

KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAKİNE ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

16MNCR5 (1.7131) SEMENTASYON ÇELİĞİNİN TİN KAPLAMALI KARBÜR
TAKIMLA TORNALANMASINDA KESME PERFORMANSININ
DEĞERLENDİRİLMESİ

DOĞUKAN AKYEL

TEMMUZ 2013

ÖZET

16MnCr5 (1.7131) SEMENTASYON ÇELİĞİNİN TİN KAPLAMALI KARBÜR TAKIMLA TORNALANMASINDA KESME PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ

AKYEL, Doğukan

Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Ersan ASLAN

Temmuz 2013, 50 Sayfa

Tez çalışması kapsamında; 16MnCr5 (1.7131) malzemesinin tornalama işlemi esnasında oluşan kesme kuvveti, pürüzlülük değerleri ölçülmüştür. Deneyler için 40 mm çapında 16MnCr5 sementasyon çeliği kullanılmıştır.

İşleme deneylerinde;

Kesme derinlikleri; 1,5, 1,75, 2 mm

Kesme hızları 350, 375, 400 m/dak ve

İlerleme değerleri 0,1; 0,15; 0,2 mm /dev olacak şekilde işleme değişkenlerine sahip TNMG 160408 RN kodlu kesici uç ve MTJNR 2525 M16N kodlu kater kullanılmıştır. Kesici uç kalitesi Kennametal KC9125 (ISO P20)'dir.

Bu değerlerin kombine edilmesi sonucunda 27 farklı deney gerçekleştirilmiş olup, bu deneyler neticesinde optimum değerler tespit edilmiştir. Her bir deney için kesme kuvveti değerleri ve pürüzlülük değerleri elde edilmiştir. Deney sonuçları incelendiğinde 1,5 mm kesme derinliği, 400 m/dak kesme hızı ve 0,1 mm/dev ilerleme değerlerinde; 0,627 µm ile en düşük yüzey pürüzlülük değeri ve 429 N'luk en küçük kesme kuvveti ile optimum değerler saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Talaş kaldırma, Kesme kuvveti, Yüzey pürüzlülüğü, Kesme performansı

ABSTRACT

INVESTIGATION OF CUTTING TOOL PERFORMANCE D WHILE TURNING 16MNCr5 (1.7131) WITH TIN COATED CARBIDE CUTTING TOOL

AKYEL, Doğukan

Kırıkkale University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Depermant of Mechanical. Eng., M.Sc.Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Ersan Aslan

July 2013, 50 Pages

In this thesis, cutting force and roughness values of 16MnCr5 (1.7131) material were determined during the process of turning. 16MnCr5 cementation steel, 40 mm diameter, was used in the experiments.

In the experimental studies;

Cutting depths; 1,5, 1,75, 2 mm

Cutting speeds 350, 375, 400 m/min

Feeding values 0,1; 0,15; 0,2 mm /rev with these variable process TNMG 16040RN cutting tool and MTJNR 2525 M16N holder was used. Cutting tool grade is Kennametal KC9125 (ISO P20).

27 different experiments were realized by taking this combination values. Optimized values were found as a result of these experiments. Cutting force and roughness values were obtained for each experiment. The case of 1,5 mm cutting depth, 400 m/min cutting speed, 0,1 mm/rev feeding value were determined as the optimum values with 0,627 μm and 429 N were the lowest surface roughness and the lowest cutting force values, respectively.

Key Words: Machining, Cutting force, Surface Roughness, Cutting Performance

TEŐEKKÖR

Bu çalıőmanın her aőamasında bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, tezimin hazırlanmasında bana her türlü yardımı esirgemeyen tez danışmanım Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Müsteőarı Prof. Dr. Ersan ASLAN'a, tezin her safhasında bana yardımcı olan Kırıkkale Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünün öğretim üyesi Yrd. Doç. Dr. Ali Osman ER'e, deneylerin yapılması esnasında yardımlarını esirgemeyen Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü Araştırma Görevlisi Gültekin UZUN'a ve son olarak her konuda olduğu gibi tezimi hazırlamam esnasında da maddi ve manevi yardımlarını esirgemeyen değerli aileme en içten teőekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

| | |
|--|------|
| ÖZET | i |
| ABSTRACT | ii |
| TEŞEKKÜR | iii |
| İÇİNDEKİLER DİZİNİ | iv |
| ÇİZELGELER DİZİNİ | vii |
| ŞEKİLLER DİZİNİ | viii |
| SİMGELER DİZİNİ | x |
| KISALTMALAR DİZİNİ | xi |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 1.1. Literatür Araştırması | 2 |
| 1.2. Literatür Araştırmasınının Değerlendirilmesi..... | 3 |
| 2. TALAŞLI İMALAT | 5 |
| 2.1. Talaşlı İmalat Kavramı ve Önemi..... | 5 |
| 2.2. Talaşlı İmalatta Kesici Takımlar..... | 6 |
| 2.3. Kesici Takım Malzemeleri..... | 7 |
| 2.3.1. Takım çelikleri..... | 7 |
| 2.3.2. Sert metaller..... | 7 |
| 2.3.3. Seramikler..... | 7 |
| 2.3.4. Elmaslar..... | 7 |
| 2.4. Kesici Takım Seçimi..... | 8 |
| 2.5. Tornalama İşleminde Kesme Parametreleri..... | 9 |
| 2.5.1. Kesme Parametrelerinin Belirlenmesinde Taguchi Yaklaşımı..... | 9 |
| 3. KESME KUVVETİ | 11 |
| 3.1. Kesme Kuvvetinin Tanımlanması ve Önemi..... | 11 |
| 3.2. Kesme Modeli ve Mekanığı..... | 13 |
| 3.3. Ortogonal Kesme..... | 13 |
| 3.4. Eğik Kesme..... | 14 |

| | |
|--|-----------|
| 3.5. Kesici Takım Geometrisi..... | 15 |
| 3.6. Kesme Kuvvetleri ile Kesme Parametreleri İlişkisi..... | 16 |
| 3.7. Kesme Kuvveti Titreşim İlişkisi..... | 17 |
| 4. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ..... | 18 |
| 4.1. Yüzey Pürüzlülüğü Kavramı..... | 18 |
| 4.2. Yüzey Pürüzlülüğünün Nedenleri..... | 20 |
| 4.3. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Teknikleri..... | 21 |
| 4.3.1. Dokunma metodu..... | 22 |
| 4.3.2. Yüzey dinamometresi yöntemi..... | 22 |
| 4.3.3. X ışını yöntemi..... | 22 |
| 4.3.4. Elektron mikroskobu yöntemi..... | 22 |
| 4.3.5. Kesit alma yöntemi..... | 22 |
| 4.3.6. İzleyici uçlu (Stylus) cihazlar yöntemi..... | 23 |
| 4.4. Kesme parametreleri – yüzey pürüzlülüğü ilişkisi..... | 23 |
| 4.4.1. İlerleme değerinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisi..... | 23 |
| 4.4.2. Kesme derinliğinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisi..... | 23 |
| 4.4.3. Kesme hızının yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisi..... | 24 |
| 4.5. Takımlama sistemi– yüzey pürüzlülüğü ilişkisi..... | 24 |
| 5. MATERYAL VE METOT..... | 26 |
| 5.1. Deney Düzeni..... | 26 |
| 5.1.1. Kesme kuvvetlerinin ölçülmesi..... | 26 |
| 5.1.2. Yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesi..... | 26 |
| 5.2. İş Parçası Malzemesi..... | 26 |
| 5.3. Kesici Takımlar ve Kater..... | 27 |
| 5.4. Takım Tezgahı..... | 28 |
| 5.5. Pürüzlülük ölçüm cihazı..... | 28 |
| 5.6. Kesme Parametreleri..... | 29 |
| 5.7. Deneylerin Yapılması ve Grafiklerin Elde Edilmesi..... | 31 |

| | |
|---|-----------|
| 6. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA..... | 34 |
| 6.1. Değerlendirme Esasları..... | 34 |
| 6.1.1. Kesme kuvveti grafiklerinin değerlendirilmesi..... | 34 |
| 6.1.2. Yüzey pürüzlülük değerlerinin değerlendirilmesi..... | 39 |
| 7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER..... | 46 |
| 7.1. Sonuçlar..... | 46 |
| 7.2. Öneriler..... | 47 |
| KAYNAKLAR..... | 48 |

ÇİZELGELER DİZİNİ

| <u>ÇİZELGE</u> | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| 5.1. Deney numunesinin kimyasal bileşimi..... | 26 |
| 5.2. Kesici ucun geometrik özellikleri..... | 27 |
| 5.3. Yüzey pürüzlülük cihazının teknik özellikleri..... | 28 |
| 5.4. Taguchi yöntemiyle belirlenmiş kesme parametreleri..... | 30 |
| 6.1. Kesme kuvvetlerinin deneysel sonuçları..... | 35 |
| 6.2. Yüzey pürüzlülük değerleri..... | 40 |

ŞEKİLLER DİZİNİ

| <u>ŞEKİL</u> | <u>Sayfa</u> |
|---|--------------|
| 1.1. Dimla'nın çalışması ve deney setinin gösterimi..... | 3 |
| 2.1. Talaş kaldırma işlemi..... | 5 |
| 2.2. Kesici takımın temel bileşenleri..... | 8 |
| 2.3. Taguchi'nin kalite kontrol sistemi..... | 10 |
| 3.1. Tornalama işlemi esnasında oluşan kesme kuvvetleri..... | 12 |
| 3.2. Ortogonal kesme modeli..... | 14 |
| 3.3. Eğik kesme modeli..... | 14 |
| 3.4. Kesici takım geometrisi..... | 15 |
| 3.5. Negatif ve Pozitif talaş açıları..... | 16 |
| 3.6. Kesme hızı ve ilerlemenin kesme kuvvetleri üzerindeki etkisi..... | 17 |
| 4.1. Yüzey pürüzlülüğü için örnekleme uzunluğu | 18 |
| 4.2. A alanı ve C-C eksenlerinin belirlenmesi..... | 19 |
| 4.3. C-C eksenin alt ve üst kısmında kalan alanlar..... | 19 |
| 4.4. Kesme hızı ve ilerleme değerlerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi..... | 21 |
| 4.5. Titreşimin yüzey pürüzlülüğüne etkisi..... | 21 |
| 4.6. Tornalama işleminde takım geometrisi ve yüzey pürüzlülüğü..... | 25 |
| 5.1. Kesici ucun gösterimi..... | 27 |
| 5.2. Deney numunesinin sabitlenmesi ve yüzey pürüzlülük ölçüm işlemi..... | 28 |
| 5.3. Deney Şeması | 29 |
| 5.4. Kesme parametrelerinin en düşük olduğu değerler için kesme kuvveti değerleri (1,5 mm kesme derinliği - deney1)..... | 31 |

| | |
|---|----|
| 5.5. Kesme parametrelerinin en yüksek olduğu değerler için kesme kuvveti değerleri (1,5 mm kesme derinliği - deney9)..... | 32 |
| 5.6. Kesme parametrelerinin en düşük olduğu değerler için kesme kuvveti değerleri (1,75 mm kesme derinliği - deney10)..... | 32 |
| 5.7. Kesme parametrelerinin en yüksek olduğu değerler için kesme kuvveti değerleri (1,75 mm kesme derinliği - deney18)..... | 33 |
| 5.8. Kesme parametrelerinin en düşük olduğu değerler için kesme kuvveti değerleri (2 mm kesme derinliği - deney19)..... | 33 |
| 5.9. Kesme parametrelerinin en yüksek olduğu değerler için kesme kuvveti değerleri (2 mm kesme derinliği - deney27)..... | 33 |
| 6.1. Deney 16 kesici uç aşınması ($V_c = 400$ m/dak, $f = 0,1$ mm/dev, $a_p = 1,75$)... 36 | |
| 6.2. Deney 25 kesici uç aşınması ($V_c = 400$ m/dak, $f = 0,1$ mm/dev, $a_p = 2$ mm).. 37 | |
| 6.3. 1,5 mm kesme derinliğinde kesme hızı ve ilerlemeye bağlı olarak esas kesme kuvvetindeki değişim..... | 37 |
| 6.4. 1,75 mm kesme derinliğinde kesme hızı ve ilerlemeye bağlı olarak esas kesme kuvvetindeki değişim..... | 38 |
| 6.5. 2 mm kesme derinliğinde kesme hızı ve ilerlemeye bağlı olarak esas kesme kuvvetindeki değişim..... | 38 |
| 6.6. 1,5 mm kesme derinliğinde yüzey pürüzlülüğündeki değişim..... | 41 |
| 6.7. 1,75 mm kesme derinliğinde yüzey pürüzlülüğündeki değişim..... | 42 |
| 6.8. 2 mm kesme derinliğinde yüzey pürüzlülüğündeki değişim..... | 43 |
| 6.9. 0,1 mm/dev ilerlemede kesme derinliği - yüzey pürüzlülük grafiği..... | 44 |
| 6.10. 0,15 mm/dev ilerlemede kesme derinliği - yüzey pürüzlülük grafiği..... | 44 |
| 6.11. 0,2 mm/dev ilerlemede kesme derinliği - yüzey pürüzlülük grafiği..... | 45 |

SİMGELER DİZİNİ

| | |
|------------------|---------------------------------------|
| A | Örnekleme alanı (mm ²) |
| D | Kesici uç yuvarlanma çapı (mm) |
| D1 | Kesici uç vida çapı (m) |
| F _c | Esas kesme kuvveti (N) |
| F _p | Radyal kuvvet (N) |
| F _f | İlerleme kuvveti (N) |
| f | İlerleme (mm/dev) |
| H _m | Örnekleme alan uzunluk oranı |
| L | Örnekleme uzunluğu (mm) |
| L10 | Kesici kenar boyu (mm) |
| K _r | Yaklaşma açısı (°) |
| K _r ' | Uzaklaşma açısı (°) |
| pF | Dinamometre kapasitansı |
| R _a | Ortalama pürüzlülük (mm) |
| R _z | 5 noktaya göre pürüzlülük değeri (mm) |
| R _ε | Uç yarıçapı (mm) |
| S | Kesici kenar genişliği (mm) |
| V _c | Kesme hızı (m/dak) |
| V _q | Düşey büyültme değeri |
| V _B | Aşınma miktarı (mm) |

KISALTMALAR DİZİNİ

| | |
|-----|--|
| TİN | Titanyum Nitrür |
| BUE | Built-up Edge (Talaş yapışması ve sıvanması) |
| CNC | Computer Numerical Control |
| TSE | Türk Standartları Enstitüsü |

1. GİRİŞ

Talaşlı imalat, önceden tasarımı yapılan makine elemanlarının uygun kesici takımlarla kesme operasyonuna tabi tutularak şekil verilmesini kapsayan geniş bir süreçtir. Bu süreçte tekrar edilebilir parçalar elde edebilmek için birçok faktörün en optimum şartlarda ayarlanması gerekir. Tekrar edilebilirlik; farklı operatörler ile aynı parçayı, aynı karakteristik özelliklerde, aynı ölçme cihazını kullanarak ölçtüğümüzde, ölçme dağılımlarının ortalamaları içindeki değişkenlik olarak tanımlanabilir.

Talaşlı imalat işlemleri, parça üretiminde minimum maliyet ve kaliteyi amaçlamaktadır. Bu amaçlara uygun olarak talaşlı imalat frezeleme, tornalama, taşlama gibi metal kesme işlemlerinden meydana gelmektedir. Metal parçaları; talaşlı imalat işlemlerinde yüksek sıcaklık ve basınç oluşturarak metallerin difüzyonuna, kimyasal reaksiyonlara, kötü yüzey kalitesine, toleranslar dışında üretime, iş parçasının zarara uğramasına son olarak da yüzey kalitesinin bozulmasına neden olur [1].

Talaşlı imalat konusunda yapılan çalışmalarda, yüzey pürüzlülük değerinin düşük olması için kesme parametreleri, takım tezgahları, kesici takım geometrisi ve iş parçası üzerine iyileştirmeler yapılmıştır. Bu iyileştirmeler günümüz sanayisinde ve makinecilite önemli kilometre taşlarını oluşturmuşlardır.

Kesme işlemi esnasında yüzey pürüzlülüğüne bağlı olarak kesici takımlarda oluşan titreşimin teorik ve deneysel olarak analizleri de yapılmış olup, bu alanda çalışmalara devam edilmektedir [2].

Bu tezin öncelikli amacı, talaşlı imalatta kesici uca göre belirlenen kesme parametreleri ile, kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülük değerlerinin deneysel olarak değerlendirilmesidir. Elde edilen veriler ışığında ve kesme kuvvetleri çatısı altında yüzey pürüzlülüğü ile ilgili yorumlamalar yapıp optimum kesme performansı değerlerinin ortaya konması esas hedeftir. Deney numunesi olarak 16MnCr5

sementasyon çeliği seçilmiş olup 27 farklı deney sonucunda tüm deney bulguları arasında ilişki ortaya konmaya çalışılmıştır.

1.1. Literatür Araştırması

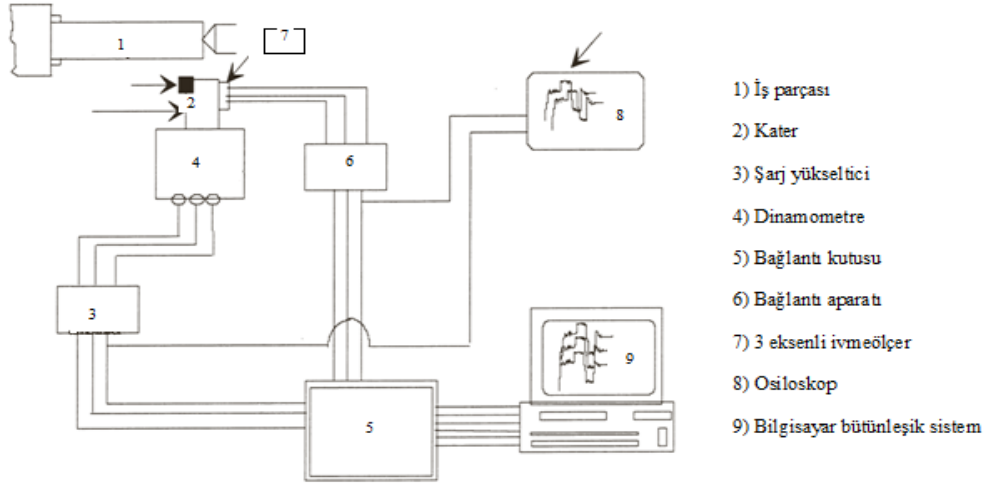
Talaşlı imalat alanında günümüzde yapılan akademik çalışmalarda yüzey pürüzlülüğünün iyileştirilmesi amacıyla ciddi çalışmalar mevcuttur [3, 4, 5]. Bu çalışmaların temel amacı tekrarlanabilir yüzey pürüzlülüğü değerlerini elde edebilmektir. Yüzey kalitesini etkileyen en önemli unsurlardan biri de mekanik titreşimlerdir [1, 2]. Titreşimlerin esas nedeni kesme kuvvetlerindeki değişimdir. Bu nedenle kesme kuvveti ile ilgili çalışmalar [6, 7, 8] literatürde mevcuttur. Bu çalışmaların yanı sıra kesme kuvvetlerinin-talaş açısıyla değişimi [9] ve kesme kuvvetleri-kesme parametreleri [10] arasındaki ilişkiler değerlendirilmeye çalışılmıştır.

Kesme parametrelerini belirlemek, deneylerin gerçekleşmesinden önce yapılacak önemli bir işlemdir. Bu parametreler talaş kaldırılacak malzemenin ve kesici ucun özelliklerine göre belirlenir. Kesme parametrelerinden ilerleme değeri yüzey pürüzlülüğünü doğrudan etkilemektedir [11]. İlerlemenin yanı sıra kesme hızı ve kesme derinliğinin değişiminin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisi de yapılan çalışmalar ile incelenmiştir [12].

Mekanik titreşimler; kesici takım geometrisi, yüzey pürüzlülüğü ve tezgaha parça bağlama yöntemleri ile ilişkilidir. Kesme esnasında birçok sebebe bağlı olarak oluşan bu titreşimler kesme performansını olumsuz yönde etkilemektedir [13].

AISI 4140 ıslah çeliğinin kullanıldığı çalışmada [14] kuru kesme şartlarında tornalama işlemi gerçekleştirilmiştir. Kesme hızı, kesme derinliği ve ilerleme değerlerine bağlı olarak tornalama sonucu ortalama yüzey pürüzlülüğü değerleri, takım tutucu üzerindeki titreşim ve akustik emisyon ölçülmüştür. Ölçümler sonucunda ilerleme değeri ile yüzey pürüzlülük değerinin arttığı gözlenmiştir. Bunun yanı sıra kesme hızı ve ilerleme değerlerinin artışı ile titreşim değerinin arttığı belirlenmiştir.

Kesme kuvvetleri ve titreşim sinyallerinin analitik bir model geliştirilerek izlendiği bir başka çalışmada [15]; değişik kesme şartlarında belirlenen kesme parametreleri ile kesici ucun davranışı izlenmiştir.



Şekil 1.1. Dimla'nın çalışması ve deney setinin gösterimi [15]

Freze ve tornalama işlemleri için titreşim ve yüzey pürüzlülüğü arasındaki ilişkinin belirlenmeye çalışıldığı çalışmada ise [16]; iş parçası ve kesici takım konumlamalarının titreşim üzerinde büyük bir etkisi olduğu gerçeği ortaya çıkarılmıştır. Takım geometrisinin yüzey pürüzlülüğü ve titreşim değerleri üzerindeki etkisi de çalışmalara konu olmuştur [17]. Uygun takım geometrisinin, iş parçası üzerindeki olumsuz etkileri azalmada önemli bir unsur olduğu görülmüştür.

1.2. Literatür Araştırmasının Değerlendirilmesi

Literatür çalışmaları incelendiğinde kesme performansı kavramının, yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri ile açıklanabilir bir kavram olduğu görülmüştür. Birçok çalışmada yüzey pürüzlülüğü değerinin ilerleme değeriyle doğru orantılı şekilde arttığı gözlemlenmiştir [4, 18]. Kesme parametrelerinden ilerleme ve kesme hızının önemi bir başka çalışmada daha [13] vurgulanmıştır. Ayrıca bu çalışmada

C45 karbon çeliği kullanılmış olup, ilerleme değeriyle orantılı olarak kesme esnasındaki sıcaklığın da artışı gözlemlenmiştir. Kesme sıcaklığının; kesme hızının artmasıyla birlikte yükselme gösterdiği, bunun da kesici takımın aşınmaya karşı mukavemetini dolayısı ile kesici takım ömrünü azalttığı tespit edilmiştir [19].

Kesme hızındaki artış, kesme kuvvetlerinin daha düşük değerlerde oluşmasına neden olmaktadır. Bu azalma eğilimi; kesme hızındaki artışla birlikte talaş kaldırma bölgesindeki sıcaklığın artmasıyla kesici takım – talaş ara yüzeyindeki kayma dayanımındaki düşüş ile açıklanabilmektedir [20].

Kesme parametreleri, kesme şartlarına ve kesici takıma uygun olarak seçilmelidir. Birçok çalışmada kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü ve titreşim ile değişimi çeşitli matematiksel modeller ile açıklanmaya çalışılmıştır [21, 22].

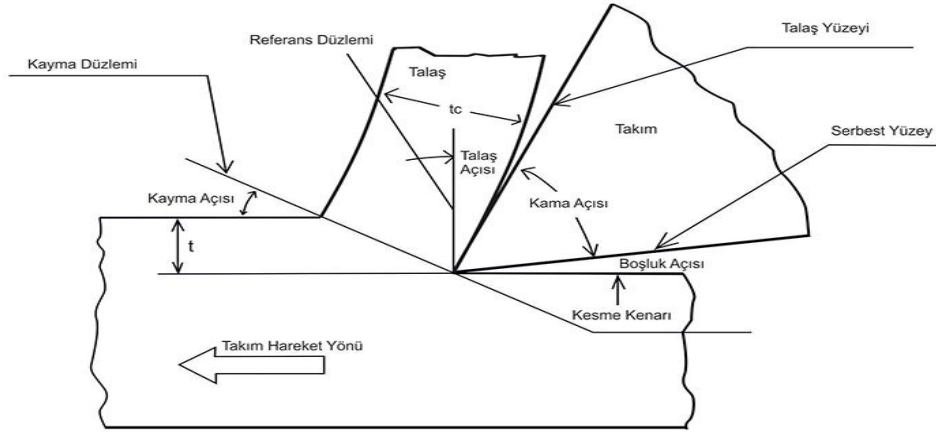
Takım geometrisi, genel olarak yaklaşma açısı, talaş açısı ve uç radyüsü ile tanımlanabilir. Uç yarıçapındaki azalma yüzey pürüzlülük değerini düşürmektedir. Pozitif talaş açıları dikkate alındığında düşük talaş açılarında düşük yüzey pürüzlülük değerleri elde edilmiştir [17].

2. TALAŞLI İMALAT

2.1. Talaşlı İmalat Kavramı ve Önemi

Talaş kaldırma işlemi elastik ve plastik şekil değiştirmeye dayanan, sürtünme, ısı oluşumu, talaşın kırılması ve büzülmesi, işlenen parça yüzeyinde oluşan deformasyon sertleşmesi, kesici ucun aşınması gibi olayların gözlendiği karmaşık bir fiziksel olaydır. Talaşlı imalat bir talaş oluşturma işlemidir. İşlemin amacı metali belirli bir şekil ve boyuta getirmekse de bu işlemin uygun talaş oluşumunu sağlayacak şekilde yapılması zorunludur. Talaşlı imalat; malzeme, kimya, statik, ısı, gibi birçok farklı bilim dalını içeren dinamik bir teknolojidir.

Talaş kaldırma işleminde; kesici takım iş parçası üzerine belirli bir kuvvetle bastırıldığında, malzemede elastik ve plastik şekil değiştirmelerden sonra akımlar başlar. Gerilmeler malzemenin kopma sınırını geçtiği anda talaş olarak adlandırılan belirli bir yüzey tabakası iş parçasından ayrılır.



Şekil 2.1. Talaş kaldırma işlemi [13]

Talaş kaldırmaya etki eden faktörler şunlardır:

- Kesici takım ömrü
- Kesme hızı
- Kesme derinliği

- İlerleme miktarı
- Kesme açıları
- Titreşim
- Soğutma sıvısı
- Takım/iş parçası malzeme çifti
- Kesici takım geometrisi

2.2. Talaşlı İmalatta Kesici Takımlar

Talaş kaldırma işlemi daha önce standartlarla belirlenmiş bir takım kesici takımlar ile gerçekleştirilir. Uygulama alanlarının çok geniş olması nedeniyle bir kesici takım tek başına üretimin gereksinimlerini karşılayamaz. Herhangi bir kesici takım ile her türlü kesme işlemi gerçekleştirilemez. Çünkü her bir kesici takımın kullanım alanı sınırlıdır. Dolayısı ile spesifik uygulamalarda kesici takım seçimine aşağıdaki faktörler etki etmektedir.

- İşlenecek olan malzemenin sertliği
- İş parçası yüzeyinden kaldırılacak talaş miktarı
- İşlem sonrasında elde edilecek yüzeyin pürüzlülük değeri
- Kullanılan kesici takımın ve iş parçasında oluşan titreşim
- İşleme koşulları, kesme kuvvetleri ve sıcaklık
- İşleme esnasında üretilen her bir parçaya düşen takım maliyeti

En ekonomik takım demek en uzun ömürlü olanı ya da en ucuz olanı demek değildir. Aksine ekonomik takım; imalatta en yüksek performansın elde edildiği ve maliyetin minimum olduğu takımdır.

Bu çalışma kapsamında; kesici takımların tornalama esnasındaki kullanımını üzerindeki performansı incelenecektir. Kesme performansı başlığı altında yukarıda ifade edilen kesici takım seçim faktörlerinden kesme kuvvetleri, yüzey pürüzlülüğü başlıkları değerlendirilecektir.

2.3. Kesici Takım Malzemeleri

Kesici takım malzemeleri başlıca; takım çelikleri, sert metallere, seramik takımlar ve elmaslar olarak sınıflandırılır.

2.3.1. Takım çelikleri

Bu grupta karbon çelikleri, az alaşımlı çelikler ve hız çelikleri sertliklerini sertleştirme yolu ile kazanırlar. Bunların içerisinde en yaygın olarak kullanılanları yüksek hız çelikleridir. Takım çelikleri ve özellikle hız çeliklerinin kesme kabiliyetlerini artırmak için çeşitli yüzey kaplama işlemleri yapılmaktadır.

2.3.2. Sert metallere

Sert metal (Hard metal) adını taşıyan sinterlenmiş karbürler, bağlayıcı malzemeleri kobalt (Co) olan: tungsten karbür (WC), titanyum ve Tantalum (TiC, TaC) karbürlerinden sinterleme yolu ile elde edilen malzemelerdir. Çok sert, aşınmaya dayanıklı, yüksek çalışma sıcaklığı ve kesme hızına sahip bu malzemeler günümüzde gittikçe daha çok kullanılmaktadır. Sıcaklığa ve aşınmaya karşı çok mukavim olan bu malzemelerin eğilme ve darbe mukavemetleri çok düşüktür.

2.3.3. Seramikler

Seramik takımlar ana malzemesi alüminyum oksit olan sinterleme ile imal edilebilen malzemelerdir. Yüksek kesme hızlarında kullanılan seramiklerin, eğilme dayanımları çok düşüktür.

2.3.4. Elmaslar

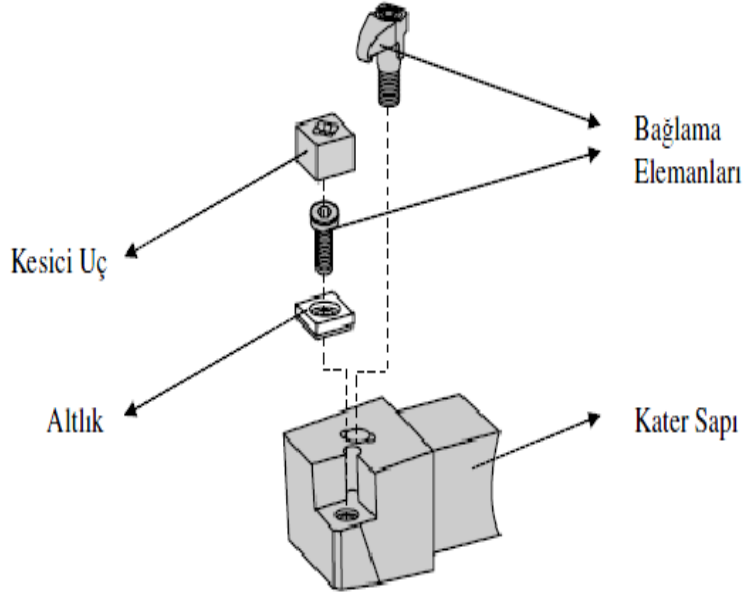
Sıcaklığa ve aşınmaya karşı çok dayanıklı fakat kırılğan, pahalı bir malzemedir. Kırılğan olduğundan ince veya çok ince talaş kaldırma işlemlerinde kullanılır. Normal işlemlerde 100-500 m/dak olan kesme hızı özel hallerde 3000 m/dak'ya çıkabilir. Elmas ile işlenebilen başlıca malzemeler; alüminyum ve alaşımları, bakır ve alaşımları, bronz, pirinç, platin, altın, gümüş, sert ve yumuşak lastik, pleksiglas, teflon, bakalit ve sert kağıt gibi malzemelerdir.

2.4. Kesici Takım Seçimi

Kesici takım terimi genel olarak; birçok kenara sahip bir kesici uç ve kesici ucu sabitleyen bir kater olarak açıklanabilir. Bir sistemde kullanılan kesici ucun kesici kenar diye adlandırılan aktif (kesme işlemine katılan) kenarı, talaş kaldırma işlemi süresince aşınmaktadır. Aşınma ile birlikte bir yandan artan kesme kuvvetlerine bağlı olarak tezgahtan çekilen güç artarken diğer yandan da ürün için hedeflenen yüzey pürüzlülüğü ve boyut hassasiyeti değerlerine de ulaşamamaktadır. Bu durumda yapılması gereken aktif kesici kenarı değiştirmektir.

Kesici takım seçilirken göz önünde bulundurulması gereken unsurlar şunlardır:

- a) Uç tespit sistemi
- b) Kesici ucun şekli
- c) Kesici ucun büyüklüğü
- d) Kesici takım malzemesi
- e) Kesici ucun köşe radyüsü
- f) Kesici ucun tipi
- g) Kesme verileri [21]



Şekil 2.2. Kesici takımın temel bileşenleri [21]

2.5. Tornalama İşleminde Kesme Parametreleri

Tornalama işleminde iş parçasının dönmesini sağlayan ana mildir. Bu milin dönüş hızına ana mil hızı denir. Bu hızın işlenen çapta oluşturduğu çizgisel hıza ise kesme hızı adı verilir. Tornalama işleminde, kesici takım iş parçasının merkezine doğru ilerlediğinde çap değeri düşer. Çap değerindeki düşüş, tezgahın devir sayısı belli bir sınırı aşamayacağından dolayı kesme hızında değişime neden olur. Bu problemi engellemek için çap azaldıkça belirli bir devir sayısı aşılmayacak şekilde ana mil hızı artırılmakta ve kesme hızı değeri sabit tutulmaktadır.

Kesme derinliği, kesme performansını etkileyen önemli faktörlerden biridir. Kesme derinliği; kaldırılacak talaş hacmini belirlenmesinde önemli rol oynar. Kaldırılan talaş hacmi miktarı takım aşınması kavramıyla doğrudan olarak ilişkili olduğundan, kesme derinliği kavramı takım aşınmasını dolaylı olarak etkilemektedir.

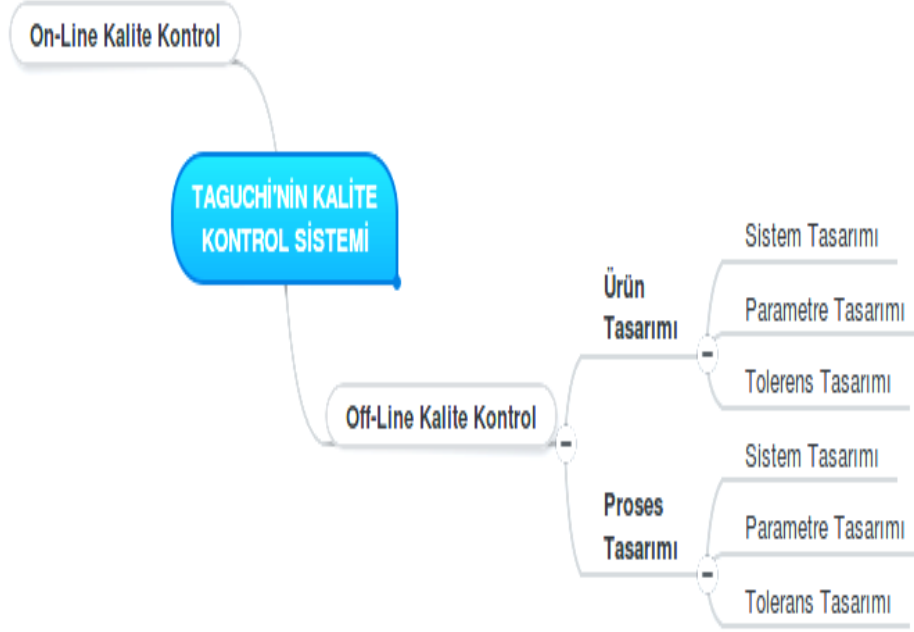
İlerleme, takımın iş parçası bir tam devir atarken yaptığı doğrusal hareket miktarıdır. İlerleme değerinin deneysel çalışmalarda iki etkisinden bahsetmek mümkündür. Bunlardan birincisi, işlenen yüzeyin kalitesi, bir diğeri ise talaş formudur. Bu etkilerinin yanı sıra ilerleme değerinin düşük tutulması takım aşınmasını artırıp takım ömründe azalmaya sebep olur.

2.5.1. Kesme Parametrelerinin Belirlenmesinde Taguchi Yaklaşımı

Endüstride süreç gelişimi araştırmalarında yapılan deneyleri tasarlamak için, en çok bilgiyi en kısa sürede, en az maliyetle ve işgücüyle elde eden çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Deney tasarımı için klasik sayılabilecek bazı yöntemlerin zorlukları, bu konuda yeni çalışmaların yapılmasına neden olmuştur. Taguchi yöntemi bunlardan birisidir [23].

Taguchi yöntemi imalatta temel olarak 3^k sistemi ile belirlenir. Burada 'k' kesme parametreleri sayısını belirtir. Örneğin bu tez kapsamında 3 farklı; kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliği değeri için $k=3$ değeri alınarak 27 farklı deney yapılması kesme performansının belirlenmesinde uygun görülmüştür.

Taguchi yaklaşımında temel hedef; minimum maliyetle kesme performansını belirlenmesi ve kalitenin artırılmasıdır. Kaliteyi sağlamak için yapılan faaliyetler Taguchi tarafından online ve offline olmak üzere iki bölüme ayrılmıştır. Deney tasarımı, Taguchi'nin kalite sisteminde offline kalite kontrol içinde, ürün ve proses tasarımı aşamalarında kullanılmaktadır.



Şekil 2.3. Taguchi'nin kalite kontrol sistemi

3. KESME KUVVETİ

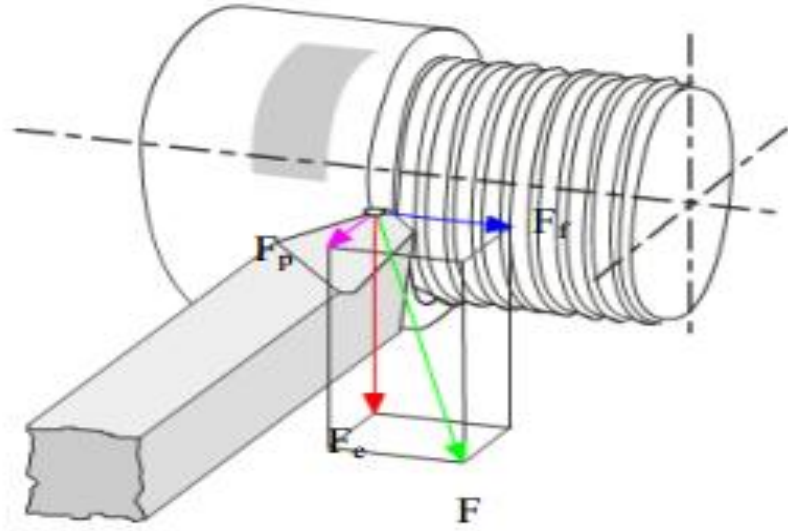
3.1. Kesme Kuvvetinin Tanımlanması ve Önemi

Malzemelerin maruz kaldığı iç ve dış gerilme ölçümleri, basınç ve yükten kaynaklanan kuvvet ölçümleri, tasarımda büyük önem taşır. Bu nedenle mühendislik faaliyetlerinin sürdürüldüğü tüm alanlarda; imal edilecek sistemlerin uzun ömürlü kaliteli, emniyetli ve ekonomik olması için sisteme etki eden tüm kuvvetlerin hassas olarak ölçülmesi gerekir.

Kuvvete maruz kalan elemanların şekil değişiminin hesaplanması, kuvvet ölçümlerinde çok kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem sistem tasarımı ve imalatında başarılı bir şekilde uygulanmaktadır. Deneysel verileri ölçmek ve kaydetmek için donanımlar geliştirilmiş olup, donanımların dinamometre ile bilgisayar bağlantısını gerçekleştirmek için de çeşitli yazılım uygulamaları mevcuttur [24].

Kesme kuvveti çok genel olarak; bir parçanın kesilmesi için gerekli olan kuvvet olarak nitelendirilebilir. Kesme kuvvetlerine birçok faktör etki etmektedir. Bu faktörler; takım tezgahlarının titreşimsiz ve rijit olması şartı ile kesme derinliği, talaş açısı, kesme hızı, ilerleme, iş parçası malzemesi vb. olarak karşımıza çıkmaktadır [2,15].

Tornalama esnasında meydana gelen kuvvetler Şekil 3.1’de gösterilmiştir. Burada; F_c esas kesme kuvvetini, F_f ilerleme kuvvetini ve F_p ’de radyal kuvveti ifade etmektedir. F_p kuvvetinin değeri dik kesme işleminde düşük olarak görüldüğünden normal tornalama işlemlerinde ihmal edilebilmektedir [25].



Şekil 3.1. Tornalama işlemi esnasında oluşan kesme kuvvetleri [25]

Deneysel çalışmalarda; talaş kaldırma işlemlerinde kesme parametreleriyle bağımlı olarak çok büyük kuvvetler oluştuğu bilinmektedir. Kesici takım ve iş parçası oluşan bu kuvvetlerden doğrudan etkilenmektedir. Üç farklı şekilde karşımıza çıkan bu kuvvetlerden en büyüğü kesme geometrisine bağılı olarak esas kesme kuvveti diye nitelendirdiğimiz F_c kuvvetidir. Dolayısıyla kesme kuvveti ile ilgili yorumlamalarda esas kesme kuvveti baz alınmalıdır.

Talaşlı imalat esnasındaki kesme kuvvetinin bilinmesi ve kesici takımın boyutlandırılması kesme işlemi için gerekli gücün hesaplanmasında yarar sağlar. Verimli bir metal kesme işleminde kullanılan kesici takımların geometrisinin optimum tayini için kesme kuvvetlerinin çok iyi anlaşılması gerekir. Bunun yanı sıra optimum kesme parametrelerinin tayini, kesmeye etki eden faktörlerin etraflıca analiz edilmesine bağlıdır.

Talaş kaldırma esnasında sıcaklık, kesme kuvvetleri ve talaş oluşumunun kontrolü sağlanmalıdır. Değişik takım geometrisine sahip takımlardan uygun açılara sahip kesici takımlarla talaş kaldırma işlemi gerçekleştirilirken, takım geometrisinin takım ömrü ve kesici uç mukavemeti üzerindeki etkileri de dikkate alınmalıdır.

3.2. Kesme Modeli ve Mekaniki

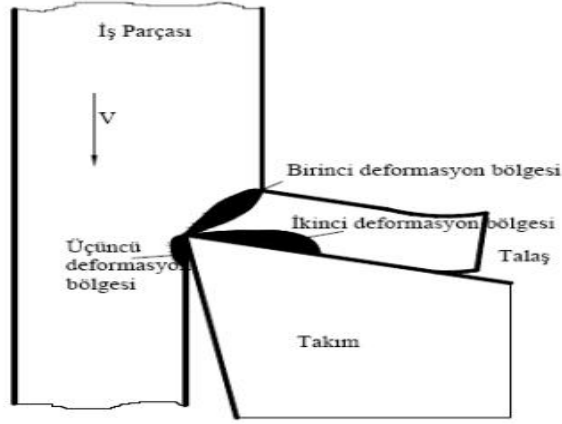
Bir parçanın üzerinden belirli bir malzeme tabakası kaldırılması için, takımın o malzemeye nüfuz etmesi gerekir. Bu da, ancak takıma uygulanan kuvvetlerin yeterli ve takım malzemesinin parça malzemesinden daha sert olması halinde gerçekleşir.

Talaş kaldırma işleminin temelini, dik (ortogonal) kesme mekaniği ve eğik (oblik) kesme mekaniği oluşturmaktadır.

3.3. Ortogonal Kesme

Talaş kaldırma işleminin mekaniği ortogonal kesme ile açıklanabilir. Kesme kenarı ile iş parçası malzemesi arasındaki açı dik olacak şekilde kesme gerçekleştirilir. Ortogonal kesme için verilen Şekil 3.2'den de anlaşılacağı üzere kesme işleminde üç deformasyon bölgesi meydana gelir.

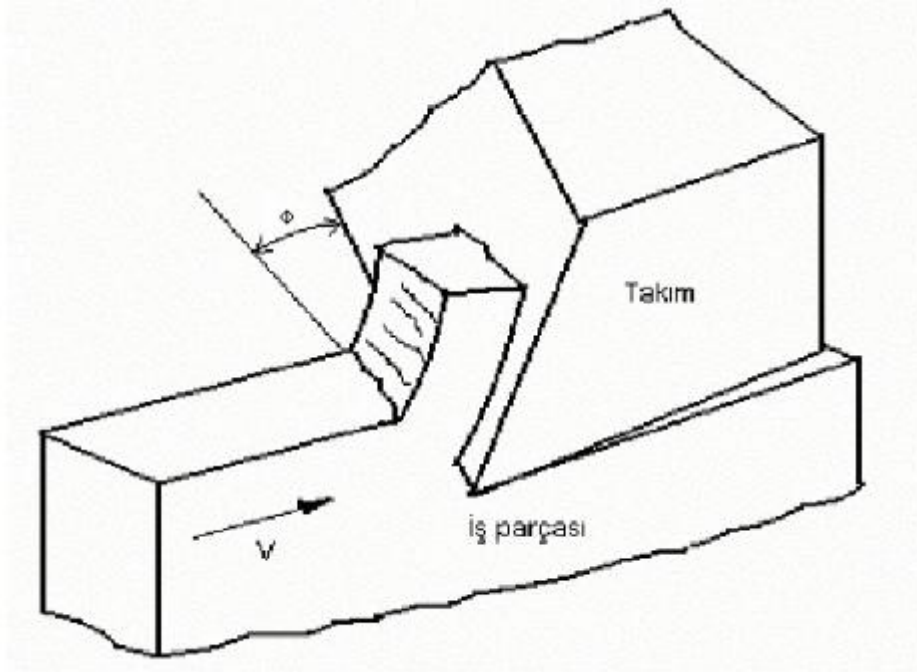
- Birinci deformasyon bölgesi: Takımın kesici kenarının iş parçasına girmesi esnasında bir talaş formu oluşmaya başlar ve birinci deformasyon bölgesini oluşturur.
- İkinci deformasyon bölgesi: İş parçasının kesilmesi ile malzeme kısmen şekil değişimine uğrar ve kesici takımın talaş yüzeyi boyunca hareketi ile ikinci deformasyon bölgesi oluşur.
- Üçüncü deformasyon bölgesi: Takımın yan yüzeyindeki sürtünme bölgesinde ise üçüncü bölge meydana gelir. Talaş başlangıçta takımın talaş yüzeyine yapışır ve burada yapışma bölgesi oluşur.



Şekil 3.2. Ortogonal kesme modeli [9]

3.4. Eğik Kesme

Takımın kesici kenarının, kesici takım hareket yönüne göre bir açı yapması durumuna eğik kesme denir. Eğik kesmede ortogonal kesmeden farklı olarak kesme kenarı ile normal düzlem arasında bir eğim açısı bulunmaktadır.

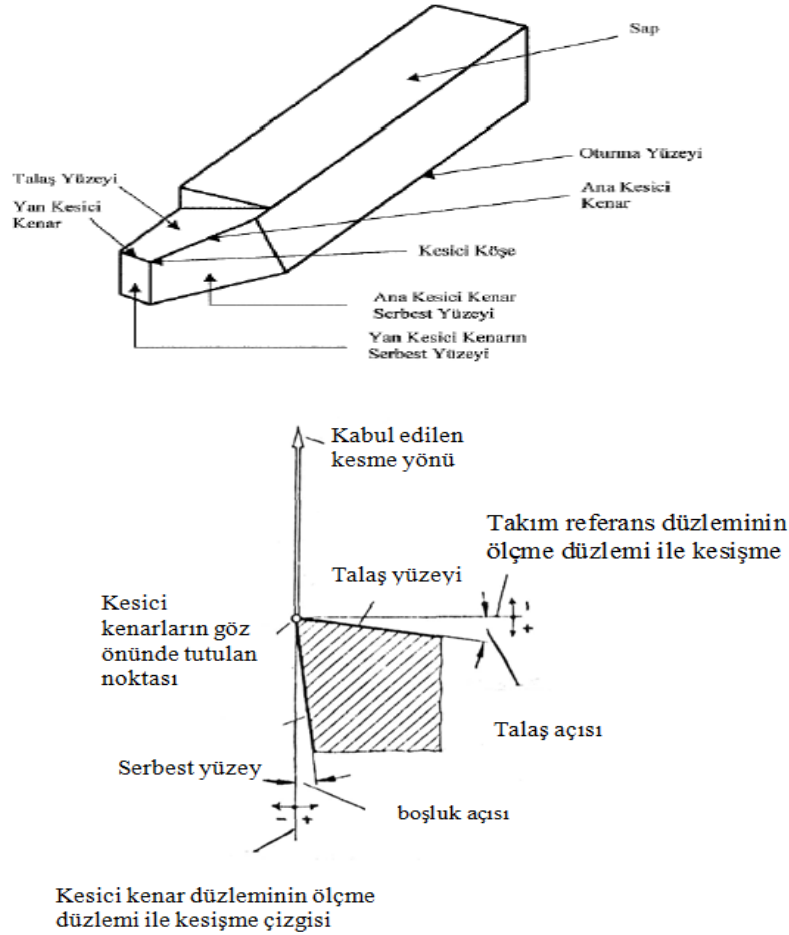


Şekil 3.3. Eğik kesme modeli [9]

3.5. Kesici Takım Geometrisi

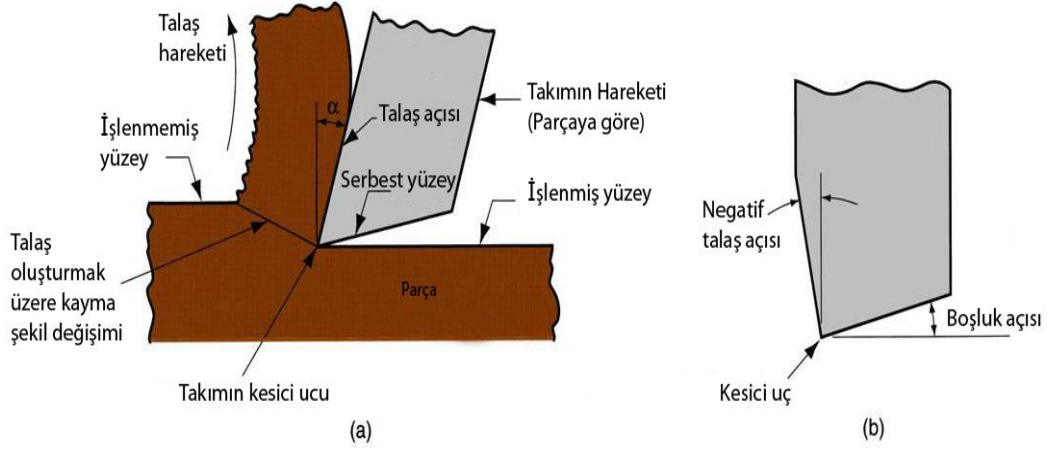
Kesici takım geometrisi son yıllarda gerçekleşen modern tasarımlar ile çok farklı boyutlara ulaşmıştır. Tasarımlar, imalat süresince ortaya çıkan ihtiyaçlar ışığında gerçekleşmiştir. Bu çalışmalar, kesici uç üreten firmaların Ar-Ge bölümlerinde, farklı kesme değerlerinde farklı malzemelerde uygulanarak, yeni tasarımların daha sağlıklı bir şekilde ortaya çıkarılmasına olanak tanır.

Tornalama işleminde kesici takımlar sap ve kesici kısım olmak üzere iki ana bölümden meydana gelir. Kesici kısımlar; talaş yüzeyi, serbest yüzey, esas ve yardımcı kesici kenar ve kesici uçtan oluşur.



Şekil 3.4. Kesici takım geometrisi [9]

Kesici takım üzerinde en önemli geometrik parametreler boşluk açıları, talaş açıları ve uç yarıçapıdır. Talaş açılarının pozitif ve negatif olmasıyla kesme kuvveti değişkenlik gösterir. Pozitif talaş açısı kayma açısını artırdığı için kesme kuvvetlerini azaltır. Negatif talaş açısında durum tam tersidir. Kayma açısı azaldığından kesme kuvvetlerinde artış oluşur. Pozitif açının kesme kuvvetlerini azaltması malzemede iyi bir yüzey kalitesi elde etmemizi sağlar.



Şekil 3.5. Negatif ve Pozitif talaş açıları [9]

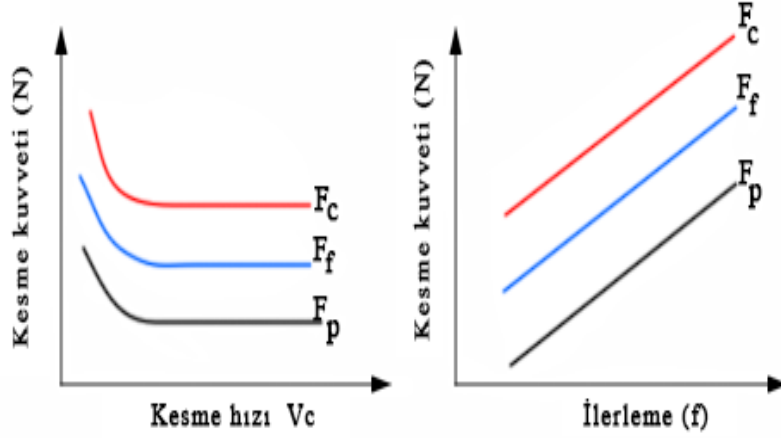
3.6. Kesme Kuvvetleri ile Kesme Parametreleri İlişkisi

Kesme performansının belirlenmesinde esas kesme kuvvetinin önemi çok büyüktür. Kesme kuvveti, sadece iş parçası ve takım arasındaki temas ve sürtünmeye değil, aynı zamanda talaş ile talaş yüzeyi arasındaki temas koşullarına da bağlıdır. Talaş oluşumunun ve talaş kırmanın niteliğini kesme kuvveti önemli ölçüde etkiler. Kesme kuvvetinin büyüklüğü, talaş kalınlığı artmasıyla birlikte artma eğilimi gösterir.

Kesme hızındaki artış kesme kuvvetlerinde azalma anlamına gelir. İlk bakışta mantıksal gelmeyen bu azalmanın sebebi talaş temas yüzeyindeki yüksek sıcaklıklar ve azalan temas yüzeyidir.

Kesme sırasında oluşan kuvvetlerin her üç bileşeni de talaş kesitinin artması ile artar, ancak en büyük artışı esas kesme kuvveti (F_c) gösterir. Esas kesme kuvveti ilerleme kuvvetinin dört, radyal kesme kuvvetinin iki katıdır. Bu kuvvetler arasındaki ilişki

özellikle narin bir iş parçası veya uzun bir takımda, hassasiyet gerektiren ve titreşimin istemediği durumlarda çok önemlidir [20].



Şekil 3.6. Kesme hızı ve ilerlemenin kesme kuvvetleri üzerindeki etkisi [17]

3.7. Kesme Kuvveti Titreşim İlişkisi

Talaşlı imalatta kesme kuvvetleri kesme performansını etkileyen en önemli etkenlerden birisidir. Kesme kuvvetleri takım aşınması ve yüzeyin pürüzlülük değerleri ile doğrudan ilişki olduğundan; dolaylı olarak da üretim maliyetleri ile ilişkilidir.

Kesme kuvvetlerinin bir diğer önemli parametre olan titreşim değeri üzerindeki etkisi de büyüktür. Kesme işlemi boyunca kesme kuvvetleri; kesme parametreleri ve tezgahın yapısından dolayı değişime uğrar. Kayma düzleminin iş parçası eksenine yaptığı açı kesme işlemi boyunca değişiklik gösterir. Bu açısal değişim ve kesme kuvvetlerindeki değişim titreşimin esas nedenidir.

4. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ

4.1. Yüzey Pürüzlülüğü Kavramı

Yüzey pürüzlülüğü kavramının tarihçesine baktığımızda 1930 yıllarda malzemelerin işlem sonrası yüzey pürüzlülüğünün dokunarak veya bakılarak yapıldığını görebiliriz. Bu değerlendirmenin sonra ermesiyle birlikte pürüzlülük kavramı için ortalama yükseklik ve yüzey yapısı tanımlamaları ortaya atılmıştır.

Makineleri meydana getiren parçalar arasındaki boyut ilişkileri çok önemlidir. Aynı yerlerde ve aynı işçiler tarafından yapılan parçaların yerlerine takıldıkları zaman rahatça çalışmaları gerekir. Bu özelliklere sahip parçaların imalatı ancak eksiksiz, gereğine göre ölçülendirilmiş ve yüzey işlemleri tanımlanmış imalat resimleri ile mümkündür.

İş parçası boyu, iş parçası çapı, kesme derinliği ve ilerleme oranı gibi değişkenlerin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri incelenebilir. Bu değişkenlerin yüzey pürüzlülüğü ile ilişkisinin değerlendirilmesinde, standartlarda bir takım yüzey pürüzlülük kriterleri mevcuttur.



Şekil 4.1. Yüzey pürüzlülüğü için örnekleme uzunluğu [26]

Ra : Aritmetik ortalama

Rz : 5 tane en yüksek 5 tane en alçak noktanın ortalaması

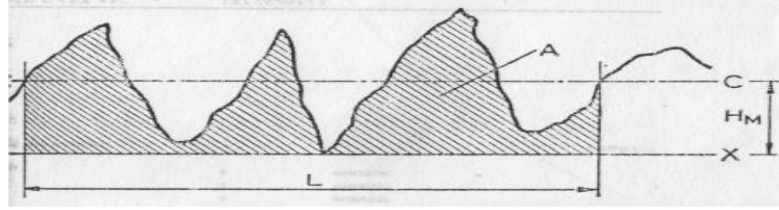
Rt : Tüm ölçüm uzunluğu için maksimum yükseklik ile maksimum derinliğin toplamı

Rq : Aritmetik ortalama sapmaların karekökü

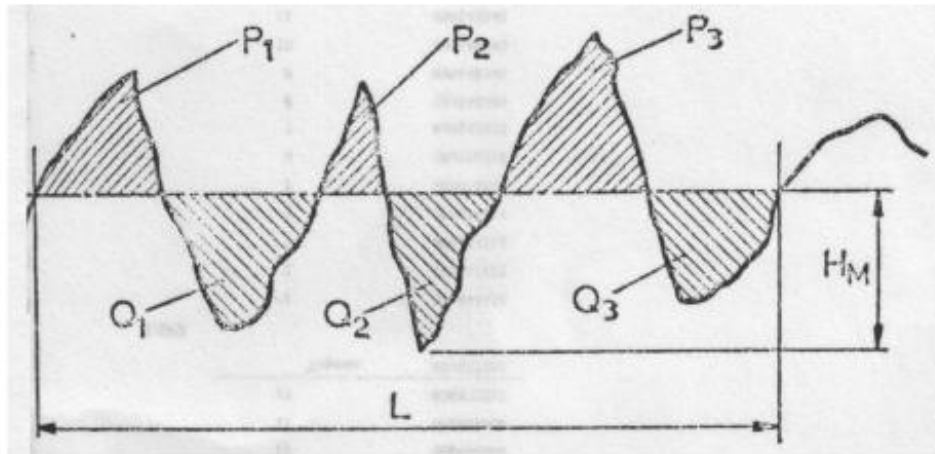
Bu çalışmada, işlenen yüzeylerin pürüzlülük değerlendirilmesinde Ra kriteri kullanılmıştır. Ra kriteri Bureau of Standards tarafından merkez eksenli ortalama yüksekliği olarak tarif edilmiştir [26].

Yüzey pürüzlülüğü ölçen cihazlardan Ra değeri direkt olarak okunabildiği gibi yüzeyin Ra değeri grafik olarak da okunabilir. Grafikte okunan Ra değerinin elde edilmesi Şekil 4.2 ve Şekil 4.3’de belirtilmiştir.

- i) Önce yüzeyin en alt (dip) tarafına değecek şekilde düz bir (x-x) eksenini çekeriz.
- ii) Tam sayıda dalga boyu uzunluğuna sahip olacak şekilde bir (L) uzunluğu seçilir.
- iii) Planimetri kullanılarak eğri altındaki çizili (A) alanı bulunur. Daha sonra $H_m = A/L$ hesaplanır ve C-C eksenini çizilir.



Şekil 4.2. A alanı ve C-C eksenlerinin belirlenmesi [26]



Şekil 4.3. C-C ekseninin alt ve üst kısmında kalan alanlar [26]

4) (Hm) yüksekliğindeki eksen çizildikten sonra eksen üzerinde (P1+ P2+ P3+.....vs) ve eksen altında (Q1+ Q2+ Q3+.....vs) ki alanların toplamı (L) uzunluğuna bölünüp (1000/Vq) ile çarpılırsa;

$$Ra (\mu m) = [(P_{ALANI} + Q_{ALANI}) / L] \cdot [(1000/V_q)] \quad [26].$$

P_{ALANI} = Örnekleme uzunluğunun üst kısmında kalan alanların toplamı

Q_{ALANI} = Örnekleme uzunluğunun alt kısmında kalan alanların toplamı

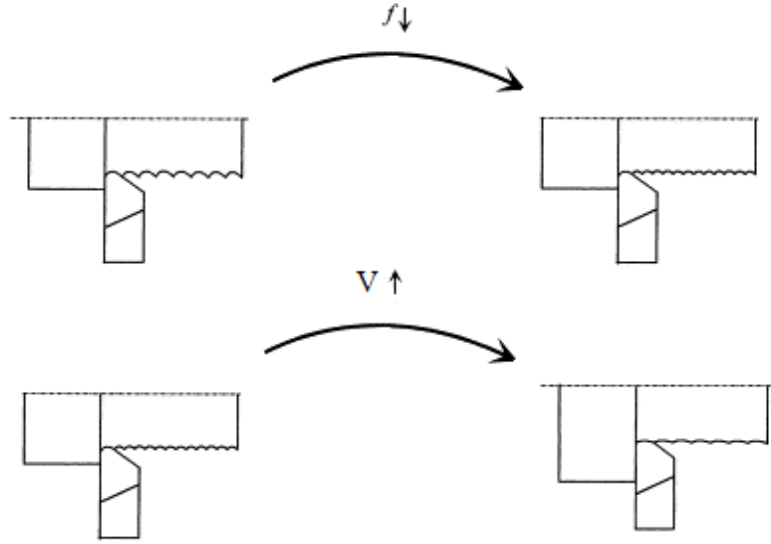
L = Pürüzlülük değerinin belirlenmiş örnekleme uzunluğu

V_q = Düşey büyültme eğrisi

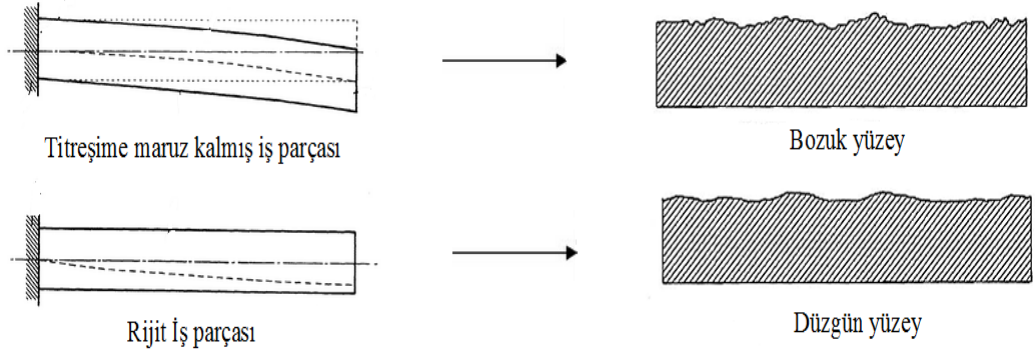
Formülüzasyon da yatayda büyültme sınırı örnekleme uzunlu (L) ile sağlanırken düşey büyültme sınırı V_q kriteri ile tanımlanmıştır.

4.2. Yüzey Pürüzlülüğünün Nedenleri

- Malzemenin tezgaha bağlamasından kaynaklı deformasyonlar
- Kesme kızı, kesme derinliği ve ilerleme değerlerindeki düzensizlikler
- İşlenen malzemenin kimyasal bileşimi
- Malzemedeki titreşim
- Bağlama aparatlarındaki bozukluklar
- Talaş akışının sebep olduğu bozukluklar
- Uygun olmayan kesici takım geometrisi



Şekil 4.4. Kesme hızı ve ilerleme değerlerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi



Şekil 4.5. Titreşimin yüzey pürüzlülüğüne etkisi

4.3. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Teknikleri

Yüzey pürüzlülüğü ölçümünde başlıca; dokunma metodu, mekanik çalışma metodu, yüzey dinamometresi yöntemi, X ışını yöntemi, elektron mikroskobu yöntemi, kesit alma yöntemi, izleyici uç cihazlar yöntemi kullanılır.

4.3.1. Dokunma metodu

En eski ve hala kullanılabilen bir metottur. Bir iğne, kalem ve hatta tırnak ucunun bir yüzey üzerine işleme yönüne dik olarak sürülmesiyle, yüzeyin pürüzlülüğü hakkında bilgi edinilebilmektedir.

4.3.2. Yüzey dinamometresi yöntemi

İki yüzey arasındaki sürtünme katsayısının, sürtünen parçaların yüzey pürüzlülüğüne bağlı olmasından hareketle, sürtünme katsayısının dinamometre ile ölçülmesi sırasında, elde edilen F kuvveti yüzey pürüzlülüğü ile doğru orantılı olarak elde edilmektedir.

4.3.3. X ışını yöntemi

Mikroskop altında yüzey üzerine küçük açılarla gönderilen X ışınları 0,00254 μm ile 0,0508 μm arasındaki yüzey pürüzlülük değerlerinin ölçümünü sağlamaktadır.

4.3.4. Elektron mikroskobu yöntemi

Elektron mikroskobu en küçük düzensizlikleri ölçme hassasiyetine sahip olmasına rağmen, ölçüm yapılacak yüzeyin boyutunun küçük tutulması zorunluluğu ve yüzey pürüzlülüğü görüntüsünü kopyalama sırasında oluşabilecek zorluklar bu yöntemin kullanımını sınırlamaktadır.

4.3.5. Kesit alma yöntemi

Numunenin ince kesitinin alınmasından sonra koruyucu bir metal tabaka ile yüzey kaplanmakta ve yüzeyin dik kesitinden optik yansıtma yapılarak yüzey düzensizliklerinin büyütülmüş hali görülmektedir. Gerekirse şeklin optik olarak daha da büyütülmesi mümkün olmaktadır. Bu yöntemin olumsuz yönü numunenin tahrip edilmesi mecburiyeti ve ölçme yavaşlığıdır.

4.3.6. İzleyici uçlu (Stylus) cihazlar yöntemi

Bu tür uçlu cihazlar, çok sivri bir izleme ucu kullanılarak ölçüm yapılan yüzey üzerinde, yüzey düzensizliklerine çapraz yönde ve değerlendirme uzunluğu boyunca hareket ettirilirken meydana gelen titreşimlerin büyütülerek, hareketli bir şerit üzerine kaydedilmesi veya göstergeden okunması esasına dayanmaktadır. Mekanik, pnömatik, elektronik veya optik destekli imal edilen cihazlarda izleyici ucun yüzey üzerindeki baskısı çok az olmakla birlikte, pürüzlülük büyütme oranı 100 000 kata kadar olabilmektedir. Bu yöntemde; izleyici ucun mekanik yer değiştirmelerini kolayca elektrik sinyallerine dönüştürebilen, elektrik donanımlarda kullanılan transdüserler tercih edilmektedir [26].

4.4. Kesme parametreleri – yüzey pürüzlülüğü ilişkisi

Yüzey pürüzlülüğü kavramı; kesme hızı, ilerleme, kesme derinliği gibi temel işleme değişkenlerine bağlıdır. Bu değişkenlerin en uygun değerlerde seçilmesi işlenen yüzey için en optimum yüzey pürüzlülüğü değeri demektir.

4.4.1. İlerleme değerinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisi

İlerleme değerinin artışı yüzey pürüzlülük değerini artırmaktadır. Artan yüzey pürüzlülük değeri yüzeyin kalitesinin bozulması anlamına gelir. Deneysel çalışmalarda yüzey pürüzlülüğündeki bozulma ile ilerleme değerindeki artışın her zaman doğru orantılı olmadığını gözleyebiliriz. Bunun temel sebebini kesme şartlarına bağlı olarak kesici uçta meydana gelen aşınma olarak gösterebiliriz.

4.4.2. Kesme derinliğinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisi

Kesme derinliğinin artırılması ile doğru orantılı olarak yüzey pürüzlülük değerinde de artış gözlenir. Yüzey pürüzlülük değerinde oluşan bu bozulmanın temel nedeni olarak talaş kesit alanındaki artış gösterilebilir. Çünkü talaş kesit alanında meydana gelen artış neticesinde plastik deformasyon oluşur. Bu oluşum yüzey pürüzlülüğünde ciddi anlamda bozulma demektir.

4.4.3. Kesme hızının yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisi

Kesme hızı yüzey pürüzlülük değerini etkileyen önemli bir işleme parametresidir. Kesme hızında meydana gelen artış yüzey pürüzlülüğü üzerinde olumlu bir etki yapmaktadır. Bunun temel nedeni artan hızla birlikte yükselen kesme sıcaklığıdır. Kesme sıcaklığındaki artış, talaşın daha rahat kopmasında rol oynayıp yüzey pürüzlülük değerini düşürmektedir.

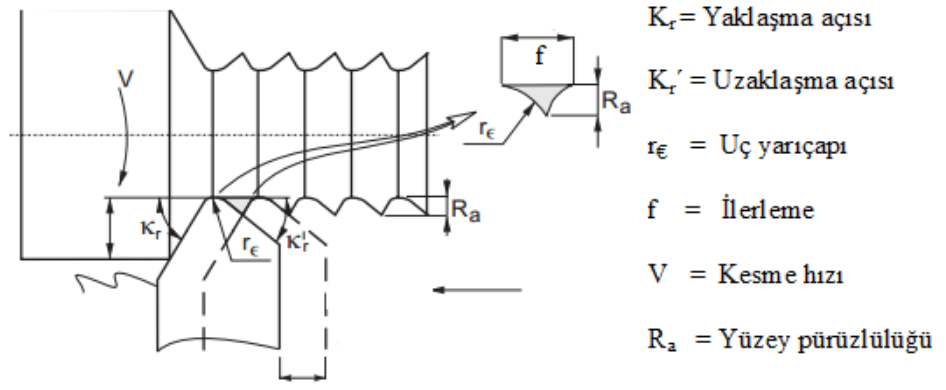
4.5. Takımlama sistemi – yüzey pürüzlülüğü ilişkisi

Yüzey pürüzlülüğünü sadece kesme derinliği, ilerleme ve kesme hızı etkilemez. Bunun yanı sıra kesici takım geometrisi yüzey pürüzlülüğünde önemli rol oynar. Takım geometrisi kavramı, yaklaşma açısı ve talaş açısı terimlerini kapsar. Bu iki terimin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisinden bahsetmek mümkündür.

Yaklaşma açısı kesici kenarın talaş kontrolünü sağlar. Kesme işlemine uygun yaklaşma açısını seçimi, talaş kalınlığını optimize ederek basıncın aktif kesici kenar üzerinde homojen bir şekilde dağılmasını sağlar. Yaklaşma açısının artması ilerleme kuvvetinde artışa sebebiyet verir. Bu artış sonucunda takım rijitliği bozulur. Rijitliğin bozulması neticesinde yüzey pürüzlülüğü artar.

Kesici takım – talaş ara yüzeyi kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğü üzerinde doğrudan etkilidir. Bu yüzey alanını belirleyen en önemli etken talaş açısıdır. Talaş açısı için belirlenen uygun değerlerin üzerine çıkılması sonucunda talaş ara yüzeyi temas miktarı artar. Bu artışın sonucunda yüzey pürüzlülüğünde bozulma meydana gelir.

Kesici uç yarıçapı yüzey pürüzlülüğünü etkileyen önemli bir unsurdur. Uç yarıçapının artırılması yüzey pürüzlülüğünü azaltır. Ayrıca ilerleme, kesme hızı ve kesme derinliği gibi temel işleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü ile kıyaslanmasında uç yarıçapının sabit tutulması gerekir.



Şekil 4.6. Tornalama işleminde takım geometrisi ve yüzey pürüzlülüğü [17]

5. MATERYAL VE METOT

5.1. Deney Düzeni

5.1.1. Kesme kuvvetlerinin ölçülmesi

Kesme kuvveti; kesme derinliği, ilerleme ve kesme hızı parametreleri ile değişkenlik gösteren bir değer olup, dinamometre yardımı ile ölçülmüştür. Ff, Fp, Fc kuvvetleri cihazın ekranından rahatlıkla okunabildiği gibi grafik olarak da elde edilebilmektedir.

Çizelge 5.1. Deney numunesinin kimyasal bileşimi

| | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| %Co | %Al | %Cu | %Si | %C |
| 0,08 | 0,003 | 0,219 | 0,145 | 0,147 |
| %Cr | %Mo | %Ni | %Mn | %S |
| 0,983 | 0,027 | 0,103 | 1,227 | 0,040 |

5.1.2. Yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesi

Yüzey pürüzlülük ölçüm işlemi parça işlendikten sonra yapılmıştır. Bu işlem işlenen yüzey için üç farklı açıyla gerçekleştirilmiş olup, üç ayrı pürüzlülük değeri hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değerlerin aritmetik ortalaması bize o numune için pürüzlülük değerini vermiştir.

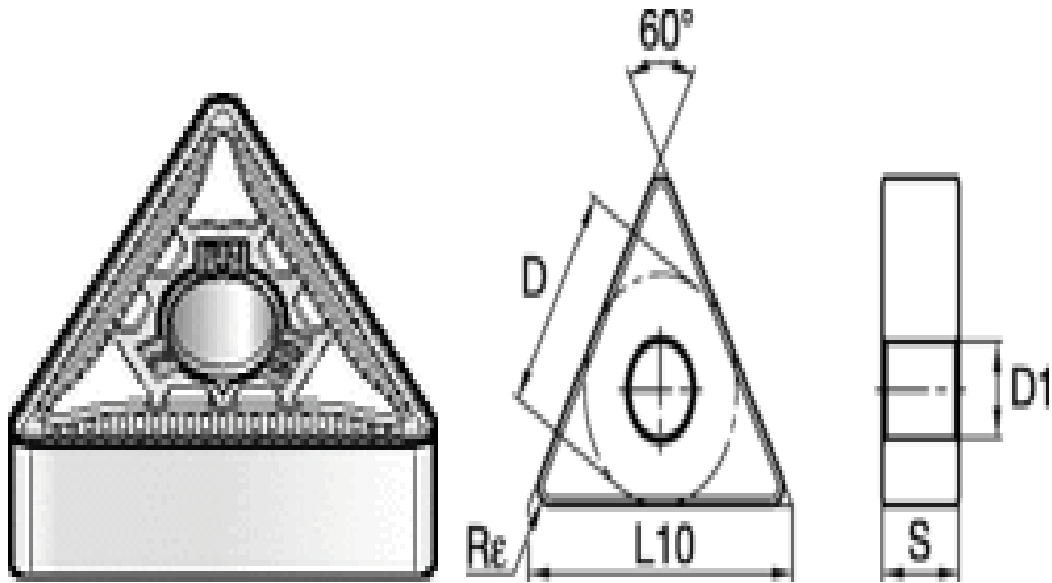
5.2. İş Parçası Malzemesi

Deneyler için 40 mm çapında 200 mm boyunda 16MnCr5 (DIN 1.7131) sementasyon çeliği kullanılmıştır. Malzemenin kimyasal bileşeni KOSGEB laboratuvarında belirlenmiş olup, Çizelge 5.1’de kimyasal içerikler belirtilmiştir. Ayrıca her bir iş parçasına tezgahtan kaynaklı titreşim ve tırlamayı önlemek amacıyla punta deliği açılmıştır. Son olarak malzemenin üzerinde biriken toz ve yığıntıları

temizlemek amacıyla iş parçasına 0,5 mm kesme derinliği verilip silindirik tornalama işlemi yapılmıştır.

5.3. Kesici Takımlar ve Kater

Deneyleerde; ISO şartlarına uygun TNMG 160408 RN formuna sahip, Kennametal firmasının KC9125 kalitesinde, TiN kaplamalı kesici uç ve bu kesici uç ile uyumlu çalışabilecek MTJNR 2525 M16N standardında kater kullanılmıştır. Her bir kesici uçtaki altı kesici kenar kullanılmaya imkan tanımaktadır. Deneyleerde her bir kesici kenar tek bir deney için kullanılmıştır. Kesici uçlar Kennametal firmasından temin edilmiş olup, kesici uç Şekil 5.1’de gösterilmiştir. Ayrıca kesici ucun geometrik özellikleri Çizelge 5.2’de verilmiştir.



Şekil 5.1. Kesici ucun gösterimi

Çizelge 5.2. Kesici ucun geometrik özellikleri

| D (mm) | L10 (mm) | S (mm) | Rε (mm) | D1 (mm) |
|--------|----------|--------|---------|---------|
| 9,53 | 16,5 | 4,76 | 0,8 | 3,81 |

5.4. Takım Tezgahı

Deney numuneleri; TC-35 JOHNFORD tipi CNC torna tezgahında işlenmiştir. Tezgah FANUC kontrol ünitesine sahiptir. 10 kw güce sahip tezgah, maksimum 4000 dev/dak devire çıkabilmektedir.

5.5. Pürüzlülük ölçüm cihazı

Yüzey pürüzlülüğü ölçümü, tormalama işlemi yapıldıktan sonra gerçekleştirilmiştir. Bu işlem için Mahr marka Perhometer M1 tipi pürüzlülük değerlerini çıktı alabilen cihaz kullanılmıştır. Yüzey pürüzlülük cihazının teknik özellikleri Çizelge 5.3'de verilmiştir.

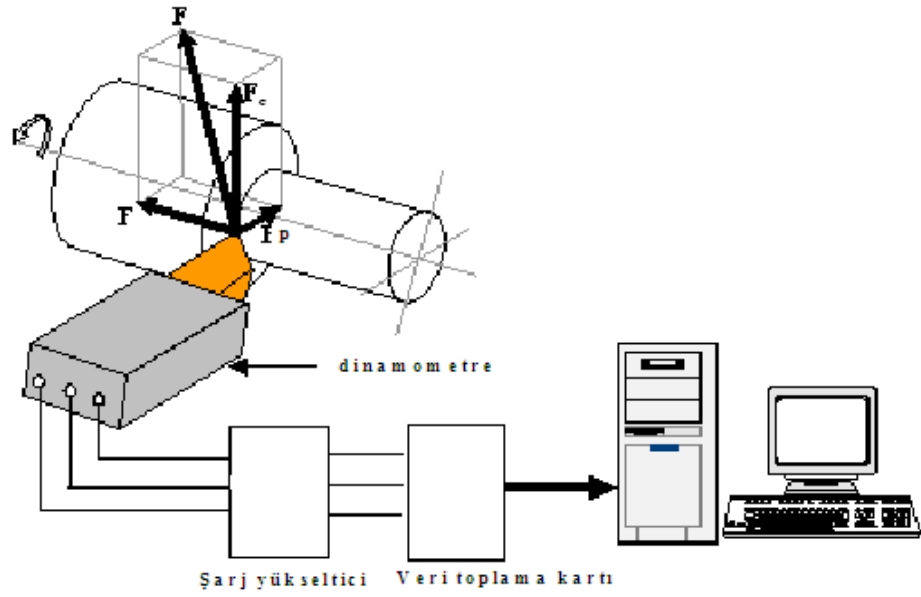
Çizelge 5.3. Yüzey pürüzlülük cihazının teknik özellikleri

| | |
|--|------------------------------------|
| Tarama hızı | 0.5 m/sn |
| Tarama kuvveti | 0.75 Mn |
| İğne uc varı çapı | 2 µm |
| Ölçüm aralıkları | 100-150 µm |
| Profil çözünürlüğü | 12 mm |
| Filtre | Gaussian |
| Örnekleme uzunluğu (Cut-off length) | 0.25 – 0.8 – 2.5 (mm) |
| Ölçme uzunluğu (l) | 1.75 – 5.6 – 17.5 (mm) |
| Ölçülebilen parametreler | Ra, Rz, Rmax |
| Dil | Secilebilir 10 Avrupa, 3 Asya dili |
| Güç kaynağı | Entegre, NiCd sarı edilebilir pil |
| Bovutlar | 190 x 170 x 75 mm |
| Yaklaşık ağırlık | 90 gr |



Şekil 5.2. Deney numunesinin sabitlemesi ve yüzey pürüzlülük ölçüm işlemi

Pürüzlülük ölçüm işlemi; deney numunelerinin işlendikten sonra Şekil 5.2’de görüldüğü üzere düz bir tabla üzerine konulması ile başlamaktadır. Tabla üzerine konulan numune sabitlenmiştir. Yüzeysel pürüzlülük cihazındaki hareketli probun işlenen yüzeyde gezdirilmesi ile pürüzlülük işlemi tamamlanmıştır. Pürüzlülük ölçümü; deney numunesinin belli açılarla eksenine etrafında döndürülmesi ile işlenmiş yüzeyin üç ayrı kısmından ölçülmüştür. Elde edilen üç farklı yüzey pürüzlülük değerinin aritmetik ortalaması, bize o numune için ortalama pürüzlülük değerini göstermiştir.



Şekil 5.3 Deney Şeması

Dinamometre ve bilgisayar bütünleşik sisteminden oluşan deney şeması Şekil 5.3’de gösterilmiştir.

5.6. Kesme Parametreleri

Farklı kesme derinlikleri, farklı ilerleme değerleri ve farklı kesme hızları iş parçası malzemesinin kimyasal yapısına, kesici katalogları önerilerine ve CNC tezgahının devir sınırlaması göz önünde tutularak belirlenmiştir. Çizelge 5.4 ile kesme parametreleri tablo halinde gösterilmiştir.

Çizelge 5.4. Taguchi yöntemiyle belirlenmiş kesme parametreleri

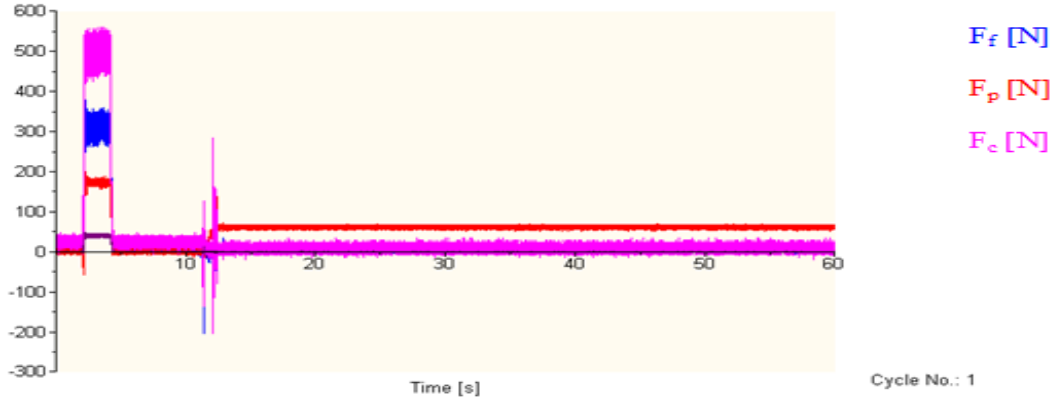
| Deney No | Devir Sayısı | Kesme Hızı(m/d) | İlerleme mm/devir | Kesme Der.(mm) | Kesme Boyu(mm) |
|-----------------|---------------------|------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 | 2933 | 350 | 0,1 | 1,5 | 15 |
| 2 | 2933 | 350 | 0,15 | 1,5 | 15 |
| 3 | 2933 | 350 | 0,2 | 1,5 | 15 |
| 4 | 3143 | 375 | 0,1 | 1,5 | 15 |
| 5 | 3143 | 375 | 0,15 | 1,5 | 15 |
| 6 | 3143 | 375 | 0,2 | 1,5 | 15 |
| 7 | 3352 | 400 | 0,1 | 1,5 | 15 |
| 8 | 3352 | 400 | 0,15 | 1,5 | 15 |
| 9 | 3352 | 400 | 0,2 | 1,5 | 15 |
| 10 | 2933 | 350 | 0,1 | 1,75 | 15 |
| 11 | 2933 | 350 | 0,15 | 1,75 | 15 |
| 12 | 2933 | 350 | 0,2 | 1,75 | 15 |
| 13 | 3143 | 375 | 0,1 | 1,75 | 15 |
| 14 | 3143 | 375 | 0,15 | 1,75 | 15 |
| 15 | 3143 | 375 | 0,2 | 1,75 | 15 |
| 16 | 3352 | 400 | 0,1 | 1,75 | 15 |
| 17 | 3352 | 400 | 0,15 | 1,75 | 15 |
| 18 | 3352 | 400 | 0,2 | 1,75 | 15 |
| 19 | 2933 | 350 | 0,1 | 2 | 15 |
| 20 | 2933 | 350 | 0,15 | 2 | 15 |
| 21 | 2933 | 350 | 0,2 | 2 | 15 |
| 22 | 3143 | 375 | 0,1 | 2 | 15 |
| 23 | 3143 | 375 | 0,15 | 2 | 15 |
| 24 | 3143 | 375 | 0,2 | 2 | 15 |
| 25 | 3352 | 400 | 0,1 | 2 | 15 |
| 26 | 3352 | 400 | 0,15 | 2 | 15 |
| 27 | 3352 | 400 | 0,2 | 2 | 15 |

5.7. Deneilerin Yapılması ve Grafiklerin Elde Edilmesi

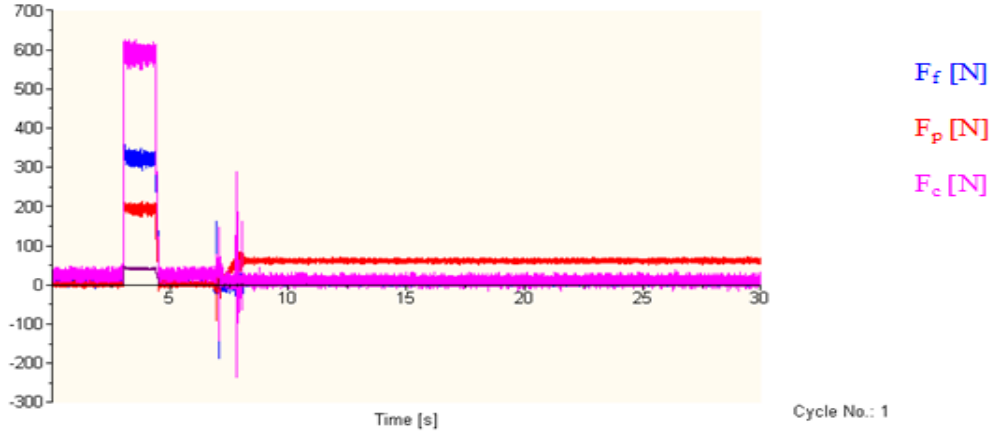
Deneiler yapılmadan önce kesme parametreleri belirlenip iş parçaları işleme hazır duruma getirilmiştir. Her bir deney için kesme boyu 15 mm alınarak deneiler gerçekleştirilmiştir.

Farklı kesme hızları, farklı ilerleme değerleri ve farklı kesme derinlikleri ile Taguchi yaklaşımı gereği 27 farklı deney yapılmıştır. Bu deneilerde tüm parametrelerin değişiminin kesme performansı üzerindeki etkisi rahatlıkla görülmüştür.

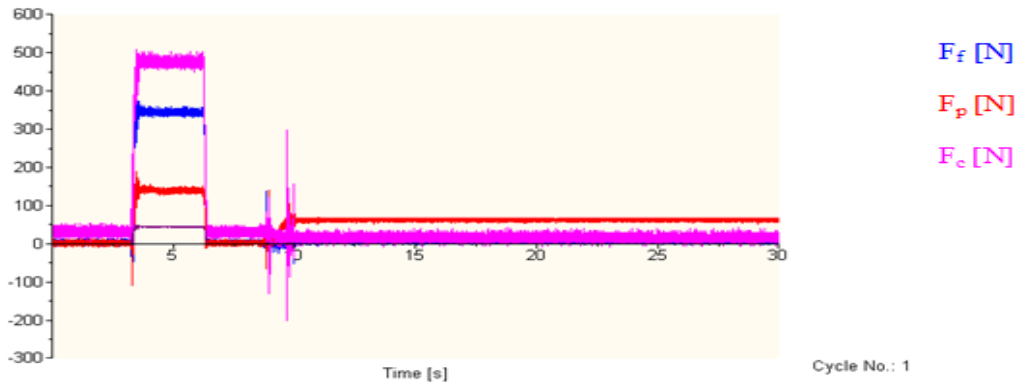
Deneiler neticesinde 27 ayrı kesme kuvveti grafiği elde edilmiştir. Bu grafikler; Çizelge 5.4'de yer alan kesme parametrelerinin en yüksek ve en düşük olduğu deneiler için değerlendirilmiştir. Kesme kuvvetlerinin zaman ile değişimini gösteren grafikler Şekil 5.4 - Şekil 5.9 ile gösterilmiştir.



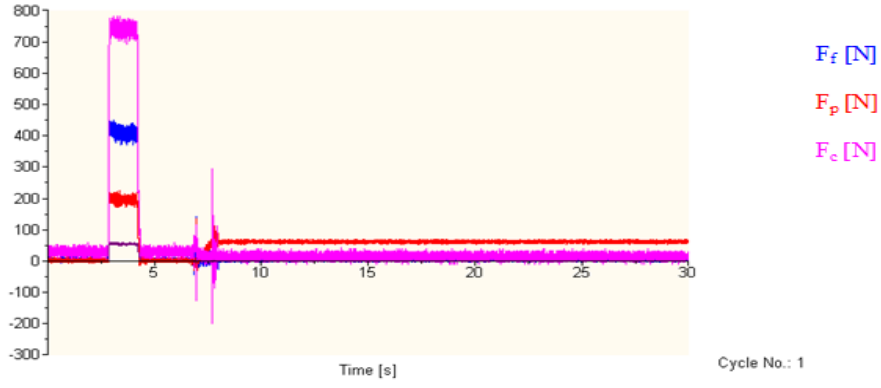
Şekil 5.4. Kesme parametrelerinin en düşük olduğu değerler için kesme kuvveti değerleri (1,5 mm kesme derinliği - deney 1)



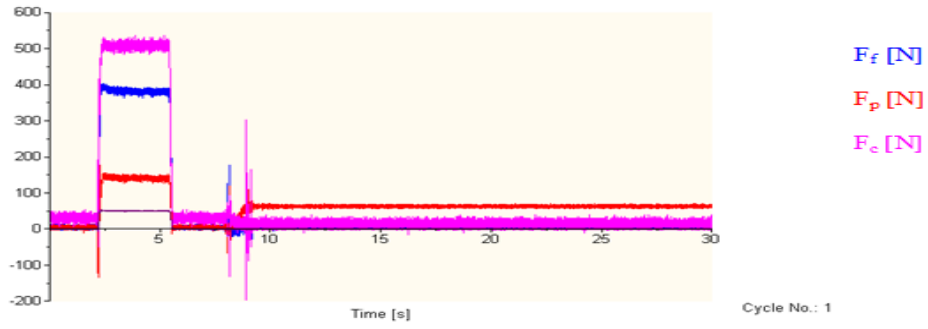
Şekil 5.5. Kesme parametrelerinin en yüksek olduğu değerler için kesme kuvveti değerleri (1,5 mm kesme derinliği - deney 9)



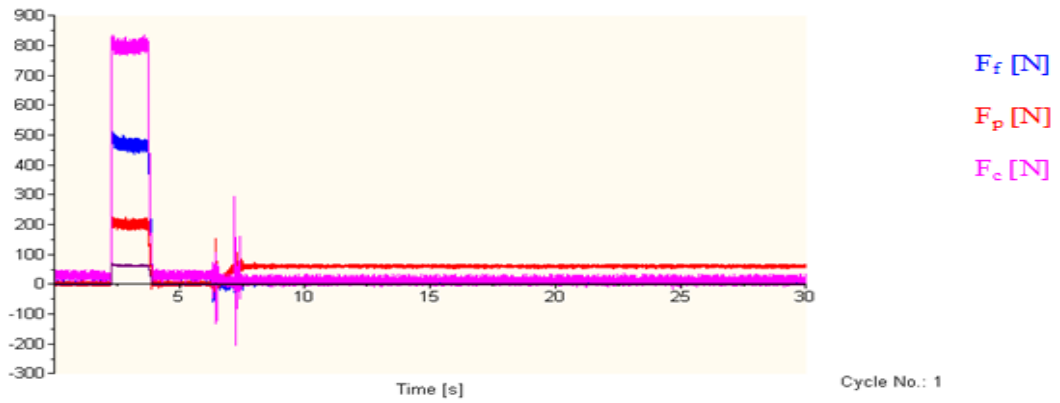
Şekil 5.6. Kesme parametrelerinin en düşük olduğu değerler için kesme kuvveti değerleri (1,75 mm kesme derinliği - deney10)



Şekil 5.7. Kesme parametrelerinin en yüksek olduğu değerler için kesme kuvveti değerleri (1,75 mm kesme derinliği - deney18)



Şekil 5.8. Kesme parametrelerinin en düşük olduğu değerler için kesme kuvveti değerleri (2 mm kesme derinliği - deney19)



Şekil 5.9. Kesme parametrelerinin en yüksek olduğu değerler için kesme kuvveti değerleri (2 mm kesme derinliği - deney27)

6. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

6.1. Değerlendirme Esaslar

Talaşlı imalatta kesme performansını etkileyen birçok etken vardır. Yüzey pürüzlülüğü, kesme kuvvetleri, titreşim ve kesme parametreleri bu etkenlerin başında gelmektedir. Bu kavramların her biri birbirini dolaylı yönden etkilemekte olup, verimli bir kesme işlemi gerçekleştirmek için her birinin optimum değerinde olması gereklidir.

Bu tez kapsamında 16MnCr5 malzemesine uygun TiN kaplamalı kesici takımla kesme işlemi gerçekleştirilmiş olup, kesme kuvvetleri ve pürüzlülük değerleri elde edilmiştir. 27 farklı deney ve tüm değerlendirmeler sonucunda en uygun kesme performansı değerinin ortaya konulması esas alınmıştır.

6.1.1 Kesme kuvveti grafiklerinin değerlendirilmesi

Esas kesme kuvvetinin kesme parametreleri ile değişimi grafiklerle gösterilmiştir. Kesme kuvvetlerindeki değişime bakıldığında; kesme kuvvetleri, kesme hızındaki artışla birlikte azalma eğilimi göstermiştir. Bu azalma eğilimi, kesme hızıyla birlikte doğru orantılı olarak artış gösteren sıcaklık kavramı ile açıklanabilir. Deneyler sonucunda elde edilen esas kesme kuvveti (F_c), radyal kuvvet (F_p) ve ilerleme kuvveti (F_f) Çizelge 6.1’de verilmiştir. Kesme kuvvetlerinin kesme hızı ve ilerleme değerlerine göre değişimi, tüm kesme derinlikleri için Şekil 6.3 - Şekil 6.5 arasında gösterilmiştir.

Çizelge 6.1. Kesme kuvvetlerinin deneysel sonuçları

| Deneysel No | Kesme Hızı(m/d) | İlerleme mm/devir | Kesme Der.(mm) | Kuvvet(N) | | |
|-------------|-----------------|-------------------|----------------|-----------|-----|-----|
| | | | | Fp | Ff | Fc |
| 1 | 350 | 0,1 | 1,5 | 339 | 156 | 449 |
| 2 | 350 | 0,15 | 1,5 | 378 | 212 | 561 |
| 3 | 350 | 0,2 | 1,5 | 388 | 212 | 688 |
| 4 | 375 | 0,1 | 1,5 | 317 | 156 | 439 |
| 5 | 375 | 0,15 | 1,5 | 351 | 185 | 546 |
| 6 | 375 | 0,2 | 1,5 | 371 | 207 | 649 |
| 7 | 400 | 0,1 | 1,5 | 310 | 158 | 429 |
| 8 | 400 | 0,15 | 1,5 | 334 | 195 | 532 |
| 9 | 400 | 0,2 | 1,5 | 361 | 212 | 625 |
| 10 | 350 | 0,1 | 1,75 | 380 | 187 | 507 |
| 11 | 350 | 0,15 | 1,75 | 400 | 197 | 634 |
| 12 | 350 | 0,2 | 1,75 | 437 | 219 | 776 |
| 13 | 375 | 0,1 | 1,75 | 361 | 151 | 507 |
| 14 | 375 | 0,15 | 1,75 | 415 | 190 | 654 |
| 15 | 375 | 0,2 | 1,75 | 480 | 231 | 815 |
| 16 | 400 | 0,1 | 1,75 | 358 | 151 | 498 |
| 17 | 400 | 0,15 | 1,75 | 397 | 183 | 644 |
| 18 | 400 | 0,2 | 1,75 | 451 | 224 | 781 |
| 19 | 350 | 0,1 | 2 | 402 | 227 | 537 |
| 20 | 350 | 0,15 | 2 | 478 | 192 | 703 |
| 21 | 350 | 0,2 | 2 | 510 | 224 | 834 |
| 22 | 375 | 0,1 | 2 | 415 | 156 | 537 |
| 23 | 375 | 0,15 | 2 | 456 | 195 | 683 |
| 24 | 375 | 0,2 | 2 | 507 | 222 | 834 |
| 25 | 400 | 0,1 | 2 | 439 | 166 | 546 |
| 26 | 400 | 0,15 | 2 | 476 | 200 | 693 |
| 27 | 400 | 0,2 | 2 | 512 | 227 | 834 |

Çizelge 6.1 incelendiğinde; . Kesme hızının artışı ile birincil ve ikincil deformasyon bölgelerinde kesme hızıyla birlikte artan sıcaklık, işlenen malzemenin akma

mukavemetini düşürmekte ve kesme kuvvetlerinde azalmaya sebep olmaktadır [5]. Fakat 16 numaralı deney ve sonraki deneylerde kesme derinliğinin aynı olup kesme hızının arttığı aynı ilerleme değerlerine bakıldığında kesme hızındaki artışa karşılık büyük kesme kuvvetleri elde edilmiştir. Kesme hızının daha fazla arttırılmasıyla kesme kuvvetlerindeki artış ise yüksek kesme hızlarında takım aşınmasının muhtemel artışı ile açıklanabilir [10].

10 numaralı deney ile 16 numaralı deneye kadar kesici kenarda aşınma ortalama 0,174 mm olarak izlenmiştir. Fakat 16 numaralı deneyden sonra aşınma değeri her bir deneyde olmak üzere düzensiz bir şekilde artış göstermiştir. Kesme hızındaki artışa karşılık kesme kuvvetlerinin artmasının temel nedeni kesici uçta meydana gelen serbest kenar aşınması olarak görülmüştür.

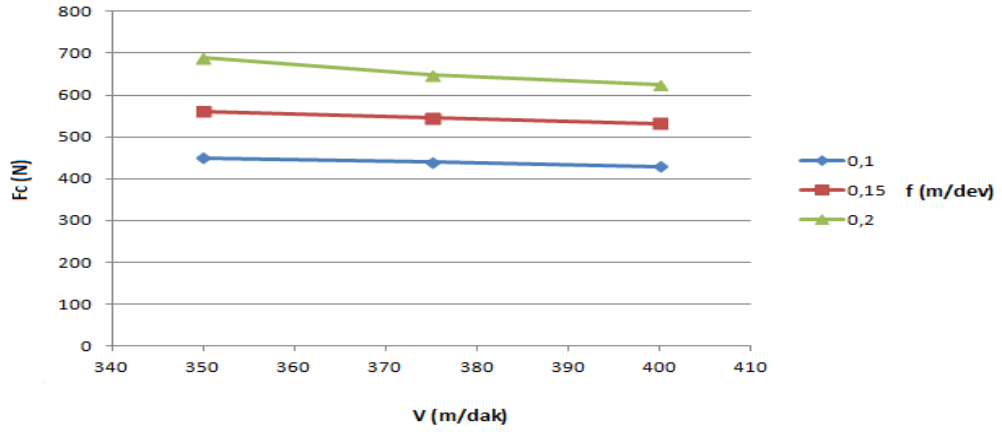


Şekil 6.1. Deney 16 kesici uç aşınması ($V_c = 400$ m/dak, $f = 0,1$ mm/dev, $a_p = 1,75$)

Deney 16 ve Deney 25'de kesici uçta meydana gelen aşınmalar Şekil 6.1 ve Şekil 6.2 ile gösterilmiştir.

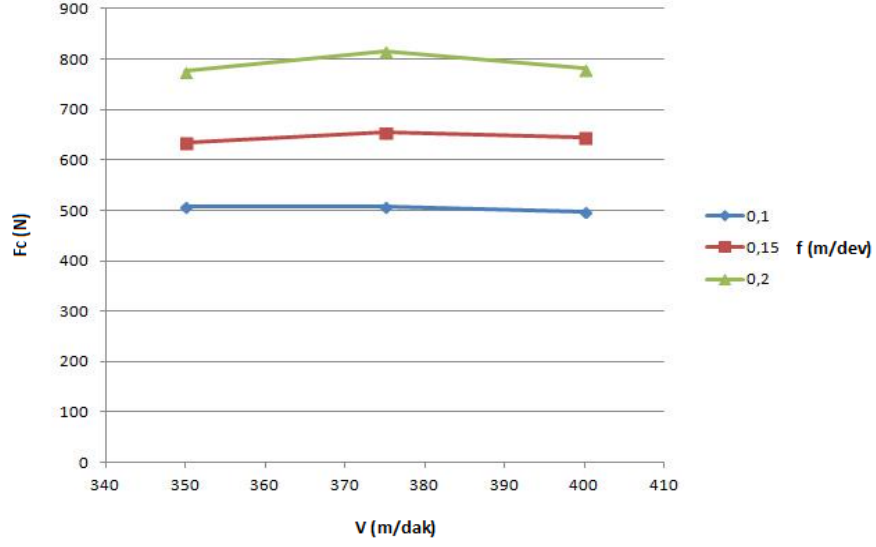


Şekil 6.2. Deney 25 kesici uç aşınması ($V_c = 400$ m/dak, $f = 0,1$ mm/dev, $ap = 2$ mm)



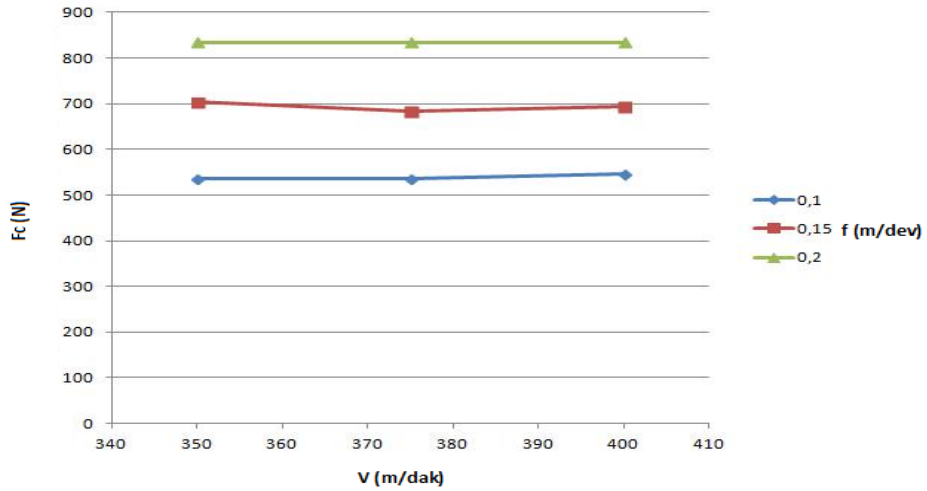
Şekil 6.3. 1,5 mm kesme derinliğinde kesme hızı ve ilerlemeye bağlı olarak esas kesme kuvvetindeki değişim

1,5 mm kesme derinliğindeki kesme kuvvetleri incelendiğinde en düşük kesme kuvveti değerinin; en düşük ilerleme ve en yüksek kesme hızına sahip Çizelge 6.1'deki 7 numaralı deneyde gerçekleştiği görülmüştür. 400 m/dak kesme hızı 0,1 mm/dev ilerleme ve 1,5 mm kesme derinliğinde; 429 N en düşük kesme kuvveti değeri ölçülmüştür.



Şekil 6.4. 1,75 mm kesme derinliğinde kesme hızı ve ilerlemeye bağlı olarak esas kesme kuvvetindeki değişim

1,75 mm kesme derinliği için kesme kuvvetlerinde en düşük değer; kesme hızının en yüksek ilerleme değerinin en düşük olduğu Çizelge 6.1'deki 16 numaralı deneyde gerçekleştiği görülmüştür. 400 m/dak kesme hızı 0,1 mm/dev ilerleme ve 1,75 mm kesme derinliğinde 498 N en düşük kesme kuvveti değeri ölçülmüştür.



Şekil 6.5. 2 mm kesme derinliğinde kesme hızı ve ilerlemeye bağlı olarak esas kesme kuvvetindeki değişim

2 mm kesme derinliği için ise en düşük kesme kuvveti değeri; ilerlemenin en düşük kesme hızının en yüksek olduğu Çizelge 6.1'deki 25 numaralı deneydir. Fakat elde edilen en düşük kesme kuvveti değeri Çizelge 6.1'deki deney 22'de karşımıza çıkmıştır. Bu durum kesme derinliğinin 2 mm çıkması ve aşınma değerlerindeki düzensizlik ile açıklanabilir. Bununla birlikte kesme kuvvetleri açısından deney 25 ile deney 22 arasında çok ciddi bir fark olmadığı göz ardı edilmemelidir. 375 m/dak kesme hızı 0,1 mm/dev ilerleme ve 2 mm kesme derinliğinde en düşük kesme kuvveti değeri 537 N olarak ölçülmüştür.

Üç ayrı kesme derinliği için yapılan ölçümler sonucunda elde edilen kesme kuvvetleri; kesme derinliği ile doğru orantılı olarak artmaktadır. Bu sonuç; kesme derinliği artıkça kesici uca uygulanan yükün artması gerçeği ile paralellik göstermektedir.

1,5 mm, 1,75 mm ve 2 mm kesme derinlikleri için verilen kesme kuvveti grafikleri incelendiğinde artan kesme hızları ile kesme kuvvetlerinde azalış olduğu görülmektedir. Bu azalma eğilimi ısı artışıyla birlikte malzemedeki talaşın rahat kopması ile açıklanabilir. Kayma düzlemindeki ısının büyük bir miktarı kayma dayanımının düşmesine neden olur. Isı transferinin devam etmesi ile ısı miktarındaki artış BUE eğilimini azaltır.

Şekil 6.3 - Şekil 6.5 grafikleri incelediğinde ilerleme değeri ile kesme kuvveti değerinin doğru orantılı şekilde arttığı gözlenmiştir. Bu doğru orantıyı oluşturan en önemli etken talaş kesitidir. Talaş kesiti ilerleme değeri ve kesme kuvveti değerlerinin artışında ortak payda olarak düşünülebilir.

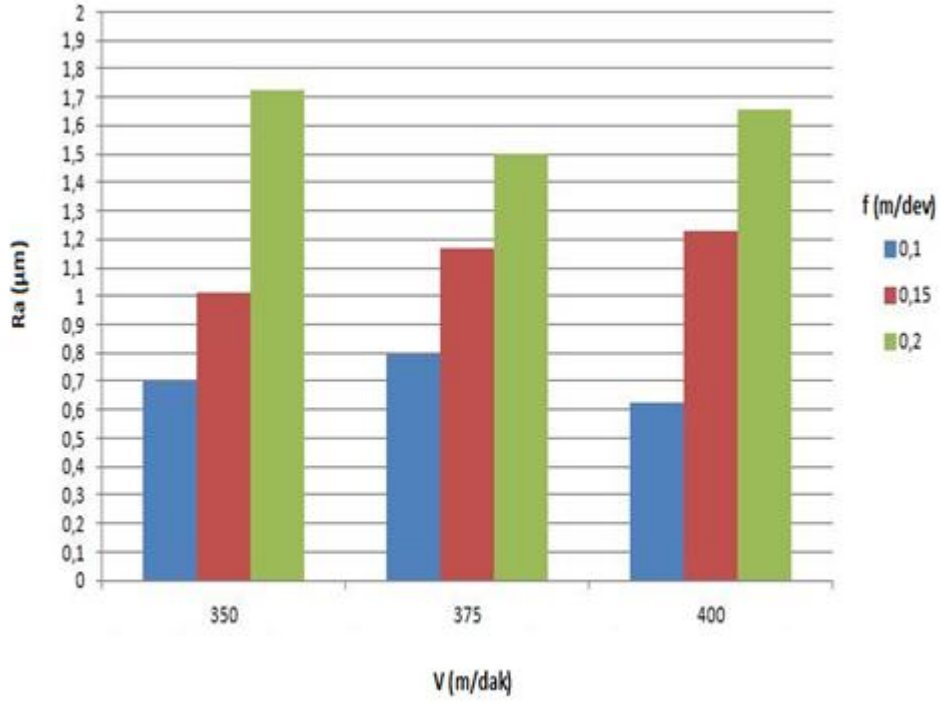
6.1.2. Yüzey pürüzlülük değerlerinin değerlendirilmesi

Yüzey pürüzlülük değerlerine bakıldığında, kesme hızıyla birlikte yüzey pürüzlülük değerinde azalma olduğu saptanmıştır. Ancak bu azalma kesme hızıyla doğru orantılı olacak şekilde gerçekleşmemiştir. Kesme hızındaki artışın, yüzey pürüzlülüğü değerini düşürmesi beklenen sonuçtur. Fakat bazı ara kesme hızı değerlerinde aşınma ve BUE oluşumuna bağlı olarak bu değerde sapma gözlenebilir.

Deneylerde yüzey pürüzlüğü üç farklı açıdan ölçülmüş olup, değerler Çizelge 6.2’de belirtilmiştir. Ayrıca tüm kesme derinlikleri için kesme hızı ve ilerleme değerlerinin yüzey pürüzlülük ile değişim grafikleri Şekil 6.6 - Şekil 6.8’da gösterilmiştir.

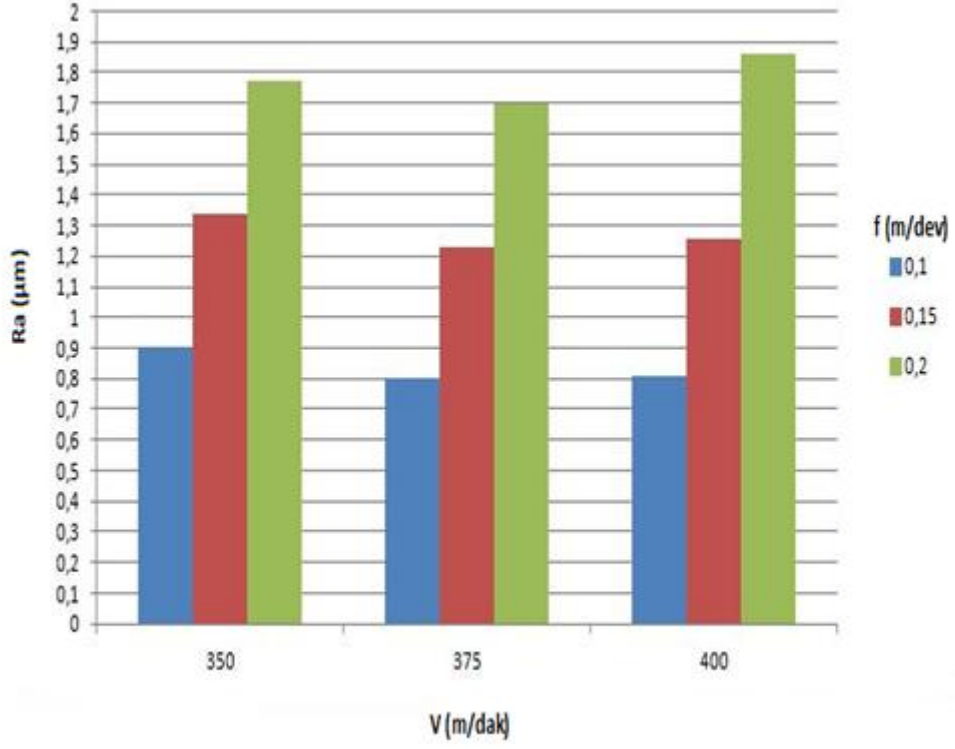
Çizelge 6.2. Yüzey pürüzlülük değerleri

| Dene No | Kesme Hızı(m/d) | İlerleme mm/devir | Kesme Der.(mm) | R _a (µm) | | | Pürüzlülük |
|------------|--------------------|----------------------|-------------------|---------------------|-------|-------|--------------|
| | | | | 1 | 2 | 3 | Ortalamaları |
| 1 | 350 | 0,1 | 1,5 | 0,693 | 0,711 | 0,693 | 0,699 |
| 2 | 350 | 0,15 | 1,5 | 0,984 | 1,016 | 1,036 | 1,012 |
| 3 | 350 | 0,2 | 1,5 | 1,742 | 1,724 | 1,7 | 1,722 |
| 4 | 375 | 0,1 | 1,5 | 0,753 | 0,825 | 0,805 | 0,794 |
| 5 | 375 | 0,15 | 1,5 | 1,209 | 1,164 | 1,133 | 1,168 |
| 6 | 375 | 0,2 | 1,5 | 1,419 | 1,525 | 1,552 | 1,498 |
| 7 | 400 | 0,1 | 1,5 | 0,593 | 0,614 | 0,674 | 0,627 |
| 8 | 400 | 0,15 | 1,5 | 1,232 | 1,231 | 1,228 | 1,23 |
| 9 | 400 | 0,2 | 1,5 | 1,662 | 1,554 | 1,76 | 1,658 |
| 10 | 350 | 0,1 | 1,75 | 0,928 | 0,907 | 0,879 | 0,904 |
| 11 | 350 | 0,15 | 1,75 | 1,239 | 1,221 | 1,565 | 1,341 |
| 12 | 350 | 0,2 | 1,75 | 1,826 | 1,734 | 1,749 | 1,769 |
| 13 | 375 | 0,1 | 1,75 | 0,758 | 0,95 | 0,706 | 0,804 |
| 14 | 375 | 0,15 | 1,75 | 1,267 | 1,135 | 1,286 | 1,229 |
| 15 | 375 | 0,2 | 1,75 | 1,692 | 1,673 | 1,724 | 1,696 |
| 16 | 400 | 0,1 | 1,75 | 0,802 | 0,863 | 0,765 | 0,81 |
| 17 | 400 | 0,15 | 1,75 | 1,261 | 1,18 | 1,32 | 1,253 |
| 18 | 400 | 0,2 | 1,75 | 1,819 | 1,89 | 1,874 | 1,861 |
| 19 | 350 | 0,1 | 2 | 1,071 | 0,966 | 0,998 | 1,011 |
| 20 | 350 | 0,15 | 2 | 1,316 | 1,377 | 1,427 | 1,373 |
| 21 | 350 | 0,2 | 2 | 1,729 | 1,852 | 1,746 | 1,775 |
| 22 | 375 | 0,1 | 2 | 0,774 | 0,795 | 0,859 | 0,809 |
| 23 | 375 | 0,15 | 2 | 1,174 | 1,289 | 1,259 | 1,24 |
| 24 | 375 | 0,2 | 2 | 1,802 | 1,847 | 1,805 | 1,818 |
| 25 | 400 | 0,1 | 2 | 0,794 | 0,849 | 1,012 | 0,885 |
| 26 | 400 | 0,15 | 2 | 1,366 | 1,527 | 1,564 | 1,485 |
| 27 | 400 | 0,2 | 2 | 1,819 | 1,889 | 1,885 | 1,864 |



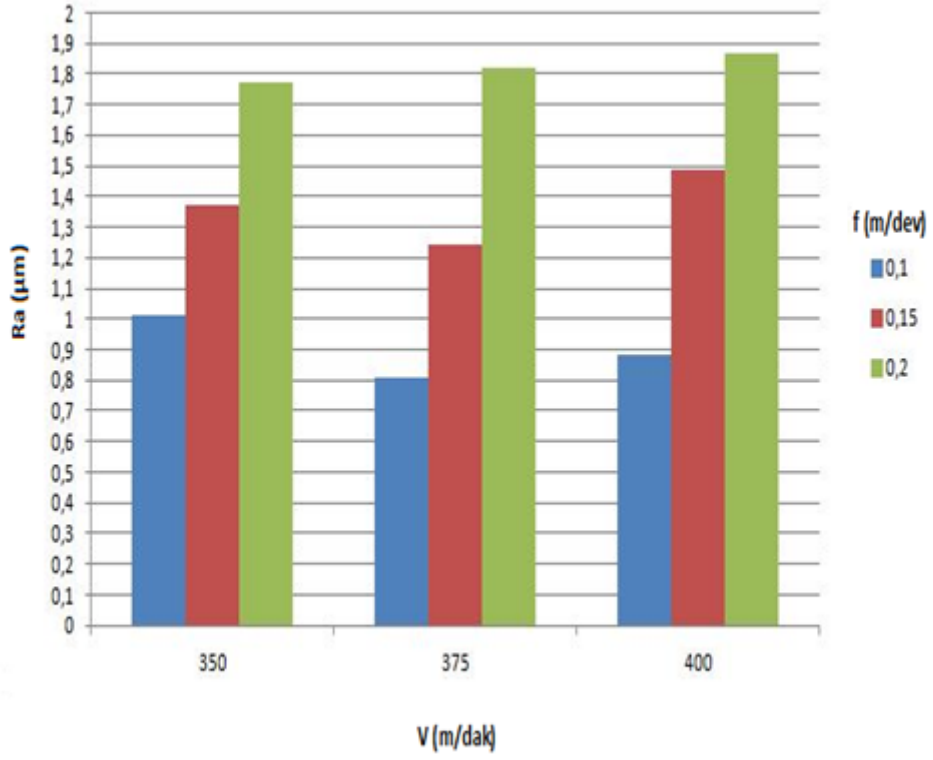
Şekil 6.6. 1,5 mm kesme derinliğinde yüzey pürüzlülüğündeki değişim

1,5 mm kesme derinliği için yüzey pürüzlülük değerleri incelendiğinde ilerleme değerleri arttıkça tüm deneyler için yüzey pürüzlülüğünde artış olduğu görülmüştür. Bununla birlikte kesme hızının en yüksek olduğu 7 numaralı deneyde 0,627 μm ile en düşük pürüzlülük değeri elde edilmiştir. Elde edilen tüm veriler incelendiğinde yüzey pürüzlülüğü değeri kesme hızı arttıkça azalmıştır. Bunun yanı sıra ilerleme değerinin artması yüzey pürüzlülük değerinin artmasına neden olmuştur.



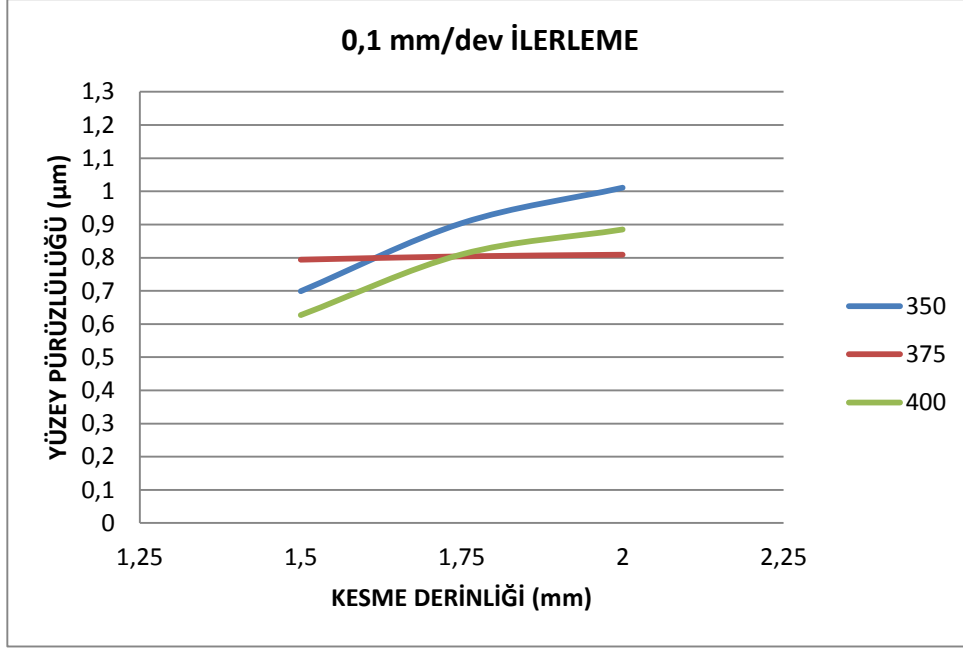
Şekil 6.7. 1,75 mm kesme derinliğinde yüzey pürüzlülüğündeki değişim

1,75 mm kesme derinliği için yüzey pürüzlülük değerleri incelendiğinde; yine ilerleme artışına bağlı olarak pürüzlülük değerlerinin arttığı görülmüştür. Bununla birlikte, kesme hızındaki artış düzenli olmamakla birlikte yüzey pürüzlülük değerinde azalmaya sebebiyet verdiği gözlenmiştir. En düşük pürüzlülük değeri, en düşük ilerleme ve en yüksek kesme hızının kullanıldığı 16 numaralı deneyde 0,81 µm ile gözlenmiştir.

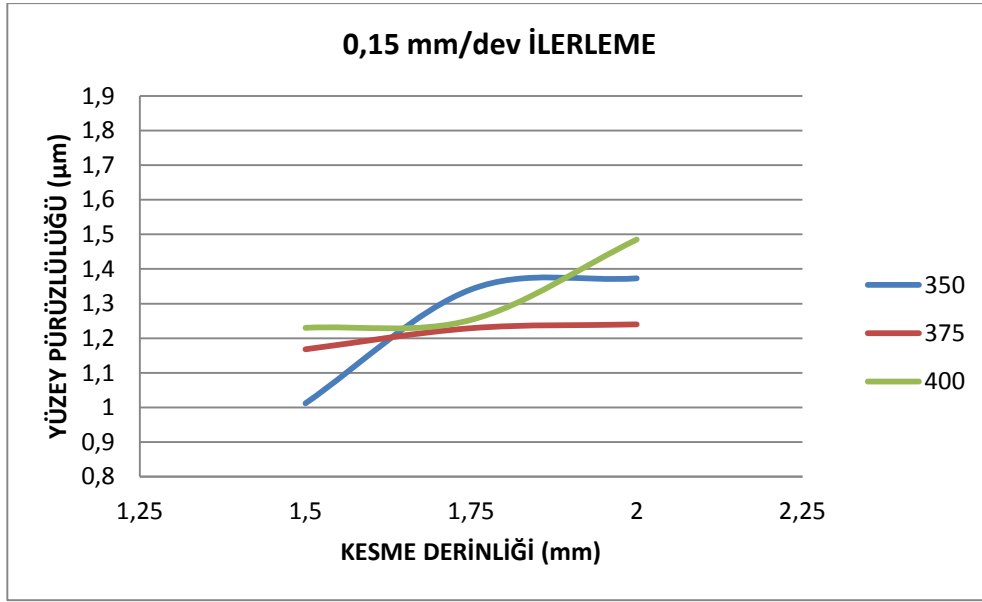


Şekil 6.8. 2 mm kesme derinliğinde yüzey pürüzlülüğündeki değişim

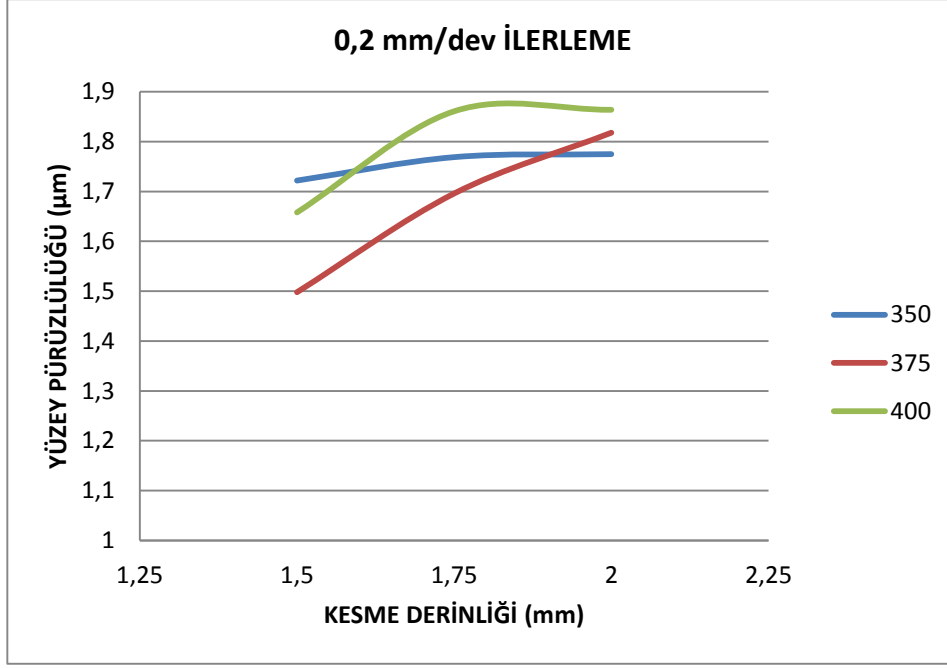
2 mm kesme derinliği için pürüzlülük değerleri incelendiğinde ilerleme ile yüzey pürüzlülük değerinin doğru orantılı olarak arttığı gözlenmiştir. En düşük pürüzlülük değeri ise en yüksek kesme hızının ve en düşük ilerlemenin olduğu 25 numaralı deneyde 0,885 µm olarak görülmüştür.



Şekil 6.9. 0,1 mm/dev ilerlemede kesme derinliği - yüzey pürüzlülük grafiği



Şekil 6.10. 0,15 mm/dev ilerlemede kesme derinliği - yüzey pürüzlülük grafiği



Şekil 6.11. 0,2 mm/dev ilerlemede kesme derinliği - yüzey pürüzlülük grafiği

Şekil 6.9 – Şekil 6.11 incelendiğinde kesme derinliklerinin artması ile birlikte yüzey pürüzlülük değerlerinde artış gözlenmektedir. Yüzey pürüzlülük değeri her bir grafik için 1,5 mm kesme derinliğinde en az değerde görülmüştür.

Kesme hızı artışı ile birlikte yüzey pürüzlülüğü değeri grafiğin genelinde azalma eğilimi göstermiştir. Fakat yüksek kesme hızı ve ilerleme değerlerine çıktığında kesici uçtaki aşınmaya bağlı olarak bazı yüzey pürüzlülük değerleri bu azalma eğilimine karşı artış göstermiştir.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

7.1. Sonuçlar

16MnCr5 malzeme ve TNMG 160408 RN kesici takım çiftinin kullanıldığı kesme şartlarında; yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetlerindeki değişimlere göre en uygun kesme performansı değerlerinin araştırıldığı bu çalışmada; farklı ilerleme değerleri, farklı kesme derinlikleri ve farklı kesme hızları ile deneyler yapılmıştır. Talaş kaldırma işlemi kuru kesme şartlarında gerçekleştirilmiştir. İşlem esnasında kesme kuvvetleri Kistler 9257 B model dinamometre ile ölçülmüştür. Numune parçaların yüzey pürüzlülüğünü ölçmek için ise Marh Perthometer M1 marka yüzey pürüzlülük cihazı kullanılmıştır.

Elde edilen yüzey pürüzlülüğü değerleri ve kesme kuvveti grafiklerinin kesme parametreleri ile ilişkisi yorumlanmaya çalışılmıştır. Bu yorumlamalar aşağıdaki gibi özetlenmiştir.

- 1,5 mm kesme derinliğinde elde edilen en düşük kesme kuvveti değeri 429 N olarak ölçülmüştür.
- 1,75 mm kesme derinliğinde elde edilen en düşük kesme kuvveti değeri 498 N olarak ölçülmüştür.
- 2 mm kesme derinliğinde elde edilen en düşük kesme kuvveti değeri 537 N olarak ölçülmüştür.
- 1,5 mm kesme derinliğinden 1,75 mm kesme derinliğine geçiş; esas kesme kuvvetinde %16 oranında bir artışa neden olmuştur.
- 1,75 mm kesme derinliğinden 2 mm kesme derinliğine geçişte ise esas kesme kuvvetinde ortalama %8 oranında bir artış gözlenmiştir.

Tüm kesme derinlikleri için en düşük kesme kuvveti değeri; en yüksek kesme hızı ve en düşük ilerleme değerinin olduğu deneylerde gözlenmiştir.

- 1,5 mm kesme derinliğinde yüzey pürüzlülük değerine bakıldığında en düşük değer 0,627 μm olarak ölçülmüştür.
- 1,75 mm kesme derinliğinde en düşük yüzey pürüzlülük değeri 0,81 μm olarak görülmektedir.

- 2 mm kesme derinliği için ise pürüzlülük değerinin en düşük olduğu değer 0,885 μ m olarak karşımıza çıkmaktadır.

Yüzey pürüzlülüğünün; ilerleme parametresindeki artışla birlikte doğru orantılı olarak arttığı gerçeği tüm kesme derinliklerinde gözlenmiştir. Bunun yanı sıra kesme derinliklerinde artış yüzey pürüzlülüğü değerinde artışa sebep olmuştur.

- 1,5 mm kesme derinliğinden 1,75 mm kesme derinliğine geçişte; kesme derinliğindeki %16'lık bir artış yüzey pürüzlülük değerinde %30'luk bir artışa neden olmuştur.
- 1,75 mm kesme derinliğinden 2 mm kesme derinliğine geçişte ise; % 14'lük bir kesme derinliği değişimi; pürüzlülük değerinde % 8'lik bir artışa neden olmuştur.

Tüm değerler incelendiğinde kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğü açasından en optimum kesme performansının; en yüksek kesme hızı (400m/dak), en düşük ilerleme (0,1 mm/dev) ve en düşük kesme derinliğinin (1,5 mm) olduğu 7 numaralı deney olduğu ortaya çıkmıştır.

7.2. Öneriler

16MnCr5 malzemede en uygun kesme performansı değerinin kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü açasından değerlendirildiği bu çalışma; aşağıda önerilen bilgiler ışığında geliştirilebilir.

- Kesici takım aşınma miktarının da kesme performansı üzerindeki etkisi düşünöldüğünde, aşınma kriterini dikkate alan deneyler yapılarak çalışma genişletilebilir.
- Takım tutucu değiştirilerek takım tutucu uzunluğunun etkisinin yüzey pürüzlülüğü, kesme kuvveti ve kesici takım aşınma değeri üzerindeki etkisi inceleyebilir.
- Kesici ucun geometrik özellikleri değiştirilerek geometrik değişimin kesme performansına etkisi araştırılabilir.
- Çeşitli talaş kırıcı formlarının işlem çıktıları üzerindeki etkileri incelenip; talaş kırıcı formlarının kesme performansı üzerindeki etkisi değerlendirilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] Mike, S.L., Joseph, C., CALEB M., Surface roughness prediction technique for CNC end-milling. *Journal Of Industry Technology*. 15 (1): 1-6, 1998.
- [2] İ. Tekaut, Takım Tezgahlarındaki Kesici Takım Titreşiminin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi, Ankara, 2008.
- [3] Parlak, N., Özler, L., Özcan, M.E., AISI D6 İş parçasının tornalanmasında pürüzlülüğünün incelenmesi. 3. Ulusal Tasarım İmalat ve Analiz Kongresi, Kasım 2012, Balıkesir, s. 128-137, 2012.
- [4] Thomas, T.E., *Rough Surface*, Longman, New York, 1982.
- [5] Çiftçi, İ., Östenik paslanmaz çeliklerin işlenmesinde kesici takım kaplamasının ve kesme hızının kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğüne etkisi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*. 20 (2): 205-209, 2005.
- [6] Korkut, İ., Dönertaş, M.A., Kesme parametrelerinin frezelemede oluşan kesme kuvvetleri üzerindeki etkisi. *Gazi Üniversitesi Politeknik Dergisi*. 6 (1): 385-389, 2003.
- [7] Uzun, G., Çiftçi, İ., Ç 5140 çeliğinin mekanik özelliklerinin takım aşınması ve kesme kuvvetlerine etkisinin incelenmesi. *Gazi Üniversitesi Politeknik Dergisi*. 15 (1) 29-34, 2012.
- [8] Davim, J.P., Baptista, A.M., Relationship between cutting force and PCD cutting tool wear in machining silicon carbide reinforced aluminium. *Journal of Materials Processing Technology*. 103 (3): 417-423, 2000.
- [9] Duran, A., Acır, A., HSS torna kalemindeki talaş açısının kesme kuvvetlerine etkisi. *Gazi Üniversitesi Politeknik Dergisi*. 7 (3): 211-215, 2004.
- [10] Gökkaya, H., AA5052 Alaşımının işlenmesinde işleme parametrelerinin kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğüne etkisinin deneysel olarak incelenmesi. *Mühendislik Bilimleri Dergisi*. 12 (3): 295-301, 2006.

- [11] Yuan, Z.J., Zhou, M., Dong, S., Effect of diamond tool sharpness on minimum cutting thickness and cutting surface integrity in ultraprecision machining. *Journal of Material Processing Technology*. 62 (4): 327-330, 1996.
- [12] Emel, E., Kannatey, E., Asibu, J., Acoustic emission and force sensor fusion for monitoring the Cutting process. *Int. J. Mec. Sci.* 31 (11-12): 795-809, 1989.
- [13] Lipski, J., Litak, G., Rusinek, R., Szabelski, K., Teter, A., Warminski, J., Zaleski, K., Surface quality of a work materials influence on the vibrations of the cutting process. *Journal of Sound and Vibration*. 252 (4): 729-737, 2002.
- [14] Asiltürk, İ., Akkuş, H., Demirci, M.T., Regresyonla titreşim, akustik emisyon ve kesme parametrelerine bağlı yüzey pürüzlülüğünün modellenmesi. *TMMOB MMO Mühendis ve Makine Dergisi*. 53 (632): 55-62, 2012.
- [15] Dimla, D.E., Lister, P.M., On-line metal cutting tool condition monitoring; I: force and vibration analyses. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*. 40 (5): 739-768, 2000.
- [16] Kopac, J., Pogacnik, M., Theory and practice of achieving quality surface in turn milling. *Int.J.Mach.Tools Manufacture*. 37 (5): 709-715, 1997.
- [17] Neşeli, S., Yıldız, S., Tornalamada yaklaşma açısı ve talaş açısına bağlı olarak tırlama titreşimlerinin yüzey pürüzlülüğüne etkileri. *Gazi Üniversitesi Politeknik Dergisi*. 10 (4): 383-389, 2007.
- [18] Ay, M., Turhan, A., Tornalama işleminde kesme parametrelerinin ve iş parçası uzunluğunun yüzey pürüzlülüğüne etkilerinin incelenmesi. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*. 7 (3): 55-67, 2010.
- [19] Er, A.O., İşlenmesi Güç Malzemelerin Talaşlı Üretiminde Kesici Performansının Araştırılması. Doktora Tezi. Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, 2008.
- [20] Çakır, M.C., Modern Talaşlı İmalatın Esasları. Vipasa Yayınları, Bursa, 1999.
- [21] C. Ensarioğlu, Talaşlı İmalat İmalat İşlemlerinde Kesme parametrelerinin Belirlenmesi İçin Bir Uzman Sistem Yaklaşımı. Yüksek Lisans Tezi. Uludağ Üniversitesi, Bursa, 2007.

- [22] Orhan, S., Er, A.O., Camuşcu, N., Aslan, E., Tool wear evaluation by vibration analysis during end milling of AISI D3 cold work tool steel with 35 HRC hardness. NDT&E International 40 (2): 121-126, 2007.
- [23] N. Yanar, Hidrolik Silindir İmalatında Yüzey Pürüzlülüğüne Etkili Parametrelerinin Taguchi Yöntemi ile Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi, Konya, 2008.
- [24] Sağlam, H., Ünüvar, A., Uzama ölçer esaslı, üç bileşenli frezeleme dinamometresi tasarım ve imalatı. Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Politeknik Dergisi. 2 (2): 73-81, 1999.
- [25] Şeker, U., Talaşlı İmalatta Takım Tasarımı. G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Ders Notları, Ankara, 2000.
- [26] Anonim, Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü, Balıkesir Üniversitesi, <http://w3.balikesir.edu.tr/~ay/lectures/ot/yuzey.puruzlulugu.pdf> (Erişim tarihi: 12.12.2012)