



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AISI 316L PASLANMAZ ÇELİKLERİN TORNALANMASINDA YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN İNCELENMESİ

Buğrahan AKIN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Ocak–2014
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Buğrahan AKIN

Tarih: 17.01.2014

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AISI 316L Paslanmaz Çeliklerin Tornalanmasında Yüzey Pürüzlülüğünün İncelenmesi

Buğrahan AKIN

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Yusuf YILMAZ

2014, 78 Sayfa

Jüri
Yrd. Doç. Dr. Yusuf YILMAZ
Yrd. Doç. Dr. Ali Serhat ERSOYOĞLU
Yrd. Doç. Dr. Murat DİLMEÇ

Bu çalışmada, kuru kesme şartlarında AISI 316L östenitik paslanmaz çeliğin işlenmesinde kesme parametrelerinin ve kesici takım kaplamasının, yüzey pürüzlülüğüne etkilerini araştırmak için tornalama deneyleri yapılmıştır. Deneylerde TiCN-Al_2O_3-TiN kaplamalı ve kaplamasız sementit karbür kesici takımlar kullanılmıştır. Sabit kesme derinliğinde(1,5mm), dört farklı kesme hızında(100–150–200–250 m/dak) ve dört farklı ilerleme hızlarında (0,15–0,25–0,35–0,45 mm/dev) toplam 32 adet deney yapılmıştır. Deneylerde ilerleme miktarı arttıkça yüzey pürüzlülüğünün arttığı fakat kesme hızı arttıkça yüzey pürüzlülüğünün azaldığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: AISI 316L, paslanmaz çelik, yüzey pürüzlülüğü, tornalama,

ABSTRACT

MS THESIS

Investigation of Surface Roughness of AISI 316L Stainless Steels During The Turning Operations

Buğrahan AKIN

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN MECHANICAL ENGINEERING

Advisor: Asst. Prof. Dr. Yusuf YILMAZ

2014, 78 Pages

Jury
Advisor Asst. Prof. Dr. Yusuf YILMAZ
Asst. Prof. Dr. Ali Serhat ERSOYOĞLU
Asst. Prof. Dr. Murat DİLMEÇ

In this study, turning tests were performed under dry cutting conditions in order to investigate the effect of cutting tool coating and cutting parameters on surface roughness in machining of AISI 316L austenitic stainless steel. In the experiments, TiCN-Al_2O_3-TiN coated and uncoated cemented carbide cutting tools are used. 32 experiments were totally carried out with 4 different cutting speeds (100–150–200–250 m/dak) and 4 different feed rates (0,15–0,25–0,35–0,45 mm/dev) for each cutting tools at constant debt of cut (1,5 mm). In experiments, it is determined that the surface roughness was increased when feed rate was increased but the surface roughness was decreased when the cutting speed was increased.

Keywords: AISI 316L, stainless steel,, surface roughness, turning,

ÖNSÖZ

Yüksek Lisans Tez çalışmamda beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Yrd. Doç. Dr. Yusuf YILMAZ' a teşekkürlerimi sunarım.

Buğrahan AKIN
KONYA–2014

İÇİNDEKİLER

ÖZET iv

ABSTRACT v

ÖNSÖZ vi

İÇİNDEKİLER vii

ŞEKİLLER LİSTESİ x

ÇİZELGELER LİSTESİ xii

SİMGELER VE KISALTMALAR xiii

1. GİRİŞ 1

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI 3

3. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ 11

3.1. Yüzey Pürüzlülüğü Parametreleri 13
3.1.1. Yüzey Pürüzlülüğünün Aritmetik Ortalaması(*Ra*): 14
3.1.2. Profil Maksimum Alt Derinliği(Rm) 14
3.1.3. Profil Maksimum Üst Yüksekliği(Rp) 14
3.1.4. Maksimum Pürüzlülük Yüksekliği (Rt, Rmax): 14
3.1.5. Ortalama Pürüz Yüksekliği(On Nokta Yüksekliği Rz) 15
3.1.6. Ortalamaların kareleri toplamının karekökü (R_q): 15
3.2 Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Yöntemleri 16
3.2.1. Dokunma Yöntemi 16
3.2.2 Mekanik Çalışma Yöntemi 16
3.2.3 X Isını Yöntemi 16
3.2.4 Elektron Mikroskobu Yöntemi 17
3.2.5 Optik Mikroskop Yöntemi 17
3.2.6. Yüzey Dinamometresi Yöntemi 17
3.2.7 Kesit Alma Yöntemi 17
3.2.8 Kapasitans Yöntemi 17
3.2.9 Hidrolik Yöntemi 18
3.2.10 Karşılaştırma Mikroskobu Yöntemi 18
3.2.11 Işık Yansıması (İnterferometri) Yöntemi 19
3.2.12 Hava Mastarı Yöntemi 19
3.2.13 Replika (Mask) Yöntemi 20
3.2.14 İnterferans Mikroskop Yöntemi 20
3.2.15. Standard Örnek Yüzeyler Yöntemi 20
3.2.16 Fotoğraf Yöntemi 21
3.2.17 Kaydedici İndikatör Yöntemi 21
3.2.18 Işık Bantlı Mikroskop Yöntemi 22
3.2.19 Elektro- Fiber Optik Sistem Metodu 22

4. ÇELİK MALZEMESİ 23

4.1. Paslanmaz Çelikler 23
4.1.1. Östenitli Paslanmaz Çelikler 24
4.1.2. Ferritli Paslanmaz Çelikler 24
4.1.3. Martenzitli Paslanmaz Çelikler 25
4.1.4. Östenitik - Ferritik (Dubleks) Paslanmaz Çelikler 26
4.1.5. Çökelmeyle Sertleştirilmiş Paslanmaz Çelikler 26

5. TALAŞLI İMALAT VE TORNALAMA 27

5.1. Talaşlı İmalat 27
5.2. Talaş Oluşumu 28
5.3. Talaş Türleri 29
5.3.1. Sıvanmalı Sürekli Talaş Türü 29
5.3.2. Sürekli Talaş Türü 31
5.3.3. Kesikli Talaş Türü 32
5.4. Tornalama 32
5.5. Kesme Çeşitleri 33
5.5.1. Dik Kesme 33
5.5.2.Eğik Kesme 34
5.6. Tornada Kesme Parametreleri 34
5.6.1.Kesme Hızı 34
5.6.2.İlerleme Miktarı 35
5.6.3.Talaş Derinliği 36

6. MATERYAL VE METOT 38

6.1. Materyal 38
6.1.1 Deney Numunesi 39
6.1.2 Kesici Uç 40
6.1.3 Takım Tutucu 41
6.1.4 Takım Tezgâhı 42
6.1.5 Yüzey Pürüzlülük Cihazı 43
6.1.6 Kesme Parametreleri 43
6.2 Metot 44
6.2.1 Deneyin Yapılışı 44

7. DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRME 45

7.1 Deney Sonuçları 45
7.1.1 SNMG 12 04 08 QM H13A Kesici Uç İle Yapılan Deney Sonuçları 45
7.1.2 SNMG 12 04 08 QM GC2015 Kesici Uç İle Yapılan Deney Sonuçları 46
7.2 Değerlendirme 47
7.2.1 Yüzey Pürüzlülüğünün Değerlendirilmesi 47
7.2.1.1 İlerleme Miktarının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi 47
7.2.1.2 Kesme Hızının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi 52

8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 57

8.1 Sonuçlar 57
8.2. Öneriler 58

KAYNAKLAR 59

ÖZGEÇMİŞ 65

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1 Yüzey Kalitesi ve Sapmalar 12

Şekil 3.2 Yüzey Pürüzlülük Profili 13

Şekil 3.3 Rv, Rp, Rt-Rmax Yüzey Pürüzlülük Parametreleri 15

Şekil 3.4 On Nokta Yükseklik Parametresinin Hesaplanması İçin Ortalama Ölçümler 15

Şekil 3.5 Ordinatlarla R_q Değerinin Gösterimi 16

Şekil 3.6 Işık Yansıtma Yöntemiyle Ölçme Prensibi 19

Şekil 4.1 Östenitik Çeliğin Mikro Yapısı 24

Şekil 4.2 Ferritik Çeliğin Mikro Yapısı 25

Şekil 4.3 Martenzitli Çeliğin Mikro Yapısı 25

Şekil 4.4 Dubleks Çeliğin Mikro Yapısı 26

Şekil 5.1 Gerçek Talaş Oluşumu 29

Şekil 5.2 Sıvanmalı Sürekli Talaş 30

Şekil 5.3 Sürekli Talaş 31

Şekil 5.4 Kesikli Talaş 32

Şekil 5.5 Tornalamada Kesme Hızı, İlerleme Miktarı ve Talaş Derinliği 36

Şekil 6.1 Deney Düzeneğinin Şematik Gösterimi 38

Şekil 6.2 Deney Numunesi 39

Şekil 6.3 SNMG 12 04 08 QM Serisi Kesici Uç Kesitleri 40

Şekil 6.4 Takım Tutucunun Kesitleri 41

Şekil 6.5 Deneylerin Yapımında Kullanılan CNC Torna Tezgâhı 42

Şekil 6.6 Yüzey Pürüzlülük Cihazı 43

Şekil 7.1 Kesme Hızı 100m/dak' da İki Farklı Kesici Takım İçin İlerleme Miktarı - Yüzey Pürüzlülük Grafiği 48

Şekil 7.2 Kesme Hızı 150m/dak' da İki Farklı Kesici Takım İçin İlerleme Miktarı - Yüzey Pürüzlülük Grafiği 49

Şekil 7.3 Kesme Hızı 200m/dak' da İki Farklı Kesici Takım İçin İlerleme Miktarı - Yüzey Pürüzlülük Grafiği 50

Şekil 7.4 Kesme Hızı 250m/dak' da İki Farklı Kesici Takım İçin İlerleme Miktarı - Yüzey Pürüzlülük Grafiği 51

Şekil 7.5 İlerleme 0,15mm/dev'de İki farklı Kesici Takım İçin Kesme Hızı - Yüzey Pürüzlülük Grafiği 54

Şekil 7.6 İlerleme 0,25mm/dev'de İki farklı Kesici Takım İçin Kesme Hızı - Yüzey Pürüzlülük Grafiği 55

Şekil 7.7 İlerleme 0,35mm/dev'de İki farklı Kesici Takım İçin Kesme Hızı - Yüzey Pürüzlülük Grafiği 55

Şekil 7.8 İlerleme 0,45mm/dev'de İki farklı Kesici Takım İçin Kesme Hızı - Yüzey Pürüzlülük Grafiği 56

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 6.1 AISI 316L Deney Malzemesine Ait Kimyasal Bileşimi 39

Çizelge 6.2 SNMG 12 04 08 QM Serisi Kesici Uç Boyutları 40

Çizelge 6.3 Takım Tutucunun Ölçüleri 41

Çizelge 6.4 ACCUWAY UT- 200 Torna Tezgahı Özellikleri 42

Çizelge 6.5 Kesme Parametreleri..... 43

Çizelge 6.6 İşleme Parametreleri 44

Çizelge 6.7 Her bir Kesici Uç İçin Deney Tasarımı 44

Çizelge 7.1 Ortalama Ra Değerleri..... 45

Çizelge 7.2 Ortalama Ra Değerleri..... 46

Çizelge 7.3 Kesme Hızı 100m/dak' da İki Farklı Kesici Takım İçin İlerleme Miktarı - Yüzey Pürüzlülük Ölçüleri 48

Çizelge 7.4 Kesme Hızı 150m/dak' da İki Farklı Kesici Takım İçin İlerleme Miktarı - Yüzey Pürüzlülük Ölçüleri 49

Çizelge 7.5 Kesme Hızı 200m/dak' da İki Farklı Kesici Takım İçin İlerleme Miktarı - Yüzey Pürüzlülük Ölçüleri 50

Çizelge 7.6 Kesme Hızı 250m/dak' da İki Farklı Kesici Takım İçin İlerleme Miktarı - Yüzey Pürüzlülük Ölçüleri 51

Çizelge 7.7 İlerleme 0,15mm/dev'de İki farklı Kesici Takım İçin Kesme Hızı - Yüzey Pürüzlülük Ölçüleri..... 53

Şekil 7.8 İlerleme 0,25mm/dev'de İki farklı Kesici Takım İçin Kesme Hızı - Yüzey Pürüzlülük Ölçüleri 54

Şekil 7.9 İlerleme 0,35mm/dev'de İki farklı Kesici Takım İçin Kesme Hızı - Yüzey Pürüzlülük Ölçüleri..... 55

Şekil 7.10 İlerleme 0,45mm/dev'de İki farklı Kesici Takım İçin Kesme Hızı - Yüzey Pürüzlülük Ölçüleri..... 56

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

ϕ	Kayma açısı
α	Serbest açı
β	Kama açısı
γ	Talaş açısı
f	İlerleme(mm/dev)
a	Talaş derinliği(mm)
$\mathbf{R_a}$	Ortalama yüzey pürüzlülüğü(µm)
$\mathbf{R_z}$	Ortalama pürüzlülük yüksekliği(µm)
L	Örnekleme uzunluğu
M	Profil ortalama çizgisi
n	İşin devri(dev/dak)
V	Kesme hızı(m/dak)

Kısaltmalar

AISI	American International Standart Idetification, (Amerikan Uluslararası Standart Tanımlamaları)
YT	Yığıntı Talaş
BUE	Built-up-edge (yıgıntı talas)
CNC	Computer numerical control (bilgisayarlı sayısal denetim)
ISO	International Standard Organization (milletlerarası standart organizasyonu)
CVD	Chemical vapour deposition (kimyasal buhar biriktirme)
WC	Tungsten karbür
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
dev	Devir
dak	Dakika

1. GİRİŞ

Günümüzde gelişen teknolojiyle birlikte endüstri sanayisi hızla büyümekte ve bu durum rekabet ortamını arttırmaktadır. Mühendislik malzemelerinin daha ucuz ve seri üretilmesiyle birlikte daha kaliteli ürünlerin üretilmesi gelişen sanayinin vazgeçilmez unsuru olmaktadır.

İmalatın amacı, hammadde ile ürün arasındaki dönüşümü sağlamaktır. Bu dönüşümün sağlanabilmesi için pek çok değişik teknolojik yöntemler kullanılabilir. İmal usulleri adı verilen bu teknolojik yöntemler, talaşlı imalat ve talaşsız imalat yöntemleri olarak iki temel gruba ayrılabilir. Bu iki temel grup arasındaki fark; talaşlı imalat yöntemlerinde (tornalama, frezeleme, planyalama vb.) hammadde-ürün dönüşümü sırasında hammadde üzerinden talaş kaldırılması, talaşsız imalat yöntemlerinde (kaynak, döküm, dövme vb.) ise hammadde üzerinden talaş kaldırmadan bu dönüşümün sağlanabilmesidir (İşbilir, 2006).

İmalat sanayindeki temel üretim işlemlerinin şüphesiz en önemlisi talaş kaldırarak yapılan üretimdir. Üreticinin globalleşen dünyada ayakta kalabilmesi ve rekabet edebilmesi; en düşük maliyet ve en kısa sürede istenen boyutta ve yüzey kalitesinde parça üretmesine bağlıdır (Asiltürk, 2007).

Talaş kaldırmada asıl amaç; en düşük maliyetle en yüksek üretim miktarını, maksimum takım ömrü ile elde etmektir. Bunu yaparken yüzey kalitesini muhafaza etmek için talaş kaldırmaya etki eden kesme şartlarının, takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerini analiz etmek gerekir. Kesme kuvvetleri, işleme esnasında oluşan herhangi bir değişken tarafından, doğrudan etkilenen en önemli çıkış değişkenlerinden biridir. Kesme kuvvetleri üzerinde etkili olan bu değişkenler; ilerleme hızı, kesme derinliği, kesme hızı, takım geometrisi, iş parçası malzemesi, takım-tezgâh çiftinin dinamik karakteristikleri, bağlama sistemi, takım kesme yüzeylerindeki aşınmanın gelişimi, sıcaklık ve titreşim gibi faktörlerdir. Takıma etki eden kesme kuvvetleri takım durumu hakkında önemli bilgi kaynağıdır. Bu bilgi, işlenebilirliği, takım kırılmasını, takım aşınmasını, tırlamayı ve yüzey tamlığını anlamada kullanılabilir (Akkurt, 1996).

Üretilen ürünlerin yüzeylerini inceleyecek olursak, birbirine benzer yüzeylerin çok az olduğu görülür. Bu benzerlik, özellikle pürüzlülük ve düzgünlük bakımından son derece önemlidir. Yüzey pürüzlülüğü, üretilen parçaların yüzey kalitelerinin geliştirilmesi ve belirlenmesinde, önemli bir rol oynar. Yanlış seçilen işleme

parametreleri iş parçasının bozulması ve yüzey kalitesinin düşüklüğü gibi istenmeyen durumlara neden olmaktadır. Yüzey kalitesi işleme parametrelerinin doğru seçimi ile sağlanabilmektedir.

Bu çalışmada, düşük işlenebilirliğe ve yaygın kullanım alanına sahip olan AISI 316L östenitik çeliğinden hazırlanmış numuneler üzerinde optimum kesme parametreleri ve kesme şartlarının tespit edilebilmesi için kuru kesme şartlarında tornalama yöntemi ile işleme deneyleri yapılmıştır.

Deneyler, CNC torna tezgâhında deney parçalarının işlenmesi ile gerçekleştirilmiştir. Deneylerde iki tip kesici uç kullanılmıştır. Sabit kesme derinliğinde dört farklı ilerleme miktarı ve dört farklı kesme hızında otuz iki adet deney yapılmıştır. Deney sonuçları grafiklere dönüştürülerek değerlendirilmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Tornalama işlemlerinde işlenmiş parçaların yüzey pürüzlülüğü, yüzey kalitesinin en önemli kıstasıdır. Bu nedenden dolayı, yüzey pürüzlülük değerini belirlemede, hangi parametrelerin ne derece etkili olduğunu belirlemek amacı ile çok çeşitli araştırmalar yapılmaktadır. Yapılan çalışmalardan bazıları aşağıda verilmiştir.

Kopac ve Bahor (1999) yaptıkları çalışmada, sanayide çok kullanılan temperlenmiş Ç106 ve Ç4140 çeliklerinin işlenmesi sırasında kesme parametrelerinin rastgele seçimi ile ne tür durumlarla karşılaşılabileceği incelemişlerdir. Deneylerde her iki çelik malzeme için büyük uç yarıçaplı takım kullanıldığında, düşük yüzey pürüzlülüğü elde edildiği sonucuna ulaşmışlardır.

Yousefi ve Ichida (2000) yaptıkları çalışmada, alüminyum alaşımlarının yüksek hızda torna tezgâhında işlenmesinde kesme hızının yüzey pürüzlülüğü, kesme kuvvetleri, talaş tipi ve talaş genişliğine olan etkilerini araştırmışlardır. Yapılan deneylerde genel olarak kesme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülüğü azalmıştır. Fakat 100-200 m/s hız aralığında takım kesme kenarında meydana gelen talaş yapışması yüzey pürüzlülüğünde artışa neden olmuştur.

Chou ve Song, (2001), AISI 52100 çeliğinin farklı kesme parametrelerinde işlenmesi sırasında takım uç yarıçapının yüzey pürüzlülüğüne etkilerini, takım aşınmasını, kesme kuvvetlerini ve beyaz katman derinliğini araştırmışlardır. Deneylerde takım uç yarıçapının artmasıyla yüzey kalitesinin iyileştiği gözlemlenmiş bunun yanında takım aşınmasının, kesme kuvvetlerinin ve spesifik kesme enerjisinin arttığı görülmüştür.

Işık ve Çakır (2001), çalışmalarında hız çeliği takımlar için kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkilerini deneysel olarak incelemişlerdir. Bu çalışmada ilerleme ve talaş derinliğinin yüzey pürüzlülüğünü arttırdığı, köşe radyüsünün artmasının ise pürüzlülüğü azalttığı görülmüştür. Hız çeliği için belirlenen kesme hızlarının yüzey pürüzlülüğü üzerinde herhangi bir etkisi tespit edilmemiştir.

Çoğun ve Özses (2002), bilgisayar sayısal denetimli takım tezgâhlarında değişik işleme koşullarının yüzey pürüzlülüğüne etkisini incelemişlerdir. Bu çalışmada dört değişik takım tezgâhı kullanılmıştır. Takım ilerleme hızı, iş parçası dönme hızı, tabla ilerlemesi ile paso derinliği işleme parametresi olarak alınmıştır. Paso derinliğinin artmasıyla yüzey pürüzlülüğü artma, uç yarıçaplı kesiciler kullanıldığında ise yüzey pürüzlülüğünde azalma olmuştur. Takım ilerlemesi-tabla ilerlemesi arttırıldığında yüzey

pürüzlülüğünün kötüleştiğini, iş mili-Fener mili dönme hızı arttırıldığında yüzey pürüzlülüğünün iyileştiğini, tespit etmişlerdir.

Lin (2002) "Paslanmaz çeliğin yüksek hızda işlenmesi esnasında TiN kaplanmış karbür matkapların kesme davranışı" adlı çalışmasında takım ömrü, yüzey pürüzlülüğü, takım aşınması ve çapak oluşumunu araştırmak için TiN kaplamalı karbür takımlar kullanarak yüksek hızda delme işlemi yapmıştır. Çalışma sonucunda minimum yüzey pürüzlülüğü ve çapak yüksekliği için uygun değer kesme hızı 75 m/dak olarak belirlemiştir. Elde edilen yüzey pürüzlülüğü 1 μm'den daha azdır.

Kopac ve arkadaşları (2002) torna tezgâhında C15 E4 çeliğinin işlenmesinde değişken olarak kesme hızı, kesici takım malzemesi, iş parçası malzemesi, ilerleme ve talaş derinliği değerlerini almıştırlar. Bu değişkenlere bağlı yüzey pürüzlülüğü değerlerini elde etmiştirler. Deneylerde kesme hızı en büyük etkiye sahip kontrol parametresi olmuş ve daha yüksek kesme hızlarında daha iyi yüzey pürüzlülük değerleri elde etmişlerdir.

Ay ve arkadaşları (2003) "CNC freze tezgâhlarında yüzey pürüzlülüğüne etki eden faktörlerin belirlenmesi", adlı çalışmasında kesme esnasında oluşan kuvvet ve titreşimleri deneysel olarak ölçülmüşlerdir. Deneylerde; Ç1040, Ç1045, Ç1050 malzemeler ile değişik kesme derinlikleri ve ilerleme değerlerinde 0,8 mm uç yarıçaplı kesiciler kullanılmışlardır. Sonuç olarak; kesme derinliği arttığında yüzey kalitesinin olumsuz etkilendiği ve kesme kuvvetlerinin arttığı gözlemlenmiştir. Ayrıca yüksek kesme hızı ve düşük ilerleme miktarının yüzey kalitesini iyileştirdiği görülmüştür.

Korkut ve arkadaşları (2004) tarafından yapılan çalışmada, sinterlenmiş karbür kesici takım kullanarak AISI 304 östenitik çeliğin tornalanmasında kesme hızının takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğüne etkisi araştırmışlardır. Farklı kesme hızları kullandıkları çalışmada, kesme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülüğünün azaldığı ve düşük kesme hızlarında BUE (talaş sıvanması ve yapışması) oluştuğunu rapor etmişlerdir.

Gökkaya ve arkadaşları (2004), AISI 1030 çeliğini PVD ve CVD kaplamalı sementit karbür kesici takımlarla, işleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisini araştırmışlardır. Deneylerde, sabit kesme derinliğinde, beş farklı ilerleme ile üç farklı kesme hızı kullanmışlardır. En düşük yüzey pürüzlülüğünü TİN kaplı kesici takımla elde etmişlerdir. İlerleme hızının azaltılması ve kesme hızının arttırılması ile yüzey pürüzlülüğünde iyileşme sağladığını gözlemlemişlerdir.

Çiftçi (2005) "Östenitik paslanmaz çeliklerin islenmesinde kesici takım kaplamasının ve kesme hızının kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğüne etkisi" adlı çalışmasında, AISI 304 östenitik paslanmaz çeliğini ve AISI 316 östenitik paslanmaz çeliğini soğutma sıvısı kullanmadan tornalama metoduyla işlemiştir. Deneylerde kesici takım kaplamasının, kesme hızının ve iş parçası malzemesinin, kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışmada, TiC/TiCN/TiN ve TiCN/TiC/Al2O3 katmanlarıyla çok katlı kaplanmış sementit karbür kesici takımlar kullanılmıştır. Deneyler ilerleme hızı 0,16 mm/dev ve talaş derinliği 1,6 mm olarak alınmış, dört farklı kesme hızında (120, 150, 180 ve 210 m/dak), yapılmıştır. Deney sonuçları, TiC/TiCN/TiN kaplanmış kesici takımın TiCN/TiC/Al2O3 kaplanmış kesici takımdan daha düşük kesme kuvvetlerine sebep olduğunu ortaya çıkarmıştır. Kesme hızının kesme kuvvetlerinde önemli derecede bir değişikliğe neden olmadığı ancak yüzey pürüzlülüğünü önemli derecede etkilediği görülmüştür. Artan kesme hızı ile yüzey pürüzlülük değerleri 180 m/dak kesme hızı değerine kadar azalmış ancak bu değerden sonra artan kesme hızı ile yüzey pürüzlülük değeri artış eğilimi göstermiştir.

Gökkaya ve arkadaşları, (2006) AISI 1030 çeliğinden kaplamasız sementit karbür kesici takımla, beş farklı ilerleme ve üç farklı kesme hızı kullanarak talaş kaldırılmışlardır. Kaplamasız sementit karbür kesici takım ile işleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisini araştırmışlardır. Deneylerde kesme hızlarına göre ortalama yüzey pürüzlülüğü değerine bakıldığında en az ortalama yüzey pürüzlülüğü 100 m/dak kesme hızında yapılan talaş kaldırmada görülmüş ve artan kesme hızıyla ortalama yüzey pürüzlülüğünün arttığı belirlenmiştir. İşleme parametresi olarak kullanılan değerler arasında kesme hızındaki artışa bağlı olarak, yüzey pürüzlülük değerlerinde artış görülmüştür. Ayrıca ilerleme değeri arttıkça yüzey pürüzlülüğünde artma gözlemlemişlerdir.

Nalbant ve arkadaşları (2006) nikel esaslı süper alaşım Inconel 718 malzemesini, tornalama işlemiyle kuru kesme koşulunda, iki farklı geometride ve üç farklı malzeme kalitesinde seramik takımlar kullanarak işlemişlerdir. Deneylerde kesme derinliği 2 mm, ilerleme 0,20 mm/dev değerlerinde sabit tutulmuş, kesme hızı olarak 150; 200; 250 ve 300 mm/dak değerleri alınmıştır. Deneyler sonucunda, kesme kuvvetlerinin büyük ölçüde takım geometrisine bağlı olduğu anlaşılmıştır. Kesme hızının etkisi kuvvetler üzerinde fazla olmamakla birlikte kesme hızının artışıyla kesme kuvvetlerinde düşüş gözlenmiştir. Ayrıca yüksek kesme hızlarında plastik deformasyon, serbest yüzey aşınması, çentik ve yığılma kenarı takım bozukluk durumları gözlemlenmiştir.

Neşeli (2006) tornalamada takım geometrisi ve tırlama titreşimlerinin yüzey pürüzlülüğüne etkileri adlı çalışmasında dinamik kesme şartları altında takım geometrisine bağlı olarak meydana gelen tırlama titreşiminin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi deneysel olarak araştırmıştır. Yapılan deneylerde farklı negatif talaş açılı takım tutucuları kullanmış, kullanılan tutucuya uygun farklı uç radyuslu takımlarla belirlenen yaklaşma açılarında kuru kesme işlemini gerçekleştirmiştir. Takımı her kesme operasyonu için değiştirmiştir.

Korkut ve Dönertaş (2007) AISI 1020 ve AISI 1040 çeliklerinden hazırlanan parçalar üzerinde CNC dik işleme merkezinde yüzey frezeleme ile kesme kuvvetlerinin üç bileşeni ölçülmüştür. Yüzey frezelemede kesme hızı ve ilerleme miktarının kesme kuvvetleri ve talaş sıvanmasına (BUE) etkisini araştırmışlardır. Kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülükleri, talaş kesitine ve kesme hızına bağlı olarak değerlendirilmiştir. Artan kesme hızlarında kesme kuvvetleri artarken düşük ve orta kesme hızı değerlerinde BUE eğiliminin arttığı tespit edilmiştir.

Tekaslan ve arkadaşları (2008) CNC torna tezgahında AISI 304 çeliklerin işlenmesinde optimum yüzey pürüzlülüğünü sağlayacak kesme parametrelerinin tespiti için yaptığı çalışmada kesme hızı artırıldığında yüzey pürüzlülüğünün iyileştiği, ilerlemenin artırılması ile yüzey pürüzlülüğünün kötüleştiğini görmüştürler.

Boy ve arkadaşları, (2009) "Vanadis 10 soğuk iş takım çeliğinin işlenmesinde kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi", adlı çalışmasında işlenebilirlik deneyleri yapmışlardır. Deneyler sekiz farklı kesme hızı (75; 100; 125; 150; 200; 250; 300 ve 350 m/dak), beş farklı ilerleme hızı (0,04; 0,06; 0,08; 0,10 ve 0,12 mm/dev) ve sabit bir kesme derinliğinde (1 mm) yapılmıştır. Deneyler tornalama yöntemiyle CVD ile kaplı, iki tip sementit karbür kesici takım kullanılarak yapılmıştır. Bu çalışma sonucunda kesme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülük değerinin azaldığı fakat yüksek kesme hızlarında ise yüzey pürüzlülüğünün arttığı görülmüştür. Bunun sebebinin takım aşınmasına bağlı olduğu anlaşılmıştır. İlerleme miktarının artması ile yüzey pürüzlülük değerinde bir kötüleşme beklenirken, 0,08 ve 0,10 mm/dev ilerleme miktarlarında yüzey pürüzlülüğünde bir iyileşme görülmüştür. Bu iyileşmenin muhtemel sebebinin, ilerlemenin artması ile BUE oluşumunda bir azalma olduğu düşünülmektedir.

Demir ve arkadaşları, (2009) "Stavax ESR çeliğinin yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri açısından değerlendirilmesi", adlı çalışmasında Cr alaşımlı paslanmaz takım çeliği olan AISI 420 ESR çeliğinin tornalama metoduyla işlenebilirlik deneyleri yapmışlardır. Deneylerde kesme derinliği "1 mm" alınmış ve soğutma sıvısı

kullanılmamıştır. Ayrıca kesme hızları 160, 200, 240, 280, 320 ve 360 m/dak değerlerinde, ilerleme hızları da 0,05; 0,10; 0,15 ve 0,20 mm/dev değerlerinde eşit aralıklı olarak seçilmiştir. Sonuç olarak yüzey pürüzlülük değerlerinin kesme hızından ve ilerleme miktarından önemli derecede etkilendiği görülmüştür. En düşük yüzey pürüzlülük değerleri 0,05 mm/dev – 0,10 mm/dev ilerleme miktarında ve 240 m/dak-280 m/dak kesme hızlarında yapılan deneylerde oluştuğu görülmüştür. Ayrıca Kesme hızının artmasıyla kesme kuvvetleri önemli miktarda azalmıştır. En düşük kesme kuvveti (348 N) 320 m/dak kesme hızında oluşmuştur.

Özlü ve Demir (2009) "Sertleştirilmiş 30MnVS6 mikroalaşımlı çeliğin kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü açısından işlenebilirliğinin araştırılması", adlı çalışmasında, yağda ve suda sertleştirme ısıl işlemine tabi tutulan, 30MnVS6 mikro alaşımlı çelik iş parçaları üzerinde işleme deneyleri yapmışlardır. Deneyler tornalama işlemiyle, soğutma sıvısı kullanılmadan, dört farklı kesme hızında (90; 120; 150 ve 180 m/dak) ve 0,1 mm/dev ilerleme miktarı ile 1 mm talaş derinliğinde yapılmıştır. Uygulanan ısıl işlemlerle iş parçalarının mikro yapıları ve sertlikleri değiştirilmiş ve bu mikro yapıların ve sertliklerin kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğüne etkileri araştırılmıştır. Deneylerde suda sertleştirilen iş parçaları üzerinde yapılan deneylerde kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülük değerleri yağda sertleştirilen malzemeye göre yüksek bulunmuştur. Sonuç olarak, malzemelerin mikro yapılarında yapılan değişiklerle, kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülük değerlerinin önemli ölçüde değiştiği gözlenmiştir.

Xavior ve Adithan, (2009) karbür takımlar yardımıyla AISI 304 paslanmaz çeliğin tornalanması esnasında takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü üzerine kesme sıvılarının etkisini incelemişlerdir. Tornalama işlemi sırasında takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğünü azaltmada hindistan cevizi yağının performansı emülsiyon ve saf kesme yağı gibi iki farklı kesme sıvısı ile karşılaştırılmıştır. Genellikle hindistan cevizi yağının takım aşınmasın azaltmada ve yüzey pürüzlülüğünü iyileştirmede diğer iki kesme sıvısından daha iyi performans gösterdiği sonucuna varmışlardır.

Yeyen ve arkadaşları (2009) AISI 303 paslanmaz çeliklerin islenmesinde kesme hızı ve ilerleme hızının, kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Deneyler üç farklı ilerle miktarında (0,20, 0,24 ve 0,30 mm/dev), dört farklı kesme hızlarında (120, 150, 180 ve 210 m/dak) yapılmıştır, kesme derinliği ise sabit olarak 2,5 mm seçilmiştir. Bu araştırma kapsamında AISI 304 östenitik paslanmaz çelikler ile AISI 303 östenitik paslanmaz çeliklerin islenebilirliği karşılaştırılmıştır.

Deney sonuçlarına göre AISI 303'ün islenmesi sırasında AISI 304'e göre % 19 daha fazla kesme kuvvetleri oluşmaktadır. Yüzey pürüzlülüğündeki artış ise % 51 olarak ölçülmüştür.

Zeyveli ve Demir (2009), "AISI H13 sıcak iş takım çeliğinin işlenmesinde yüzey pürüzlülüğünün deneysel incelenmesi", adlı çalışmasında kalıpçılıkta çok kullanılan, ısıl kararlılığı ve tokluğu yüksek AISI H13 sıcak iş takım çeliğinin işlenmesinde, kesme hızı ve ilerleme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisini incelemişlerdir. Deneyler tornalama yöntemiyle çok katlı kaplanmış sementit karbür kesici takımlar kullanılarak soğutma sıvısı kullanılmadan sabit bir kesme derinliğinde (1 mm), altı farklı kesme hızında (70; 100; 130; 160; 190 ve 220 m/dak.) ve üç farklı ilerleme hızında (0,05; 0,1; 0,15 mm/dev) yapılmıştır. Deneylerde ilerleme hızının artması ile yüzey pürüzlülüğünün arttığı görülmüştür. 0,10 mm/dev ve 0,15 mm/dev ilerleme miktarlarında elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinin; 0,05 mm/dev ilerleme hızında elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinden sırasıyla %34 ve %68 daha fazla olduğu görülmüştür. Yapılan deneylerde elde edilen talaş tipleri ile yüzey pürüzlülük değerleri arasında yakın bir ilişkinin olduğu görülmüştür. Bazı kesme hızlarında, çıkan talaşların sürekli talaş olması ve kırılmaması, yüzey pürüzlülüğü değerlerinde ani artışlara sebep olmuştur.

Aytürk (2010), "AISI 316 Ti paslanmaz çeliğin işlenmesinde kesici uç geometrisinin kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğüne etkisi", adlı çalışmasında AISI 316 Ti paslanmaz çelik malzemesini karbür uçlarla tornalamıştır. Deneylerde kaplamalı değişik uç geometrisine sahip uçlar kullanılmıştır. Kullanılan kesici uç burun yarıçapı ve uç talaş kırıcı deseninin kesme kuvvetlerine ve yüzey pürüzlülüğüne etkisi araştırılmıştır. Sonuç olarak elde edilen yüzeyler üzerinde, kesici burun yarıçapının artması ile yüzey pürüzlülüğünün azaldığı gözlemlenmiştir.

Yılmaz (2010), "Etial 180 alüminyum alaşımının işlenmesinde kesici takım geometrisi ve kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkileri" adlı çalışmasında 180 alüminyum alaşımının CNC dikey işleme merkezinde, kaplamasız karbür kesici takımlarla işlenmesinde, ilerleme miktarı, kesici uç yarıçapı, kesme hızı ve talaş derinliğinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerini incelemiştir. Deneylerde kesici uç olarak 0,4–0,8–1,6 mm yarıçaplı kaplamasız tungsten karbür kesici uçlar kullanılmıştır. Kesme parametreleri olarak ise ilerleme miktarı 0,10–0,15–0,20 mm/diş, kesme hızı 300–450–600 m/dak ve talaş derinliği 0,8–1,6 mm seçilmiştir. Deney sonuçlarına göre kesici takım uç yarıçapının artmasıyla, yüzey pürüzlülüğü azaldığı gözlemlenmiştir.

Ayrıca ilerleme miktarı ve talaş derinliği arttıkça yüzey pürüzlülüğünün arttığı fakat kesme hızı arttıkça yüzey pürüzlülüğünün azaldığı tespit edilmiştir. Yüzey pürüzlülüğü üzerinde en etkili parametreler sırasıyla ilerleme miktarı, kesici takım uç yarıçapı, kesme hızı ve talaş derinliği olduğu rapor edilmiştir.

Kına (2011), "Silindirik yüzeylerin taşlanmasında değişik helis açılı taşların yüzey pürüzlülüğüne ve daireselliğe etkisi" adlı çalışmasında çevresine 15º, 30º ve 45º helisel kanallar açılmış taşlar kullanarak Ç 1050, Ç 4140 ve Ç 7131 çelik malzemeler silindirik taşlama işlemine tabi tutmuştur. Deneylerde elde edilen "ortalama yüzey pürüzlüğü" ve "yuvarlaklık hatası" sonuçları düz yüzeyli zımpara taşı ile kıyaslanmıştır. Deneyler neticesinde, helisel kanallı taş kullanımıyla daha iyi yüzey kalitesi ve daha düzgün dairesellik elde edildiği görülmüştür.

Domaç (2011), "Frezeleme işleminde kesici uç yarıçapı ve uç geometrisinin yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri üzerindeki etkilerinin araştırılması" adlı çalışmasında AISI 1040 imalat çeliğinden hazırlanmış numuneler üzerinde işleme deneyleri yapmıştır. Deneylerde kesici uç yarıçapı ve uç geometrisinin yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Deney sonuçları yüzey pürüzlülüğü yönünden değerlendirildiğinde "sadece pahlı" kesicinin en iyi pürüzlülük değerlerini verdiği görülmüştür. En kötü yüzey pürüzlülüğü değeri ise "hem pahlı hem radyuslu" olan kesici uç ile işlemelerde elde edilmiştir. Kullanılan kesici uçlardan "sadece radyuslu" olanın hemen hemen tüm kesme şartlarında, oluşan kesme kuvvetleri ve çıkardığı yüzey pürüzlülüğü yönünden diğer kesicilerin ara değerlerini ortaya çıkardığı belirlenmiştir.

Gültekin (2012), "Karbonelyaf takviyeli polimer kompozitlerin delinmesinde yüzey pürüzlülüğünü azaltacak uygun delme yöntemleri ve parametrelerin seçilmesi" adlı çalışmasında karbonelyaf takviyeli polimer kompozit malzemeyi tek atlamalı (plain) çift atlamalı (twill) şeklinde iki farklı hasır yapısına sahip plaka şeklinde üretip bu plakalarda 0.2, 0.3 ve 0.4 mm/dev. ilerleme hızlarında, 50, 70 ve 90 m/dak. kesme hızlarında, 60^o, 90^o ve 120^o uç açılarında, 2,3 ve 4 ağız sayısında farklı parametreler kullanılarak delme işlemi yapmış ve delik içi yüzey pürüzlülüğünü ölçmüştür. Deney sonuçlara göre iki farklı hasır yapısına sahip (Plain,Twill) plakalarda İlerleme arttıkça yüzey pürüzlülüğü arttığı, kesme hızı arttıkça yüzey pürüzlülüğü azaldığı görülmüştür. Ayrıca ağız sayısı arttıkça yüzey pürüzlülüğünün azaldığı, kesici takım uç açısı arttıkça yüzey pürüzlülüğü azaldığı rapor edilmiştir.

Aslan (2012), “Ti-6al-4v alaşımının işlenmesinde kriyojenik soğutmanın yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisinin araştırılması” adlı çalışmasında kesme parametrelerinin kuru kesme, bor yağı ile kesme ve kriyojenik kesme gibi farklı kesme koşullarında yüzey pürüzlülüğü, takım aşınması ve talaş yapısı üzerindeki etkilerini deneysel olarak araştırmıştır. Deneylerde bor yağı ile kesmenin yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınması üzerinde olumlu etki ettiği anlaşılmıştır. Bunun nedeninin bor yağının soğutma yapmasının yanında yağlayıcı özelliği olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Yurtkuran (2013), “DIN 1.2344 çeliğinin tornalanmasında oluşan kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğünün modellenmesi” adlı çalışmasında sertleştirilmiş DIN 1.2344 sıcak iş takım çeliğinin kaplamalı ve kaplamasız kübik bor nitrür (CBN) kesici takımlar kullanılarak işlenebilirliğini incelemiştir. Deneylerde DIN 1.2344 çeliğinin işlenmesinde, en düşük Ra değeri kaplamasız CBN kesici takım ile 150 m/dak kesme hızı, 0,05 mm/dev ilerleme miktarı ve 0,1mm kesme derinliğinde 0,23 µm olarak elde edilmiştir. Ayrıca yüzey pürüzlülüğü üzerindeki en fazla öneme sahip değişkenin ilerleme miktarı olduğu rapor edilmiştir.

3. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ

İşleme metodu, kesicinin cinsi ve işlenen malzemeye bağlı olarak, işleme sırasında fiziksel, kimyasal ve ısıl faktörlerle, kesen ve kesilen arasındaki mekanik hareketlerin de etkisiyle işlenmiş yüzeylerde, genellikle istenmediği halde bazı izler oluşur. Nominal yüzey çizgisinin altında ve üstünde düzensiz sapmalar meydana getiren bu duruma yüzey pürüzlülüğü denir (Güllü, 1995).

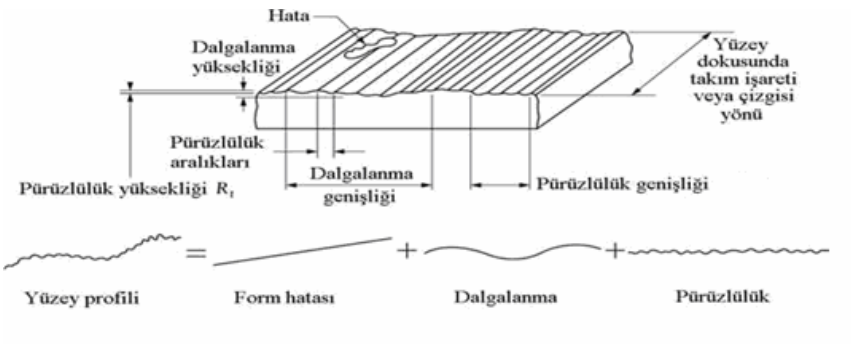
İşleme metodu ne olursa olsun talaş kaldırılan yüzeylerde beli bir yüzey pürüzlülüğü oluşması kaçınılmazdır. Farklı metotlarla işlenen aynı malzemelerin yüzey pürüzlülükleri sayısal değer olarak aynı olmasına rağmen bazen bunların aşınma, korozyon, sürtünme ve yorulma dirençlerinin farklı oldukları bilinmektedir. Çünkü yüzeydeki işleme izlerinin yönleri ve dağılımları da performansı etkiler. Bu nedenle işlenecek parçaların bazılarında yüzey pürüzlülük değerinin yanında işleme metodunun da belirlenmesi istenir (Özses, 2002).

Bir parça işlendikten sonra resim üzerinde gösterilen ideal şekline göre, bazı nedenlerden dolayı geometrik, boyut ve yüzey bakımından bir takım sapmalar göstermektedir. İşleme yöntemine bağlı olarak daha büyük veya daha küçük olabilen bu hatalar, parçanın kullanma yerine göre müsaade edilen bir değerde tutulursa, parçanın çalışmasına engel olmamaktadır. Müsaade edilen bu hatalar genellikle toleransın yardımıyla ifade edilir. Hatalar ne kadar küçük (toleranslar sıkı) olursa, kalite ve maliyet o kadar yüksek, hatalar ne kadar büyük (toleranslar kaba) olursa kalite ve maliyet de o kadar düşük olur. Mühendislik bakımından önemli olan husus, parçanın kullanma yerine göre kalitesini, teknik ve ekonomik açıdan uygun olarak belirlemek ve parçayı bu kaliteyi sağlayacak yöntemlerle işlemektir (Akkurt, 2004).

Talaşlı imalat esnasında yüzey pürüzlülüğüne etki eden parametreler şunlardır:

Takım tezgâhının rijitlik durumu,
Yataklama sisteminden kaynaklanan hatalar,
Takım tutucu rijitlik durumu,
Takım aşınmasının etkileri,
Takım geometrisi,
Kesme parametreleri,
Malzemenin mekanik özellikleri,
Soğutma sıvısının etkileri (Özses, 2002).

Yüzey kalitesi, pürüzlülük, dalgalık, izler ve hatalar olmak üzere 4 elemandan oluşmaktadır. Yüzey yapısı ile ilgili olan bu dört bileşenin tanımları şöyle özetlenebilir:



Şekil 3.1 Yüzey Kalitesi ve Sapmalar (Demircioğlu, 2004)

Pürüzlülük: İmalat işlemelerinden kaynaklanan genellikle daha ince düzensizliklerden oluşur, ilerleme izleri dahil diğer belirsizlikler örnekleme uzunluğunu sınırlar.

Dalgalık: Pürüzlülük örnekleme uzunluğundan daha büyük olan geniş aralıklı düzensizlikleri kapsar ve dalgalık, tezgâh, iş parçası defleksiyonu, otlama, titreşim, ısıl davranış veya kesici takım aşınmasından ileri gelebilir.

Hatalar: Bir yerde olan veya yüzey üzerinde geniş aralıklı olarak oluşan amaçsız düzensizliklerdir. Yüzey üzerinde bulunan bu kusurlar; çatlaklar, delikler, artıklar, menteşeler ve çizgiler şeklinde olup bütün bunları kapsar.

Bitirme yüzeyi: Bir yüzeyin genel kalitesini göstermek için kullanılan geniş bir terimdir. Ancak "İyi bir bitirme yüzeyi" düşük pürüzlülük değerlerini ve tersi de her zaman "yüksek pürüzlülük" değerlerini gösterir (Şahin, 2001).

Yüzey pürüzlülüğü birçok alanda önemli bir parametredir.

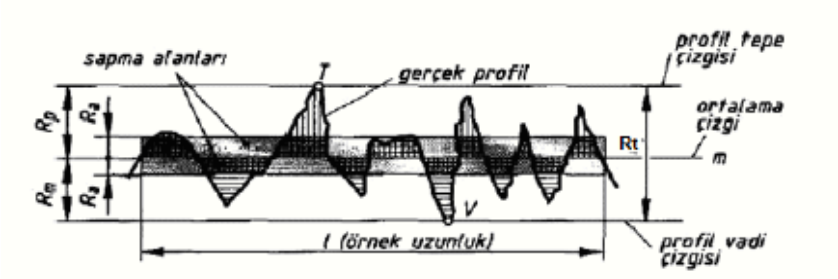
Bunların bazıları;

1. Sürtünmeli yataklar,
2. Korozyon ortamında çalışan parçalar,
3. Yuvarlanmalı yataklar,
4. Boyanmış ve kaplanmış yüzeyler,
5. Sızdırmazlık yüzeyleri,
6. Plastik enjeksiyon kalıp yüzeyleri,
7. Mastarlar vb. (Özses, 2002).

3.1. Yüzey Pürüzlülüğü Parametreleri

Standartlara göre yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesi belirli kriterlere göre yapılır. Bu kriterlere göre pürüzler, yüzeye dik olan bir kesitte belirli bir numune uzunluğu boyunca belirli bir referans profiline ve profil ortalama çizgisine göre tayin edilir. Referans profil olarak genellikle geometrik profil alınır (Özses, 2002).

Yüzeyde oluşan girinti ve çıkıntıların alan bakımından eşitlendiği orta eksenin üstünde ve altında kalan alanların aritmetik ortalamasını veren çizgiler arası mesafe R_a, orta eksenin altında ve üstünde meydana gelen sapmaların geometrik ortalama değeri R_q (rms), değerlendirme aralığındaki en yüksek beş çıkıntı ile en derin beş girintinin mutlak değerlerinin ortalaması R_z, değerlendirme aralığındaki filtre edilmemiş pürüzlülüğün en yüksek çıkıntısı ile en derin girintisi arasındaki mesafe R_{max} (R_y), filtre edilmiş pürüzlülüğün en yüksek tepesi ile en derin girintisi arasındaki mesafe de R_t olarak adlandırılmaktadır. Bunların dışında pürüzlülükle ilgili daha onlarca parametre tanımlanmaktadır (ISO 4287/1-1984 (E/F/R)), (Dagnall 1980).



Şekil 3.2 Yüzey Pürüzlülük Profili (Kartal, 2000)

a) Örnek uzunluk (l: mm): Örnek uzunluk yüzey pürüzlülüğünün değerlenmesinde alınan etken uzunluktur.

b) Profil ortalama çizgisi (M): Profil ortalama çizgisi etken profilin alt ve üst sınır noktalarının ortasından paralel geçen çizgidir. Bu çizgi, alt ve üst alanları eşit yapacak şekilde geçmelidir

c) Geometrik profil alt sınır çizgisi: Geometrik profil alt sınır çizgisi etken profilin alt sınırından geçen ve profile (V) noktasından değen çizgidir

d) Geometrik profil üst sınır çizgisi: Geometrik profilin üst sınır çizgisi etken profilin üst sınırında geçen ve profile (T) noktasından değen çizgidir (Kartal, 2000).

3.1.1. Yüzey Pürüzlülüğünün Aritmetik Ortalaması(R_a):

Merkez ortalama çizgisi (CLA) olarak da bilinen, yükseklik aritmetik ortalaması kalite kontrolünde oldukça sık kullanılan pürüzlülük parametresidir (Motorcu, 2006).

Diğer bir tarife göre R_a seçilen örnekleme uzunluk sınırlarında, eksen çizgisinin altında ve üstünde oluşan profil sapmalarının aritmetik ortalama değeridir. (ISO 4287/1-1984 (E/F/R)).

Bu durumu denkleme dökecek olursak, yüzey pürüzlülüğünün aritmetik ortalaması R_a şu formüllerle hesaplanır;

$$R_a = \frac{1}{L}\int_0^1 |y(x)|dx \tag{3.1}$$

$$R_a = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} |y_i| \tag{3.2}$$

Burada;

L: örnekleme uzunluğu

y: profil ortalama çizgisinden ölçülen yükseklik değişimleri

3.1.2. Profil Maksimum Alt Derinliği(Rm)

Örnek uzunluk içinde en alt derinlikteki noktaya temas eden ve eksen çizgisine paralel olan doğru ile eksen arasındaki mesafedir.

3.1.3. Profil Maksimum Üst Yüksekliği(Rp)

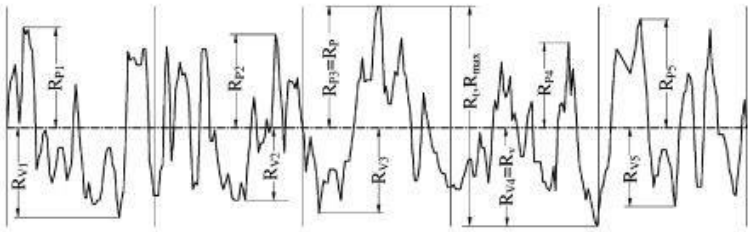
Örnek uzunluk içinde en üst yükseklikteki noktaya temas eden ve eksen çizgisine paralel olan doğru ile eksen arasındaki mesafedir.

3.1.4. Maksimum Pürüzlülük Yüksekliği (Rt, Rmax):

Örnek uzunluk içinde maksimum alt derinliği ile maksimum üst yüksekliği arasındaki mesafedir. Matematiksel Olarak;

$$R_{\max} = R_p + R_v \tag{3.3}$$

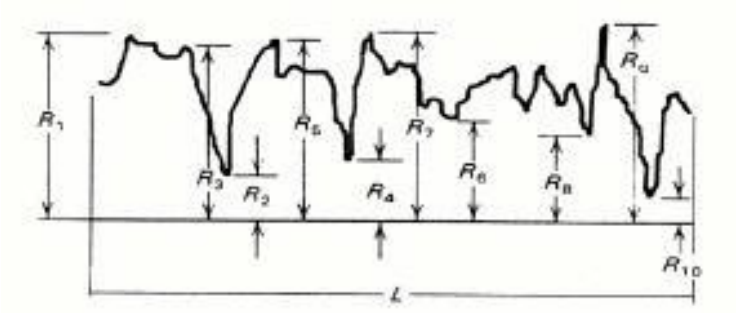
Şeklindedir.



Şekil 3.3 Rv, Rp, Rt-Rmax Yüzey Pürüzlülük Parametreleri (Gadelmawla vd., 2002)

3.1.5. Ortalama Pürüz Yüksekliği(On Nokta Yüksekliği Rz)

Örnekleme uzunluk içinde en üst beş yükseklik ile en alt beş derinlik arasındaki ortalama mesafeyi gösterir.



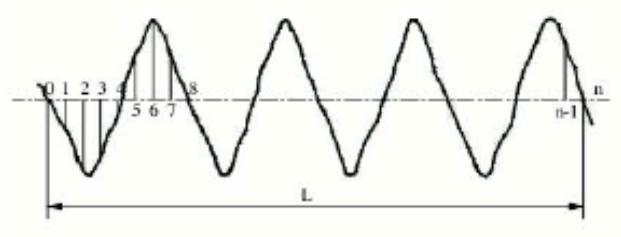
Şekil 3.4 On Nokta Yükseklik Parametresinin Hesaplanması İçin Ortalama Ölçümler (Akkuş, 2010)

Denklemsel olarak:

$$R_Z = \frac{\left(R_1 + R_3 + R_5 + R_7 + R_9\right) - \left(R_2 + R_4 + R_6 + R_8 + R_{10}\right)}{5} \tag{3.4}$$

3.1.6. Ortalamaların kareleri toplamının karekökü (R_q):

Yüzey pürüzlülüğü aritmetik ortalamasından (R_a) daha hassas olan R_q örnekleme uzunlukta eksen çizgisinin altında ve üstünde oluşan sapmaların geometrik ortalamasıdır.



Şekil 3.5 Ordinatlarla R_q Değerinin Gösterimi (Neşeli, 2006)

R_q değeri aşağıdaki formülle hesaplanabilir.

$$R_q = \sqrt{\frac{h_1^2 + h_2^2 + h_3^2 + ... + h_n^2}{n}} \tag{3.5}$$

3.2 Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Yöntemleri

3.2.1. Dokunma Yöntemi

Güllü (1995) ye göre bir iğnenin, kalemin veya tırnak ucunun bir yüzey üzerine işleme yönüne dik olarak sürülmesiyle, yüzeyin pürüzlülüğü hakkında bilgi edinilebilmektedir.

3.2.2 Mekanik Çalışma Yöntemi

Güllü (1995) ye göre en az 500 gram ağırlığında çelik bilye kullanılarak; yüzeyin içine doğru 1 μm lik yer değiştirmesi yüzey pürüzlülüğünün bir ölçümüdür.

3.2.3 X Isını Yöntemi

Güllü (1995) ye göre mikroskop altında yüzey üzerine küçük açılarla gönderilen X ısınları 0.00254 μm ile 0.0508 μm arasındaki yüzey pürüzlülük yüksekliklerinin ölçümünü sağlar.

3.2.4 Elektron Mikroskobu Yöntemi

Güllü (1995) ye göre elektron mikroskobu en küçük düzensizlikleri ölçme hassasiyetine sahip olmasına rağmen, ölçüm yapılacak yüzeyin boyutunun küçük tutulmak zorunda olması ayrıca yüzey pürüzlülüğü görüntüsünü kopyalarken oluşacak zorluklar bu yöntemin kullanılmasını azaltır.

3.2.5 Optik Mikroskop Yöntemi

Güllü (1995) ye göre herhangi bir parçanın yüzeyi mikroskopla gözlenebilir. Numunenin yüzeyine ışın gönderilerek aydınlatılmakta ve meydana gelen şeklin görüntüsüne mercek vasıtasıyla bakılarak, yüzeydeki boşluklar yüzey yapısı hakkında değerlendirme yapılabilir.

3.2.6. Yüzey Dinamometresi Yöntemi

Güllü (1995) ye göre iki yüzey arasındaki sürtünme katsayısının, sürtünen parçaların yüzey pürüzlülüğüne bağlı olmasından dolayı, sürtünme katsayısının dinamometre ile ölçüldüğünde, elde edilen F kuvveti yüzey pürüzlülüğü ile doğru orantılıdır.

3.2.7 Kesit Alma Yöntemi

Güllü (1995) ye göre numunenin kesitini alıp 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 ve ölçme yavaşlığıdır.

3.2.8 Kapasitans Yöntemi

Güllü (1995) ye göre ortalama pürüzlülük yüksekliğinin ölçümü (Rc) bir paralel plakalı kondansatörün kapasite değişimine dayanılarak yapılır. Plakalardan birisi referans alınacak olan kondansatörün düzgün yüzeyi, diğeri ise test edilecek yüzey

olarak dikkate alınır. Her iki yüzey birbirlerinden katı bir yalıtkan ile ayrılmış olmalıdır. Yalıtkana temas eden pürüzlülüğü ölçülecek yüzey arasındaki boşluklara havanın dolmasıyla ikinci bir yalıtkanlık oluşmaktadır. Bu metot ile elde edilen yüzey pürüzlülüğü, aşağıdaki eşitlik ile ifade edilir.

$$R_c = \left[\frac{A}{\pi.4C} - \frac{t}{D} \right].D_a \qquad (3.6)$$

A :Levhaların anma alanı,
C :Sistemin kapasitansı,
t :Yalıtkanın kalınlığı
D :Yalıtkanın geçirgenlik katsayısı
D_a :Havanın geçirgenlik katsayısı

3.2.9 Hidrolik Yöntemi

Güllü (1995) te yaptığı çalışmada 20 cm boyunda eğik bir düzlemde 0.25 cm^3 'lük yağ damlasının geçiş zamanı (t) ve on nokta yükseklik parametresi (Rz) ilişkisini veren denklemi bulmuştur. Bu metotla 2-50 μm aralığında Rz değerleri tespit edilebilmektedir.

$$R_z = 0,13.t^{3,7} \qquad (3.7)$$

3.2.10 Karşılaştırma Mikroskobu Yöntemi

Güllü (1995) ye göre bu yöntem cihazın çıplak gözle bakılan ekranında; hem kontrolü yapılacak yüzeyin büyütülmüş kesitini, hem de arka planda kıyaslamaya esas alınan referans yüzeyin büyütülmüş kesitini birlikte görmek esasına dayanır. Bu kıyaslamada; aynı malzemeden yapılan, aynı işleme yöntemiyle en iyi sonucu veren iş parçasının görünüşü referans alındığında, aynı grubu oluşturan diğer iş parçalarının uygunluk kontrolü kolayca yapılabilir.

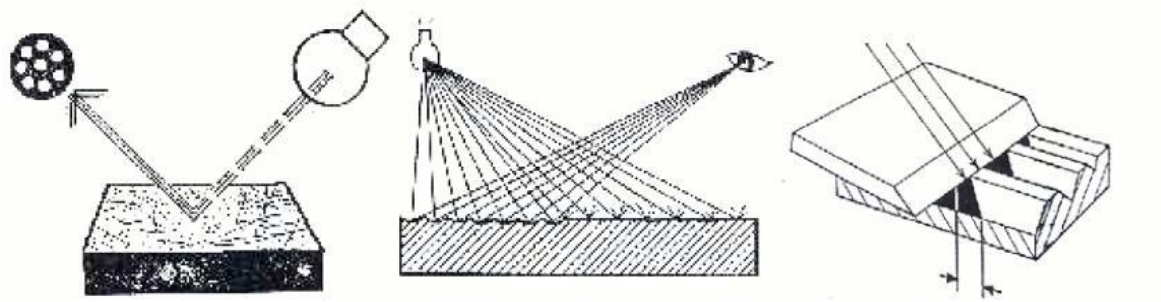
Karşılaştırma hassasiyeti, özel mikroskoplar yardımıyla 15x-200x kat arasında yükseltilebilmektedir. Kontrol edilecek parça yüzeyi ile standart örnek yüzeyi

karşılaştırma mikroskobu altında aynı ışık konumu ve aynı oranda büyütme ile aynı zamanda yan yana getirilerek mukayese edilmektedir. Lambalardan gelen ışık demeti kondansatörden geçerek, demetleri ikiye bölen tüp aracılığıyla standart örnek yüzeye sevk edilmekte, demetin diğer yarısı ise objektif ve diyaframdan geçerek kontrol edilecek yüzeye sevk edilmektedir. Diyafram, görüş sahasının biri solda, diğeri de sağda olmak üzere yan yana oluşacak şekilde yerleştirilmiştir (Güllü, 1995).

3.2.11 Işık Yansıması (İnterferometri) Yöntemi

Güllü (1995) ye göre yüzey pürüzlülüğü ölçümünde ışık yansıması yöntemi, yüzeye açılı olarak yansıtılan ışıkların bağıl miktarının gözlenmesi esnasına dayanmaktadır. Yüzey pürüzlülüklerinin büyüklüğünden ziyade malzemenin şekli, yansıyan ışın miktarını belirlemektedir.

Bu yöntemde, ışın huzmesi bölünüp iki ayrı uzunluktaki yoldan gönderildikten sonra birleştirilmekte ve bu ışığın yoğunluğu, en büyük veya en küçük değerde elde edilmektedir. Bu durum; ışınların aynı fazda ya da 180 derece faz farkında bulunmalarına bağlı olmaktadır. Demetlerden birinin küçük bir alana yansıtılmasıyla elde edilen büyütülmüş ışın kırılma modeli yoluyla yüzey pürüzlülüğü incelenebilmektedir (Güllü, 1995).



Şekil 3.6 Işık Yansıtma Yöntemiyle Ölçme Prensibi (Güllü,1995)

3.2.12 Hava Mastarı Yöntemi

Güllü (1995) ye göre bu yöntem genellikle dökümden çıkmış olan parçaların yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesinde kullanılmakla birlikte işlenmiş yüzeylerin pürüzlülüğünün tespitinde de kullanılabilir. Sisteme gönderilen hava basıncı, mastarın memesinden geri tepen basınç değeri veya sistemden sızan havanın fonksiyonları,

pürüzlülük değerini belirler. Yüzey pürüzlülüğünün hava mastarı yöntemi ile ölçülmesinin bir değerlendirilmesi yapılırsa herhangi bir değerdeki pürüzlülük ölçülebilir ayrıca işleme izlerinin rasgele oluştuğu yüzeylere uygulanabilir.

3.2.13 Replika (Mask) Yöntemi

Yüzey kalitesi ölçümünün gerektiği bazı şartlarda ve yüzeyin parça üzerindeki yeri nedeniyle pürüzlülük ölçümü yapmak mümkün olmadığında, ölçüm yapılacak yüzeyin önce bir maskının çıkarılması gerekmektedir. Selüloz-asetat filmi asetonla yumuşatılmakta ve sertleşene kadar temizlenmiş yüzeye bastırıldığında elde edilen mask yüzeyin karakterini yaklaşık %80 oranında temsil etmektedir. Çağdaş teknolojide bugün epoxy ve diğer reçine türlerinden yararlanarak %100 'e yakın sonuçlar elde edilmektedir (Güllü, 1995).

3.2.14 İnterferans Mikroskop Yöntemi

Son yıllarda süper bitirme işlemi görmüş yüzeyleri ölçmek ve kontrol etmek bakımından büyük önem kazanan interferans ölçme metodunda, yüzeye temas olmadığı için ölçülen numunenin zarar görmesi söz konusu değildir. Ölçme lâboratuarlarında ve üretim atölyelerinde kullanılmak üzere imal edilen mikroskoplarla, yüzey pürüzlülüğü 0.03 μm ile 2 μm arasında olan numuneler ölçülmektedir (Güllü, 1995).

3.2.15. Standard Örnek Yüzeyler Yöntemi

Standard yüzeylere göre, iş parçasının yüzey kalitesi mukayese edilmektedir. Üretim atölyelerinde çok yaygın olarak kullanılan bu uygulamada çeşitli firmalar tarafından üretilen standart örnek yüzeyler, siyah plastikten yapılmış bir gövde üzerine yerleştirilmiş ve yüzeylerin üzerine, talaş kaldırma yöntemiyle beraber Ra ve Rt pürüzlülük değeri yazılmıştır. Örnek yüzeyler Ra ve Rt değerlerine göre düz veya silindirik olarak değişik talaş kaldırma yöntemleri ile belirli hızlar ve ilerlemelerle işlenmekte ve işlenen bir parçanın yüzey pürüzlülüğü, aynı malzemeden yapılmış ve aynı metotla işlenmiş uygun bir örnekle mukayese edilerek kontrol edilmektedir (Güllü, 1995).

3.2.16 Fotoğraf Yöntemi

Yüzey pürüzlülüklerinin kıyaslanarak yorumlanabileceği bu yöntem, yüzey fotoğraflarının büyütülmesiyle yapılmaktadır. Yüzeylerde çalışma ve mukayese yapıldığında elde edilen bilgilerin dosyalanması, gruplar arasında tartışılması ve spesifik mukayesenin yapılması açısından önemli ve tercih edilen bir yöntem olduğu görülmektedir. Net görüntülü fotoğraflarda, yüzeyler arasındaki küçük sapmaları ayırt etmek mümkündür. Yüzey pürüzlülüğünün aritmetik ortalaması için gerekli olan sayısal değer bu yöntemle elde edilememektedir. Derinliği yansıtan gölgelerin görünümü pürüzlülüğün yorumlanmasında önemli bir rol üstlenmektedir (Güllü, 1995).

3.2.17 Kaydedici İndikatör Yöntemi

Kaydedici indikatör olarak tanımlanan yüzey pürüzlülüğü indikatörü yöntemi, yüzey izinin büyültülüp değerlendirme ve çalışma için kaydedildiği bir indikatör tipidir. Kullanılan elektrik toplayıcı (veri toplayıcı) oransal olarak genişletilmiş iz üzerinde kaydedici iğnenin hareketinin güçlendirilmesi ile düşey hareketli izleyici uç tarafından üretilen elektrik darbesiyle ölçme yapan bir sistemdir. Düşey ve yatay büyültme ölçekleri eşit olmadığından düşey büyültmenin çok büyük değerine erişilerek hassas sapmaların belirlenmesi ile ayrıntılı bir izi tanımlamak mümkündür.

• Çok sayıda okuma sonucunun ortalaması alındığı için rast gele iz seçimi mümkündür.

• Uygun ölçme yapıldığında tekrarlanabilme özelliği oldukça iyidir.

• Değişik ölçülerin mevcut olması herhangi bir pürüzlülük oranını belirlemektedir.

• Değişik şekilli ve büyük parçaların ölçme donanımına göre ayarlanması zor olmaktadır.

• Ayarlama ve yeterli sayıda okuma gibi insan kararları gerektiren durumlar içerir.

• Donanımlar kullanılmadığında değerlendirme için gerekli hesaplamalar, oldukça fazla zaman kaybına yol açmaktadır (Güllü, 1995).

3.2.18 Işık Bantlı Mikroskop Yöntemi

Güllü (1995) ye göre ışık bantlı mikroskoplar yaklaşık olarak 1 μm yüksekliğindeki yüzey pürüzlülüğünün kontrol edilmesinde kullanılır. Kontrol edilecek yüzeye dokunmadan ve zarar vermeden, büyük bir hassasiyetle ve basit bir işlem ile ölçme yapılabilir.

3.2.19 Elektro- Fiber Optik Sistem Metodu

Bu metotta, yüzey pürüzlülüğü ölçülecek malzeme x ve y yönünde hareket edebilen ayarlanabilir bir tablaya bağlanmakta ve malzeme yüzeyi yatay konuma getirilmektedir. Malzeme, sabit ve dik konumda olan fiber-optik algılayıcı altından x,y tablası hareketi ile sabit bir hızla geçmektedir. Algılayıcıdan malzeme yüzeyine dik olarak gönderilen ve malzeme yüzeyine odaklanmış olan ışın bu yüzeyden yansımaktadır. Malzeme yüzeyi ile 45 derece açı yapacak ve yüzeyle arasında 1 mm açıklık olacak şekilde yerleştirilen fiber optik kablo yüzeyden yansıyan ışının bir kısmını diğer ucuna yerleştirilen foto algılayıcıya taşımaktadır.

Malzeme yüzeyine gelen ışınlar, yüzeyin pürüzlü olması nedeni ile dağılıma uğramakta ve yansıma açıları farklı olacak şekilde yansımaktadır. Malzeme yüzeyindeki pürüzlülüğe neden olan mekanik çizgiler arasındaki mesafe ışık dalga boyu mertebesinde ise, yüzey bir ışık kırıcı gibi davranış göstermektedir. Malzeme yüzeyine gelen ışınların farklı ışıma fazında yansıması (spektruma ayrılması) ve malzeme yüzeyindeki çizgilerin düzensiz oluşuyla, yansıyan farklı fazdaki ışıma, ışık Şiddetinde dağılmaya neden olmaktadır. Işık Şiddetindeki dağılma miktarı ile yüzey pürüzlülüğü arasında kurulan doğrudan ilişkiyle yüzey pürüzlülüğü tespit edilmektedir (Güllü, 1995).

4. ÇELİK MALZEMESİ

Maksimum %2,06 C içeren ve ek işlem gerektirmeksizin şekillendirilebilen Demir karbon alaşımıdır. Genellikle sünek malzemelerdir. Uygulanan ısıl işlemlerle mekanik özellikleri örneğin sertlikleri, dayanımları ve tane boyutları değiştirilebilir. Çeliğin özelliklerinin değişimine en fazla etki eden element karbondur. Çelik, demir-karbon alaşımı olup diğer alaşım elementlerini de belli oranda içerebilir. Binlerce farklı kompozisyonda ve/veya farklı ısıl işleme sahip çelik çeşidi mevcuttur. Mekanik özellikler, çeliğin bileşimine ve uygulanan ısıl işleme bağlı olarak değişmektedir.

4.1. Paslanmaz Çelikler

Paslanmaz çelikler, özellikle çeşitli ortamlarda gösterdikleri mükemmel yenim dirençleri nedeniyle seçilen mühendislik malzemeleridir. Paslanmaz çeliklerin yenim direncinin nedeni, içerdikleri yüksek krom miktarıdır. Paslanmaz çeliğin paslanmaz olması için çeliğin en az %12 krom (Cr) içermesi gerekir. Bilinen kurama göre, krom bir yüzey oksit filmi oluşturarak alt taraftaki demir-krom alaşımını oksitlenmeden korumaktadır. Koruyucu oksidin oluşması için paslanmaz çeliğin oksitleyici maddelerle karşılaşması gerekmektedir. Krom miktarı yükseltilerek veya nikel ve molibden gibi alaşım elementleri katılarak korozyon dayanımı artırılabilir. Bunun dışında bakır, titanyum, alüminyum, silisyum, niyobyum, azot, kükürt ve selenyum gibi bazı elementlerle alaşımlama yapılarak ilave olumlu etkiler sağlanabilir. Bu şekilde makine tasarımcıları ve imalatçıları, değişik kullanımlar için en uygun paslanmaz çeliği seçme şansına sahip olurlar. Örneğin;

- **Niyobyum ve titanyum:**

  Taneler arası korozyonu önler

- **Azot:**

  Mukavemet ve korozyon dayanımını artırır.

- **Kükürt ve selenyum:**

  Talaşlı işlenebilme özelliğini artırır.

Paslanmaz çeliklerde içyapıyı belirleyen en önemli alaşım elementleri önem sırasına göre krom, nikel, molibden ve mangandır. Bunlardan öncelikle krom ve nikel içyapının ferritik veya östenitik olmasını belirler.

Paslanmaz çelikler neredeyse tüm sanayi kollarında kullanılmaktadır.

Genel olarak beş tür paslanmaz çelik vardır:

- Ferritli paslanmaz çelikler
- Martenzitli paslanmaz çelikler
- Östenitli paslanmaz çelikler
- Östenitik - Ferritik (Dubleks) Paslanmaz Çelikler
- Çökeltili sertleşen paslanmaz çelikler

4.1.1. Östenitli Paslanmaz Çelikler

Östenitli paslanmaz çelikler aslında bir demir – krom – nikel alaşımıdır ve yaklaşık %16-25 Cr, %7-20 Ni içerir. Bu alaşımlara östenitli denmesinin nedeni yapılarının normal ısıl işlem sıcaklıklarında östenitli (YMK, γ demiri türü) olmasıdır. Dış merkezli kübik kristal olan östent; östenitik çeliklerin ana aşamasıdır. Soğuma esnasında faz değişimi olmadığından sertleşmezler. Östenitik paslanmaz çeliğin en önemli özelliği, diğer çelik türlerinde bulunan manyetik özelliğin olmamasıdır. Östenitik paslanmaz çelikler çok iyi korozyon dayanımına sahiptir ve sünek olduklarından dolayı kolay şekillendirilebilirler. 304 ve 316 kalite paslanmaz çelikler bunların içinde en yoğun olarak kullanılanlardır. Gıda, kimya, tekstil, petrokimya ve eczacılık gibi pek çok uygulama alanları vardır.

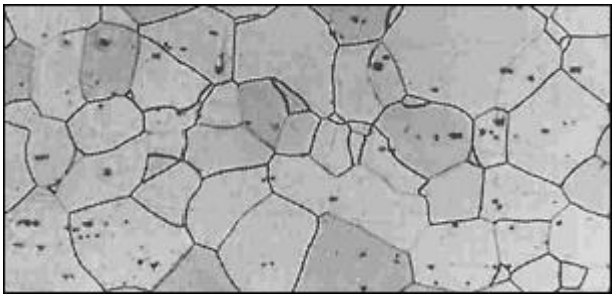


Şekil 4.1 Östenitik Çeliğin Mikro Yapısı

4.1.2. Ferritli Paslanmaz Çelikler

Ferritli paslanmaz çelikler aslında %12 ile 30 arasında kromu olan demir krom alaşımlarıdır. Ferritli diye adlandırılmalarının nedeni, normal ısıl işlem koşullarında yapılarının çoğunlukla ferritli (YMK, α demiri türü) olmasıdır. Gövde merkezli kübik

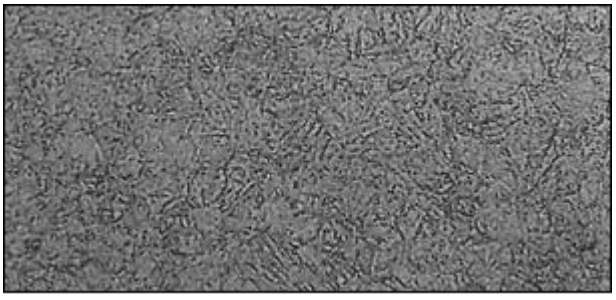
kristal olan ferrit; ferritik çeliklerin ana aşamasıdır. Sertleştirilemeyen demir-krom alaşımlarıdır. 409 ve 430 kalite bu grupta yer alan en tipik ürünlerdir. Ferritik paslanmaz çelikler östenitik paslanmaz çeliklere göre daha az paslanmazlık özelliği gösterirler ve daha serttirler. Isıya maruz kaldıklarında sertleşmezler. Östenitik paslanmaz çeliklere göre bir dezavantaj oluşturan manyetik özellikler gösterirler. Kaynak edilebilme kabiliyetleri düşüktür. Östenitik çelikler kadar kolay şekil verilemez. Mutfak gereçleri, otomotiv sanayi, dekoratif uygulamalar genel kullanım alanlarıdır.



Şekil 4.2 Ferritik Çeliğin Mikro Yapısı

4.1.3. Martenzitli Paslanmaz Çelikler

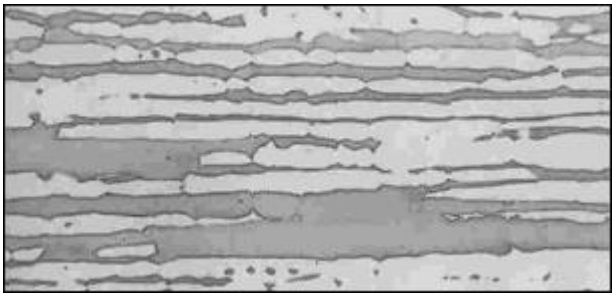
Martenzitli paslanmaz çelikler esas olarak % 12 – 17 Cr ve östenitli bölgede su verildiğinde martenzitli bir yapı oluşturması için yeterli düzeyde karbon (%0,15 –1,0 C) içeren çeliklerdir. Bu çeliklere martenzitli denmesinin nedeni östenitleme ve suverme ısıl işlemlerinden sonra martenzitli bir yapı geliştirebilmeleridir. Martenzitli paslanmaz çeliklerin bileşimleri sertlik ve dayanım için en uygun hale getirildiğinde bu çeliklerin yenime dirençleri östenitli ve ferritli paslanmaz çeliklere göre daha kötü olmaktadır. Martenzitli paslanmaz çelikler manyetiktirler ve kaynak edilebilme kabiliyetleri düşüktür. Yüksek karbon miktarı sayesinde ısıl işleme tabi tutularak sertleştirilebilirler. 420 kalite paslanmaz çelik bu gruba dâhildir. Kullanım yerleri bıçaklar, ameliyat aletleri, pimler, miller vs.



Şekil 4.3 Martenzitli Çeliğin Yapısı

4.1.4. Östenitik - Ferritik (Dubleks) Paslanmaz Çelikler

Ferrit ve östenit fazlarından oluşan içyapı nedeniyle dubleks olarak adlandırılan bu grup paslanmaz çelikler; tipik olarak %(19-28) krom, %(4-7) nikel, %(2,5-4) molibden ve %0,02 civarında karbon içerirler ve optimum korozyon direnci sağlarlar.. Ostenitik ve ferritik paslanmaz çelik özelliklerinin her ikisini de bir arada bulundururlar. Dubleks paslanmaz çelikler iyi derecede mekanik ve korozyon özelliklerinden dolayı ve kaynak kabiliyetlerinin iyi olmasından dolayı deniz suyu ve tuzlu su ortamları, ısı değiştiriciler, basınçlı kaplar, kimya endüstrisi ve petrokimya tesisleri genel kullanım alanlarıdır.



Şekil 4.4 Dubleks Çeliğin Mikro Yapısı

4.1.5. Çökelmeyle Sertleştirilmiş Paslanmaz Çelikler

"Yaşlandırmayla sertleştirilen paslanmaz çelikler" olarak da adlandırılan çökelmeyle sertleştirilmiş paslanmaz çelikler, temelde krom ve nikel içerip, martensitik ve östenitik kalitelerin arasında, her ikisinin de özelliklerini uygun bir şekilde yapısında birleştiren bir paslanmaz çelik türüdür. Bu çeliklerin içyapıları östenitik yarı-östenitik veya martensitik olabilir. Martensitik paslanmaz çelikler gibi ısıl işlemle yüksek mukavemet kazanabildikleri gibi, östenitik kaliteler gibi de korozyon dayanımına sahiptirler. Çökelme olayını gerçekleştirebilmek için bazen önce soğuk şekil vermek gerekebilir. Çökelti oluşumu için alüminyum, titanyum, niyobyum ve bakır elementleri ile alaşımlama yapılır. Bu sayede mukavemetleri çok yüksek paslanmaz çelikler elde edilebilir. Korozyon dayanımı orta düzeydedir. Ve çok yüksek mekanik dayanım gösterirler. Ayrıca manyetiktir. Kaynak edilebilme kabiliyetleri iyidir. Kullanım yerleri uçak-uzay ve diğer yüksek teknoloji alanlarıdır.

5. TALAŞLI İMALAT VE TORNALAMA

5.1. Talaşlı İmalat

Talaşlı imalat önceden dizaynı ve konstrüksiyonu yapılan, imalat süreci belirlenen makine elemanının, imalat sürecine uygun talaşlı imalat tezgâhlarında, belirlenmiş kesici takımlar marifetiyle kesme operasyonuna tabi tutularak şekillendirilmesini kapsayan imalat yöntemidir. Talaşlı imalat, kesici takım ve/veya iş parçasının birbirlerine göre izafi hareketi ile iş parçası üzerinde, gerilim oluşturarak gerçekleştirilir.

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 bir talaş oluşturma ve gerekirse talaş kırma işlemidir. Talaş kırma işleminin nedeni sadece işlem sırasında oluşacak talaşın taşınma ve depolanma kolaylığı değil, aynı zamanda kesme bölgesinden uzaklaşan talaşın kontrolü ve işlem sırasında oluşan ısının büyük bir bölümünün bu talaşlarla uzaklaştırılması zorunluluğudur (Çakır, 2006).

Takım tezgâhına bağlanan, belli bir geometriye sahip kesici takım yardımıyla istenilen ölçü ve biçimde parça üretilmesi veya iş parçasından fazla malzemelerin talaş şeklinde kaldırılma işlemi, özellikle iş parçası metal ise "Talaş kaldırma" işlemi olarak adlandırılır. Gerek kaba işleme gerekse hassas yüzey işleme aşamasında, gerekli toleransta, yüksek oranda üretim gerçekleştirilir. Bu nedenle talaş kaldırma işlemi, imalat sanayinde kullanılan temel üretim işlemlerinin en önemlisidir (Akkurt, 2004).

Çok kısa bir zamanda gerçekleşmesine rağmen, talaşsız imalat yöntemleri, yüzey, boyut ve şekil kalitesi bakımından, parçada istenilen kaliteyi sağlayamamaktadır. Bu nedenle bu şekilde imal edilen parçaların yüzeylerinin bir kısmı veya tamamı, talaşlı imalat yöntemleri ile işlenmektedir (Akkurt, 2004).

Aşağıdaki sebepler dikkate alındığında talaşlı imalat işleminin en önemli imalat yöntemlerinden biri olduğu anlaşılır:

1. Çok çeşitli malzemeler talaşlı imalat yöntemiyle şekillendirilebilir. Gerçekte bütün katı malzemeler işlenebilir. Polimer ve polimer esaslı kompozitler de talaşlı imalat yöntemleriyle işlenebilir.

2. Talaşlı imalat işlemiyle düz ve dairesel yüzeyler gibi düzenli geometriler oluşturulabilir. Birkaç talaşlı imalat işlemi sırayla uygulanarak hemen hemen bütün karmaşık geometriler elde edilebilir.

3.Talaşlı imalat işlemiyle iş parçası, ölçü olarak çok yakın toleranslarda ve çok iyi yüzey kalitesiyle üretilebilir (Groover, 2007).

Talaşlı üretimde her biri çok farklı amaca sahip, çok çeşitli talaş kaldırma yöntemleri vardır. Üretilen parçanın kullanılacağı yere göre ya da imalat resminde belirtilen boyut ve yüzey kalitelerine göre; uygun talaş kaldırma yöntemi seçilir. Genel olarak talaş kaldırma yöntemleri; tornalama, frezeleme, taşlama, delik delme, lepleme, honlama, vargel ve planyalama olarak sayılabilir.

5.2. Talaş Oluşumu

Talaş kaldırma belirli boyut, şekil ve yüzey kalitesine sahip bir parça meydana getirmek için, ucu keskin bir takımla güç kullanarak, iş parçası üzerinden tabaka şeklinde malzeme kaldırma işlemidir. Ayrılan malzeme tabakasına talaş denir (Akkurt, 2004).

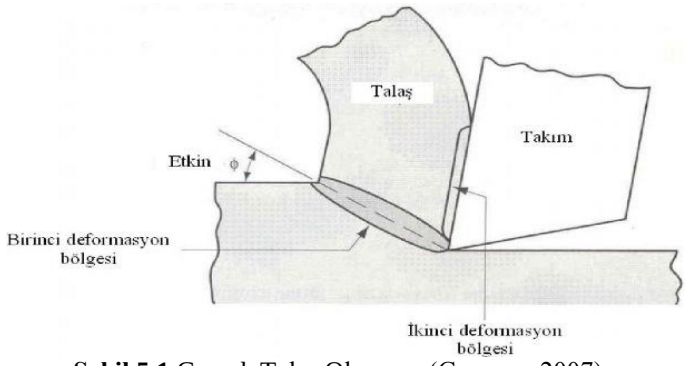
Talaş kaldırma işlemlerinin çoğu, gerekli boyut ve şekildeki parçaları üretmek için iş parçasından talaş veya ufak küçük parçaların ayrılmasını gerektirir. Talaşın oluşması için üç temel gereksinim mevcuttur ve bunlar şöyle özetlenebilir:

· Kesici olarak kullanılan bir takımın iş parçasından daha sert ve aşınmaya karşı daha dirençli olması,

·Talaş derinliği ve ilerlemeyle birlikte iş parçası ve takım arasında dalmayı sağlayan kesici uç geometrisine sahip olması,

· İş parçası malzemesinin direncini yeterli kuvvetle yenmesi için iş parçası ve takım arasında bir kesme hızı veya nispi hareketin oluşmasıdır.

Bu şartlar var olduğu sürece, işlenecek malzemeden takım talaş yüzeyi aracılığıyla, talaş oluşturmak için malzemenin bir kısmı kaldırılacaktır (Şahin, 2000).



Şekil 5.1 Gerçek Talaş Oluşumu (Groover, 2007) .

Talaş oluşumu plastik deformasyonun önemli derecede rol oynadığı bir işlemdir. Talaşlı imalat işleminde talaş oluşumu, iş parçasının kesici takım önündeki bölgesel deformasyonu ile gerçekleşir. İş parçası ve kesici takım arasındaki nispi hareket sonucu iş parçasında oluşan gerilme, iş parçasının birinci deformasyon bölgesinde plastik deformasyon meydana getirerek talaş oluşumunu gerçekleştirir. Oluşan talaş, kesici takımın talaş yüzeyi üzerinden geçerek atılır. Birinci kayma (deformasyon) düzleminde oluşan talaş, kesici takımın talaş yüzeyi üzerinden geçerken kayma veya yapışma sonucu ikinci defa deformasyona uğrar ve kesme bölgesinden atılır (Groover, 2007) .

5.3. Talaş Türleri

Talaşlı üretim işleminde talaşlar, işlenen malzemenin cinsi, kesme hızı, ilerleme miktarı, talaş derinliği, kesici takım geometrisi ve uygulanan talaşlı üretim yöntemine göre çok değişik türlerde oluşur.

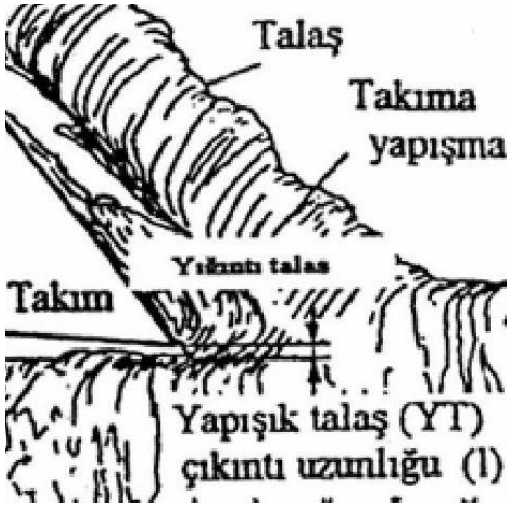
Talaş türü, kesme şartları ve yüzey kalitesi hakkında bilgi veren bir faktördür. Ayrıca talaş türü, talaşlı imalatın zor ve kolay gerçekleşmesinde de etkili olmaktadır. Zira uzun ve sürekli talaşın çıkması, takıma ve tezgâha dolaşmasına, malzeme yüzey kalitesinin bozulmasına ve kesici ucun zarar görmesine neden olur (Aydın, 2002).

Oluşumuna göre genel olarak üç farklı talaş türü mevcuttur.

5.3.1. Sıvanmalı Sürekli Talaş Türü

İşlenen yüzey boyunca devamlı olarak çıkan talaşın kesici takım yüzeyine yapışmasıyla oluşan talaş türüdür. Sıcaklığın düşük olduğu kesme hızlarında, soğutma sıvısı kullanılmadığı durumlarda, kesici takım önündeki metale uygulanan basma

kuvveti ve aşırı sürtünmeden dolayı talaşın sürekli deformasyona uğramasıyla, kesme düzlemine dik açıdaki bir düzlem boyunca talaştan kopmalar olur. Talaştan ayrılan küçük parçacıklar takıma yapışır. Kesici takıma sinterlenerek yığılan bu parçacıklar yığıntı talaş (YT) olarak isimlendirilir (Aydın, 2002).



Şekil 5.2 Sıvanmalı Sürekli Talaş (Aydın, 2002)

Kesme işlemi devam ettiği sürece kesici takıma daha fazla parçacık yapışır ve daha büyük talaş sıvanmasının oluşması da kesme işlemini etkiler (Şekil 2.8). Daha sonra bu yığılmış parçalar belirli bir noktaya ulaştığında kopar. Bu kopan ufak parçaların bir kısmı hem talaş hem de iş parçasına yapışır. Kesme işlemi esnasında, talaşın yığılması veya yığılan kısmın kopması hızlı şekilde gerçekleşir ve çok sayıda sıvanan talaş parçacıkları işlenmiş yüzeyi kaplar. Bu ufacık parçacıkların yapışması ve işlenmiş yüzeye çentik etkisi yapması sonucunda kötü yüzey kalitesi elde edilmiş olur. Kötü yüzey kalitesine ilaveten, sıvanmalı-sürekli talaş kesici takım ömrünü de azaltır. Yapışık sıvanmış talaş oluşumu;

· Kesme hızı arttırılarak,

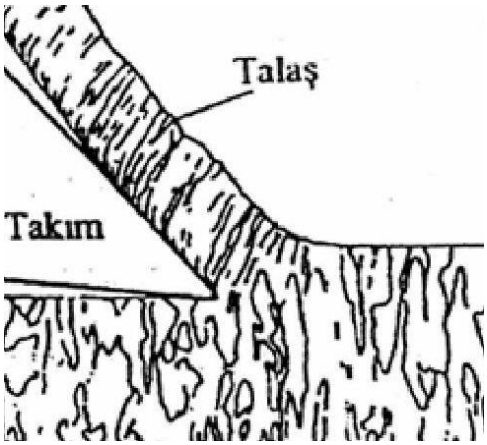
· Pozitif talaş açısı kullanılarak,

· Talaş derinliği azaltılarak,

· Soğutma sıvısı kullanılarak vb. uygulamalarla kontrol altına alınabilir (Şahin, 2000).

5.3.2. Sürekli Talaş Türü

Bu talaş türü genellikle sünek malzemelerin yüksek hızlarda işlenmesi sonucunda oluşur. Sürekli talaş, kesici takımın önünde talaş kaldırılan malzemenin sürekli deformasyonu ile makro düzeyde çatlaksız olarak meydana gelir. Talaş, yüksek deformasyondan dolayı sertleşir ve sertliğin artması ile kesici takım aşınmasını arttırır. Sürekli talaşlar bant, spiral veya değişik helisel şekillerde olabilirler. Sürekli talaş türü Şekil 1.2.' de görülmektedir (Aydın, 2002).



Şekil 5.3 Sürekli Talaş(Aydın, 2002).

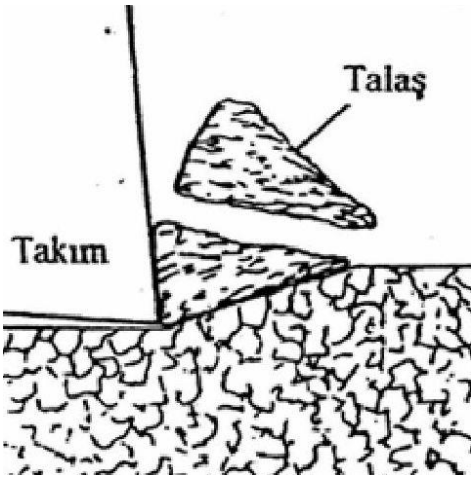
Sürekli talaş şu şartlar altında ortaya çıkmaktadır:

· Sünek iş parçası,
· Talaş derinliği az olan parça ve nispeten düşük ilerleme miktarı,
· Keskin kesici uçlu takım,
· Büyük talaş açılı kesici uç,
· Yüksek kesme hızları,
· Kesme sıvısı kullanılarak kesici uç ve iş parçasının soğuk tutulması,
· Talaş akma direncinin minimum olması (Şahin, 2000).

Sünek malzemelerde sürekli talaş türünün oluşması, kesme koşullarının iyi, işlenen yüzeyin kalitesinin de çok iyi olduğunu gösterir. Ancak bilhassa bant şeklinde sürekli talaş, tezgâhın çeşitli tertibatlarına ve iş parçasına sarılarak işlenen yüzeyi bozabilir; gerek tezgâh, gerekse işçi için bir tehlike unsuru oluşturulabilir. Bu nedenle, bu gibi hallerde talaşın kırılması için çeşitli yöntemler uygulanabilir (Akkurt, 2004).

5.3.3. Kesikli Talaş Türü

Kesikli talaşlar, dökme demir ve sert bronz gibi gevrek malzemeler ile bazı sünek malzemelerin uygun olmayan (düşük kesme hızı ve fazla paso derinliğinin olması) kesme şartlarında işlenmesi durumunda oluşur. Talaş işleme esnasında aşırı plastik deformasyona uğrar. Malzeme gevrek ise kısmen şekillenen talaş birincil deformasyon bölgesinde kırılır (Aydın, 2002).



Şekil 5.4 Kesikli Talaş (Aydın, 2002)

Sünek malzemeler işlendiğinde tezgâh titreşimi veya takım otlaması mevcutsa yine kesikli talaşlar oluşur. Bunlara ilaveten kesikli talaşlar;

· Gevrek iş malzemelerinde,

· Küçük talaş açılı kesici takım ile kesme yapıldığında,

· Fazla talaş derinliklerinde ve kaba ilerleme miktarlarında,

· Düşük kesme hızlarında,

· Aşırı tezgâh titreşimi ve takım otlaması mevcut olduğunda oluşur.

Düşük hızlarda veya otomat çeliklerinde manganez sülfit atıkları veya grafit lamelli dökme demirler gibi gerilim konsantrasyonu ihtiva eden malzemeler işlenirken, kesikli talaşlar (kopuk) oluşmaktadır (Şahin, 2000).

5.4. Tornalama

Tornalama tek uçlu bir takımla gerçekleştirilen, silindirik parçalar üreten, birçok durumda döner bir iş parçası ve sabit bir takımın kullanıldığı bir işlemdir. Birçok açıdan fazla karmaşık tanımlamalar gerektirmeyen, en bilinen talaşlı imalat yöntemidir.

Genellikle tek kesici kenarın talaşlı imalat işlemine katıldığı bir işlem olmasına karşın tornalama işlemleri iş parçasının şekli ve malzemesi, işlemin tipi, işleme koşulları, işleme maliyeti gibi faktörlere bağlı olarak farklılık gösterir (Özdemir, 2006).

Bu temel işlem, imalat sanayinde talaş kaldırma için pratik uygulamalarda ve deneysel çalışmalarda en çok kullanılan bir metottur. Bu işlemde kesme hareketi; dönen iş parçası üzerinden sabit konumda bağlanan takımın hareketiyle gerçekleşen talaş kaldırma işlemidir (Şahin, 2003).

İş parçası torna tezgâhının aynasına bağlanır. Ayna parçanın durumuna göre üç veya dört ayaklı, düz veya mengeneli ayna olabilir. İstenen devirde döndürülür. Aynada fener miline bağlanır ve fener mili ise dişli kutusu aracılığıyla tahrik edilmektedir. İş parçasını işlemek için kullanılan kesici takım çok önemli bir eleman olup kater üzerine rijit bir şekilde tespit edilir. İş parçası ekseni boyunca sabit bir ilerleme miktarıyla hareket ederek silindirik veya daha karmaşık profil yüzeyden talaş kaldırır. Tornalama işlemi, üniversal torna, rovelver torna, nümerik kontrollü (NC) torna veya bilgisayar denetimli sayısal kontrollü (CNC) torna tezgâhında yapılır (Şahin, 2003).

5.5. Kesme Çeşitleri

Talaş kaldırma sırasında kalemin kenarının işlenen parçaya göre dik (ortogonal) veya eğik konumda bulunmasına göre iki çeşit kesme vardır.

5.5.1. Dik Kesme

Kayma açısı (ϕ), serbest açı (α), kama açısı (β) ve talaş açısı (γ) gibi açılar kesici takım geometrisini oluşturan açılardır. Bunların en önemlisi kayma açısı olup, kayma düzlemi ile takımın hareket yönü arasındaki açıdır. Kayma açısı değiştiği zaman talaş kalınlığı da değiştiği için önemlidir. Boşluk açısı; kesici takım ucunun ve taban alt yüzeyinin işlenecek iş parçasına sürtünmesini önlemek amacıyla verilir. Bu açının değeri genellikle 5-8$_o$ arasında olmakla beraber kesici takım/ iş parçasına göre değişebilmektedir. Kama açısı; kesici takım ucunun kesme özelliğini sağlaması yani batmanın kolaylaştırılması için verilmekte olan bu açının değeri hem takım malzemesi hem de iş malzemesi çifti için deneyle tespit edilen tecrübeyle sağlanır. Ancak bu açının değişmesi talaş açısını da değiştirir ve dolayısıyla bu açı talaş açısındaki değişmeye

bağlıdır. Talaş açısı: talaşın kesici takım yüzeylerinden akarak uzaklaşmasını sağlayan açı olup, bu açı genellikle pozitif olarak verilir. Ancak bazı durumlarda özellikle seramik takımla kesme yapıldığında, talaş açısının değeri negatif olabilmektedir. Bu dik kesme işleminde boşluk açısı, kama açısı ve talaş açıları toplamı 90^0 olmalıdır (Şahin, 2001).

5.5.2.Eğik Kesme

Eğik kesmede kesici takımın kesme kenarı, takımın hareket yönüne dik değil fakat λ meyilli bir açı veriliyorsa bu tür kesme işlemi eğik kesme işlemi olarak tanımlanır. Pratik atölye uygulamalarında çoğu kez bu tip kesme işlemi uygulanır çünkü kesicideki meyil açısı değiştirilirse talaş açısı değişmektedir. Keza bu meyil açısı kesme esnasında şu faktörlere etki eder: Takım ömrü, yüzey kalitesi, kesme kuvveti olarak özetlenebilir. Kesici takım ucunun, işlenen parçasına göre durumu ve kesme şartları, kesme açıları ve meyil açısı ile birlikte tamamen belli olur. Yukarıda bahsedilen kesme açılarının uygun değerleri şu kriterlere bağlı olarak: takım ömrü, işlenen yüzey kalitesi, kesme kuvvetlerinin düşüklüğü ve güç sarfiyatı vb. talaş kaldırma deneyleri ile belirlenir (Şahin, 2001).

5.6. Tornada Kesme Parametreleri

Bir tornanın etkili çalıştırılması; kesme hızı, ilerleme miktarı ve talaş derinliğine bağlıdır. Tornalama işleminde uygun fener hızı ve uygun ilerleme miktarı seçilmezse çok zaman kaybedilebilir. İşleme maliyeti artabilir ve yüzey kalitesi bozulabilir. Bu nedenle iş parçasının devir sayısı hesaplanmalıdır. Kaba ve bitirme işlemi için uygun ilerleme miktarının belirlenmesi ve parçanın işleme zamanının hesap edilmesi gerekmektedir. Aşağıda bu kavramlar hakkında temel bilgilere yer verilmiştir (Özdemir, 2006).

5.6.1.Kesme Hızı

Kesme hızı, sabit bir kesici takıma göre iş parçasının dönme hızı ile ilgili hareketi olup parça üzerindeki bir noktadan takımın dakikada metre cinsinden aldığı yol olarak tanımlanır. Kesme hızı V, ile gösterilir. Birimi genelde m/dk. olarak ifade edilir.

Örneğin, bir metal için kesme hızı 30 m/dk. ise kesici takımın bir dakikada iş parçası çevresinden 30m yol alması demektir. Üreticiler kesme işleminin mümkün olduğunca çabuk yapılmasını isterler. Bu nedenle de işlenecek malzeme cinsleri için doğru kesme hızları kullanılmalıdır (Özdemir, 2006).

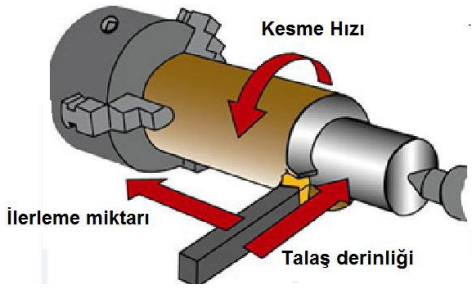
Kesme hızı çok yüksek seçilirse; kesici takım ucu hızlı aşınarak bozulur. Kesici takımı tekrar eski konumuna getirmek için ya bilemek ya da yeni kesici takım hazırlamak gerekir ki bunlarda zaman kaybına yol açar ve maliyeti arttırır. Kesme hızı çok düşük ise kesme işlemi için daha çok zaman harcanır. Bunu sonucu olarak da parça üretim miktarı düşer. Ancak belirlenen bu hızlar; tezgâh durumuna, iş parçası cinsine, sert ve yumuşak malzeme gibi faktörlere bağlı olarak hafif değişiklikler gösterebilir. Dakikadaki fener mili dönme hızını hesaplamak için malzemenin kesme hızı ve iş parçasının çapı bilinmelidir. İş parçasının dönme hızı veya tezgâhın devir sayısı iş parçasının dış çapı ile ilgili olduğundan kesme hızı ile ilişkisi denklemdeki eşitlik ile ifade edilmiştir.

$$V = \frac{\pi.D.n}{1000} \tag{5.1}$$

Bu eşitlikte; D: İş parçasının çapı (mm), V: Kesme hızı (m/dk.), n: İş parçasının dakikadaki devir sayısını (dev./dk.) ve 1000 sayısı ise makine üretiminde ölçüler mm olarak ifade edildiğinden, 1000 mm 1 m'ye eşit olduğundan bu değerin m'ye çevrildiğini göstermektedir. Aynı formül diğer talaş kaldırma işlemleri içinde geçerlidir. Verilen iş malzemeleri için uygun olan bu kesme hızı değerlerine göre tezgâhların fener mili devir sayısı hesaplanmalıdır.

5.6.2.İlerleme Miktarı

İlerleme miktarı, iş parçasının her bir dönüşünde, yani; birim zamanda takımın iş ekseni boyunca hareket ettiği mesafe veya her bir pasoda kaldırılan malzeme miktarıdır. İlerleme miktarı birimi genelde mm/dev. veya mm/dk. olup, f ile gösterilir. İş parçası dönme eksenine paralel ilerleme hareketi yapar. Fakat alın tornalamada ise dik ilerleme hareketi yapar. İlerleme birimi işleme türüne bağlı olarak her devirde mm/dev, her çevrimde mm veya her dişteki ilerleme mm/diş şeklinde olabilir. (Özdemir, 2006).



Şekil 5.5 Tornalamada Kesme hızı, İlerleme Miktarı ve Talaş derinliği (Akkuş, 2010)

5.6.3.Talaş Derinliği

Talaş derinliği, talaş kaldırma işleminde üçüncü boyutu göstermekte olup takımın iş parçası içine dikey olarak daldığı mesafedir. İlk çapla son çap arasındaki farkın yarısına eşittir. Talaş derinliği genellikle a ile gösterilir, birimi mm'dir. Başka bir ifadeyle kaldırılan malzemenin kalınlığı olup denklemdeki eşitlik ile ifade edilmektedir (Özdemir, 2006).

$$a = \frac{D_1 - D_2}{2} \tag{5.2}$$

Takım tezgâhıyla farklı malzemelerin talaş kaldırma işlemine tabi tutulmasında giriş veri parametrelerinin belirlenmesi gereklidir. Tornalama işlemi için giriş parametreleri; talaş derinliği, ilerleme miktarı ve kesme hızıdır. Devir sayısının değeri de kesme hızının seçimine bağlıdır. Kesme hızı ise ilerleme ve talaş derinliği yanında diğer birçok faktöre bağlı olup en iyi kombinasyonu belirlemek için daha fazla tecrübe veya deney gereklidir. Uygun değerler için çizelgeler oluşturulabilir. Bu çizelgelerde kullanılan işleme parametreleri; işlenecek malzeme, sertlik ve kesici takım malzemelerine göre düzenlenir. Kesme hızı ve ilerleme miktarı optimum kesme şartlarını elde etmek için operatör tarafından ayarlanabilen çok önemli iki parametredir. Talaş derinliği parçasının ilk boyutu ve istenen ölçüye göre tespit edilir. Kesme hızı genelde, kesici takım ve iş parçası cinsine göre değişmekle beraber 3–600 m/dk. Civarında olup bazı durumlarda ise 3000 m/dk.'ya kadar çıkılabilir.

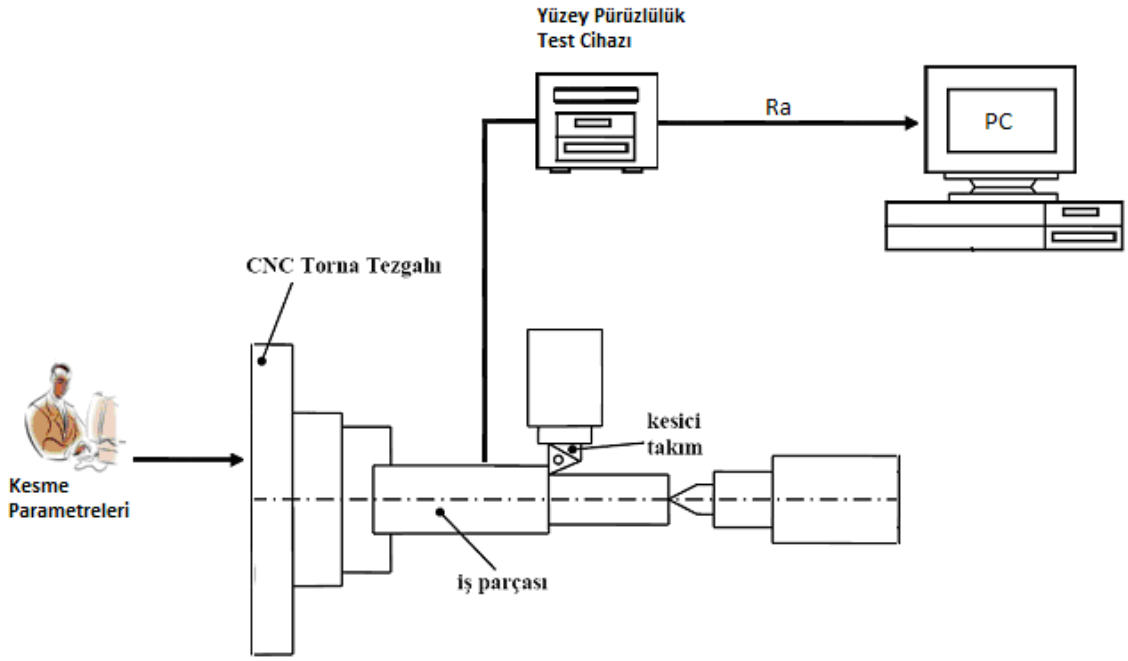
Kompleks şekilli parçalar işlendiği zaman kesme hızı kesilen parça çapı ile değişebilir. Kesme hızı, tornalamada kesici uç boyunca sabit olarak düşünülür. Son yıllarda geliştirilen bilgisayar kontrollü takım tezgâhları iş parçası çapı değiştiğinde bile

tezgâh durdurulmadan fener mili hızını değiştirerek istenilen kesme hızı kapasitesi elde edilebilmektedir. Her devirdeki ilerleme miktarı 0,0135mm' ye kadar düşebilir. Ağır kesme şartlarında ise 3,5mm' ye kadar çıkabilmektedir. Talaş derinliği takım geometrisine bağlı olarak 0'dan 13,5mm' ye veya daha fazla verilebilmektedir her dakikada 1600 cm^3'ten fazla talaş kaldırmak mümkündür. Ancak bu miktar çok genel olmayıp normal olarak 160 cm^3/dk talaş hacminin elde edilmesi oldukça hızlı sayılmaktadır (Şahin, 2000).

6. MATERYAL VE METOT

6.1. Materyal

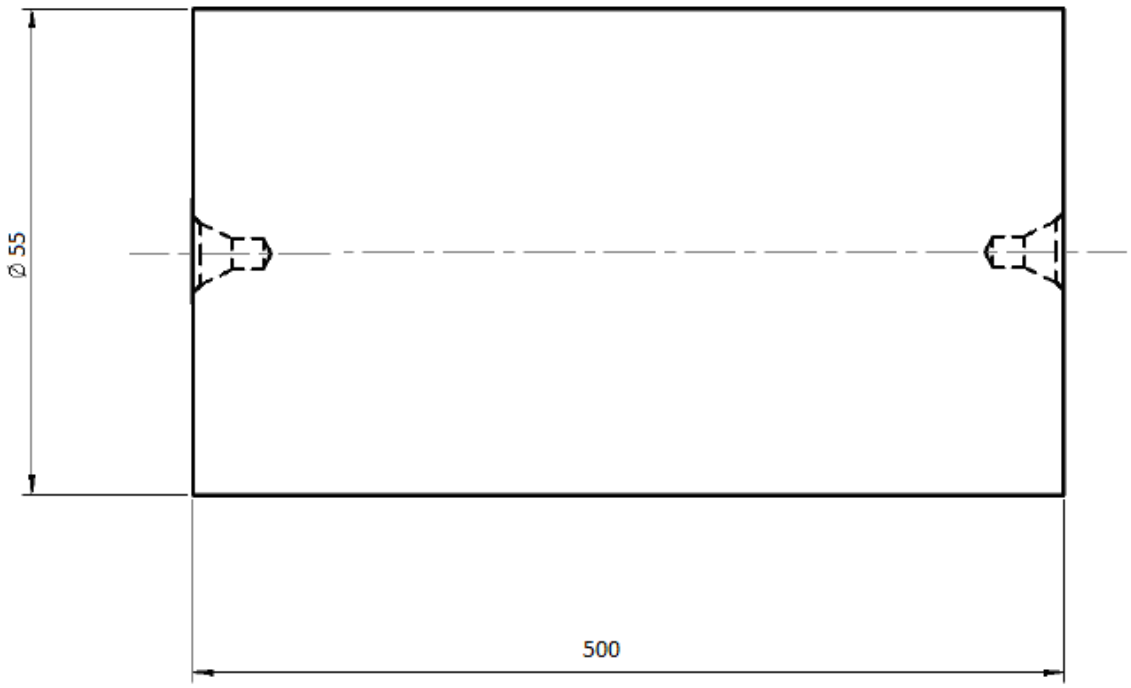
Bu bölümde deneysel çalışmalarda kullanılan cihazlar, malzemeler ve yöntemler hakkında bilgi verilmiştir.



Şekil 6.1 Deney Düzeneğinin Şematik Gösterimi

6.1.1 Deney Numunesi

Deneysel çalışmayı gerçekleştirebilmek için 55 mm çap ve 500 mm boyunda 1 adet AISI 316L kalite östenitik paslanmaz çelik çubuk malzemesi kullanılmıştır. Şekil 6.2' de hazırlanan malzeme görülmektedir.



Şekil 6.2 Deney Numunesi

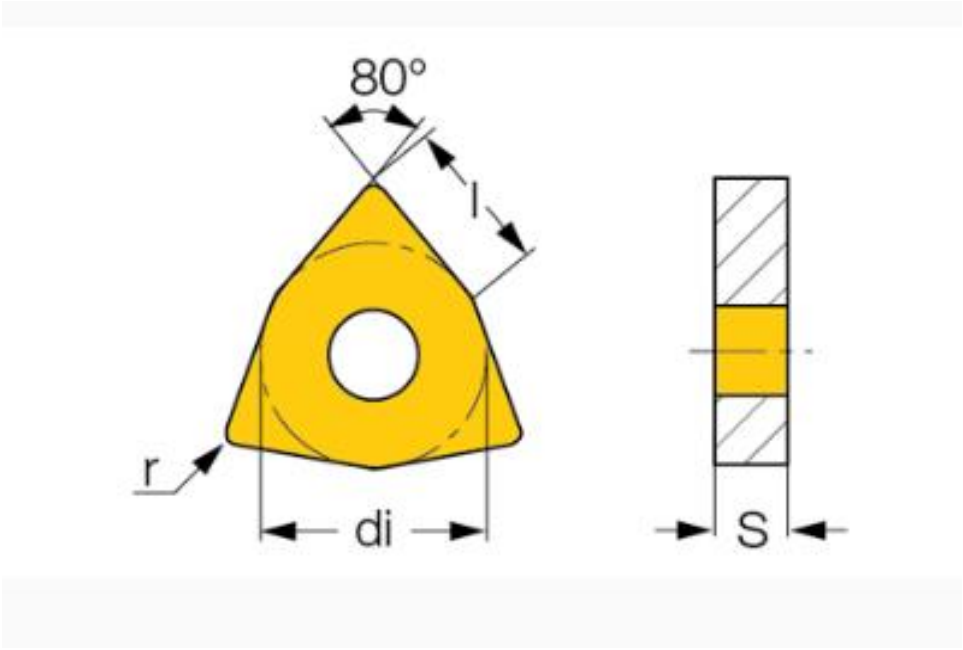
Bu deneysel çalışmada, AISI 316L kalite östenitik paslanmaz çelik, deney numunesi olarak belirlenmiştir. Deneylerde kullanılan AISI 316L paslanmaz çeliğin malzeme sertifikasındaki kimyasal bileşimi Çizelge 6.1 de verilmiştir.

Çizelge 6.1 AISI 316L Deney Malzemesine Ait Kimyasal Bileşimi

Kimyasal Bileşim (% Ağırlık)									
	C	Si	Mn	P	S	N	Cr	Mo	Ni
AISI 316L	0,03 max	1,00 max	2,00 max	0,045 max	0,015 max	0,11 max	16,50 - 18,50	2 - 2,50	10,00 – 13,00

6.1.2 Kesici Uç

Yapılan deneylerde kesici takım ucu olarak Sandvik Coromant firmasının östenitik paslanmaz çelikler için önermiş olduğu kaplamasız SNMG 12 04 08 QM H13A ve kaplamalı SNMG 12 04 08 QM GC2015 takımlar olarak belirlenmiştir.



Şekil 6.3 SNMG 12 04 08 QM Serisi Kesici Uç Kesitleri

Çizelge 6.2 SNMG 12 04 08 QM Serisi Kesici Uç Boyutları

Parametreler	Değerler
l	12
s	4,76
di	12,70
r	0,80

SNMG 12 04 08 QM H13A,

- Kaplamasız Karbür sınıfıdır.
- İyi yapışkan aşınma direnci ve tokluk ile kaplamasız karbür kalitesindedir.
- Isıl dirençli çeliklerin ve titanyum alaşımların ortadan kabaya talaş işlemleri için kullanılmaktadır.

SNMG 12 04 08 QM GC2015,

- Yüksek sıcaklıklarla başa çıkabilecek şekilde bir alt tabaka üzerinde aşınmaya dirençli bir kaplama ile CVD-kaplamalı karbür kalitesindedir.
- 5,5 µm kalınlığında CVD yöntemiyle TiCN- Al_2O_3-TiN çok katmanlı kaplama ile kaplanmıştır.
- Orta kesme hızlarından yüksek kesme hızlarına kadar paslanmaz çelikleri işlemek için kullanılmaktadır.
- Sürekli kesimler için ilk tercihtir.

6.1.3 Takım Tutucu

Deneylerde kullanılacak takım tutucu olarak da ISCAR firmasına ait PSBNR2525M–12 kullanılmıştır. Çizelge 6.3 de Takım tutucunun ölçüleri verilmiştir.



Şekil 6.4 Takım Tutucunun Kesitleri

Çizelge 6.3 Takım Tutucunun Ölçüleri

Takım Tutucu Kodu	h (mm)	b (mm)	h1 (mm)	l1 (mm)	l2 (mm)	f (mm)
PSBNR2525M–12	25.0	25.0	25.0	150.00	26.8	22.0

6.1.4 Takım Tezgâhı

Deneysel çalışma ARDEMİR Çelik Döküm San. Ve Tic. A.Ş. bünyesinde bulunan ACCUWAY UT–200 tipi CNC torna tezgâhında gerçekleştirilmiştir. Tezgahın özellikleri Çizelge 6.4 de verilmiştir.



Şekil 6.5 Deneylerin Yapımında Kullanılan CNC Torna Tezgâhı

Çizelge 6.4 ACCUWAY UT–200 Torna Tezgâhı Özellikleri

Tezgâh Gücü	11 kW
Maksimum Devir Sayısı	4500 rpm
Maksimum Takım Sayısı	12 adet
X ekseni	220 mm
Z ekseni	600 mm
Hassasiyet	0,001mm

6.1.5 Yüzey Pürüzlülük Cihazı

Deneylerde farklı kesme parametrelerinden elde edilen yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesinde INSIZE ISR–16 model yüzey pürüzlülük test cihazı kullanılmıştır.



Şekil 6.6 Yüzey Pürüzlülük Cihazı

6.1.6 Kesme Parametreleri

AISI 316L östenitik paslanmaz çeliğin işlenmesinde oluşabilecek yüzey pürüzlülük değerlerini incelemek amacıyla bir dizi kesme deneyi yapılmıştır. Bu deneylerdeki kesme parametreleri belirlenirken, kesici takım üreticilerinin tavsiyeleri ve literatür çalışmaları göz önünde bulundurulmuştur. Çizelge 6.5 de gösterildiği gibi sabit kesme derinliğinde, 4 farklı kesme hızı ve 4 farklı ilerleme hızı kullanılmıştır.

Çizelge 6.5 Kesme Parametreleri

Kesme Parametreleri		
V (m/dak)	f (mm/dev)	a (mm)
100	0,15	1,5
150	0,25	
200	0,35	
250	0,45	

6.2 Metot

Bu bölümde deneysel çalışmaların hangi yöntemle nasıl yapılacağı hakkında bilgi verilmiştir.

Çizelge 6.6 İşleme Parametreleri

İş Parçası	Kesici Takım	Takım Tutucu	KESME PARAMETRELERİ		
AISI 316 L	SNMG 12 04 08 QM H13A Kaplamasız	PSBNR 2525M–12	V (m/dak)	f (mm/dev)	a (mm)
	SNMG 12 04 08 QM GC2015 TiCN- Al_2O_3-TiN		100	0,15	1,5
			150	0,25	
			200	0,35	
			250	0,45	

6.2.1 Deneyin Yapılışı

Deneyler, kesici takım üreticilerinin görüşleri ve literatür çalışması göz önünde bulundurularak kesme derinliği sabit alınmış ve her bir deney sonrasında ilerleme, her 4 deney sonrasında da kesme hızı değiştirilerek 2 farklı uç ile toplamda 32 adet deney gerçekleştirilmiştir.

Deneyler de soğutma sıvısı veya gazı kullanılmamış, kuru kesme şartlarında yapılmıştır.

Çizelge 6.7 de gösterildiği gibi her bir kesici uç için 16 adet deney yapılmıştır.

Çizelge 6.7 Her bir Kesici Uç İçin Deney Tasarımı

	Kesme Parametreleri		
Deney No	**V (m/dak)**	**f (mm/dev.)**	**a (mm)**
1	100	0,15	1,5
2	100	0,25	1,5
3	100	0,35	1,5
4	100	0,45	1,5
5	150	0,15	1,5
6	150	0,25	1,5
7	150	0,35	1,5
8	150	0,45	1,5
9	200	0,15	1,5
10	200	0,25	1,5
11	200	0,35	1,5
12	200	0,45	1,5
13	250	0,15	1,5
14	250	0,25	1,5
15	250	0,35	1,5
16	250	0,45	1,5

7. DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRME

7.1 Deney Sonuçları

Kesme işleminin sonunda silindirik iş parçası üzerinden 3 ayrı noktada yüzey pürüzlülüğü ölçülmüştür ve elde edilen değerlerin ortalaması alınarak, nihai yüzey pürüzlülük değeri (Ra) elde edilmiştir.

7.1.1 SNMG 12 04 08 QM H13A Kesici Uç İle Yapılan Deney Sonuçları

İş parçasını SNMG 12 04 08 QM H13A kesici uç ile tornaladıktan sonra elde edilen Ra değerleri çizelge 7.1 de verilmiştir.

Çizelge 7.1 Ortalama Ra Değerleri

	Kesme Parametreleri			
Deney No	**V (m/dak)**	**f (mm/dev.)**	**a (mm)**	**Ra (µm)**
1	100	0,15	1,5	0,849
2	100	0,25	1,5	1,133
3	100	0,35	1,5	1,544
4	100	0,45	1,5	1,897
5	150	0,15	1,5	0,712
6	150	0,25	1,5	1,097
7	150	0,35	1,5	1,478
8	150	0,45	1,5	1,808
9	200	0,15	1,5	0,737
10	200	0,25	1,5	1,039
11	200	0,35	1,5	1,431
12	200	0,45	1,5	1,654
13	250	0,15	1,5	0,926
14	250	0,25	1,5	1,016
15	250	0,35	1,5	1,395
16	250	0,45	1,5	1,602

7.1.2 SNMG 12 04 08 QM GC2015 Kesici Uç İle Yapılan Deney Sonuçları

İş parçasını SNMG 12 04 08 QM GC2015 kesici uç İle tornaladıktan sonra elde edilen Ra değerleri çizelge 7.2 de verilmiştir.

Çizelge 7.2 Ortalama Ra Değerleri

	Kesme Parametreleri			
Deney No	**V (m/dak)**	**f (mm/dev.)**	**a (mm)**	**Ra (µm)**
1	100	0,15	1,5	0,696
2	100	0,25	1,5	1,236
3	100	0,35	1,5	1,589
4	100	0,45	1,5	1,798
5	150	0,15	1,5	1,076
6	150	0,25	1,5	1,206
7	150	0,35	1,5	1,561
8	150	0,45	1,5	1,761
9	200	0,15	1,5	0,986
10	200	0,25	1,5	1,193
11	200	0,35	1,5	1,544
12	200	0,45	1,5	1,675
13	250	0,15	1,5	0,979
14	250	0,25	1,5	1,227
15	250	0,35	1,5	1,365
16	250	0,45	1,5	1,629

7.2 Değerlendirme

7.2.1 Yüzey Pürüzlülüğünün Değerlendirilmesi

Talaşlı imalatta işlenebilirliğin en önemli ölçütlerinden bir tanesi yüzey kalitesidir. Yüzey pürüzlülüğüne etki ede eden faktörleri sıralarsak kesme hızına, ilerlemeye, talaş derinliğine, iş parçası malzemesine, soğutma sıvısına, takım tezgâhının rijitliğine, kesici uç yarıçapına vb. bağlıdır.

Literatür çalışmalarında da gördüğümüz gibi genel olarak kesme hızıyla yüzey pürüzlülüğü değeri ters orantılıdır. Kesme hızı arttıkça pürüzlülük değeri azalır, kesme hızı azaldıkça yüzey pürüzlülük değeri artar. Kesme hızı yeteri kadar yüksek olduğunda doğal frekans ve titreşim etkisi azalır, sıcaklık artar ve daha kaliteli bir yüzey elde edilmiş olur. Ayrıca ilerleme hızıyla yüzey pürüzlülüğü doğru orantılıdır. İlerleme miktarı arttıkça yüzey pürüzlülük değeri artmış, ilerleme miktarı azaldıkça yüzey pürüzlülüğü azalmıştır.

Çalışmada kullanılan ilerleme miktarı, kesici uç tipi, kesme hızı parametrelerinin, yüzey pürüzlülüğüne olan etkileri bu bölümde değerlendirilmiştir.

İş parçası ile yapılan talaş kaldırma işleminden sonra işlenen yüzeyden 3 adet yüzey pürüzlülük değeri ölçülmüş ve aritmetik ortalaması alınıp nihai yüzey pürüzlülük değerleri elde edilmiştir.

Her bir parametrenin yüzey pürüzlülüğüne olan etkisi grafikler yardımıyla ayrı ayrı değerlendirilerek, bölümler halinde sunulmuştur.

7.2.1.1 İlerleme Miktarının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

İlerleme miktarına bağlı yüzey pürüzlülük değişimleri Şekil 7.1 - Şekil 7.4'de görülmektedir.

İlerleme miktarı-yüzey pürüzlülüğü grafiklerini genel olarak değerlendirecek olursak; yüzey pürüzlülüğü, ilerleme miktarının artmasıyla artmış, ilerleme miktarının azalmasıyla azalma yönünde eğilim göstermiştir.

İlerleme miktarı yüzey pürüzlülüğüne en fazla etkiyi yapan parametre olmuştur. Kaynaklardan elde edilen teorik bilgilerle bu sonuçla örtüşmektedir.

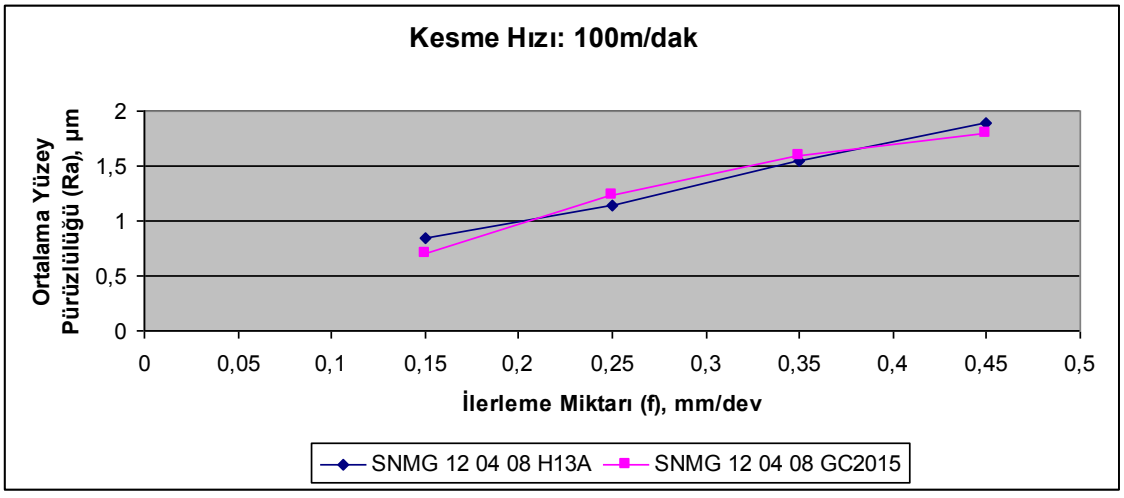
Zeyveli ve Demir (2009), "AISI H13 sıcak iş takım çeliğinin işlenmesinde yüzey pürüzlülüğünün deneysel incelenmesi", adlı çalışmasında kalıpçılıkta çok kullanılan, ısıl

kararlılığı ve tokluğu yüksek AISI H13 sıcak iş takım çeliğinin işlenmesinde, kesme hızı ve ilerleme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisini incelemişlerdir. Yaptıkları deneylerde ilerleme hızının artması ile yüzey pürüzlülüğünün arttığı görmüşlerdir. 0,10 mm/dev ve 0,15 mm/dev ilerleme miktarlarında elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinin; 0,05 mm/dev ilerleme hızında elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinden sırasıyla %34 ve %68 daha fazla olduğunu rapor etmişlerdir.

Gökkaya ve arkadaşları 2004 yılında AISI 1030 çeliği üzerine yaptıkları çalışmada aynı şekilde yüzey pürüzlülüğünün ilerleme miktarından doğru orantılı olarak etkilendiğini rapor etmişlerdir.

Çizelge 7.3 Kesme Hızı 100m/dak'da İki farklı Kesici Takım İçin İlerleme Miktarı - Yüzey Pürüzlülük Ölçüleri

Kesme Hızı 100m/dak				
Ra (μm)	İlerleme Hızı (mm/dev)			
	f=0,15 (mm/dev)	f=0,25 (mm/dev)	f=0,35 (mm/dev)	f=0,45 (mm/dev)
SNMG 12 04 08 QM H13A Kaplamasız	0,849	1,133	1,544	1,897
SNMG 12 04 08 QM GC2015 TiCN-Al_2O_3-TiN	0,696	1,236	1,589	1,798



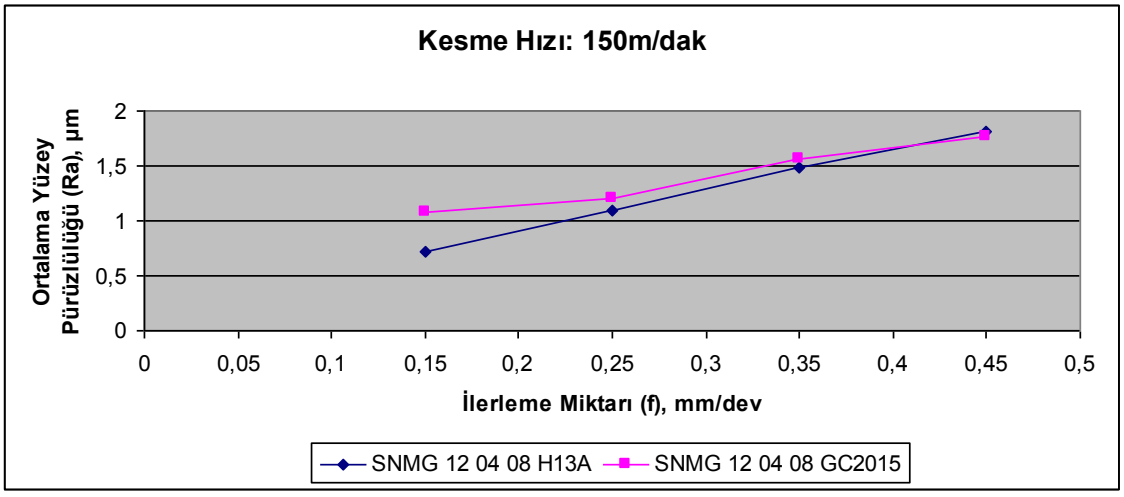
Şekil 7.1 Kesme Hızı 100m/dak'da İki farklı Kesici Takım İçin İlerleme Miktarı - Yüzey Pürüzlülük Grafiği

Şekil 7.1'de talaş derinliği (a) sabit 1,5mm ve kesme hızı (V) 100 m/dak için iki farklı kesici uçtan elde edilen ilerleme-yüzey pürüzlülüğü değerlerinin değişimleri görülmektedir. Aynı geometri ve uç yarıçapına sahip olan kesici takımlarla yapılan işlemler sonunda dört farklı ilerleme miktarında elde edilen verilerde en düşük yüzey

pürüzlülük değeri GC2015 (TiCN- Al_2O_3-TiN) ucunda, ilerleme hızı 0,15 mm/dev de 0,696 µm ölçülmüştür. En yüksek yüzey pürüzlülük değeri ise H13A (Kaplamasız) ucunda, ilerleme hızı 0,45 mm/dev de 1,897 µm ölçülmüştür. H13A (Kaplamasız) ucuyla işlenen iş parçasının yüzey pürüzlülük değerlerinin yüksek çıkması H13A (Kaplamasız) takımın düşük kesme hızlarında sürtünme fazla olacağından BUE(yığıntı talaş) oluşumuyla açıklayabiliriz. Yüzey pürüzlülük değerlerinin GC 2015 (TiCN-Al_2O_3-TiN) kesici ucuyla en düşük değerin elde edilmesi ise kesici ucun üst katmanında bulunan TiN kaplamanın düşük sürtünme katsayısından kaynaklanabilir. Sonuç olarak kaplamalı uçlar daha düşük sürtünme katsayısına ve daha düşük ısıl iletkenliğe sahiptir. Şekilde görüldüğü gibi ilerleme miktarı (f) arttıkça yüzey pürüzlülük değeri artmıştır. Bu beklenen bir durumdur. Yapılan deneylerden de anlaşıldığı gibi ilerleme hızında azalmaya gidersek daha kaliteli yüzeyler elde edebiliriz.

Çizelge 7.4 Kesme Hızı 150m/dak'da İki farklı Kesici Takım İçin İlerleme Miktarı - Yüzey Pürüzlülük Ölçüleri

Kesme Hızı 150m/dak				
Ra (µm)	İlerleme Hızı (mm/dev)			
	f=0,15 (mm/dev)	f=0,25 (mm/dev)	f=0,35 (mm/dev)	f=0,45 (mm/dev)
SNMG 12 04 08 QM H13A Kaplamasız	0,712	1,097	1,478	1,808
SNMG 120408 QM GC2015 TiCN-Al_2O_3-TiN	1,076	1,206	1,561	1,761

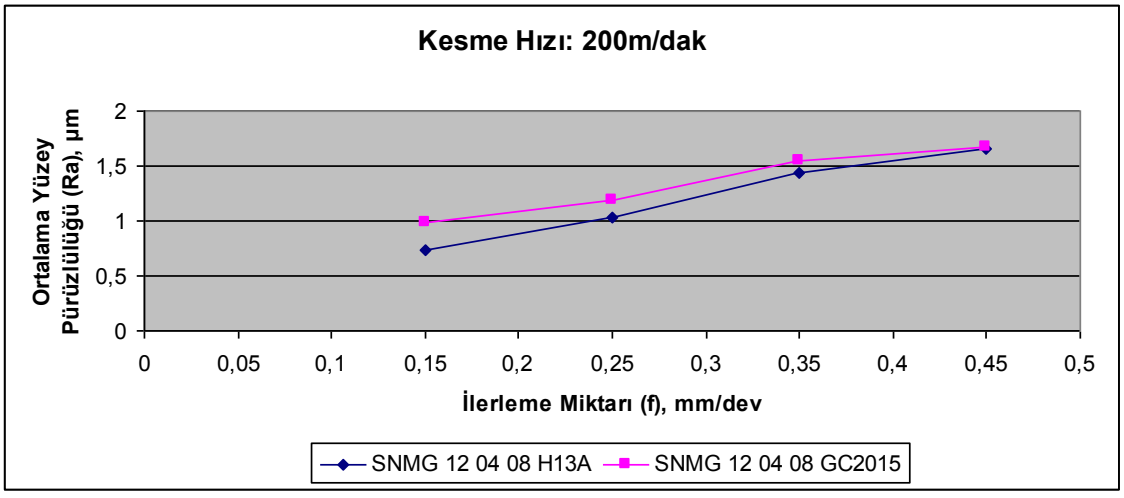


Şekil 7.2 Kesme Hızı 150m/dak'da İki farklı Kesici Takım İçin İlerleme Miktarı - Yüzey Pürüzlülük Grafiği

Şekil 7.2'de talaş derinliği (a) sabit 1,5mm ve kesme hızı (V) 150 m/dak için iki farklı kesici uçtan elde edilen ilerleme-yüzey pürüzlülüğü değerlerinin değişimleri görülmektedir. Aynı geometri ve uç yarıçapına sahip olan kesici takımlarla yapılan işlemler sonunda dört farklı ilerleme miktarında elde edilen verilerde en düşük yüzey pürüzlülük değeri H13A (Kaplamasız) ucunda, ilerleme hızı 0,15 mm/dev de 0,712 µm ölçülmüştür. En yüksek yüzey pürüzlülük değeri ise yine aynı uçta, ilerleme hızı 0,45 mm/dev de 1,808 µm ölçülmüştür. Şekilde görüldüğü gibi ilerleme miktarı (f) arttıkça yüzey pürüzlülük değeri artmıştır. Bu beklenen bir durumdur. Yapılan deneylerden de anlaşıldığı gibi ilerleme hızında azalmaya gidersek daha kaliteli yüzeyler elde edebiliriz.

Çizelge 7.5 Kesme Hızı 200m/dak'da İki farklı Kesici Takım İçin İlerleme Miktarı - Yüzey Pürüzlülük Ölçüleri

Kesme Hızı 200m/dk				
Ra (µm)	İlerleme Hızı (mm/dev)			
	f=0,15 (mm/dev)	f=0,25 (mm/dev)	f=0,35 (mm/dev)	f=0,45 (mm/dev)
SNMG 12 04 08 QM H13A Kaplamasız	0,737	1,039	1, 431	1,654
SNMG 120408 QM GC2015 TiCN-Al_2O_3-TiN	0,986	1,193	1,544	1,675



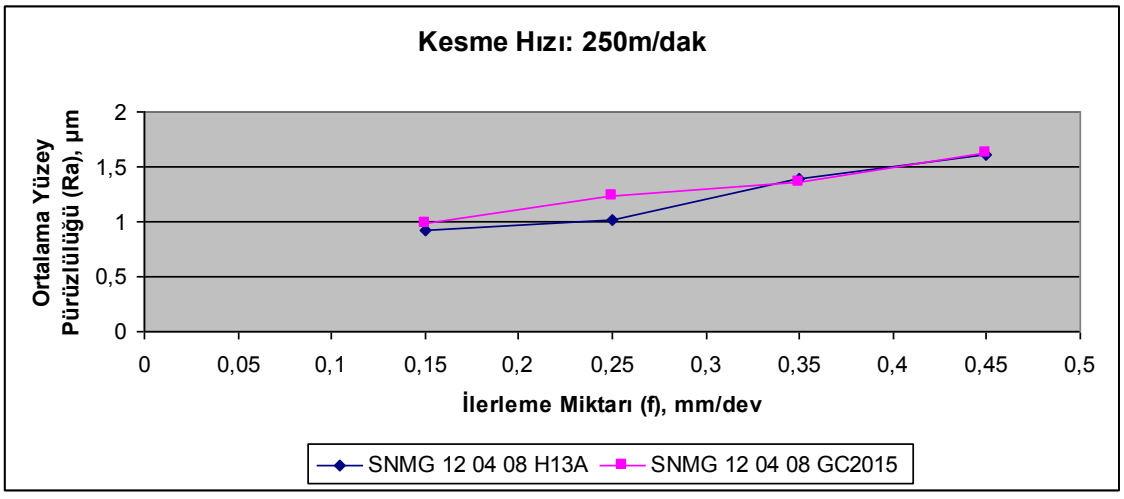
Şekil 7.3 Kesme Hızı 200m/dak'da İki farklı Kesici Takım İçin İlerleme Miktarı - Yüzey Pürüzlülük Grafiği

Şekil 7.3 de talaş derinliği (a) sabit 1,5 mm ve kesme hızı (V) 200 m/dak için iki farklı kesici uçtan elde edilen ilerleme-yüzey pürüzlülüğü değerlerinin değişimleri görülmektedir. Aynı geometri ve uç yarıçapına sahip olan kesici takımlarla yapılan işlemler sonunda dört farklı ilerleme miktarında elde edilen verilerde en düşük yüzey

pürüzlülük değeri H13A (Kaplamasız) ucunda, ilerleme hızı 0,15 mm/dev de 0,737 µm ölçülmüştür. En yüksek yüzey pürüzlülük değeri ise GC2015 (TiCN- Al_2O_3-TiN) ucunda, ilerleme hızı 0,45 mm/dev de 1,675 µm ölçülmüştür. Bu değerlerin elde edilmesindeki en önemli neden H13A (Kaplamasız) ucuyla kesme işlemi yaparken kesme hızlarında artış ile birlikte ısıl direncinin artmasından kaynaklanır. GC2015 (TiCN- Al_2O_3-TiN) kesici uç ile işlenen iş parçasının yüzey pürüzlülük değerinin yüksek çıkması ise kesici ucun orta katmanında bulunan Al_2O_3'ün ısıl iletkenliğinin yüksek olmasında kesme hızlarındaki artış ile birlikte sıcaklılığın artmasıyla alt katmana iletmesi ve alt katmanda deformasyon oluşmasından kaynaklanmaktadır. Şekilde görüldüğü gibi ilerleme miktarı (f) arttıkça yüzey pürüzlülük değeri artmıştır. Bu beklenen bir durumdur. Yapılan deneylerden de anlaşıldığı gibi ilerleme hızında azalmaya gidersek daha kaliteli yüzeyler elde edebiliriz.

Çizelge 7.6 Kesme Hızı 250m/dak'da İki farklı Kesici Takım İçin İlerleme Miktarı - Yüzey Pürüzlülük Ölçüleri

Kesme Hızı 250m/dk				
Ra (µm)	İlerleme Hızı (mm/dev)			
	f=0,15 (mm/dev)	f=0,25 (mm/dev)	f=0,35 (mm/dev)	f=0,45 (mm/dev)
SNMG 12 04 08 QM H13A Kaplamasız	0,926	1,016	1,395	1,602
SNMG 120408 QM GC2015 TiCN-Al_2O_3-TiN	0,979	1,227	1,365	1,629



Şekil 7.4 Kesme Hızı 250m/dak'da İki farklı Kesici Takım İçin İlerleme Miktarı - Yüzey Pürüzlülük Grafiği

Şekil 7.4 de talaş derinliği (a) sabit 1,5mm ve kesme hızı (V) 250 m/dak için iki farklı kesici uçtan elde edilen ilerleme-yüzey pürüzlülüğü değerlerinin değişimleri görülmektedir. Aynı geometri ve uç yarıçapına sahip olan kesici takımlarla yapılan işlemler sonunda dört farklı ilerleme miktarında elde edilen verilerde en düşük yüzey pürüzlülük değeri H13A (Kaplamasız) ucunda, ilerleme hızı 0,15 mm/dev de 0,926 μm ölçülmüştür. En yüksek yüzey pürüzlülük değeri ise GC2015 (TiCN- Al_2O_3-TiN) ucunda, ilerleme hızı 0,45 mm/dev de 1,629 μm ölçülmüştür. Bu değerlerin elde edilmesindeki en önemli neden H13A (Kaplamasız) ucuyla kesme işlemi yaparken kesme hızlarında artış ile birlikte ısıl direncinin artmasından kaynaklanır. GC2015 (TiCN- Al_2O_3-TiN) kesici uç ile işlenen iş parçasının yüzey pürüzlülük değerinin yüksek çıkması ise kesici ucun orta katmanında bulunan Al_2O_3'ün ısıl iletkenliğinin yüksek olmasında kesme hızlarındaki artış ile birlikte sıcaklılığın artmasıyla alt katmana iletmesi ve alt katmanda deformasyon oluşmasından kaynaklanmaktadır. Şekilde görüldüğü gibi ilerleme miktarı (f) arttıkça yüzey pürüzlülük değeri artmıştır. Bu beklenen bir durumdur. Yapılan deneylerden de anlaşıldığı gibi ilerleme hızında azalmaya gidersek daha kaliteli yüzeyler elde edebiliriz.

7.2.1.2 Kesme Hızının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

Kesme hızına bağlı yüzey pürüzlülük değişimleri Şekil 7.5 - Şekil 7.8'de görülmektedir.

Kesme hızı-yüzey pürüzlülüğü grafiklerini değerlendirecek olursak; genel olarak yüzey pürüzlülüğü, kesme hızının artmasıyla azalmış, kesme hızının azalmasıyla artma yönünde eğilim göstermiştir. Bu durum literatür çalışmalarıyla paralellik göstermektedir.

Tekaslan ve arkadaşları (2008) CNC torna tezgahında AISI 304 çeliklerin işlenmesinde optimum yüzey pürüzlülüğünü sağlayacak kesme parametrelerinin tespiti için yaptığı çalışmada kesme hızı artırıldığında yüzey pürüzlülüğünün iyileştiğini görmüşlerdir.

Korkut vd. (2004) tarafından yapılan bir başka çalışmada ise; sinterlenmiş karbür kesici takım kullanarak AISI 304 östenitik çeliğin tornalanmasında kesme hızının takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğüne etkisi araştırmışlardır. Farklı kesme hızları kullandıkları çalışmada, kesme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülüğünün azaldığı ve düşük kesme hızlarında BUE (talaş sıvanması ve yapışması) oluştuğu bildirilmiştir.

Kesme hızının ilerleme miktarı gibi yüzey pürüzlülüğüne çok fazla etkilemediği görülmüştür. Kaynaklardan elde edilen teorik bilgilerle bu sonuçla örtüşmektedir.

Gökkaya ve arkadaşları (2004) AISI 1030 çeliğinin üzerinde yaptığı çalışmada kesme hızındaki artışın yüzey pürüzlüğünü çok etkilemediğini, kesme hızının % 200 arttırılması ile yüzey pürüzlülüğünde ancak % 13 bir iyileşme sağladığını rapor etmişlerdir.

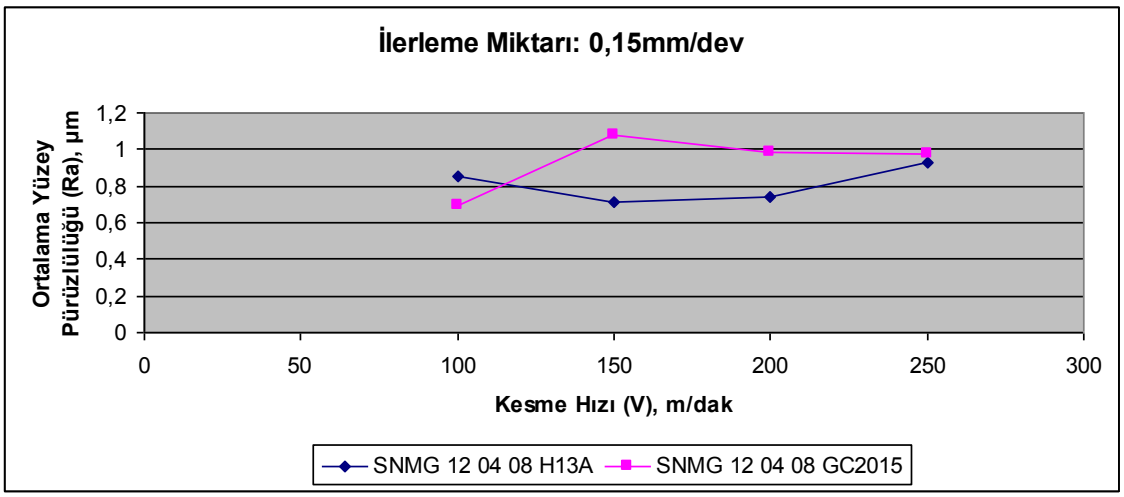
Boy ve arkadaşları, (2009) "Vanadis 10 soğuk iş takım çeliğinin işlenmesinde kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi", adlı çalışmasında işlenebilirlik deneyleri yapmışlardır. Deneyler tornalama yöntemiyle CVD ile kaplı, iki tip sementit karbür kesici takım kullanılarak yapılmıştır. Bu çalışma sonucunda kesme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülük değerinin azaldığı fakat yüksek kesme hızlarında ise yüzey pürüzlülüğünün arttığı görülmüştür. Bunun sebebinin takım aşınmasına bağlı olduğu anlaşılmıştır.

Benzer şekilde Çiftçi (2005), östenitik paslanmaz çelikler üzerine yaptığı çalışmada belli bir kesme hızına kadar yüzey pürüzlülük değerinde azalma, bu değerden sonra yüzey pürüzlülüğünde artış rapor etmiştir. Bu durum araştırmacı tarafından yüksek kesme hızlarında kesici takım ucundaki küçük kırılmalarla açıklanmıştır.

Yousefi ve arkadaşları (2000), alüminyum alaşımlarının yüksek hızda torna tezgâhında işlenmesi üzerine yaptıkları çalışmada, tüm deneylerde genel olarak kesme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülüğünün azaldığı; fakat 100–200 m/dak hız aralığında takım kesme kenarında meydana gelen BUE oluşumunun (talaş sıvanması ve yapışması) yüzey pürüzlülüğünde artışa neden olduğunu bildirmişlerdir.

Çizelge 7.7 İlerleme Miktarı 0,15mm/dev'de İki farklı Kesici Takım İçin Kesme Hızı - Yüzey Pürüzlülük Ölçümleri

İlerleme Miktarı: 0,15mm/dev				
Ra (μm)	Kesme Hızı (m/dak)			
	V=100 (m/dak)	V=150 (m/dak)	V=200 (m/dak)	V=250 (m/dak)
SNMG 12 04 08 QM H13A Kaplamasız	0,849	0,712	0,737	0,926
SNMG 120408 QM GC2015 TiCN-Al_2O_3-TiN	0,696	1,076	0,986	0,979

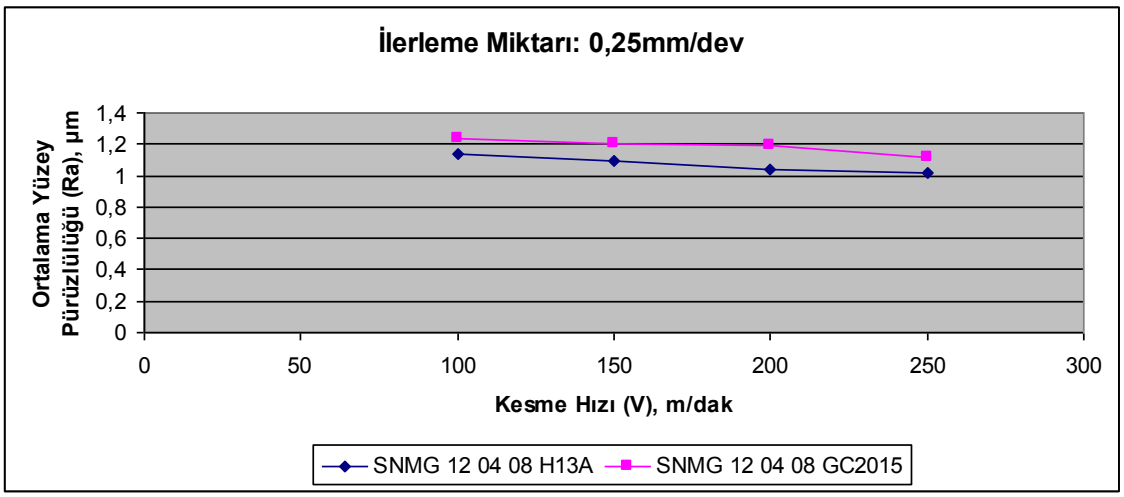


Şekil 7.5 İlerleme Miktarı 0,15mm/dev'de İki farklı Kesici Takım İçin Kesme Hızı - Yüzey Pürüzlülük Grafiği

Şekil 7.5'deki grafiğin dışındaki grafiklerin tamamında, kesme hızındaki artışla birlikte yüzey pürüzlülüğünün azaldığı görülmektedir. Şekil 7.5'deki grafikte ise; 0,15 mm/dev ilerleme miktarı ve 1,5mm talaş derinliğinde tornalama yaparken yüzey pürüzlülüğünde artış olduğu görülmektedir. Bu artış H13A kesici ucu kullanılırken 150 m/dak–250 m/dak kesme hızında, GC2015 kesici uç kullanılırken de 100m/dak–150 m/dak kesme hızında gerçekleşmiştir. Pürüzlülük artışının nedeni, BUE'den (talaş sıvanması ve yapışması) kaynaklanmaktadır.

Çizelge 7.8 İlerleme Miktarı 0,25mm/dev'de İki farklı Kesici Takım İçin Kesme Hızı - Yüzey Pürüzlülük Ölçümleri

İlerleme Miktarı: 0,25mm/dev				
Ra (µm)	Kesme Hızı (m/dak)			
	V=100 (m/dak)	V=150 (m/dak)	V=200 (m/dak)	V=250 (m/dak)
SNMG 12 04 08 QM H13A Kaplamasız	1,133	1, 097	1,039	1,016
SNMG 120408 QM GC2015 TiCN-Al_2O_3-TiN	1,236	1,206	1,193	1,113

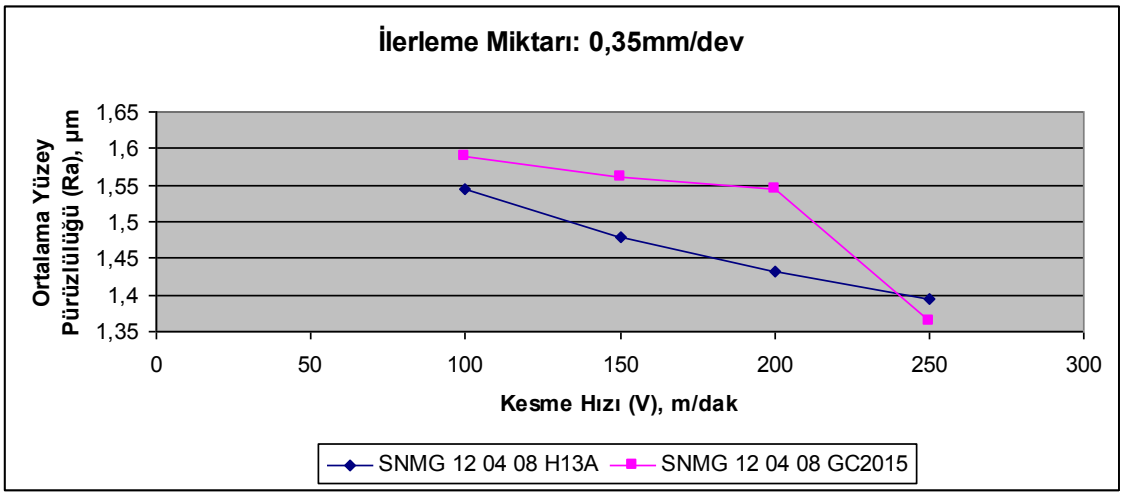


Şekil 7.6 İlerleme Miktarı 0,25mm/dev'de İki farklı Kesici Takım İçin Kesme Hızı - Yüzey Pürüzlülük Grafiği

Şekil 7.6'da talaş derinliği (a) sabit 1,5 mm ve ilerleme hızı (f) 0,25 mm/dev için iki farklı kesici uçtan elde edilen ilerleme-yüzey pürüzlülüğü değerlerinin değişimleri görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi kesme hızı (V) arttıkça yüzey pürüzlülük değeri her iki uç içinde yüzey pürüzlülüğü iyileşme yönünde eğilim göstermiştir.

Çizelge 7.9 İlerleme Miktarı 0,35mm/dev'de İki farklı Kesici Takım İçin Kesme Hızı - Yüzey Pürüzlülük Ölçümleri

İlerleme Miktarı: 0,35mm/dev				
Ra (µm)	Kesme Hızı (m/dak)			
	V=100 (m/dak)	V=150 (m/dak)	V=200 (m/dak)	V=250 (m/dak)
SNMG 12 04 08 QM H13A Kaplamasız	1,544	1,478	1,431	1,395
SNMG 120408 QM GC2015 TiCN-Al2O3-TiN	1,589	1,561	1,544	1,365

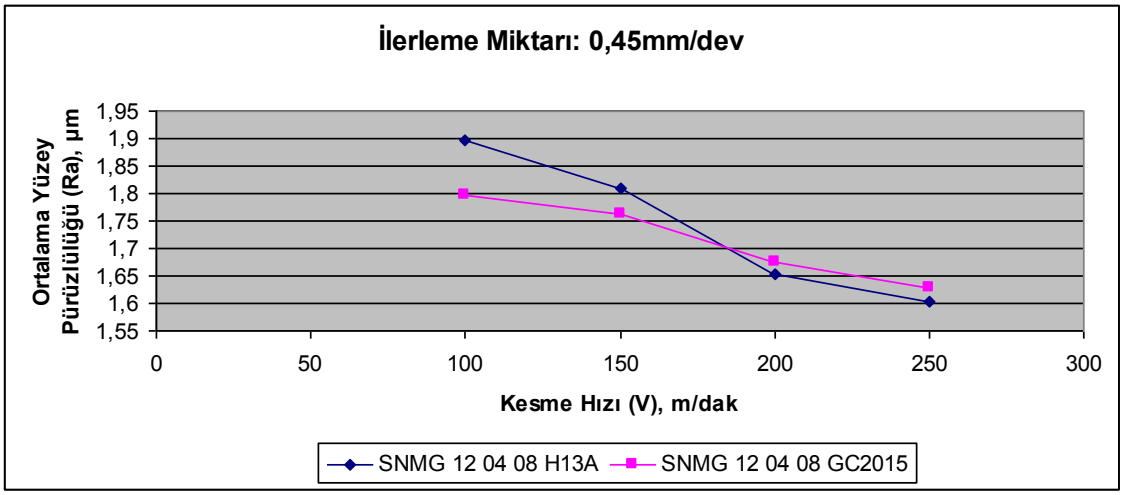


Şekil 7.7 İlerleme Miktarı 0,35mm/dev'de İki farklı Kesici Takım İçin Kesme Hızı - Yüzey Pürüzlülük Grafiği

Şekil 7.7'de talaş derinliği (a) sabit 1,5 mm ve ilerleme hızı (f) 0,35 mm/dev için iki farklı kesici uçtan elde edilen ilerleme-yüzey pürüzlülüğü değerlerinin değişimleri görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi kesme hızı (V) arttıkça yüzey pürüzlülük değeri her iki uç içinde yüzey pürüzlülüğü iyileşme yönünde eğilim göstermiştir

Çizelge 7.10 İlerleme Miktarı 0,45mm/dev'de İki farklı Kesici Takım İçin Kesme Hızı - Yüzey Pürüzlülük Ölçümleri

İlerleme Miktarı: 0,45mm/dev				
Ra (μm)	Kesme Hızı (m/dak)			
	V=100 (m/dak)	V=150 (m/dak)	V=200 (m/dak)	V=250 (m/dak)
SNMG 12 04 08 QM H13A Kaplamasız	1,897	1,808	1,654	1,602
SNMG 12 04 08 QM GC2015 TiCN-Al_2O_3-TiN	1,798	1,761	1,675	1,629



Şekil 7.8 İlerleme Miktarı 0,45mm/dev'de İki farklı Kesici Takım İçin Kesme Hızı - Yüzey Pürüzlülük Grafiği

Şekil 7.8'de talaş derinliği (a) sabit 1,5 mm ve ilerleme hızı (f) 0,45 mm/dev için iki farklı kesici uçtan elde edilen kesme hızı-yüzey pürüzlülüğü değerlerinin değişimleri görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi kesme hızı (V) arttıkça yüzey pürüzlülük değeri her iki uç içinde yüzey pürüzlülüğü iyileşme yönünde eğilim göstermiştir

8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

8.1 Sonuçlar

Bu tez çalışmasında, ilk olarak kaynak araştırması yapılmış ve daha önce yapılmış olan deneysel çalışmalar değerlendirilmiştir. Daha sonra işlenmesi oldukça zor olan AISI 316L östenitik paslanmaz çeliğinin, en uygun kesme parametrelerini belirlemek için toplam 32 adet deney yapılmıştı. Çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir:

1. Kesme deneylerinde, ilerleme miktarının artmasıyla yüzey pürüzlülük değeri de artmıştır. Elde edilen verilere göre yüzey pürüzlülüğünü etkileyen en önemli parametre ilerleme miktarı olmuştur. İlerleme miktarının arttırılmasıyla kesicinin bir devirde kaldırması gereken talaş miktarı artmaktadır. Böylece yüzey kalitesi de kötüleşmektedir. Bitirme işlemlerinde düşük yüzey pürüzlülüğü elde etmek için en etkili yöntem ilerleme miktarını azaltılmasıdır.

2. Kesme hızının artmasıyla genel olarak yüzey pürüzlülüğü azalmıştır. Kesme hızı artışıyla birlikte kesme kuvvetleri küçülmüş ve işlenen yüzeydeki deformasyonlar azalmıştır.

3. Yüzey pürüzlülüğünün değişiminde ilerleme hızının, kesme hızından daha etkili olduğu tespit edilmiştir.

4. Kesme hızı deneylerinden 0,15 mm/dev ilerleme miktarı ve 1,5 mm talaş derinliğinde işleme yaparken diğer deneylerden farklı olarak yüzey pürüzlülüğünde artış olduğu görülmüştür. Bu beklenmedik pürüzlülük artışına, döküm içerisindeki partiküllerin ya da BUE (talaş sıvanmasının) oluşumunun, kesici uçta meydana getirdiği muhtemel küçük kırılmaların neden olabileceği düşünülmüştür.

5. En düşük Ra değeri (0,696 μm), 0,15 mm/dev ilerleme miktarı, 100 m/dak kesme hızında, GC2015 (TiCN-Al2O3-TiN) kesici uç kullanılarak elde edilmiştir. En yüksek Ra değeri (1,897 μm), 0,45 mm/dev ilerleme miktarı, 100 m/dak kesme hızında, H13A (kaplamasız) kesici uç kullanılarak elde edilmiştir.

8.2. Öneriler

1. Bu çalışmada 316L östenitik paslanmaz çelik kullanılmıştır. Diğer paslanmaz çelikler islenerek, islenebilirlik davranışları karsılaştırılabilir.

2. Bu çalışmada tek uç yarıçapında kesici takımlar kullanılmıştır. Radüsün özellikle yüzey pürüzlülüğüne etkisini incelemek için farklı uç yarıçapında kesici takımlar kullanılabilir.

3. Hem bu değerleri karşılaştırırken hem de pürüzlülük ile ilgili çalışmalar yapılırken atlanılmaması gereken en önemli konu, ölçüm yapılan yüzeyin (aynı torna parametreleri ile tornalanmış) farklı bölgelerinde dahi farklı sonuçlar çıkmasıdır. Bunun için ölçüm yapılacak yüzey iyi irdelenmesi gerekmektedir.

4. Bu çalışmada sabit kesme derinliği kullanılmıştır. Kesme derinliğinin yüzey pürüzlülüğüne etkisini incelemek için farklı değerler alınabilir.

5. Bu çalışmada deneyler tornalama yöntemiyle yapılmıştır. Farklı kesme işlemleriyle de bu deneyler yapılıp karşılaştırılabilir.

Sonuç olarak 316L östenitik paslanmaz çeliği tornalama işlemiyle talaş kaldırırken, daha kaliteli yüzeyler elde edebilmek için, yüksek kesme hızı, düşük ilerleme miktarı ve kaplamalı kesici uçlar seçilmelidir.

KAYNAKLAR

Akkurt M., (1996), Talaş kaldırma yöntemleri ve takım tezgahları, Birsen Yayınevi, 214-221, İstanbul

Akkurt M., (2004), Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları, Birsen Yayınevi, Sayı 29, İstanbul.

Akkuş H., (2010), Tornalama İşlemlerinde Yüzey Pürüzlülüğünün İstatistiksel Ve Yapay Zeka Yöntemleriyle Tahmin Edilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya

Arafat M., (2009), CNC Delme işleminde delme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü açısından optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Kayseri

Asiltürk İ., (2007), Testere ile kesme işleminde yapay zeka tabanlı adaptif kontrol uygulaması, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya

Aslan N., (2012), Ti-6al-4v alaşımının işlenmesinde kriyojenik soğutmanın yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon

Aytürk A., (2010), AISI 316 Ti paslanmaz çeliğin işlenmesinde kesici uç geometrisinin kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğüne etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara

Ay M., Eldoğan O., Kurt M., (2003), CNC freze tezgahlarında yüzey pürüzlülüğüne etki eden faktörlerin belirlenmesi, 3.Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, 317-329, Ankara

Aydın B., (2002), AA 2014 Alaşımında Yaşlandırma Isıl İşleminin İşlenebilirlik Özellikleri Üzerindeki Etkilerini İncelenmesi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilim Uzmanlığı Tezi, Karabük.

Boy M., Demir H., Korkut İ., (2009), Vanadis 10 soğuk iş takım çeliğinin işlenmesinde kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi, V. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, Karabük

Chou Y.K., Song H. (2001), Hard turning with different nose-radius ceramic tools", SME Tech. Pap. Ser. 13–26

Çakır M.C., (2006), Modern Talaşlı İmalatın Esasları. Nobel Yayın Dağıtım, Sayı 993, 267s, Ankara

Çetinçalı R, (2010), AISI 316L paslanmaz çeliğin kaplamalı ve kaplamasız kesici takımlarla işlenebilirliğinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara

Çiftçi İ., (2005), Östenitik paslanmaz çeliklerin islenmesinde kesici takım kaplamasının ve kesme hızının kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğüne etkisi, Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Sayı 20, 205-209, Ankara

Çoğun C., Özses B., (2002), Bilgisayar Sayısal Denetimli Takım Tezgâhlarında Değişik İşleme Koşullarının Yüzey Pürüzlüğüne Etkisi. Gazi Ü. Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi, 17 (1), 59–75, Ankara

Dagnall H., (1980), Exploring Surface Texture, (RTH),

Demir H., Ulaş H., Zeyveli M., (2009), Stavax ESR çeliğinin yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri açısından değerlendirilmesi, V. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, Karabük

Demircioglu T. K., (2004), Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Cihazının Tanıtılması ve Uygulaması

Domaç H., (2011) Frezeleme işleminde kesici uç yarıçapı ve uç geometrisinin yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri üzerindeki etkilerinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara

Gadelmawla E.S., Koura M.M., Maksoud T.M.A., Elewa I.M., Soliman H.H., (2002) Roughness Parameters. Journal of Materials Processing Technology, Volume123, pp.133–135.

Gökkaya H., Sur G., Dilipak H., (2004), PVD ve CVD Kaplamalı Sementit Karbür Kesici Takımların İşleme Parametrelerine Bağlı Olarak Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi. Teknoloji Dergisi, 7 (3), 473–478.101

Gökkaya H., Sur G., Dilipak H., (2006), Kaplamasız sementit karbür kesici takım ve kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisinin deneysel olarak incelenmesi, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 12 (1): 59-64

Groover M.P., (2007), Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes and Systems, John Wiley & Sons, Hoboken

Güllü, A., (1995), Silindirik Taşlamada İstenen Yüzey Pürüzlülüğünü Elde Etmek İçin Taşlama Parametrelerinin Bilgisayar Yardımıyla Optimizasyonu, Gazi Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara

Gültekin M.Ş., (2012), Karbonelyaf takviyeli polimer kompozitlerin delinmesinde yüzey pürüzlülüğünü azaltacak uygun delme yöntemleri ve parametrelerin seçilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Karabük

ISO 4287 / 1 ‑ 1984 (E / F / R).

Işık Y., Çakır M.C., (2001), Hız Çeliği Takımlar İçin Kesme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlüğüne Etkilerinin Deneysel Olarak İncelenmesi, Teknoloji Dergisi, 1-2, 111-118.

İşbilir F., (2006), Takım ömrünün sebep-sonuç diyagramları ile açıklanması, yüzey pürüzlülüğü ve takım ömrüne etkili faktörlerin analizi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara

Kara F., (2010), AISI 316L Paslanmaz çeliğinin İşlenebilirliğinin sonlu elemanlar metodu ile modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon

Kartal M. S., (2000), Alaşımsız çeliklerin CNC torna tezgahında işlenmesinde yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınmasının Taguchi yöntemiyle incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, İstanbul

Kına M., (2011), Silindirik yüzeylerin taşlanmasında değişik helis açılı taşların yüzey pürüzlülüğüne ve daireselliğe etkisi, Yüksek Lsans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya

Kopac J., Bahor M., (1999), Interection of the Technological History of A Workpiece Material and the Machining Parameters on the Desired Qualtiy of the Surface Roughness of A Product. Journal of Materials Processing Technology, Volume 92, pp.381–387.

Kopac J., Bahor M., Sokovi M., (2002), Optimal machining parameters for achieving the desired surface roughness in fine turning of cold pre-formed steel workpieces, International Journal of Machine Tools and Manufacture, Volume 42, pp. 707-716

Korkut I., Kasap M., Ciftçi I., Seker U., (2004). Determination of Optimum Cutting Parameters During Machining of AISI 304 Austenitic Stainless Steel. Materials and Design, Volume 25, pp. 303–305.

Korkut İ., Dönertaş M.A., (2007), The influence of feed rate and cutting speed on the cutting forces, surface roughness and tool-chip contact length during face milling, Materials & Design, Volume 28, pp. 308–312

Lin T.R., (2002), Cutting behavior of a TiN-coated carbide drill with curved cutting edges during the high-speed machining of stainless steel, Journal of Materials Processing Technology, Volume 127, pp. 8–16

Motorcu A., (2006), Ç1050, Ç4140 ve Ç52100 çeliklerinin farklı takımlarla işlenebilirliği ve modeller geliştirilmesi, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara

Nalbant M., Altın A., Gökkaya H., (2006), The effect of cutting speed and cutting tool geometry on machinability properties of nickel-base Inconel 718 super alloys, Materials and Design, Volume 33, pp. 27-35

Neşeli S., (2006), Tornalamada takım geometrisi ve tırlama titreşimlerinin yüzey pürüzlülüğüne etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya

Ok M., (2009), AISI 304 Paslanmaz Çeliklerin Frezelenmesinde İşlenebilirliğin İncelenmesi ve Tahmin Modellerinin Oluşturulması, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya

Özdemir H., (2006), Tornalama işleminde kesme kuvveti ölçümünde kullanılacak dinamometre tasarımı ve üretimi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya

Özlü B., Demir H., (2009), Sertleştirilmiş 30MnVS6 mikroalaşımlı çeliğin kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü açısından işlenebilirliğinin araştırılması, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Sayı 25 (1-2), 262-271, Kayseri

Şahin Y., (2000), Talaş kaldırma prensipleri Cilt-I, Nobel Yayınevi, Ankara

Şahin Y., (2001), Talaş Kaldırma Prensipleri 2, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara

Şahin Y., (2003), İmalat usulleri, Gazi Kitapevi, Ankara

Tekaslan Ö., Gerger N., Şeker U., (2008), CNC torna tezgahında AISI 304 çeliklerin işlenmesinde optimum yüzey pürüzlülüğünü sağlayacak kesme parametrelerinin tespiti, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Sayı 16, Dumlupınar Üniversitesi, Ankara

Xavior, M.A., Adithan, M., (2009), Determining the influence of cutting fluids on tool wear and surface roughness during turning of AISI 304 austenitic stainless steel, Journal of Materials Processing Technology, Volume 209, pp. 900-909

Yeyen H. E., Korkut İ., Turgut Y., Çiftçi İ., (2009), AISI 303 östenitik paslanmaz çeliklerin islenmesinde kesme hızı ve ilerlemenin kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri, 5. Uluslararası ileri Teknolojiler Sempozyumu, Karabük

Yılmaz E., (2010), ETİAL 180 Alüminyum alaşımının işlenmesinde kesici takım geometrisi ve kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta

Yurtkuran H., (2013), DIN 1.2344 çeliğinin tornalanmasında oluşan kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğünün modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Karabük

Yousefi R., Ichida Y., (2000), A Study on Ultra-High-Speed Cutting of Aluminium Alloy: Formation of Welved Metal on the Secondary Cutting Edge of the Tool and Its Effects on the Guality of Finished Surface. Journal of the International Societies for Precision Enginering and Nanotechnology, Volume 24, pp. 371-376.

Zeyveli M., Demir H., (2009), AISI H13 sıcak iş takım çeliğinin işlenmesinde yüzey pürüzlülüğünün deneysel incelenmesi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Sayı 25 (1-2), 251-261, Kayseri

http://www.saritas.com.tr/ktlg/pdf/Paslanmaz%20Celik%20Saritas%2004.pdf
http://kromtes.com/paslanmaz-celik-nedir/paslanmaz-celik-nedir
http://www.sandvik.coromant.com/tr-tr/knowledge/general_turning/getting_started/choice_of_insert/insert_size/pages/default.aspx

EKLER

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	**:**	Buğrahan AKIN
Uyruğu	**:**	T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi	**:**	Erzurum - 14.04.1987
Telefon	**:**	507 554 02 41
Faks	**:**	
e-mail	**:**	gnylakn@hotmail.com

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	Mehmet Akif Ersoy Lisesi, Selçuklu, KONYA	2004
Üniversite	:	Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Selçuklu, KONYA	2010
Yüksek Lisans	:		
Doktora	:		

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**
2011-	Konya Adalet Sarayı	Makine Mühendisi

YABANCI DİLLER: İngilizce