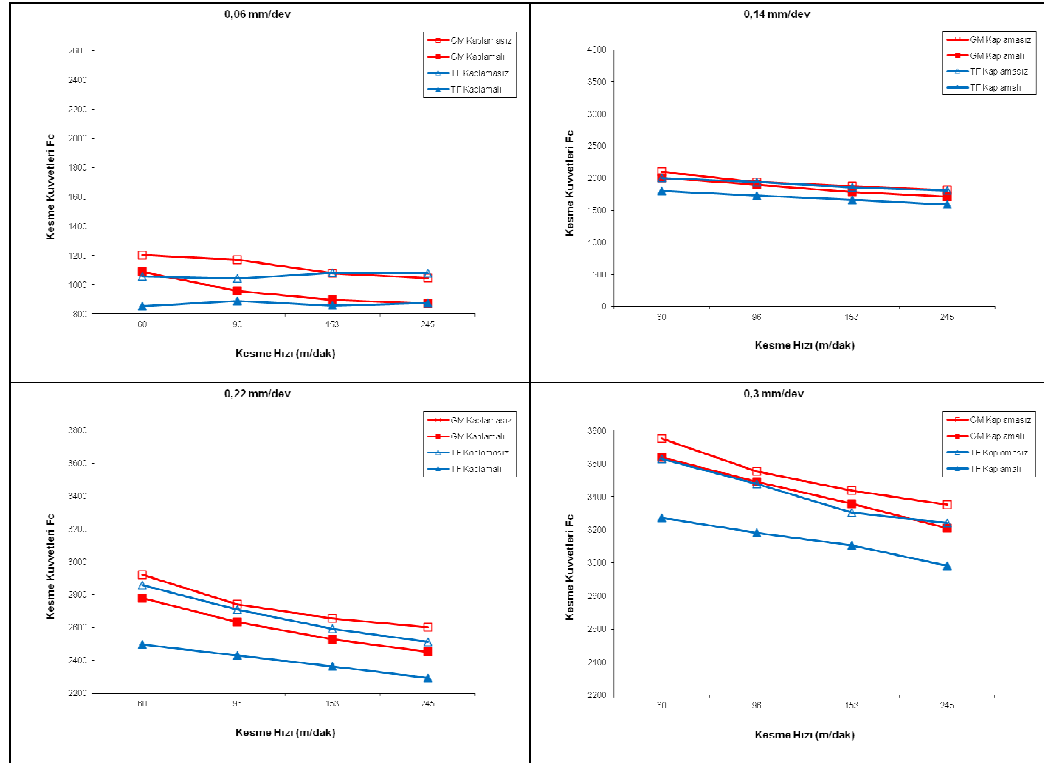
Bu girdi parametreleri paralelinde her bir deney için yeni bir kesici kullanmak suretiyle toplam 64 adet deney yapılmıştır. Kesme hızı ve ilerleme parametrelerinin girdi olarak değerlendirildiği bu çalışmada, çıktı olarak kesme kuvvetleri, yüzey pürüzlüğü ve kanal geometrisi değerlendirilmiştir.

### **6.1. Kesme Kuvvetlerinin Değerlendirilmesi**

Gerçekleştirilen deneyler sonucunda elde edilen esas kesme kuvveti ve ilerleme kuvveti değerleri Ek-2'de verilmiştir.

#### **6.1.1. Esas kesme kuvvetinin ( $F_c$ ) değerlendirilmesi**

GM ve TF geometrilerine sahip kaplamalı ve kaplamsız kesici takımlar ile kuru kesme şartında kanal açma sırasında oluşan kesme kuvvetlerinin, ilerleme miktarı ve kesme hızına bağlı olarak değişimi Şekil 6.1' de verilmiştir.



Şekil 6.1. Esas kesme kuvvetlerinin ( $F_c$ ), ilerleme miktarı ve kesme hızına bağlı olarak değişimi

Şekil 6.1 değerlendirildiğinde en düşük kesme kuvveti değeri 60 m/dak kesme hızı ve 0,06 mm/dev ilerleme hızında, TF kesici geometrisine sahip kaplamalı takımlar ile yapılan deneyler sonucunda elde edilmiştir. En yüksek kesme kuvveti ise 60 m/dak kesme hızı ve 0,3 mm/dev ilerleme hızında, GM kesici geometrisine sahip kaplamasız takımlarla elde edilmiştir.

Buna sebep olarak kaplamalı takımlarda kaplamanın kesme işlemini kayma etkisi oluşturarak kolaylaştırması ve GM türü geometriye sahip kesici takımlarda talaş oluşumu için gerekli boyun kısa olması sonucu talaşın daha kısa sürede oluşması sırasında daha fazla kuvvetin ortaya çıkması görülmüştür.

Kesme hızının artmasına paralel olarak esas kesme kuvvetleri azalmaktadır [33]. Şekil 6.1 incelendiğinde genel olarak kesme hızının artmasına bağlı olarak kesme kuvvetlerinde ortalama %15' lik bir düşüş görülmüştür. Kesme kuvvetlerinin düşük

olma durumu, malzemenin ısı iletkenliğinin düşüklüğü sebebiyle kesme bölgesinde ısı artışına bağlı olarak malzemenin daha kolay deforme edilmesi ile ilişkilendirilmiştir.

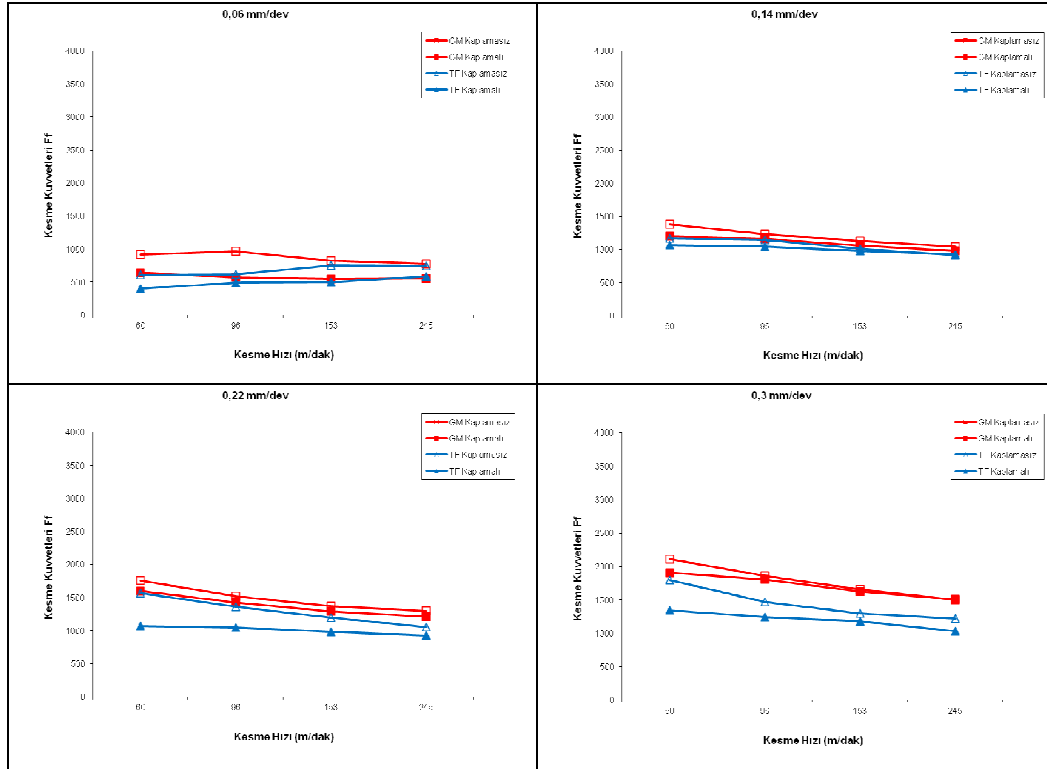
Şekil 6.1'deki değerler ilerleme oranları açısından değerlendirilecek olursa 0,06 mm/dev ilerleme hızında esas kesme kuvvetleri 800-1200 N arasında gerçekleşirken, 0,14 mm/dev ilerleme hızında 1500-2000 N, 0,22 mm/dev ilerleme hızında 2200-3000 N, 0,3 mm/dev ilerleme hızında ise 3000-3800 N arasında çıktığı gözlenmiştir. Bu durum ilerleme hızlarındaki yükselişe bağlı olarak her devirdeki kesici takım üzerine binen talaş kesitinin artması sonucu esas kesme kuvvetlerinin artışı ile açıklanabilir.

Deneylerde 0,06 mm/dev ilerleme hızındaki esas kesme kuvvetleri değerlendirilecek olursa, kesme hızı arttıkça esas kesme kuvvetlerinde %19,2 ile %29,2 oranında bir düşüş görülmüştür. 0,14 mm/dev ilerleme hızındaki esas kesme kuvvetlerinde kesme hızı arttıkça %13 ile %20 oranında düşüşle karşılaşmıştır. 0,22 mm/dev ilerleme hızında kesme hızı arttıkça esas kesme kuvvetlerinin %11,8 ile %14,6 oranında düştüğü belirlenmiştir. 0,3 mm/dev ilerleme hızına bakılacak olursa kesme hızının artışı ile esas kesme kuvvetlerinde %11 ile %13 arasında düşüş görülmüştür. Değerlere bakıldığı zaman ilerleme hızlarının artmasıyla birlikte esas kesme kuvvetlerindeki düşüş oranlarının giderek azaldığı belirlenmiştir.

### **6.1.2. İlerleme kuvvetinin ( $F_f$ ) değerlendirilmesi**

GM ve TF geometrilerine sahip kaplamalı ve kaplımsız kesici takımlar ile kuru kesme şartında kanal açma sırasında oluşan ilerleme kuvvetlerinin, ilerleme miktarı ve kesme hızına bağlı olarak değişimi Şekil 6.2' de verilmiştir.





Şekil 6.2. İlerleme kuvvetlerinin ( $F_f$ ), ilerleme miktarı ve kesme hızına bağlı olarak değişimi

Şekil 6.2’de verilen grafikler değerlendirildiğinde en düşük kesme kuvveti değeri 60 m/dak kesme hızı ve 0,06 mm/dev ilerleme hızında, TF kesici geometrisine sahip kaplamalı takımlar ile yapılan deneyler sonucunda elde edilmiştir. En yüksek kesme kuvveti ise 60 m/dak kesme hızı ve 0,3 mm/dev ilerleme hızında, GM kesici geometrisine sahip kaplamasız takımlarla elde edilmiştir. Buna sebep olarak kaplamalı takımlarda kaplamanın kesme işlemini kayma etkisi oluşturarak kolaylaştırması ve GM türü geometriye sahip kesici takımlarda talaş oluşumu için gerekli boyun kısa olması sonucu talaşın daha kısa sürede oluşması sırasında daha fazla kuvvetin ortaya çıkması görülmüştür.

Şekil 6.2 ilerleme oranları açısından değerlendirildiğinde 0,06 mm/dev ilerleme hızında esas kesme kuvvetleri 800-1200 N arasında gerçekleşirken, 0,14 mm/dev ilerleme hızında 1500-2000 N, 0,22 mm/dev ilerleme hızında 2200-3000 N, 0,3 mm/dev ilerleme hızında ise 3000-3800 N arasında çıktığı gözlenmiştir. Bu durum

ilerleme hızlarındaki yükselişe bağlı olarak her devirde kesici takım üzerine binen talaş kesitinin artması sonucu esas kesme kuvvetlerinin artışı ile açıklanabilir.

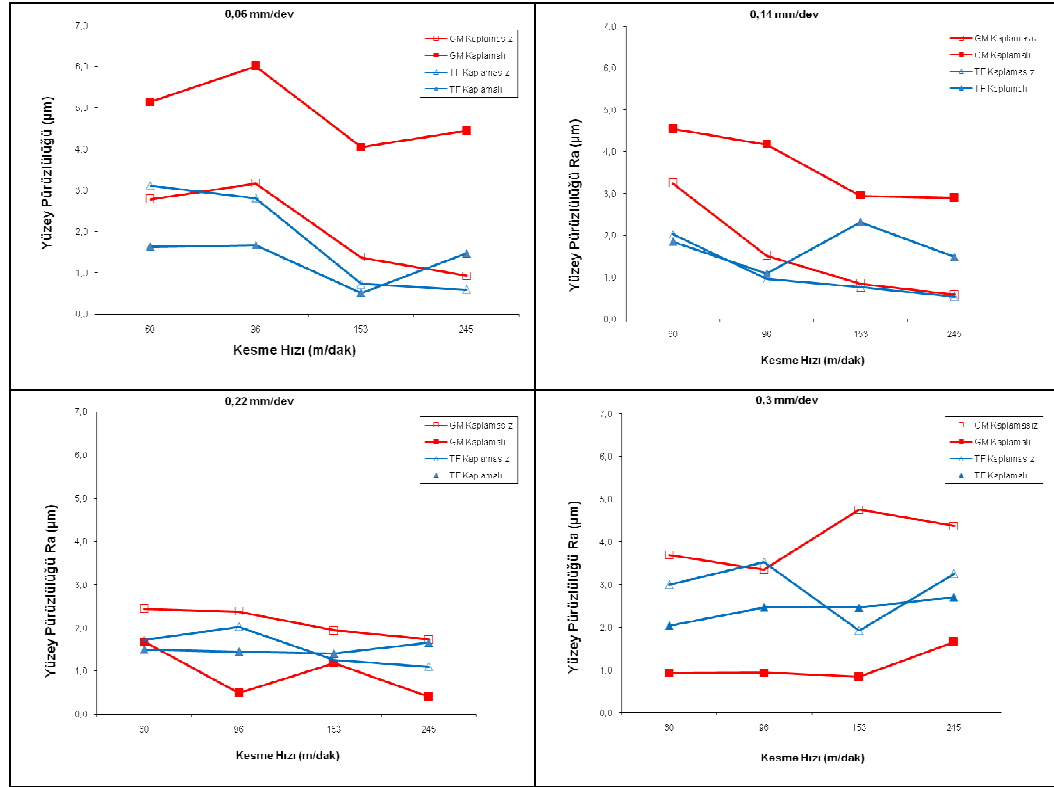
Esas kesme kuvvetleri değerlendirildiğinde 0,06 mm/dev ilerleme hızında, kesme hızı arttıkça esas kesme kuvvetlerinde %31,2 ile %19,3 oranında bir düşüş görülmüştür. 0,14 mm/dev ilerleme hızındaki esas kesme kuvvetlerinde kesme hızı arttıkça %8,5 ile %24,7 oranında düşüşle karşılaşmıştır. 0,22 mm/dev ilerleme hızında kesme hızı arttıkça esas kesme kuvvetlerinin %13,3 ile %26,4 oranında düştüğü belirlenmiştir. 0,3 mm/dev ilerleme hızına bakılacak olursa kesme hızının artışı ile esas kesme kuvvetlerinde %23,3 ile %28,8 arasında düşüş görüldüğü anlaşılmıştır.

## **6.2. Yüzey Pürüzlülüğünün Değerlendirilmesi**

Yapılan deneyler sonucunda kanal yan yüzey ve dip yüzeyi pürüzlülük değerleri ölçülmüştür. Yüzeylerden farklı noktalar üzerinden alınan pürüzlülük değerlerinin ortalamaları hesaplanmıştır. GM ve TF talaş geometrisine sahip kaplamalı ve kaplamasız kesici uçlarla 4 farklı kesme hızlarında (60-96-153-245 m/dak) ve 4 farklı ilerleme hızında (0,06-0,14-0,22-0,3 mm/dev) yapılan deneyler sonucunda elde edilen yüzey pürüzlük değerleri Ek-3' de verilmiştir.

### **6.2.1. Kanal yan yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesi**

GM ve TF geometrilerine sahip kaplamalı ve kaplamsız kesici takımlar ile kuru kesme şartında kanal açma sırasında oluşan yüzey pürüzlülüklerinin, ilerleme miktarı ve kesme hızına bağlı olarak değişimi Şekil 6.3' de verilmiştir.



Şekil 6.3. Yan yüzeylerdeki pürüzlülüklerin, ilerleme miktarı ve kesme hızına bağlı olarak değişimi

Şekil 6.3 incelendiğinde kesme hızı artışı ile birlikte yüzey pürüzlülük değerinin genel olarak düştüğü görülmektedir. Bunun sebebi, kesme hızının artışı ile kesme bölgesindeki ısı artışına bağlı olarak malzemenin daha rahat deforme edilebilmesi ve talaş tahliyesinin daha rahat gerçekleşmesi olarak açıklanabilir.

0,06 ve 0,14 ilerleme miktarlarında GM geometrisine göre TF geometrisinin daha iyi yüzey pürüzlülüğü sonuçları tespit edilmiştir. 0,22 ve 0,3 mm/dev ilerleme oranlarında ise her iki takım geometrisi için yakın yüzey pürüzlülüğü değerleri ölçülmüştür.

Farklı talaş kırıcı kesici kenar formlarının (GM ve TF) değişimine bağlı olarak elde edilen yüzey pürüzlülük grafikleri (Şekil 6.3) incelendiğinde; en yüksek pürüzlülük değerleri GM talaş kırıcı formuna sahip kesici takımlarla elde edilmiştir. Deneylerdeki bütün kesme şartlarında hem en iyi hem de en kötü yüzey kalitesinin

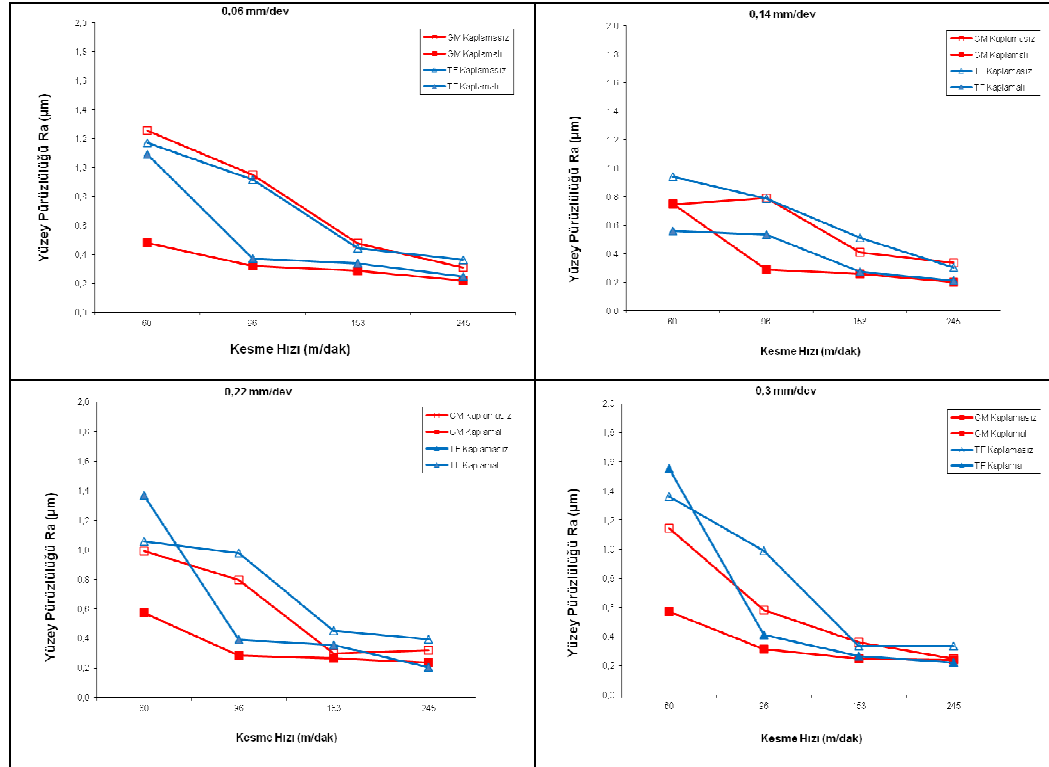
GM talaş kırıcı formuna sahip kesici uçlarla görülmesi; düşük ilerleme hızlarında işleme sırasında, kesici formun talaş oluşma yarıçapını küçük tutması sonucu talaş sıkışmasına bağlı olarak yüzey üzerinde istenmeyen bozukluklarla açıklanabilir.

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

En yüksek yüzey pürüzlülüğü değeri ( $6,00 \mu$ )  $0,06 \text{ mm/dev}$  ilerlemede  $96 \text{ m/dak}$  kesme hızında kaplamasız GM kesici ile tespit edilmiştir. En düşük yüzey pürüzlülük değeri ise  $0,14 \text{ mm/dev}$  ilerlemede  $245 \text{ m/dak}$  kesme hızında kaplamalı TF kesicisi ile ölçülmüştür.  $0,06 \text{ mm/dev}$  ilerlemede  $60 \text{ m/dak}$  kesme hızından  $245 \text{ m/dak}$  kesme hızına çıkıldığında yüzey pürüzlülük değerlerinin %54 ile %83 arasında iyileştiği görülmüştür.

### **6.2.2. Kanal dip yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesi**

GM ve TF geometrilerine sahip kaplamalı ve kaplamsız kesici takımlar ile kuru kesme şartında kanal açma sırasında oluşan yüzey pürüzlülüklerinin, ilerleme miktarı ve kesme hızına bağlı olarak değişimi Şekil 6.4' de toplu halde verilmiştir.



Şekil 6.4. Dip yüzeylerdeki pürüzlülüklerin, ilerleme miktarı ve kesme hızına bağlı olarak değişimi

Şekil 6.4 incelendiğinde kesme hızı artışı ile genel olarak yüzey pürüzlülük değerinin düştüğü görülmektedir. Bunun sebebi, kesme hızının artışı ile kesme bölgesindeki ısı artışına bağlı olarak malzemenin daha rahat deforme edilebilmesi ve talaş tahliyesinin daha rahat gerçekleşmesi olarak açıklanabilir.

0,22 ve 0,3 ilerleme miktarlarında GM geometrisine göre TF geometrisinin daha iyi yüzey pürüzlülüğü sonuçları tespit edilmiştir. Aynı zamanda 0,22 ve 0,3 mm/dev ilerleme oranlarında her iki geometri için de birbirlerine yakın yüzey pürüzlülüğü değerleri ölçülmüştür.

Farklı talaş kırıcı kesici kenar formlarının (GM ve TF) değişimine bağlı olarak elde edilen yüzey pürüzlülük grafikleri (Şekil 6.4) incelendiğinde; en yüksek pürüzlülük değerleri TF talaş kırıcı formuna sahip kesici takımlarla elde edilmiştir. Deneylerdeki bütün kesme şartlarında hem en iyi hem de en kötü yüzey kalitesinin TF talaş kırıcı

formunda görülmesi; TF talaş kırıcı formuna sahip kesici uçlarla düşük ilerleme hızlarında işleme sırasında, talaş sıkışmasına bağlı olarak yüzey üzerinde istenmeyen yüzey bozulmalarına sebep olduğu söylenebilir.

En yüksek yüzey pürüzlülüğü değeri ( $1,565 \mu$ )  $0,06 \text{ mm/dev}$  ilerlemede  $0,3 \text{ m/dak}$  kesme hızında kaplamasız TF kesici ile tespit edilmiştir. En düşük yüzey pürüzlülük değeri ise ( $0,206 \mu$ )  $0,22 \text{ mm/dev}$  ilerlemede  $245 \text{ m/dak}$  kesme hızında kaplamalı TF talaş geometrisine sahip kesici ile ölçülmüştür.  $0,06 \text{ mm/dev}$  ilerlemede  $60 \text{ m/dak}$  kesme hızından  $245 \text{ m/dak}$  kesme hızına çıkıldığında yüzey pürüzlülük değerlerinin %10 ile %50 arasında iyileştiği görülmüştür.

## 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

AISI 1050 çelik malzemesi üzerinde yapılan kanal açma deneyleri ile kesici takım kaplaması, geometrisi, kesme hızı ve ilerleme hızı şartlarının, kesme kuvvetleri, yüzey pürüzlülükleri ve kanal geometrisi üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

- Yüzey pürüzlülük değerleri, kesme kuvvetleri, kanal genişlik ve derinlik değerleri açısından en iyi sonuçlar kesme hızının artan değerlerinde elde edilmiştir.
- Kaplamasız takımlarda kaplamalı takımlara göre daha düşük kesme kuvvetleri ölçülmüştür.
- Deneyler kesici takımlar üzerinde bulunan talaş kırıcı geometri açısından incelendiğinde, GM talaş kırıcı geometriye sahip kesici takımlarda TF geometriye sahip kesici takımlara göre daha yüksek yüzey pürüzlülük değerleri ile karşılaşmıştır.
- İlerleme hızlarının artmasına bağlı olarak, kesme kuvvetlerinin de doğru orantılı bir biçimde arttığı görülmüştür.
- Kanal genişlik değerlerine bakıldığında kesme hızı, ilerleme hızı, kesici takım talaş geometrisi ve kaplama türünün önemli bir etkisi olmadığı söylenebilir. Genişlik değerlerindeki değişim, kesme işlemi sırasında ortaya çıkan titreşimle açıklanabilir.
- En iyi kanal derinlik değerleri 0,14 mm/dev ilerleme hızlarında 245 m/dak kesme hızında TF talaş geometrisine sahip kesici takımlarla elde edilmiştir.

- İlerleme hızının dip çaptaki yüzey pürüzlülük değerleri üzerinde bir etkisi olmadığı tespit edilmiştir. Dip yüzey pürüzlülük değerleri üzerinde en etkili parametrenin kesme hızı, ikinci etkili parametrenin ise kesici takım tipi olduğu belirlenmiştir.
- Kaplamalı takımlarla yapılan deneyler sonucunda kaplamasız takımlara göre daha iyi yüzey pürüzlülük değerleri elde edilmiştir.
- Kesme hızının artması, talaş oluşumu sırasında kesme bölgesinde oluşan ısıyı arttırdığından dolayı, kesme işlemi daha kolay gerçekleşmiş ve yüzey pürüzlülük değerleri azalmıştır.
- İlerleme hızının azalan değerlerinde yan yüzey pürüzlülük miktarında %10 ile %50 arasında düşüş görülmüştür.
- Kesme hızlarının artması, kesme kuvvetlerinin %8,5 ile %31,2 oranında azalmasını sağlamıştır.
- Kaplamalı takımlarla yapılan deneylerde elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri kaplamasız takımlara yapılan deneylerden elde edilen sonuçlara göre %6,8 ile %66,2 oranında düşük çıkmıştır.
- Esas kesme kuvvetleri değerlendirildiğinde, kesme kuvvetleri üzerinde ilerleme hızı, kesme hızı ve takım tipi parametrelerinin her birinin son derece etkili olduğu tespit edilmiştir. En etkin parametrenin ilerleme hızı, en az etkiye sahip parametrenin ise kesme hızı olduğu saptanmıştır.
- Kanal derinlik değerlerinde en etkili parametrenin takım geometrisi olduğu söylenebilir.



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

- Kanal açma işlemlerinde farklı kesici uç genişlikleri kullanılarak kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülük değerleri araştırılabilir.
- Farklı kaplama türleri kullanılarak kaplamanın kesme kuvvetleri ve kesici takım ömrü üzerindeki incelenmesi sağlanabilir.
- Bu çalışmada kullanılan AISI 1050 malzemesi ile başka bir malzeme kullanılarak malzemeler arası kıyaslama yapılabilir.
- Bu çalışmadan ve önerilen çalışmalardan elde edilen deneysel veriler ışığında sayısal analiz ve modelleme çalışmaları yapılabilir.
- Kanal derinlikleri değiştirilerek kesici takım üzerindeki etkileri incelenebilir.
- Kanal açma işlemleri sırasındaki titreşimler ölçülerek farklı kanal genişlik değerleri üzerindeki etkileri değerlendirilebilir.
- Kanallar üzerindeki yüzey pürüzlülük ve kanal geometri değerlerinin daha kolay ölçülebilmesi için kanal genişlikleri daha fazla, kanal derinlikleri ise daha düşük alınabilir.

## KAYNAKLAR

1. Yavuz, K., “GGG-70 sınıfı Küresel grafitli dökme demir kam millerinin işlenebilirliğinin deneysel olarak araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, (2006).
2. Ashby, I. R., Wallbank, J. And Bound, F., “Ceramic tool wear when machining austempered ductile iron”, **University of Warwick, Warwick Manufacturing Group, Department of Engineering**, Coventry CV4 7AL, UK, (2003).
3. Motorcu, R. A., “Ç1050 ve Ç4140 çeliklerinin seramik takımlarla işlenmesinde optimum takım ömrünü sağlayan parametrelerin Taguchi yöntemiyle belirlenmesi ve takım aşınmalarının incelenmesi”, **Gazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi**, 24(4):699-708, (2009).
4. Dagnal H., “Exploring Surface Texture”, **Rank Taylor Habson Limited**, England, (1986).
5. Wang M.Y., Chang H.Y., “Experimental Study Of Surface Roughness In Slot End Milling”, **International Journal of Machine Tools & Manufacture**, 44: 51–7, (2004).
6. Özel T., Karpat Y., “Predictive Modeling of Surface Roughness and Tool Wear in Hard Turning Using Regression and Neural Networks”, **International Journal of Machine Tools & Manufacture**, 45:467–479, (2005).
7. Özyılmaz, A., “Piston Kanallarının İşlenmesinde Yüzey Kalitesinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**, Karabük, (2011).
8. Boy, M., “Kesme Parametrelerine Bağlı Olarak Talaş Arkayüzey Sıcaklığının Deneysel Olarak İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, (2004).
9. Çakır, M.C., **Modern Talaşlı İmalat Esasları**, VİPAŞ, (1999).
10. Sandvik Coromant, “**Modern metal cutting – A practical handbook**”, English Edition, Sandvik Coromant, Sweden, (1994).
11. Byrne, G., Dornfeld, D., Denkena, B., “Advancing cutting technology”, *Annals of CIRP*, 52, 483-503, 2003. Klocke, F., Krieg, T., “Coated tools for metal cutting—features and application”, *Annals of CIRP*, 42: 1-19, (1999).

12. Thiele, J.D., Melkote, S.N., “Effect of cutting edge geometry and workpiece hardness on surface generation in the finish hard turning of AISI 52100 steel”, **Journal of Materials Processing Technology**, 94: 216-226, (1999).
13. Yallese, M.A., Chaoui, K., Zeghib, N., Boulanouar, L., Rigal, J.F., “Hard machining of hardened bearing steel using cubic boron nitride tool”, **Journal of Materials Processing Technology**, 209: 1092-1104, (2009).
14. Coelho, R.T., Ng, E.G., Elbestawi, M.A., “Tool wear when turning hardened AISI 4340 with coated PCBN tools using finishing cutting conditions”, **International Journal of Machine Tools & Manufacture**, 47, 263-272, (2007).
15. Benga, G.C. and Abrao, A.M., “Turning of hardened 100Cr6 bearing steel with ceramic and PCBN tools”, **Journal of Materials Processing Technology**, 143: 237-241, (2003).
16. Barry, J. Byrne, G., “Cutting tool wear in the machining of hardened steels, Part II: cubic boron nitride cutting tool wear”, **Wear**, 247, 152-160, (2001).
17. Yallese, M.A., Chaoui, K., Zeghib, N., Boulanouar, L., Rigal, J.F., “Hard machining of hardened bearing steel using cubic boron nitride tool”, **Journal of Materials Processing Technology**, 209, 1092-1104, (2009).
18. Uçun, İ., Aslantaş, K., “Sertleştirilmiş 52100 takım çeliğinin tornalanmasında karbürüklü kesici takımın performansının araştırılması”, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS’09), 13-15 Mayıs (2009), Karabük, Türkiye.
19. Benga, G.C. and Abrao, A.M., “Turning of hardened 100Cr6 bearing steel with ceramic and PCBN tools”, **Journal of Materials Processing Technology**, 143, 237-241, (2003).
20. Arunachalam, R.M., Mannan, M.A. and Spowage, A.C., “ Residual stress and surface roughness when facing age hardened Inconel 718 with CBN and ceramic cutting tools”, **International Journal of Machine Tools and Manufacture**, 44: 879-887, (2004).
21. Rajasekaran, T., Palanikumar, K., Arunachalam, S., “Investigation on the Turning Parameters for Surface Roughness using Taguchi Analysis”, **Prodecia Engineering**, 51:781-790, (2013).
22. Neseli, S., “Optimization of tool geometry parameters for turning operations based on the response surface methodology”, **Measurement**, 44:580-587, (2011).

23. Aouici, H., Yallese, M.A., Fnides, B., Mabrouki, T., “Machinability Investigation In Hard Turning of AISI H11 Hot Work Steel With CBN Tool”, **Mechanika**, 6:86, (2010).
24. Fetecau, C., Stan, F., “Study of cutting force and surface roughness in the turning of polytetrafluororthylene composites with a polycrystalline diamond tool”, **Measurement**, 45:1367-1379, (2012).
25. Kumar, N.S., Shetty, A., Shetty, A., Ananth, K., Shetty, H., “Effect of spindle speed and feed rate on surface roughness of carbon steels in CNC turning”, **Prodecia Engineering**, 38:691-697, (2012).
26. Sadik, M.I., “Wear development and cutting forces on CBN turning tool in Hard Part turning of different hardened steels”, **Prodecia CIRP I**:232-237, (2012).
27. Coreia, A.E., Davim, J.P., “Surface roughness measurement in turning carbon steel AISI 1045 using wiper inserts”, **Measurement**, 44:1000-10005, (2011).
28. Bartarya, G., Choudhury, S.K., “Effect of cutting parameters on cutting force and surface roughness during finishing and hard turning AISI 52100 grade steel”, **Prodecia CIRP I**:651-656, (2012).
29. Ay, E., Korkut, İ., “AISI 1050’ nin işlenmesinde kesici takımlardaki aşınmanın incelenmesi”, International Iron & Steel Symposium, April 02-04, (2012), Karabük, Türkiye
30. Mahnama, M., Movahhedy, M.R., “Prediction of machining chatter based on FEM simulation of chip formation under dynamic conditions”, **International Journal of Machine Tools & Manufacture**, 50: 611–620, (2010).
31. Obikawaa, T., Kamataa, Y., Shinozukab, J., “High-speed grooving with applying MQL”, **International Journal of Machine Tools & Manufacture**, 46: 1854–1861, (2006).
32. Egashira, K., Iwata, M., Nomura, Y., “Boring and face grooving using micro turning tool”, **CIRP Annals - Manufacturing Technology**, 60: 81–84, (2011).
33. Dhupal, D., Doloi, B., Bhattacharyya, B., “Pulsed Nd:YAG laser turning of micro-groove on aluminum oxide ceramic (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)”, **International Journal of Machine Tools & Manufacture**, 48: 236–248, (2008).

34. Chiffre, L., D., Andreasen, J. L., Lagerberg, S., Thesken, I.-B., “Performance Testing of Cryogenic CO<sub>2</sub> as Cutting Fluid in Parting/Grooving and Threading Austenitic Stainless Steel”, **Annals of the CIRP**: 56/1, (2007).
35. Pinar, A.M., “Modelling of surface roughness performance of coated cemented carbide Groove cutting tool via artificial neural networks”, **Gazi University Journal of Science**, 24(4):901-910, (2011).
36. Ceretti, E., Filice, L., Umbrello, D., Micari, F., “ALE simulation of orthogonal cutting: a new approach to model heat transfer phenomena at the tool-chip interface”, **Annals of the CIRP**, 56:1, (2007).
37. Yanar, N., “Hidrolik silindir imalatında yüzey pürüzlülüğüne etkili parametrelerinin Taguchi yöntemi ile belirlenmesi”, **Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Konya, (2008).
38. Rotberg, J., Wertheim, R., “Chip control in cut-off tools”, **CIRP Annals-Manufacturing Technology**, 40:73-77, (1991).
39. Sandvik Coromant, “Talaşlı İmalat Teknik Kılavuzu”, İstanbul, (2007).
40. Iscar, “Groove-Turn Tools”, **Metric Version Catalog**, Israel, (2012).
41. TaeguTec, “Metalworking Cutting Tools”, South Korea, (2013).
42. Boehlerit, “Easytech”, **Groove, Groove-turning and Parting off Catalog**, Austria, (2010).
43. Kaiser Tool Company, “Groove’n Turn Inserts Technical Catalog”, Indiana, U.S., (2006).
44. İnternet: Zorlu Segman “Gemi Ana ve Yardımcı Makine Segman İmalatı-Zorlu Torna” [http://www.zorlusegman.com/segman\\_diger\\_segmanlar.html](http://www.zorlusegman.com/segman_diger_segmanlar.html) (2007).
45. Türkeş,E., “Takım Tezgahlarının Tırlama Titreşiminde Süreç Sönümlerinin Teorik Ve Deneysel İncelenmesi”, Doktora Tezi, **Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, (2007).
46. Sandvik Coromant, “Parting and Grooving User’s Guide”, Sweden, (2007).

47. Uzun, G., " Titanyum alaşımlarından  $Ti_6Al_4V$  alaşımında vida açma problemlerinin araştırılması", **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, (2013).

**EKLER**

EK-1. Deneyler sonucunda elde edilen değerler çizelgesi

| Deney No | İlerleme mm/dev | Kesme H. (m/dak) | Dip    | F <sub>r</sub> (N) | F <sub>c</sub> (N) | Yan           | Genişlik farkı | Kanal Derinliği |               |
|----------|-----------------|------------------|--------|--------------------|--------------------|---------------|----------------|-----------------|---------------|
|          |                 |                  | Çap Ra |                    |                    | yüzey Ra ort. |                |                 |               |
| 1        | 0,06            | 60               | 0,4805 | 640,67             | 1090,03            | 5,1440        | 0,0425         | 9,8910          | GM KAPLAMASIZ |
| 2        |                 | 96               | 0,3205 | 567,34             | 957,74             | 6,0088        | 0,0015         | 9,9440          |               |
| 3        |                 | 153              | 0,2900 | 549,13             | 897,07             | 4,0488        | 0,0825         | 9,9210          |               |
| 4        |                 | 245              | 0,2195 | 556,11             | 871,45             | 4,4404        | 0,0110         | 9,9605          |               |
| 5        | 0,14            | 60               | 0,7505 | 1202,18            | 2004,08            | 4,5486        | 0,0105         | 9,7615          |               |
| 6        |                 | 96               | 0,2875 | 1162,45            | 1898,59            | 4,1734        | 0,0035         | 9,8130          |               |
| 7        |                 | 153              | 0,2585 | 1058,90            | 1786,23            | 2,9512        | 0,0046         | 9,8535          |               |
| 8        |                 | 245              | 0,2005 | 977,55             | 1710,28            | 2,8962        | 0,0410         | 9,9060          |               |
| 9        | 0,22            | 60               | 0,5735 | 1599,64            | 2779,05            | 1,6788        | 0,0515         | 9,6940          |               |
| 10       |                 | 96               | 0,2830 | 1428,54            | 2631,59            | 0,4942        | 0,0050         | 9,8030          |               |
| 11       |                 | 153              | 0,2650 | 1288,94            | 2529,32            | 1,1770        | 0,0045         | 9,8280          |               |
| 12       |                 | 245              | 0,2385 | 1212,86            | 2450,94            | 0,4080        | 0,0051         | 9,8765          |               |
| 13       | 0,3             | 60               | 0,5730 | 1903,55            | 3638,37            | 0,9304        | 0,0200         | 9,5020          |               |
| 14       |                 | 96               | 0,3135 | 1804,98            | 3490,38            | 0,9478        | 0,0020         | 9,6015          |               |
| 15       |                 | 153              | 0,2470 | 1628,44            | 3358,72            | 0,8500        | 0,0155         | 9,7940          |               |
| 16       |                 | 245              | 0,2410 | 1509,64            | 3208,83            | 1,6616        | 0,0205         | 9,8190          |               |
| 17       | 0,06            | 60               | 1,0920 | 401,69             | 852,80             | 1,6354        | 0,0120         | 10,2380         | TF KAPLAMALI  |
| 18       |                 | 96               | 0,3705 | 491,03             | 888,59             | 1,6672        | 0,0040         | 10,2475         |               |
| 19       |                 | 153              | 0,3380 | 502,92             | 856,33             | 0,5120        | 0,0040         | 10,2910         |               |
| 20       |                 | 245              | 0,2500 | 583,59             | 875,53             | 1,4670        | 0,0025         | 10,2890         |               |
| 21       | 0,14            | 60               | 1,5615 | 752,38             | 1681,28            | 1,8502        | 0,0070         | 10,1695         |               |
| 22       |                 | 96               | 0,5350 | 806,72             | 1674,61            | 1,0882        | 0,0165         | 10,2105         |               |
| 23       |                 | 153              | 0,2755 | 805,37             | 1645,97            | 2,3156        | 0,0255         | 10,2550         |               |
| 24       |                 | 245              | 0,2105 | 737,14             | 1578,03            | 1,4862        | 0,0400         | 10,2485         |               |
| 25       | 0,22            | 60               | 1,3695 | 1069,70            | 2496,53            | 1,4996        | 0,0015         | 10,1085         |               |
| 26       |                 | 96               | 0,3910 | 1043,09            | 2428,63            | 1,4450        | 0,0140         | 10,1510         |               |
| 27       |                 | 153              | 0,3540 | 980,99             | 2362,90            | 1,4058        | 0,0440         | 10,3075         |               |
| 28       |                 | 245              | 0,2060 | 927,62             | 2293,53            | 1,6552        | 0,0095         | 10,1930         |               |
| 29       | 0,3             | 60               | 1,5555 | 1341,48            | 3273,61            | 2,0372        | 0,0145         | 10,0735         |               |
| 30       |                 | 96               | 0,4135 | 1238,28            | 3182,54            | 2,4668        | 0,0085         | 10,1345         |               |
| 31       |                 | 153              | 0,2665 | 1180,97            | 3104,27            | 2,4652        | 0,0005         | 10,1595         |               |
| 32       |                 | 245              | 0,2235 | 1028,21            | 2982,06            | 2,7010        | 0,0240         | 10,1800         |               |



EK-1.(Devam) Deneyler sonucunda elde edilen değerler çizelgesi

| Deney No | İlerleme mm/dev | Kesme H. (m/dak) | Dip    | F <sub>r</sub> (N) | F <sub>c</sub> (N) | Yan      | Genişlik farkı | Kanal Derinliği |               |
|----------|-----------------|------------------|--------|--------------------|--------------------|----------|----------------|-----------------|---------------|
|          |                 |                  | Çap Ra |                    |                    | yüzey Ra |                |                 |               |
| 33       | 0,06            | 60               | 1,2530 | 918,27             | 1203,43            | 2,7800   | 0,0180         | 9,8460          | GM KAPLAMASIZ |
| 34       |                 | 96               | 0,9495 | 966,20             | 1168,74            | 3,1668   | 0,0075         | 9,8415          |               |
| 35       | 0,06            | 153              | 0,4780 | 822,13             | 1078,33            | 1,3658   | 0,0090         | 9,8625          |               |
| 36       |                 | 245              | 0,3105 | 779,83             | 1044,42            | 0,9254   | 0,0410         | 9,9195          |               |
| 37       | 0,14            | 60               | 0,7455 | 1385,97            | 2103,21            | 3,2478   | 0,0150         | 9,6725          |               |
| 38       |                 | 96               | 0,7920 | 1230,59            | 1935,84            | 1,5162   | 0,0260         | 9,7035          |               |
| 39       |                 | 153              | 0,4100 | 1133,67            | 1868,91            | 0,8462   | 0,0010         | 9,7615          |               |
| 40       |                 | 245              | 0,3365 | 1044,29            | 1812,34            | 0,5778   | 0,0150         | 9,8465          |               |
| 41       | 0,22            | 60               | 0,9920 | 1759,90            | 2922,52            | 2,4370   | 0,0090         | 9,3115          |               |
| 42       |                 | 96               | 0,7970 | 1521,44            | 2742,05            | 2,3736   | 0,0050         | 9,4575          |               |
| 43       |                 | 153              | 0,3000 | 1369,95            | 2655,41            | 1,9422   | 0,0040         | 9,7005          |               |
| 44       |                 | 245              | 0,3210 | 1296,25            | 2602,20            | 1,7306   | 0,0030         | 9,7225          |               |
| 45       | 0,30            | 60               | 1,1465 | 2110,92            | 3751,96            | 3,6872   | 0,0090         | 9,2830          |               |
| 46       |                 | 96               | 0,5815 | 1860,65            | 3552,82            | 3,3466   | 0,0030         | 9,4165          |               |
| 47       |                 | 153              | 0,3595 | 1656,96            | 3435,69            | 4,7534   | 0,0220         | 9,6690          |               |
| 48       |                 | 245              | 0,2480 | 1503,53            | 3351,90            | 4,3754   | 0,0150         | 9,7440          |               |
| 49       | 0,06            | 60               | 1,1720 | 610,77             | 1054,68            | 3,1156   | 0,0160         | 9,9205          | TF KAPLAMASIZ |
| 50       |                 | 96               | 0,9180 | 621,11             | 1040,92            | 2,8110   | 0,0640         | 9,9510          |               |
| 51       |                 | 153              | 0,4455 | 756,33             | 1081,29            | 0,7244   | 0,0180         | 9,9155          |               |
| 52       |                 | 245              | 0,3650 | 745,16             | 1078,94            | 0,5868   | 0,0050         | 9,9390          |               |
| 53       | 0,14            | 60               | 0,9400 | 1170,56            | 2005,21            | 2,0278   | 0,0080         | 9,7530          |               |
| 54       |                 | 96               | 0,7875 | 1146,17            | 1938,69            | 0,9536   | 0,0170         | 9,8485          |               |
| 55       |                 | 153              | 0,5120 | 1014,33            | 1854,14            | 0,7630   | 0,0110         | 9,8540          |               |
| 56       |                 | 245              | 0,302  | 913,06             | 1805,15            | 0,5384   | 0,0140         | 9,9180          |               |
| 57       | 0,22            | 60               | 1,0570 | 1568,91            | 2859,52            | 1,7160   | 0,0190         | 9,7175          |               |
| 58       |                 | 96               | 0,9770 | 1364,13            | 2708,35            | 2,0236   | 0,0030         | 9,7950          |               |
| 59       |                 | 153              | 0,4520 | 1197,07            | 2592,69            | 1,2524   | 0,0150         | 9,8260          |               |
| 60       |                 | 245              | 0,3965 | 1056,71            | 2512,38            | 1,0948   | 0,0310         | 9,8775          |               |
| 61       | 0,30            | 60               | 1,3630 | 1793,43            | 3629,35            | 3,0016   | 0,0410         | 9,6920          |               |
| 62       |                 | 96               | 0,9880 | 1467,68            | 3477,36            | 3,5344   | 0,0110         | 9,7790          |               |
| 63       |                 | 153              | 0,3370 | 1297,14            | 3303,71            | 1,9262   | 0,0040         | 9,8480          |               |
| 64       |                 | 245              | 0,3375 | 1219,04            | 3239,60            | 3,2524   | 0,0170         | 9,8760          |               |

EK-2. Kesme kuvvetleri sonuçları çizelgesi

| Deney No | İlerleme mm/dev | Kesme Hızı (m/dak) | F <sub>r</sub> (N) | F <sub>c</sub> (N) |               | Deney No | İlerleme mm/dev | Kesme Hızı (m/dak) | F <sub>r</sub> (N) | F <sub>c</sub> (N) |               |
|----------|-----------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------|----------|-----------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------|
| 1        | 0,06            | 60                 | 640,67             | 1090,03            | GM KAPLAMALI  | 17       | 0,06            | 60                 | 401,69             | 852,8              | TF KAPLAMALI  |
| 2        |                 | 96                 | 567,34             | 957,74             |               | 18       |                 | 96                 | 491,03             | 888,59             |               |
| 3        |                 | 153                | 549,13             | 897,07             |               | 19       |                 | 153                | 502,92             | 856,33             |               |
| 4        |                 | 245                | 556,11             | 871,45             |               | 20       |                 | 245                | 583,59             | 875,53             |               |
| 5        | 0,14            | 60                 | 1202,18            | 2004,08            |               | 21       | 0,14            | 60                 | 752,38             | 1681,28            |               |
| 6        |                 | 96                 | 1162,45            | 1898,59            |               | 22       |                 | 96                 | 806,72             | 1674,61            |               |
| 7        |                 | 153                | 1058,9             | 1786,23            |               | 23       |                 | 153                | 805,37             | 1645,97            |               |
| 8        |                 | 245                | 977,55             | 1710,28            |               | 24       |                 | 245                | 737,14             | 1578,03            |               |
| 9        | 0,22            | 60                 | 1599,64            | 2779,05            |               | 25       | 0,22            | 60                 | 1069,7             | 2496,53            |               |
| 10       |                 | 96                 | 1428,54            | 2631,59            |               | 26       |                 | 96                 | 1043,09            | 2428,63            |               |
| 11       |                 | 153                | 1288,94            | 2529,32            |               | 27       |                 | 153                | 980,99             | 2362,9             |               |
| 12       |                 | 245                | 1212,86            | 2450,94            |               | 28       |                 | 245                | 927,62             | 2293,53            |               |
| 13       | 0,3             | 60                 | 1903,55            | 3638,37            |               | 29       | 0,3             | 60                 | 1341,48            | 3273,61            |               |
| 14       |                 | 96                 | 1804,98            | 3490,38            |               | 30       |                 | 96                 | 1238,28            | 3182,54            |               |
| 15       |                 | 153                | 1628,44            | 3358,72            |               | 31       |                 | 153                | 1180,97            | 3104,27            |               |
| 16       |                 | 245                | 1509,64            | 3208,83            |               | 32       |                 | 245                | 1028,21            | 2982,06            |               |
| 33       | 0,06            | 60                 | 918,27             | 1203,43            | GM KAPLAMASIZ | 49       | 0,06            | 60                 | 610,77             | 1054,68            | TF KAPLAMASIZ |
| 34       |                 | 96                 | 966,20             | 1168,74            |               | 50       |                 | 96                 | 621,11             | 1040,92            |               |
| 35       |                 | 153                | 822,13             | 1078,33            |               | 51       |                 | 153                | 756,33             | 1081,29            |               |
| 36       |                 | 245                | 779,83             | 1044,42            |               | 52       |                 | 245                | 745,16             | 1078,94            |               |
| 37       | 0,14            | 60                 | 1385,97            | 2103,21            |               | 53       | 0,14            | 60                 | 1170,56            | 2005,21            |               |
| 38       |                 | 96                 | 1230,59            | 1935,84            |               | 54       |                 | 96                 | 1146,17            | 1938,69            |               |
| 39       |                 | 153                | 1133,67            | 1868,91            |               | 55       |                 | 153                | 1014,33            | 1854,14            |               |
| 40       |                 | 245                | 1044,29            | 1812,34            |               | 56       |                 | 245                | 913,06             | 1805,15            |               |
| 41       | 0,22            | 60                 | 1759,90            | 2922,52            |               | 57       | 0,22            | 60                 | 1568,91            | 2859,52            |               |
| 42       |                 | 96                 | 1521,44            | 2742,05            |               | 58       |                 | 96                 | 1364,13            | 2708,35            |               |
| 43       |                 | 153                | 1369,95            | 2655,41            |               | 59       |                 | 153                | 1197,07            | 2592,69            |               |
| 44       |                 | 245                | 1296,25            | 2602,20            |               | 60       |                 | 245                | 1056,71            | 2512,38            |               |
| 45       | 0,3             | 60                 | 2110,92            | 3751,96            |               | 61       | 0,3             | 60                 | 1793,43            | 3629,35            |               |
| 46       |                 | 96                 | 1860,65            | 3552,82            |               | 62       |                 | 96                 | 1467,68            | 3477,36            |               |
| 47       |                 | 153                | 1656,96            | 3435,69            |               | 63       |                 | 153                | 1297,14            | 3303,71            |               |
| 48       |                 | 245                | 1503,53            | 3351,90            |               | 64       |                 | 245                | 1219,04            | 3239,60            |               |

EK-3. Yüzey pürüzlülük değerleri sonuçları çizelgesi

| Deney No | İlerleme mm/dev | Kesme Hızı (m/dak) | Ra Dip | Ra Yan |               | Deney No | İlerleme mm/dev | Kesme Hızı (m/dak) | Ra Dip | Ra Yan |               |
|----------|-----------------|--------------------|--------|--------|---------------|----------|-----------------|--------------------|--------|--------|---------------|
| 1        | 0,06            | 60                 | 0,4805 | 5,1440 | GM KAPLAMALI  | 17       | 0,06            | 60                 | 1,0920 | 1,6354 | TF KAPLAMALI  |
| 2        |                 | 96                 | 0,3205 | 6,0088 |               | 18       |                 | 96                 | 0,3705 | 1,6672 |               |
| 3        |                 | 153                | 0,2900 | 4,0488 |               | 19       |                 | 153                | 0,3380 | 0,5120 |               |
| 4        |                 | 245                | 0,2195 | 4,4404 |               | 20       |                 | 245                | 0,2500 | 1,4670 |               |
| 5        | 0,14            | 60                 | 0,7505 | 4,5486 |               | 21       | 0,14            | 60                 | 1,5615 | 1,8502 |               |
| 6        |                 | 96                 | 0,2875 | 4,1734 |               | 22       |                 | 96                 | 0,5350 | 1,0882 |               |
| 7        |                 | 153                | 0,2585 | 2,9512 |               | 23       |                 | 153                | 0,2755 | 2,3156 |               |
| 8        |                 | 245                | 0,2005 | 2,8962 |               | 24       |                 | 245                | 0,2105 | 1,4862 |               |
| 9        | 0,22            | 60                 | 0,5735 | 1,6788 |               | 25       | 0,22            | 60                 | 1,3695 | 1,4996 |               |
| 10       |                 | 96                 | 0,2830 | 0,4942 |               | 26       |                 | 96                 | 0,3910 | 1,4450 |               |
| 11       |                 | 153                | 0,2650 | 1,1772 |               | 27       |                 | 153                | 0,3540 | 1,4058 |               |
| 12       |                 | 245                | 0,2385 | 0,4080 |               | 28       |                 | 245                | 0,2060 | 1,6552 |               |
| 13       | 0,3             | 60                 | 0,5730 | 0,9304 |               | 29       | 0,3             | 60                 | 1,5555 | 2,0372 |               |
| 14       |                 | 96                 | 0,3135 | 0,9478 |               | 30       |                 | 96                 | 0,4135 | 2,4668 |               |
| 15       |                 | 153                | 0,2470 | 0,8500 |               | 31       |                 | 153                | 0,2665 | 2,4652 |               |
| 16       |                 | 245                | 0,2410 | 1,6616 |               | 32       |                 | 245                | 0,2235 | 2,7010 |               |
| 33       | 0,06            | 60                 | 0,4805 | 5,1440 | GM KAPLAMASIZ | 49       | 0,06            | 60                 | 1,0920 | 1,6354 | TF KAPLAMASIZ |
| 34       |                 | 96                 | 0,3205 | 6,0088 |               | 50       |                 | 96                 | 0,3705 | 1,6672 |               |
| 35       |                 | 153                | 0,2900 | 4,0488 |               | 51       |                 | 153                | 0,3380 | 0,5120 |               |
| 36       |                 | 245                | 0,2195 | 4,4404 |               | 52       |                 | 245                | 0,2500 | 1,4670 |               |
| 37       | 0,14            | 60                 | 0,7505 | 4,5486 |               | 53       | 0,14            | 60                 | 1,5615 | 1,8502 |               |
| 38       |                 | 96                 | 0,2875 | 4,1734 |               | 54       |                 | 96                 | 0,5350 | 1,0882 |               |
| 39       |                 | 153                | 0,2585 | 2,9512 |               | 55       |                 | 153                | 0,2755 | 2,3156 |               |
| 40       |                 | 245                | 0,2005 | 2,8962 |               | 56       |                 | 245                | 0,2105 | 1,4862 |               |
| 41       | 0,22            | 60                 | 0,5735 | 1,6788 |               | 57       | 0,22            | 60                 | 1,3695 | 1,4996 |               |
| 42       |                 | 96                 | 0,2830 | 0,4942 |               | 58       |                 | 96                 | 0,3910 | 1,4450 |               |
| 43       |                 | 153                | 0,2650 | 1,1772 |               | 59       |                 | 153                | 0,3540 | 1,4058 |               |
| 44       |                 | 245                | 0,2385 | 0,4080 |               | 60       |                 | 245                | 0,2060 | 1,6552 |               |
| 45       | 0,3             | 60                 | 0,5730 | 0,9304 |               | 61       | 0,3             | 60                 | 1,5555 | 2,0372 |               |
| 46       |                 | 96                 | 0,3135 | 0,9478 |               | 62       |                 | 96                 | 0,4135 | 2,4668 |               |
| 47       |                 | 153                | 0,2470 | 0,8500 |               | 63       |                 | 153                | 0,2665 | 2,4652 |               |
| 48       |                 | 245                | 0,2410 | 1,6616 |               | 64       |                 | 245                | 0,2235 | 2,7010 |               |

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : MEYDANERİ Fatih  
Uyruğu : T.C.  
Doğum tarihi ve yeri : 09.06.1983  
Medeni hali : Bekar  
Telefon : 0 (312) 222 66 75  
Faks :  
e-mail : meydaneri@gazi.edu.tr

### Eğitim

| Derece | Eğitim Birimi                    | Mezuniyet tarihi |
|--------|----------------------------------|------------------|
| Lisans | Gazi Üniversitesi/ Makina Bölümü | 2009             |
| Lise   | Kırıkkale Anadolu Teknik Lisesi  | 1999             |

### İş Deneyimi

| Yıl        | Yer                    | Görev             |
|------------|------------------------|-------------------|
| 2013-..... | Hacettepe Üniversitesi | Öğretim Görevlisi |

### Yabancı Dil

İngilizce

### Hobiler

Futbol, Masa tenisi, Bilgisayar teknolojileri