

**AISI 2205 (EN 1.4462) PASLANMAZ ÇELİĞİN
CNC TORNA TEZGAHINDA İŞLENMESİNDE
YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ VE KESME KUVVETLERİNİN
DENEYSEL ARAŞTIRILMASI**

Fatih MEMİŞ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ŞUBAT 2015

Fatih MEMİŞ tarafından hazırlanan ‘‘AISİ 2205 PASLANMAZ ÇELİĞİN CNC TORNA TEZGAHINDA İŞLENMESİNDE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ VE KESME KUVVETLERİNİN DENEYSEL ARAŞTIRILMASI’’ adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Makine EĞitimi Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir

Danışman: Yrd.Doç.Dr. Yakup TURGUT

İmalat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

Başkan: Prof.Dr. Mahmut GÜLESİN

İmalat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

Üye: Doç.Dr. Adem ÇİÇEK

Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

Tez Savunma Tarihi: 10/02/2015

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum

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

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Fatih MEMİŞ
27.01.2015

AISI 2205 (EN 1.4462) PASLANMAZ ÇELİĞİN
CNC TORNA TEZGAHINDA İŞLENMESİNDE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ VE
KESME KUVVETLERİNİN DENEYSEL ARAŞTIRILMASI

Yüksek Lisans Tezi

Fatih MEMİŞ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Şubat 2015

ÖZET

Bu çalışmada, özellikle denizcilik, petrol ve kimya sektöründe yaygın kullanım alanına sahip AISI 2205 (EN 1.4462) paslanmaz çeliğin CNC torna tezgahında işlenmesinde kesme parametrelerine bağlı yüzey pürüzlülükleri ve kesme kuvvetleri ölçülmüştür. Deneyler için, AISI 2205 paslanmaz çelik malzemeden 60 mm çapında ve 400 mm boyunda numuneler hazırlanmıştır. Deney numunelerinin işlenmesi esnasında kesme kuvvetleri, tezgaha bağlanan Kistler 9257B dinamometre yardımıyla, yüzey pürüzlülükleri ise Perthometer M1 masa tipi yüzey pürüzlülük ölçme cihazı ile ölçülmüştür. Deneylerde, SNMG 120408 NM4 WSM20 ve SNMG 120408 NR4 WSM20 iki farklı talaş kırıcı formuna sahip kesici takımlar kullanılmıştır. Deneylerde, 1 mm kesme derinliği, 0,1-0,2-0,3 mm/dev ilerleme hızı ve 150, 180, 210, 240, 270 m/dak kesme hızı kullanılmıştır. Kullanılan bu kesme parametrelerde talaş kırıcı formunun yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda, en iyi yüzey pürüzlülük ve en düşük kesme kuvveti değerleri SNMG 120408 NR4 WSM20 kodlu kesici takımlarla elde edilmiştir. Her iki kesici için de, düşük ilerleme hızlarında yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetlerinin azaldığı, ilerleme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetlerinin arttığı tespit edilmiştir. Kesme hızının artması ile birlikte kesme kuvvetleri genellikle azalmıştır.

Bilim Kodu : 708.3.028

Anahtar Kelimeler : İşlenebilirlik, paslanmaz çelik, yüzey pürüzlülüğü, kesme kuvvetleri

Sayfa Adedi : 67

Danışman : Yrd.Doç.Dr. Yakup TURGUT

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF SURFACE ROUGHNESS
AND CUTTING FORCES IN MACHINING OF AISI 2205 (EN 1.4462) STAINLESS
STEEL ON A CNC LATHE

(M. Sc. Thesis)

Fatih MEMİŞ

GAZİ UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

February 2015

ABSTRACT

In this study, surface roughness and cutting forces related to the cutting parameters have been measured in machining of AISI 2205 stainless steel that is widely used in particularly marine, petroleum and chemistry sector on a CNC lathe. For the experiments, AISI 2205 stainless steel sample parts with 60 mm in diameter and 400 mm in length were prepared. During the machining, cutting forces were measured with the aid of Kistler 9257B dynamometer that is clamped to the CNC lathe and surface roughness was measured with Perthometer M1 desktop profilometer. In experiments, cutting tools with two different chip breaker SNMG 120408 NM4 WSM20 and SNMG 120408 NR4 WSM20 were used. In the experiments, 1 mm cutting depth, 0,1-0,2-0,3 mm/rev feed rate and 150, 180, 210, 240, 270 m/min cutting speed were used. The effects of the chip breaker form on surface roughness and cutting forces using these cutting parameters were investigated. As a result of the experiments, best surface roughness and the lowest cutting force values were obtained with SNMG 120408 NR4 WSM20 coded cutting tool. In low feed rates surface roughness and cutting forces decreased. It was determined the surface roughness and cutting forces increased with the increase of feed rate. Cutting forces were generally decreased with the increase of cutting speed.

Science Code : 708.3.028

Key Words : Machinability, stainless steel, surface roughness, cutting forces

Page Number : 67

Supervisor : Assist.Prof.Dr. Yakup TURGUT

TEŐEKKÖR

Çalıőmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren saygıdeğer danıőmanım Yrd.Doç.Dr. Yakup TURGUT'a, ayrıca çalışma boyunca bana yardımını esirgemeyen çalışma arkadaőım Yusuf SİYAMBAŐ'a ve manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
RESİMLERİN LİSTESİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	3
3. PASLANMAZ ÇELİKLER	15
3.1. Paslanmaz Çeliklerin Sınıflandırılması.....	17
3.1.1. Östenitik paslanmaz çelikler	17
3.1.2. Ferritik paslanmaz çelikler	18
3.1.3. Martenzitik paslanmaz çelikler	18
3.1.4. Çökeltme yoluyla sertleşebilen (ph) paslanmaz çelikler.....	18
3.1.5. Dupleks (çift fazlı) paslanmaz çelikler	19
4. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ	21
4.1. Yüzey Pürüzlülüğüne Etki Eden Faktörler	23
4.2. Yüzey Pürüzlülüğü Parametreleri	25
4.3. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçme Yöntemleri.....	26
4.4. Yüzey Pürüzlülüğünün Ölçülmesi	28
4.4.1. Ortalama çizgi (<i>M</i>) sistemi.....	29

	Sayfa
4.2.2. Zarf sistemi (<i>E</i>).....	29
5. KESME KUVVETLERİ ve TALAŞ OLUŞUM MEKANİĞİ.....	31
5.1. Kesme Kuvvetleri	31
5.2. Talaş Oluşum Mekanîği.....	32
5.2.1. Metallerden talaş kaldırma tekniği.....	33
5.2.2. Metal deformasyon mekanizması	35
5.2.3. İşlenebilirlik Problemleri	36
6. MATERYAL ve METOD.....	39
6.1. Deney Malzemesi ve Deney Düzeneği	39
6.2. Kesici Takımlar ve Takım Tutucular	40
6.3. Deneylerde Kullanılan Takım Tezgahı.....	42
6.4. Kesme Kuvvetlerinin Ölçülmesi.....	42
6.5. Yüzey Pürüzlülüklerinin Ölçülmesi.....	44
6.6. İşleme Parametreleri	45
7. DENEY SONUÇLARI ve TARTIŞMA.....	47
7.1. Kesme Kuvvetlerinin Değerlendirilmesi	48
7.1.1. İlerleme hızlarının kesme kuvvetlerine etkisi	48
7.1.2. Kesme hızlarının kesme kuvvetlerine etkisi	50
7.2. Yüzey Pürüzlülüklerinin Değerlendirilmesi	51
7.2.1. İlerleme hızlarının yüzey pürüzlülüğüne etkisi.....	52
7.2.2. Kesme hızlarının yüzey pürüzlülüğüne etkisi	53
8.SONUÇ ve ÖNERİLER	55
KAYNAKLAR	57
EKLER.....	64

	Sayfa
EK-1. Analiz Raporu	64
ÖZGEÇMİŞ	65

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 6.1. AISI 2205 dubleks paslanmaz çeliğin kimyasal bileşimi	39
Çizelge 6.2. AISI 2205 dubleks paslanmaz çeliğin tipik mekanik özellikleri	40
Çizelge 6.3. JOHNFORD TC-35 sanayi tipi CNC torna tezgahı özellikleri	42
Çizelge 6. 4. Kistler 9257B tipi dinamometrenin teknik özellikleri	42
Çizelge 6.5. Yüzey pürüzlülük ölçme cihazı teknik özellikleri	45
Çizelge 6.6. Deneylerde kullanılan veriler	45
Çizelge 7.1. Deneylerde kullanılan işleme parametreleri ve deney sonuçları	47

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 4.1. Yüzey pürüzlülüğünü etkileyen parametrelerin diyagramı	24
Şekil 4.2. Takım uç yarıçapı ve ilerleme hızının pürüzlülüğe etkisi	25
Şekil 4.3. Yüzey kalitesi için sayısal değerler	26
Şekil 4.4. Yüzey pürüzlülük profili.....	28
Şekil 4.5. Ortalama çizgi konumunun belirlenmesi.....	29
Şekil 4.6. Zarf eğrisinin elde edilişi	30
Şekil 5.1. Tornalama işleminde kesme kuvvetleri	32
Şekil 5.2. Metallerden talaş kaldırma tekniğinin temel mekaniği	34
Şekil 5.3. Metal kesme esnasında oluşan kuvvet sistemi.....	34
Şekil 5.4. Ön kaymalı tabakalı yapının oluşumu	35
Şekil 6.1. Deney numunesi ölçüleri	39
Şekil 6.2. Deneyleerde kullanılan kesici takım formları	41
Şekil 6.3. PSBNR 2525M12 formunda takım tutucu ve özellikleri	41
Şekil 6.4. Deney düzeneği	43
Şekil 6.5. Örnek kesme kuvveti grafiği	44
Şekil 7.1. İlerleme hızına bağlı kesme kuvvetleri.....	49
Şekil 7.2. Kesme hızına bağlı kesme kuvvetleri.....	50
Şekil 7.3. İlerleme hızına bağlı ortalama yüzey pürüzlülüğü	52
Şekil 7.4. İlerleme hızlarına bağlı yüzey pürüzlülükleri.....	53

RESİMLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Resim 6.1. Perthometer M1, masa tipi yüzey pürüzlülük ölçme cihazı	45
Resim 7.1. NM4 talaş kırıcı kesici takımlarda aşınma	51

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler	Açıklamalar
A	Kesme derinliği, (mm)
F	İlerleme hızı, (mm/dev)
V	Kesme hızı, (m/dak)
N	Devir sayısı, (dev/dak)
Ra	Ortalama pürüzlülük değeri, (μm)
Fc	Esas kesme kuvveti, (N)
Ff	İlerleme kuvveti, (N)
Fr	Radyal kuvvet, (N)
FR	Bileşke kuvvet, (N)
α	Kesici takım talaş açısı, ($^{\circ}$)
φ	Kayma düzlemi açısı, ($^{\circ}$)
μ	Sürtünme katsayısı
ψ	Uç açısı ($^{\circ}$)
r	Uç köşe yarıçapı (mm)

Kısaltmalar	Açıklamalar
AISI	American International Standard Identification, (Amerikan uluslararası standart tanımlamaları)
BUE	Built-up-edge (Kesici kenara yapışma)
CBN	Cubic Boron Nitride (Kübik bor nitrür)
CNC	Computer Numerical Control (Bilgisayarlı sayısal denetim)
CVD	Chemical Vapor Deposition (Kimyasal buhar çökeltme)
HRC	Hardness Rockwell C (Rockwell C sertlik)
HSS	High Speed Steel (Yüksek hız çeliği)
HV	Hardness Vickers (Vickers sertlik değeri)
ISO	International Standard Organization (Uluslararası standartlar örgütü)
SEM	Scanning Electron Microscope (Taramalı elektron mikroskobu)
PCD	Polycrystalline Diamond (Çok kristalli elmas)
PVD	Physical Vapor Deposition (Fiziksel buhar çökeltme)
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
WC	Tungsten Karbür

1. GİRİŞ

Endüstride talaşlı imalatın yapılabilmesi için çeşitli takım tezgahları ve kesici takımlar kullanılmaktadır. Tornalama işlemi, talaşlı imalatta geniş bir uygulama alanına sahiptir.

Yüzey kalitesi, mühendislik malzemelerinin önemli bir kalite göstergesidir. İşlenmiş parçaların yüzey kalitesinin asıl göstergesi ise yüzey pürüzlülüğüdür. Yüzey pürüzlülüğü temelde takım geometrisi (uç yarıçapı, kesme kenar geometrisi, boşluk açısı vs.) ve kesme şartları (ilerleme hızı, kesme hızı, kesme derinliği vs.) gibi işleme parametrelerinin yanında malzemenin özelliklerine de bağlıdır.

Üretilen parçaların yüzey kalitelerinin geliştirilmesi ve belirlenmesinde, yüzey pürüzlülüğü önemli bir rol oynar. Ayrıca yüzey pürüzlülüğü, yorulma dayanımı, aşınma, ısı iletimi, sürtünme ve yağlama gibi ürün kalitesinin artırılması için gerekli olan fonksiyonel karakteristik özellikleri etkilemektedir. Yüzey pürüzlülüğünün azalması yüzey kalitesini artırmaktadır. İşlenmiş parça yüzeylerinin tribolojik özellikleri, yüzey dokusundan birinci derecede etkilenmektedir. Yüzey pürüzlülüğü sadece aşınma, sürtünme ve yağlama gibi tribolojinin geleneksel konularında değil aynı zamanda sızdırmazlık, hidrodinamik, elektrik, ısı iletimi vb. farklı alanlarda da dikkate alınması gereken önemli bir faktördür [1,2].

Talaş kaldırarak işleme tekniği, şekli, boyutları ve yüzey kalitesi önceden belirlenmiş parçaların metal işleme tezgahlarında kesme operasyonu ile şekillendirilmelerini kapsar. Talaşlı imalat, kesici takım ve iş parçasının nispi hareketleri ile iş parçasının belirli bir kısmında, gerilim oluşturarak gerçekleştirilir [3].

Kesici takımın daha uzun ömürlü olabilmesi, iş parçasının da istenilen kalitede üretilerek hammadde israfının önlenmesi için, kesme performansı ve şartlarını iyi belirlemek gerekir. Bunu gerçekleştirebilmek için, kesici takımların ömrüne tesir eden etkenler ile iş parçasının kalitesinin belirlenmesinde etkili olan etkenler bilim adamları tarafından sürekli araştırılmaktadır. Uzun yıllardan beri yapılan çalışmalar göstermektedir ki; tornalamada kesici takım ömrünü ve iş parçası yüzey kalitesini etkileyen birçok parametre ve durum vardır. Kesici takım ömrü ve üretilen ürünün kalitesini etkileyen faktörler; kesici takımın

geometrik özellikleri, ilerleme hızı, kesme hızı, kesme derinliği, kesici takım kaplamaları, iş parçası ve kesici takım rijitliği v.b. gibi parametreler hem kesici takım ömrünü hem de üretilen ürünün yüzey kalitesini artırmaktadır. Aynı zamanda üretim maliyetini ve sarf edilen enerjiyi azaltmaktadır. Tüm bunlar dikkate alındığında doğru parametrelerin seçilmesi oldukça önemlidir [4].

Paslanmaz çeliklerin günümüzde kullanım alanı giderek artmaktadır. Özellikle tıp, havacılık, nükleer enerji, gıda, kimya, gemi, savunma sanayi gibi birçok alanda gün geçtikçe kullanımı yaygın hale gelmektedir. Kullanım alanlarına göre istenen mekanik ve kimyasal özellikleri sağlamak için paslanmaz çeliklerin bileşimlerinde yapılan değişiklikler paslanmaz çeliklerin işlenebilirliğini de etkilemektedir. Paslanmaz çeliklerin talaşlı imalatı oldukça problemlidir. Bu süreçte istenilen yüzey kalitesini elde etmek için çaba sarf edilmektedir. Paslanmaz çeliklerin sahip olduğu yüksek çekme mukavemeti ve yüksek korozyon direnci, düşük ısı iletkenlik, sünek bir malzeme olması, yüksek miktarda krom-nikel ve bir miktar molibden gibi mukavemet artırıcı elementlerin içeriği ve işlerken pekleşme özelliği işlemeyi zorlaştıran başlıca etkenlerdir. İşlenebilirliğin zorlaşması imalatçılar için büyük sorun teşkil etmekle birlikte işleme maliyetlerini de etkilemektedir. Ayrıca, işlenen malzemenin istenilen yüzey kalitesinde imal edilememesi o malzemenin kullanımı sırasında birçok problemleri beraberinde getirmektedir ki bu da daha büyük maliyetlere sebep olmaktadır [5].

Yapılan literatür taramasında tornalama işlemlerinde kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü ile ilgili pek çok çalışmanın yapıldığı ve halen yapılmakta olduğu gözlenmiştir. Ancak deney malzemesi AISI 2205 dubleks paslanmaz çeliğin fiziksel ve mekanik özellikleri ile ilgili çalışma yapılmasına rağmen işlenebilirliği ile ilgili çalışmaya rastlanmamıştır. Bu amaçla “AISI 2205 (EN 1.4462) paslanmaz çeliğin cnc torna tezgahında işlenmesinde yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetlerinin deneysel araştırılması” adlı çalışmanın farklı kesici takım talaş kırıcı formu ve farklı kesme parametrelerinde işlenmesi ile oluşan yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri incelenerek literatüre katkıda bulunulabileceği düşünülmüştür.

Bu amaçla, CNC torna tezgahında tornalama deneyleri yapılarak AISI 2205 dubleks paslanmaz çeliğin işlenmesi esnasında oluşan kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü ölçülmüş elde edilen değerler grafiklere dönüştürülerek yorumlanmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Uluslararası rekabetin hızla arttığı imalat sektöründe en temel amaç istenilen kalitede ürünün en düşük maliyetle üretilmesidir. İmalatçılar bu temel amaç için sürekli çalışmalar yapmaktadır. Uygun işleme parametrelerinin seçilememesi maliyeti yükselten unsurlardandır. Ürünlerin daha az maliyet ile istenilen tolerans sınırları içerisinde kalmasını ve daha iyi işleme şartları sağlamak amacı ile geçmişten günümüze kadar çelik malzemelerin işlenebilirliği üzerine birçok araştırma yapılmıştır. Yapılan araştırmalar incelendiğinde malzemelerin işlenebilirliğini etkileyen birçok etken göze çarpmaktadır. Kullanılan takım tezgahı, kesici takım özellikleri, soğutma sıvısı, kesme hızı, ilerleme hızı ve kesme derinliği gibi parametrelerin, işlenebilirliği etkileyen ana etkenler olarak öne çıktığı görülmektedir.

Bu bölümde, literatürde yer alan özellikle paslanmaz çeliklerin işlenebilirliği ile ilgili yapılan çalışmalar araştırılmış tornalama işleminde takım geometrisi ile farklı kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri üzerindeki etkilerini araştıran çalışmalar sunulmuş, en son olarak da paslanmaz çeliklerle yapılan diğer deneysel çalışmalar verilmiştir.

Tekaslan ve arkadaşları, yaptıkları çalışmada, AISI 304 Östenitik paslanmaz çeliğin CNC torna tezgahında işlenmesi sırasında ideal yüzey pürüzlülüğünü elde etmek için optimum işleme parametrelerini araştırmışlardır. Çalışmada 50-75-100-125 ve 150 m/dak kesme hızı ve 0,15-0,20 ve 0,25 mm/dev ilerleme hızı kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkileri incelenmiştir. İdeal kesme hızının 75 m/dak, ilerleme hızının 0,15 mm/dev ve kesme derinliğinin 1,5 mm olduğu ve bu işleme şartlarında en yüksek yüzey kalitesinin elde edildiği, daha sonra sırası ile 100 ve 125 m/dak olduğu belirtilmiştir. İlerleme hızı ile yüzey pürüzlülüğü arasında doğru orantılı bir ilişki olduğu, ilerleme hızı ve kesme derinliğinin artmasıyla yüzey pürüzlülüğünün de artış gösterdiği, ilerleme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisinin, kesme hızından daha fazla olduğu belirtilmiştir [6].

Çiftçi, iki farklı kalitede östenitik paslanmaz çeliğin (AISI 304 ve AISI 316) işlenmesinde, kesici takım kaplamasının, kesme hızının ve iş parçası malzemesinin, yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışmada, 120-150-180 ve 210

m/dak kesme hızları, 0,16 mm/dev sabit ilerleme hızı ve 1,6 mm sabit kesme derinliği kullanılmıştır. Deneysel sonuçlarda kesme hızının, kesme kuvvetleri üzerinde önemli bir değişikliğe neden olmadığı ancak, yüzey pürüzlülüğünü önemli derecede etkilediği sonucuna varılmıştır [7].

Çiftçi, çalışmasının ikinci bölümünde, CVD çok katlı kaplanmış sementit karbür takımlar kullanarak östenitik paslanmaz çeliklerin (AISI 304 ve AISI 316) kuru tornalanmasıyla yapılan deneysel çalışmanın sonuçlarını değerlendirmiştir. Tornalama deneylerinde, ilerleme hızı 0,16 mm/dev ve kesme derinliği 1 mm ile sabit tutulurken dört farklı kesme hızı (120-150-180 ve 210 m/dak) kullanılmıştır. Kesici takım olarak TiC/TiCN/TiN ve TiCN/TiC/Al₂O₃ kaplı sementit karbür takımlar kullanılmıştır. Kesme hızının, kesici kaplaması en üst tabakasının ve iş parçası malzemesinin, yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Kesici takımın aşınan bölümleri tarayıcı elektron mikroskobu kullanılarak analiz edilmiş, kesme hızının elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerini önemli derecede etkilediği belirtilmiştir. Kesme hızı artırıldığında, yüzey pürüzlülük değerleri azalmış, kesme hızı azaltıldığında yüzey pürüzlülük değerlerinde artış eğilimi belirtilmiştir [8].

Aydın ve arkadaşları, yaptıkları çalışmada HC-35 kaplamalı sert metal (HM) kesici takım ile AISI 304 östenitik paslanmaz çeliklerin üniversal torna tezgahında kuru tornalanabilmesine kesme parametrelerinin etkisini araştırmışlardır. Deney numuneleri önce 0,75 mm sabit kesme derinliğinde; 30-45-55-75-110 ve 130 m/dak kesme hızlarında, üç farklı ilerleme hızı (0,05-0,08 ve 0,11 mm/dev) ile, daha sonra 0,11 mm/dev sabit ilerleme hızında dört farklı kesme derinliği (0,15-0,35-0,50 ve 0,75 mm) ve altı farklı kesme hızı (30-45-55-75-110 ve 130 m/dak) kullanılarak tornalanmıştır. Düşük kesme hızlarında kesme hızı arttıkça kesme kuvvetinin arttığı, orta kesme hızlarında ise; kesme hızı arttıkça kesme kuvvetinin azalmaya başladığı belirtilmiştir. En uygun kesme şartlarının; 70-90 m/dak aralığı kesme hızı, 0,5-0,7 mm kesme derinliği ve 0,08-0,11 mm/dev ilerleme hızlarında olduğu belirtilmiştir [3].

Özer ve Bahçeci, yaptıkları çalışmada, TiC+TiN, TiC kaplı sementit karbür, kaplamasız sementit karbür ve CBN kesici takımların AISI 410 martensitik paslanmaz çeliğin işlenebilirlik (talaş kökü morfolojisi, yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri) özelliklerine etkilerini incelemişlerdir. Deneysel kuru tornalama ortamında 1,2 mm kesme derinliği, 60

m/dak kesme hızı ve 0,12 mm/dev ilerleme hızı sabit tutularak gerçekleştirilmiştir. Deneylede TiC+TiN kaplamalı sementit karbür takımın en yüksek kesme kuvveti değerlerini verdiği CBN takımın en düşük kesme kuvveti değerlerini vermesine karşın, kısa işleme mesafelerinde takımda kırılmalar olduğu kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü bakımından optimum değerlerin TiC kaplı sementit karbür takım ile talaş kaldırma işleminde elde edildiği belirtilmiştir [9].

Bahçeci ve Özer yaptıkları çalışmada, AISI 303 ve AISI 410 paslanmaz çelik malzemelerin işlenebilirlik özelliklerinden tornalama kuvvetleri, talaş formu ve yüzey pürüzlülüğünü incelemiştirler. Deneyle; 0,12 mm/dev ilerleme hızı ve 1,2 mm kesme derinliği sabit tutularak, 90-130 ve 180 m/dak olmak üzere üç farklı kesme hızı TiC kaplı kesici uç kullanarak gerçekleştirilmiştir. Her iki malzeme için artan kesme hızı ile birlikte kesme kuvvetleri azalmış, kimyasal bileşiminde yüksek orandaki sülfür içeren östenitik paslanmaz çeliğin (AISI 303), martenzitik paslanmaz çelik (AISI 410) malzemeye göre daha düşük kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülük değerleri verdiği görülmüştür. Her iki malzeme için de düşük tornalama kuvvetleri ve yüzey pürüzlülük değerleri için 130 m/dak'dan büyük kesme hızları önerilmiştir. Fakat yüksek kesme hızlarında takım ömründeki azalmanın dikkate alınması gerektiği belirtilmiştir [10].

Yeyen ve arkadaşları, yaptıkları çalışmada, AISI 303 paslanmaz çeliklerin işlenmesinde kesme hızı ve ilerleme hızının, kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerini incelemişler, araştırma kapsamında AISI 303 paslanmaz çelikler ile AISI 304 paslanmaz çeliklerin işlenebilirliğini karşılaştırmışlardır. Deneylede dört farklı kesme hızı (120-150-180 ve 210 m/dak) ile üç farklı ilerleme hızı (0,20-0,24 ve 0,30 mm/dev) seçilmiş ve kesme derinliği 2,5 mm ile sabit tutulmuştur. Deneyle sonuçlarına göre, AISI 303'ün işlenmesi sırasında AISI 304'e göre % 19 daha fazla kesme kuvvetleri olduğu, yüzey pürüzlülüğünde ise % 51 artış olduğu ölçülmüştür. En iyi yüzey pürüzlülük değerini veren kesme hızı 150 m/dak ve ilerleme hızının ise 0,20 mm/dev olduğu belirtilmiştir. Kesme kuvvetinin azalması ile titreşim azalmış ve daha iyi yüzey kalitesinin olduğu belirtilmiştir. Kesme hızı arttıkça kesme kuvvetinin düştüğü, deneyle sonuçlarının literatür ile uyumlu olduğu belirtilmiştir [11].

Korkut ve arkadaşları AISI 304 paslanmaz çeliğinin işlenmesi esnasında optimum kesme parametrelerinin belirlenmesi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında optimum

kesme hızını belirlemek için sementit karbür kesici takım kullanmışlar ve kesme hızının takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğüne olan etkisi araştırılmıştır. Araştırmada üç farklı kesme hızı (120-150 ve 180 m/dak) kullanılmıştır. Sonuç olarak 180 m/dak'nın üzerindeki kesme hızlarında takım aşınmasının azaldığı kesme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülük değerinin de azaldığı tespit edilmiştir [12].

Gürbüz ve arkadaşları, yaptıkları çalışmada, kesici takıma farklı yöntemle uygulanmış kaplamaların ve kesme parametrelerinin (kesme hızı, ilerleme hızı ve kesme derinliği) talaş kaldırmayla oluşan kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğüne etkisini incelemişlerdir. Deneylede AISI 316L paslanmaz çelik numuneler 0,5 mm sabit kesme derinliğinde 75° yanaşma açısına sahip kesici takımlar ile CNC torna tezgahında silindirik tornalama işlemine tabi tutulmuştur. Dört farklı kesme hızı (125-150-175 ve 200 m/dak), üç farklı ilerleme hızı (0,1-0,2 ve 0,3 mm/dev) ve iki farklı kesme derinliği (1,25 ve 2,5 mm) kullanılarak deneyler yapılmıştır. Deneylede sonucu her iki kesici takım kaplaması için de kesme derinliği ve ilerleme hızı arttığında kesme kuvvetlerinin arttığı, kesme hızındaki artışa bağlı olarak yüzey pürüzlülüğünün azalma eğiliminde olduğu belirtilmiştir. En yüksek kesme kuvvetlerinin CVD kaplama tekniği ile kaplanmış kesici takımında, en düşük kesme kuvvetlerinin PVD kaplama tekniği ile kaplanmış kesici takımında olduğu tespit edilmiştir. En iyi yüzey pürüzlülüğünün, 200 m/dak kesme hızı, 0,1 mm/dev ilerleme hızı ve 1,25 mm kesme derinliğinde PVD kaplama tekniği ile kesici takımla elde edildiği belirtilmiştir. En kötü yüzey pürüzlülüğünün ise 125 m/dak kesme hızı, 0,3 mm/dev ilerleme hızı ve 2,5 mm kesme derinliğinde CVD kaplama tekniği ile kesici takımla elde edildiği tespit edilmiştir [13].

Ay ve Kalyon, yaptıkları çalışmada, CNC torna tezgahında 17-4 ph paslanmaz çeliğin ideal işleme parametrelerini deneysel olarak araştırmışlardır. Deneylede üç farklı ilerleme hızı (0,1-0,2 ve 0,3 mm/dev), üç farklı kesme derinliği (0,4-0,8 ve 1,0 mm) ve üç farklı kesici takım uç yarıçapı (0,4-0,8 ve 1,2 mm) parametreleri kullanılmıştır. İlerleme hızı 0,1 mm/dev, kesme derinliği 1 mm ve uç yarıçapı 0,8 mm olduğunda en iyi yüzey kalitesi elde edildiği belirtilmiştir. İlerleme hızı 0,2 mm/dev, kesme derinliği 0,4 mm ve uç yarıçapı 1,2 mm'de en düşük kesme kuvveti elde edildiği belirtilmiştir. Literatürdeki çalışmalarla uyumlu olarak ilerleme hızının artmasıyla parçanın yüzey pürüzlülük değerinin arttığı, düşük ilerleme hızlarında daha iyi yüzey kalitesi elde edildiği, artan talaş derinliği ve ilerleme hızlarında kesme kuvvetlerinin arttığı belirtilmiştir [4].

Kayır ve Aytürk yaptıkları çalışmada, AISI 316Ti paslanmaz çeliğin işlenebilirlik karakteristiklerini (takım uç yarıçapının kesme kuvvetlerine ve yüzey pürüzlülüğüne etkisi) incelemiştir. Yapılan çalışmada, 85-120 ve 165 m/dak kesme hızları, 0,1-0,2 ve 0,4 mm/dev ilerleme hızları ve 1,5 mm sabit kesme derinliği ile TiAlN kaplamalı, farklı kesici takım uç yarıçapına sahip karbür uçlar kullanılarak işlenebilirlik deneyleri yapılmıştır. Değerlendirmeler sonucunda, ilerleme hızı arttıkça, kesme kuvvetlerinin arttığı, takım uç yarıçapının büyümesi ile de yüzey pürüzlülüğünün azaldığı, kesme hızının yüzey pürüzlülüğünde ilerleme hızı kadar etkili olmadığı, takım uç yarıçapının değişmesi ile kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğünün etkilendiği belirtilmiştir. En düşük yüzey pürüzlülük değerleri, en büyük uç yarıçapına (0,8 mm) sahip takımlarla ortaya çıkmıştır. Küçük uç yarıçaplı (0,4 mm) takımların daha fazla aşındığı, aşınmaların kesici kenar boyunca değil, takım ucundan belli bir uzaklıkta meydana geldiği, 0,8 mm uç yarıçaplı kesicilerde ise ısının kesici uç boyunca yayıldığı belirtilmiştir [14].

Kayır ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, AISI 316Ti paslanmaz çelik malzemesinin tornalanmasında kesici uç yarıçapı, kesici uç formunun ve kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisini araştırmışlardır. Deney parçaları üç farklı ilerleme hızı (0,1-0,2 ve 0,4 mm/dev), üç farklı kesme hızı (85-120 ve 165) m/dak, sabit kesme derinliği (1,5 mm) parametreleri kullanılmıştır. İki farklı kesici uç yarıçapına (0,4 ve 0,8 mm) ve üç farklı uç formuna sahip kaplamalı karbür kesici uçlar ile tornalanmıştır. Yüzey pürüzlülüğüne en etkili faktörlerin ilerleme hızı (% 73,97) ve kesici uç yarıçapı (% 13,26) olduğu belirtilmiştir. Küçük uç yarıçaplı (0,4 mm) kesicilerle, yüksek ilerleme hızı (0,2 ve 0,4 mm/dev) ve yüksek kesme hızlarında (120 ve 165 m/dak) işlenmesinin, yüzey pürüzlülüğü (Ra) ve takım ömrü açısından uygun olmadığı belirtilmiştir. En düşük yüzey pürüzlülüğü 0,1 mm/dev ilerleme hızı ve kesici uç yarıçapının 0,8 mm olduğu durumda ortaya çıktığı belirtilmiştir [15].

Tekiner ve Yeşilyurt, AISI 304 paslanmaz çeliğin tornalama esnasında ses oluşumuna bağlı olarak en uygun kesme şartları ve kesme parametrelerini araştırmışlardır. Deneyde kullanılmak üzere hazırlanan numunelerin her biri 2,5 mm kesme derinliğinde ve 150 mm uzunluğunda CNC torna tezgahında işlenmiştir. Tornalama deneyleri üç farklı ilerleme hızı (0,2-0,25 ve 0,3 mm/dev) ve beş farklı kesme hızında (120-135- 150-165 ve 180 m/dak) yapılmıştır. Deneyler esnasında ortamda oluşan ses, mikrofon aracılığıyla bilgisayara

kaydedilmiştir. En iyi kesme hızı ve ilerleme hızı; yan yüzey aşınması, kesici kenara sıvanma, talaş biçimi, işlenen numunelerin yüzey pürüzlülüğü ve takım tezgahı güç tüketimine göre belirlenmiştir. İdeal kesme parametreleri ve kesme esnasında oluşan ses karşılaştırılmış ve en iyi kesme parametreleri sese bağlı olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak 165 m/dak kesme hızı ve 0,25 mm/dev ilerleme hızı en iyi kesme parametreleri olarak bulunmuş ve ortam sesinin analizleri bu değerleri doğruladığı belirtilmiştir [16].

Yalçın ve Temiz, yaptıkları çalışmada, AISI 316L paslanmaz çeliğin kuru şartlarda işlenebilirliği, farklı kesme hızı, ilerleme hızı ve kesme derinliği parametrelerine göre, kesme kuvvetleri, yüzey pürüzlülüğü, talaş yapışma eğilimleri ve talaş tipleri değerlendirilerek araştırılmıştır. İdeal kesme koşullarının 1,25 mm kesme derinliği, 0,2 mm/dev ilerleme hızı ve 200 m/dak kesme hızı şartlarında elde edildiği belirtilmiştir. Kesme hızının esas kesme kuvvetine ve yüzey pürüzlülüğüne etkisinin oldukça düşük olduğu ancak ilerleme hızının etkisinin kesme derinliğine göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. Ayrıca, kesme hızının artmasıyla yığıntı talaş eğiliminde ve elde edilen helisel talaş uzunluğunda azalma gözlemlendiği belirtilmiştir [17].

Gürbüz ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, AISI 316L paslanmaz çelik malzemesinin tornalanması sırasında, kesici takım uç yarıçapının talaş kaldırmayla oluşan kalıntı gerilmelere etkisini deneysel olarak araştırmışlardır. Deneysel kesme parametreleri olarak; dört farklı kesme hızı (125-150-175 ve 200 m/dak), üç farklı ilerleme hızı (0,1-0,2 ve 0,3 mm/dev) ve iki farklı kesme derinliği (1,25 ve 2,5 mm) belirlenmiştir. Üç farklı kesici takım uç yarıçapı (0,8-1,2-1,6 mm) seçilmiştir. En düşük kesme kuvvetleri bileşenleri ve çekme kalıntı gerilmeler; üç farklı kesici takım uç yarıçapı için de 200 m/dak kesme hızı, 0,1 mm/dev ilerleme hızı ve 1,25 mm kesme derinliği olduğunda elde edilmiştir. En yüksek kesme kuvvetleri bileşenleri ve kalıntı gerilmeler ise 125 m/dak kesme hızı, 0,3 mm/dev ilerleme hızı ve 2,5 mm kesme derinliği olduğunda elde edilmiştir. Kesici takım uç yarıçapının değişimine bağlı olarak uç yarıçapı arttıkça F_c asıl kesme kuvvetinde pek bir değişimin olmadığı, buna karşın F_p pasif kuvvetinin arttığı F_f ilerleme kuvvetinin ise azaldığı belirtilmiştir [18].

Kasap yaptığı çalışmada, endüstriyel alanda çok geniş kullanım alanına sahip olan ve işlenmesi zor AISI 304 östenitik paslanmaz çeliğin işlenmesinde en uygun işleme şartlarının ve parametrelerin belirlenmesi amacıyla deneysel bir çalışma yapmıştır.

Hazırlanan deney numuneleri, CNC torna tezgahında üç farklı kesme hızı (120-150-180 m/dak) ve üç farklı ilerleme hızı (0,20-0,24-0,3 mm/dev) kullanılarak soğutma sıvısı kullanılmadan tornalanmıştır. Kesme hızının artması ile yan yüzey aşınması değerinin azaldığı tespit edilmiştir. Kesme hızı 180 m/dak olduğunda en düşük yüzey pürüzlülük ve yan yüzey aşınması değeri elde edilmiş, en uygun kesme hızı olduğu sonucuna varılmıştır. Kesme kuvvetinin azaltılmasında ise en uygun kesme hızının 150 m/dak olduğu iddia edilmiştir. Kesme hızının 150 m/dak'dan 180 m/dak'a çıkarıldığında kesme kuvvetinde fazla bir düşme görülmediği belirtilmiştir. İlerlemenin artırılması da kesme bölgesindeki yükü artırarak kesici takım aşınmasının artmasına neden olduğu ve en uygun ilerleme hızının 0,24 mm/dev olduğu belirtilmiştir [19].

Ippolito ve diğerleri, yapmış oldukları çalışmada, kesme kuvvetleri ile kesici takım arasında ilişki kurabilmek için kesme kuvvetlerini ölçmüşler ve uzun yıllar süren çalışmaları sonunda şu sonuçları elde etmişlerdir: 1. Kesme kuvvetleri zamana bağlı olarak kayda değer ölçüde değişir. Bu değişimler kesici takım kenar aşınmasına bağlıdır. 2. sert metal uçlarda krater aşınması, kesme kuvvetlerini artırır. 3. Kesici takım kırılmaya yakın olduğunda (çok ileri düzeyde aşınma), kuvvet zamana bağlı doğru orantılıdır. Bazen ters orantıda olabilir. 4. Kesme parametreleri ve kesici takım aşınması değiştikçe, kesme kuvvetleri zamana göre değişim gösterir [20].

Taşlıyan ve arkadaşları yaptıkları çalışmada INCONEL 718 süper alaşım malzemesinin işlenmesinde, kesme parametrelerinin, kesme kuvvetine etkilerini araştırmışlardır. Deneylerde nikel esaslı Inconel 718 süper alaşımı; 1,2 mm uç yarıçapına sahip seramik kesici takımla CNC torna tezgahında, soğutma sıvısı kullanılmadan işlenmiştir. Beş farklı kesme hızı (225-300-350-400 ve 500 m/dak) ve beş farklı ilerleme hızı (0,05 ve 0,075 ve 0,1 ve 0,125 ve 0,15 mm/dev) ile iki farklı talaş derinliği (1 mm ve 2 mm) kesme parametreleri olarak kullanılmıştır. En düşük kesme kuvvetinin 500 m/dak kesme hızı, 0,05 mm/dev ilerleme hızı ve 1 mm kesme derinliğinde 192 N, en yüksek kesme kuvvetinin ise 225 m/dak kesme hızı, 0,15 mm/dev ilerleme hızı ve 2 mm kesme derinliğinde 780 N olarak ölçüldüğü belirtilmiştir [21].

Altın ve arkadaşları, nikel esaslı Inconel 718 süper alaşımı deney numunelerini sementit karbür kesici takım ile 5 farklı kesme hızı (15-30-45-60 ve 75 m/dak), 0,20 mm/dev sabit ilerleme hızı ve 2 mm sabit talaş derinliğinde soğutma sıvısı kullanmadan tornalamışlardır.

Kesme hızlarının asıl kesme kuvvetine ve yüzey pürüzlülüğüne etkisini incelemiştirlerdir. Kesme hızının (15 m/dak) % 400 artırılmasıyla (75m/dak) asıl kesme kuvveti değerinde % 83 düşüş elde edildiği, kesme hızının (15 m/dak) % 200 artırılmasıyla (45 m/dak) ortalama yüzey pürüzlülüğünde % 27,5 düşüş elde edildiği belirtilmiştir. Kesme hızının 45 m/dak'dan 75 m/dak'ya artırıldığında (% 66,6'lık artış) ise yüzey pürüzlülüğünde önemli artış (% 95,5'lik) gözlemlendiği belirtilmiştir. En düşük ortalama yüzey pürüzlülüğü 45 m/dak kesme hızında elde edildiği, en düşük asıl kesme kuvveti 75 m/dak kesme hızında (629 N) elde edildiği belirtilmiştir. İnconel 718 süper alaşımın yüksek kesme hızlarında işlenmesinde yüksek kesme hızları kesici takım üzerinde yan yüzey aşınması ve plastik deformasyon aşınması oluşumuna yol açmıştır ve kesici takım üzerinde görülen aşınmalar ortalama yüzey pürüzlülüğünü olumsuz yönde etkilemiştir. Elde edilen talaş biçimi genel olarak sürekli ve dar adımlı olarak tespit edilmiş, talaş kenarlarında yırtılmalar görüldüğü belirtilmiştir [22].

Özek ve arkadaşları AISI 304 östenitik paslanmaz çeliklerin tornalanması üzerine bir çalışma yapmışlardır. Yaptıkları çalışmada kesme hızı, ilerleme hızı ve kesme derinliği değiştirilerek, bu parametrelerin yüzey pürüzlülüğü, takım yan yüzey aşınması ve takım-talaş ara yüzey sıcaklığına etkileri araştırılmıştır. Deneyler sonunda; kesme hızının artması ile takım-talaş ara yüzey sıcaklığının ve takım yan yüzey aşınmasının azaldığı, ilerleme hızı ve talaş derinliğinin azalmasıyla yüzey pürüzlülüğünün iyileştiği belirtilmiştir [23].

Özek ve Savaş, CNC torna tezgahında takım aşınmasına etki eden faktörlerin belirlenmesi üzerine deneysel bir çalışma yapmışlardır. Deney malzemesi olarak AISI 304 paslanmaz çelik ve kesici takım olarak da P10 ve P20 takımlar kullanılmıştır. Deneysel çalışmalarında işleme parametrelerinin (kesme hızı, ilerleme hızı, kesme derinliği) takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğüne etkisi araştırılmıştır. Araştırmalar sonucunda en iyi yüzey pürüzlülüğünün yüksek kesme hızı, düşük ilerleme hızı ve düşük kesme derinliğinde elde edildiği kullandıkları takımlardan P20 kesici takımın P10 kesici takıma göre daha çok aşındığı belirtilmiştir [24].

Özek ve Savaş yaptıkları diğer bir çalışmada CNC torna tezgahlarında takım-iş ara yüzeyinde meydana gelen sıcaklığın takım ömrü üzerindeki etkilerini araştırmışlar. Çalışmada AISI 304 paslanmaz çelik ve sert metal uçlar (P10 ve P20) kullanılmıştır. Sonuç

olarak, kesme hızının artması ile takım-iş ara yüzey sıcaklığının arttığı bunun da takım ömrünü olumsuz etkilediği belirtilmiştir [25].

Mills ve arkadaşları yaptıkları çalışmada östenitik paslanmaz çeliklerin işlenebilirliğini araştırmışlardır. Yapılan araştırma sonucunda östenitik paslanmaz çeliklerin düşük ısı iletkenliğine ve talaşlı imalat sırasında pekleşme özelliğine sahip olması, sertleştirilmemiş karbon çeliklerine kıyasla yüksek enerji tüketimine neden olduğu belirtilmiştir. Aynı zamanda ısı iletkenliğinin düşük olması kesme işleminin gerçekleştiği bölgede yüksek sıcaklıkların meydana gelmesine ve bu sıcaklığın ikinci deformasyon bölgesinde difüzyon aşınmasına sebep olduğu belirtilmiştir [26].

Paro ve arkadaşları, X5CrMnN1818 paslanmaz çeliğinin işlenebilirliği ve takım aşınması üzerine yaptıkları araştırmalarda, X5CrMnN1818 paslanmaz çeliği 0,57 N ve 0,91 N'le alaşımlandırılmış ve TiN kaplı sementit kesici takımlarla talaş kaldırmışlardır. Deneyler, 40-200 m/dak kesme hızı, 0,15-0,25 mm/dev ilerleme hızı ve 1,6 mm kesme derinliğinde yapılmıştır. Sonuçta yüksek azotlu çeliğin işlenebilirliği ve kesme kuvvetini azalttığı, takım ömrünün 0,91 N'li deney malzemesinde 30 dak, 0,57 N'li deney malzemesinde 10 dak olduğu ve 0,57 N'li malzemedeki kesme hızının artması ile takım ömrünün daha da düştüğü belirtilmiştir. Ayrıca, yüksek kesme kuvvetleri olduğu ve yüksek takım aşınmasının meydana geldiği, kesme hızlarının artırılması ile yüzey pürüzlülük değerinin düştüğü belirtilmiştir [27,28].

Paro ve arkadaşları yaptıkları diğer bir çalışmada geleneksel yöntemlerle üretilen ASTM A890 1A paslanmaz çelikler ile HIPed Dupleks 27 malzemesi, sementit kaplı takım ile işlendiğinde iç soğutma desteğinin aktif aşınma mekanizmalarını araştırmışlardır. İşleme sonucunda talaşlar SEM elektron mikroskobu ile incelenmiştir. Her iki malzeme arasındaki kesme parametreleri farklılıkları incelenmiştir. Paslanmaz çeliklerin işlenmesi esnasında yüksek kesme kuvvetine ihtiyaç duyulduğu, bunun neticesinde aşırı takım aşınmasının olduğu, bu çeliklerin yüksek kırılma tokluğuna sahip olmasının da, normal çeliklerin tersine çapak oluşumu eğilimini artırdığı belirtilmiştir. Kesme hızı 180 m/dak'a doğru arttıkça takım yan yüzey aşınmasının azaldığı belirtilmiştir. Yüzey pürüzlülük değerlerinin, kesme hızının artırılması ile düştüğü belirtilmiştir [29].

Sandvik Coromant firmasının yapmış olduğu araştırmaya göre; alaşım elementlerinin malzemedeki özellikler üzerinde çok önemli bir etkiye sahip olduğu belirtilmiştir. Karbonun, eliğin mekanik özelliğini ve işlenebilirlik özelliklerini belirleyen en önemli element olduğu tespit edilmiştir. İş parçası malzemesinin kimyasal analizi, o malzemenin işlenebilirliği konusunda araştırmalara önemli ipuçları vermektedir. Kükürt (S), fosfor (P) ve kurşun (Pb) gibi alaşım elementlerinin işlenebilirlik üzerinde önemli ölçüde pozitif etkiye sahip olduğu, Mn, Ni, Co, Cr, V, C < % 0,03, C > 0,6, Mo, Nb ve W gibi alaşım elementlerinin ise önemli ölçüde negatif etkiye sahip olduğu belirtilmiştir. Talaş oluşumunun, genellikle sünekliği azaltan alaşım elementleri ile iyileştirilebileceği üzerinde durulmuştur [30].

Akasawa ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, östenitik paslanmaz çeliklerin işlenebilirliğine kolay işleme katkılarının etkilerini incelenmişlerdir. İş parçası malzemeleri olarak SUS303, SUS303Cu, SUS304 ve SUS316 seçilmiştir. Gerekli metalurjik yöntemlerle bu çeliklerin içerisindeki S, Ca, Cu ve Bi gibi katkıların miktarları değiştirilmiştir. İşleme testleri NC kontrollü bir torna tezgahında K10 kalite sementit karbür kullanılarak yapılmıştır. Deneyler, soğutma sıvısı kullanılarak ve kullanılmadan yapılmıştır. Elektronik parçaların son (finish) ternalama işlemlerinde 0,05 ve 0,1 mm/dev ilerleme hızı ile 12,5 ve 100 m/dak aralığında kesme hızları kullanılmıştır. Genel lmler ve işlenmiş parça yüzey katmanının mikro sertlik ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, deformasyondan kaynaklanan martenzit dönüşümü de ölçülmüş ve işlenebilirlik yüzey bütünlüğü açısından değerlendirilmiştir. Yüzey sertliği, özellikle kuru kesmede düşük kesme hızlarında kötüleşmektedir. Malzemeye bakır ilave etmek kesme kuvvetinin azalmasına yol açtığı belirtilmiştir. Bizmut'un eklenmesi yüzey kalitesini kötü yönde etkilememiş, fakat talaş kalınlığının azalmasına sebep olmuştur. Takım aşınması meydana gelmediği belirtilmiştir [31].

O'Sullivan ve Cotterell, SS303 tipi östenitik paslanmaz çeliğin işlenebilirliği üzerine bir yaptıkları araştırma sonucu işleme esnasında karşılaşılan problemlerin çoğu, deformasyon sertleşmesine bağlanmıştır. SS303 paslanmaz çeliğinin deformasyon sertliğini bulmak için çevrim içi bir teknik geliştirilmiş ve çevrim içi teknik olarak da AE (Acoustic Emission) kullanılmıştır [32].

Paslanmaz çeliklerin işlenebilirliği dışında bu malzemelerin yapısı, fiziksel özellikleri ve aşınma davranışları ile ilgili çeşitli çalışmalar da literatürde mevcuttur. Bu çalışmalardan bazıları aşağıdaki gibi özetlenebilir.

Issartel ve arkadaşları, AISI 304 östenitik paslanmaz çeliğinin 900 °C’ de oksidasyonuna nitridasyonun etkisi üzerine bir araştırma yapmışlar ve sonucunda nitridasyon işleminin AISI 304 paslanmaz çeliğinin yüksek sıcaklıktaki oksidasyon direncini artırdığı belirtilmiştir [33].

Bregliozzi ve arkadaşları, AISI 304 östenitik paslanmaz çeliğinin sürtünme ve aşınmasına tane boyutunun ve atmosfer neminin etkilerini araştırmışlardır [34]. Hunter ve Ferriy, çalışmalarında AISI 304 östenitik paslanmaz çeliğinin katılma esnasındaki faz oluşumunu araştırmışlardır [35]. Reynolds ve arkadaşları, çalışmalarında 3,2 mm kalınlığındaki alaşımlı AISI 304 L paslanmaz çelik plakalarının sürtünme karıştırma kaynağı sonucunda oluşan yapısını, özelliklerini ve gerilme artışı üzerine bir araştırma yapmışlardır [36]. Wasnik ve arkadaşları, çalışmalarında AISI 304L paslanmaz çeliğinin çökme aşamaları sonucunda oluşan fazlar üzerine bir araştırma yapmışlardır [37]. Samuel ve arkadaşları, AISI 316 LN tipi östenitik paslanmaz çeliklerin (gerilebilir) deformasyon sertleşmesi davranışına deformasyon hızının ve sıcaklığının etkisi üzerine bir araştırma yapmışlardır [38]. Fujita ve arkadaşları, ferritik paslanmaz çeliklere niobyum katılması sonucu yüksek sıcaklık özelliklerinde ve mikro yapılarındaki değişimler üzerine bir araştırma yapmışlardır [39]. Aksoy ve arkadaşları, Mo, Ti, V ve Nb gibi güçlü karbür oluşturu elementlerin ferritik paslanmaz çeliğin adheziv aşınma direncine homojenleştirmenin etkilerini araştırmışlardır. Çalışmalarında homojenleştirilmiş ve homojenleştirilmemiş numunelerin aşınma davranışını 40-60 ve 80 N yükleri altında araştırmışlardır. Homojenleştirme ısıl işlemlerinin ağırlık kaybını azalttığı görülmüş ve numuneler arasında en iyi sonuç Ti ve V içeren numunelerde bulunmuştur. Üstelik karbür oluşturu elementler dışında mikro yapılarında M₂₃C₆ karbürü bulunduran numuneler 40 N altında iyi aşınma direnci göstermiştir [40]. Toro ve arkadaşları, yüksek azotlu martenzitik paslanmaz çeliğin mikro yapısı ve yüzey özellikleri arasındaki ilişki üzerine bir araştırma yapmışlardır [41]. Balan ve arkadaşları, 16Cr-2Ni martenzitik paslanmaz çeliklerin temperlenmesi esnasındaki östenit çökmesi ve mikro yapıdaki değişimler üzerine bir çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında 1323 °K’de, 3,6 ks temperlenen ve 673 °K’de su verilen 16Cr 2Ni martenzitik paslanmaz çelikte iyi bir östenit çökeltisi olduğunu

bunun da çelikte önemli bir ikincil sertleşmeye sebep olduğunu tespit etmişlerdir [42]. Garcia de Andres ve arkadaşları, üç tip ısıtma işlem parametrelerini (ısıtma sıcaklığı, ısıtma hızı ve soğutma hızı) kullanarak 0,045C-13Cr martenzitik paslanmaz çeliğindeki M23C₆ karbürlerinin kontrolü üzerine bir deneysel araştırma yapmışlardır. Çalışmalarında su verme işlemi sonucunda mikro yapıda oluşan karbürlerin miktarının, ısıtma ve soğutma işlemleriyle değiştirilebildiğini ve 20 K/sn'den daha yüksek soğutma hızlarında karbür miktarının azaldığını belirtmişlerdir [43]. Cardoso ve arkadaşları, sıcak işlenebilen AISI 416 martenzitik paslanmaz çeliğindeki delta ferritin etkisi üzerine bir araştırma yapmışlardır. Araştırmaları neticesinde kompozit bileşiminin büyük bir kısmında delta ferrit fazının bulunmasının AISI 416 martenzitik paslanmaz çeliğinin sıcak işlenebilirliğini zorlaştırdığını belirtmişlerdir [44].

Yapılan literatür araştırması değerlendirildiğinde, işlenebilirlik deneylerinde tornalama işleminde işleme performansına ve yüzey kalitesine etki eden faktörlerden; ilerleme hızı, kesme hızı, kesme derinliği, soğutma sıvısı, kesici takım kaplamaları, talaş kırıcı geometrisinin ve kesici uç yarıçapının kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerinin araştırıldığı görülmüştür. Yapılan çalışmalar göstermiştir ki; kesme parametreleri içerisinde ilerleme hızı, kesme derinliği ve kesme hızı talaş kaldırma işlemlerini etkileyen en önemli parametrelerdir. Tornalama işlemlerinde ilerleme hızının ve kesme derinliğinin artması ile kesme kuvvetlerinin arttığı, kesme hızının artması ve uç yarıçapının büyümesiyle yüzey pürüzlülüğünün azaldığı kesme kuvvetlerinin arttığı, ilerleme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisinin, kesme hızından daha fazla olduğu görülmüştür. Kesme parametrelerinin uygun seçilmesi takım ömrü ve yüzey kalitesi bakımından çok önemli olduğu görülmüştür. Ayrıca literatürde paslanmaz çeliklerin mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi üzerine de birçok çalışmanın yapıldığı görülmüştür.

Bu çalışmada, AISI 2205 dubleks paslanmaz çelik malzemenin CNC torna tezgahında işlenmesinde talaş kırıcı formu ile kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetlerine etkisi deneysel olarak araştırılmıştır. Deneylerde; SNMG 120408 NM4 WSM20 ve SNMG 120408 NR4 WSM20 kesici takımlar ile 90-120-150-180 ve 210 m/dak kesme hızı, 0,1-0,2 ve 0,3 mm/dev ilerleme hızı ve 1 mm sabit kesme derinliği kullanılmıştır.

3. PASLANMAZ ÇELİKLER

Paslanmaz çeliklerin günümüzde kullanım alanı giderek artmaktadır. Kullanım alanlarına göre istenen mekanik ve kimyasal özellikleri sağlamak için paslanmaz çeliklerin bileşimlerinde yapılan değişiklikler paslanmaz çeliklerin işlenebilirliğini de etkilemektedir. Çağımız endüstrisinin vazgeçilmez malzemeleri arasına giren paslanmaz çelikler esas itibari ile demir, karbon ve çoğu zamanda nikel içeren alaşımlar olup başlıca özelliklerini kromdan alırlar. Demir alaşımlarının korozyon dayanımlarını arttırmak için geliştirilmiş bir türü olan paslanmaz çeliklerin, uygulama alanlarının her geçen gün artarak devam etmesinin temel nedeni korozif ortamlarda, mekanik özelliklerini yitirmeden gösterdikleri yüksek korozyon dirençleridir. Aslında çelikler diğer demir alaşımlarının büyük bir kısmı gibi atmosferde oksitlenirler ve yüzeylerinde pas olarak adlandırdığımız bir oksit tabakası oluşur. Alüminyum ve çinkoda oluşan tabakanın tersine çeliğin yüzeyini kaplayan koruyucu oksit pas, oksitlenmenin iç kısımlara ilerlemesine engel olmaz. Paslanmaz çeliklerde ise korozyon direnci, artan krom miktarına bağlı olarak yükselmektedir. Paslanmaz çeliğin paslanmazlığı konusunda birçok spekülasyon görüşleri olmuştur. Bunlardan en kabul göreni, sıkı ve ince bir krom oksit tabakasının paslanmaz çelik üzerinde oluştuğu, bu tabakanın oksidasyonun ve korozyonun ilerlemesine engel olduğudur. Gerçekten, elektrokimyasal gerilim serisine bakıldığında, krom, demirden daha az asal olan bir metaldir. Çeliğin içeriğindeki kromun koruyucu etkisi, krom ile oksijen arasındaki affiniteden (iki atom arasındaki bağlanma gücü) ileri gelmektedir. Krom içeren çelikler yüzeyleri bir krom oksit tabakası ile örtülü olmadıkları sürece korozyona ve özellikle oksidasyona karşı çok hassastırlar; bu hale “aktif” denir. Buna karşın bu oksit tabakası bulunduğu metali korozif ortamlara karşı korur, dolayısıyla çelikler “pasifleşmiş” olur. Pasifitenin sınırları ile derecesi ortamın aktivitesi ile paslanmaz çeliğin tür bileşimine bağlıdır. Koşulların uygun olduğu hallerde pasifite kalıcıdır ve paslanmaz çelik çok yavaş bir korozyon hızına sahiptir. Bu pasif film yok olduğunda ve yeniden oluşması için gerekli koşullar bulunmaması halinde paslanmaz çelik de normal karbonlu ve az alaşımlı çelikler gibi korozyona uğrayabilir. İşte bu bakımdan paslanmaz çeliğin korozyon direncinin oluşması için en az % 12 Cr içermesi ve ortamda oksijen bulunması gereklidir. Kromun diğer bir tesiri de çeliklerin ısı altındaki dayanımlarını büyük çapta arttırmasıdır. Bu tesir, bilhassa çekme ve sürtünme mukavemetlerinde kendini gösterir [45-49].

Dubleks paslanmaz çelikler bundan yaklaşık 70 yıl önce, sülfür kağıt endüstrisinde kullanım amaçlı olarak geliştirilmiştir. Dupleks alaşımlar ilk etapta klorit yatak soğutma sularının ve diğer keskin kimyasal sıvıların yol açtığı korozyon problemiyle başa çıkabilmek için kullanılmıştır. 1970'lerdeki Kuzey Denizindeki gaz ve petrol istasyonlarının gelişimiyle, ikinci bir kuşak dupleks paslanmaz çelik geliştirilmiştir. Belirli bir oranda azot ilavesi, tokluğu, kaynak kabiliyetini, klorit korozyon dayanımını artırmıştır. En yaygın olarak kullanılan UNS S31803 olarak adlandırılan karışık kompozisyon dupleks çelik 1996 yılında UNS S32205 olarak adlandırılarak standartlaştırılmıştır [50].

Çift fazlı bir iç yapıya sahip, ferrit taneleri içinde östenit veya östenit taneleri içinde ferrit içeren dupleks paslanmaz çeliklerin östenitik paslanmaz çeliklere nazaran en önemli üstünlükleri akma dayanımlarının iki kat kadar daha büyük olmasıdır [51-53]. Üstün özelliklerinden dolayı çift fazlı paslanmaz çelikler ısı eşanjörü, petrol, gaz ve deniz su boruları ile bağlantı elemanlarında, deniz petrol platformlarında, gaz kuyularında, döküm pompa ve vana gövdelerinde, jeotermal uygulamalarında büyük oranda kullanılmaktadırlar. Dupleks paslanmaz çelikler korozyon direnci ve mekanik özelliklerinin çekici bileşimleri nedeniyle yıllardır yağ ve gaz endüstrisinde kullanılmaktadır. Ayrıca gerilmeli korozyona dirençli olması nedeniyle kimya endüstrisinde gittikçe genişleyen bir uygulama alanına sahiptir [53-57].

Dupleks paslanmaz çeliğin önemli karakteristik özellikleri; paslanmaya karşı üstün direnç, yüksek mukavemet, yüksek sertlik, iyi derecede kaynak edilebilirlik ve iyi işlenebilir olmasıdır. Yüksek sertlik ve paslanmaya karşı olan direnç, östenit fazı tarafından, mukavemet ve paslanmaya karşı direnç ise ferrit fazı tarafından sağlanır. Paslanmaya karşı direnç, temel olarak yüksek oranda Cr, Mo ve N içermelerinden kaynaklanır. Ferrit-östenit dengesi, dupleks paslanmaz çeliğin özellikleri üzerinde kritik bir etkiye sahiptir. Östenit oranı arttığı zaman mukavemet düşer. Bu çeliklerde en iyi özellikler; mikroyapıda, ferrit-östenit fazları hemen hemen eşit olduğu zaman ortaya çıkar [58].

3.1. Paslanmaz Çeliklerin Sınıflandırılması

3.1.1. Östenitik paslanmaz çelikler

Bu grup en yaygın kullanılan paslanmaz çelik türüdür. Östenitik paslanmaz çelikler, kullanılan paslanmaz çeliklerin toplamının % 65-70'ini oluşturmaktadır. Östenitik kalitede kullanılan paslanmaz çeliklerden en fazla kullanılanları da 300 serisidir. Korozyon direnci açısından östenitik paslanmaz çeliklerin diğerlerine göre daha fazla üstünlükleri vardır. Ferritik ve martenzitik çelik tipleri sadece krom ile alaşımlandırılmıştır. En yaygın kullanılan östenitik paslanmaz çelik ise 18/8 (% 18 Cr-% 8 Ni) çeliktir. 18/8 gurubu içerisinde otomat çelik alternatifleri de mevcuttur. Bu alternatifler genellikle kükürt veya selenyum katkılıdır. İşlenebilirlik özelliğini iyileştiren bu katkı maddeleri korozyon direncini azaltır. İşlenebilirlik açısından temperlenmiş/soğuk çekilmiş şartlar özellikle yumuşak östenitik ve ferritik çelikler için yararlıdır. Bu şartlarda takım ömrü biraz azalacaktır, ancak çapak oluşumu, kötü yüzey kalitesi, yığıntı talaş oluşumu ve olumsuz vida çekme koşulları gibi problemlerde de bir azalma görülecektir. Östenitik çelikler yüksek deformasyon sertleşmesi hızı ve düşük ısı iletkenlikleri ile karakterize edilirler. İşlenmeleri genellikle diğer alaşımlı çeliklere göre zordur. Kesici kenara yapışarak sıvanma eğilimi gösterirler ve kesici takımın kırılmasına neden olabilirler. Östenit kendi başına yüksek bir deformasyon sertleşmesi hızına sahiptir. Bu etkinin fazla olması durumunda iş parçasının işlenmiş yüzeylerinde çok yüksek sertliğe sahip bölgeler oluşur. Bu durumda malzemenin yüzeyi iç kısmından en az iki kat daha sert olur. Bu nedenle kesici kenarın yüzeydeki bu sert tabakaya nüfuz etmesini sağlayacak talaş derinliklerinin ve ilerleme hızlarının seçilmesi avantajlı olur. Östenitik çeliklerin soğuk çekilmiş halde işlenmesi avantajlıdır. Bu sayede yığıntı talaş oluşumu, kötü yüzey kalitesi vb. problemler önemli ölçüde azaltılır. Adi karbonlu çelikler işlenirken oluşan ısının büyük bir kısmı talaşla birlikte uzaklaştırılır. Östenitik çeliklerin düşük ısı iletkenliği yüksek kesme sıcaklıklarının oluşmasına neden olur. İşlenebilirliği arttırmak için atılacak en önemli adım çelik içerisine kükürt ilavesidir. Östenitik otomat çeliklerin işlenebilirliğinde gerek takım ömrü gerekse talaş oluşumuna bağlı olarak önemli artışlar olmuştur [59,60]. Antimanyetik olan östenitik grup AISI normunda 300 serisi olarak yer alır. Pek çok tip ihtiva eden bu grup içinden hemen her tatbikat için uygun vasıflı malzeme seçilebilir. Uygulama alanı en geniş olan tipler; 303, 304, 309, 310 ve 316'dır [48].

3.1.2. Ferritik paslanmaz çelikler

Demir ve krom alaşımından oluşan çeliklerdir. % 0,12 civarında karbon, % 11-30 civarında krom ihtiva eder. Bu çeliklere işlenebilirlik ve korozyon dirençlerini arttırmak için diğer alaşım elementleri az miktarlarda katılır. Bu çelikler az miktarlarda karbona sahip oldukları için, normal olarak östenit yapıdan ferritik yapıya dönüşemez. Bu sebeple ısı işlemin uygulanamadığı malzemeler olarak bilinmektedir. Buna karşın bu çelikler yüksek sıcaklıklardan hızla soğutulursa küçük karbon miktarları biraz sertleşme sağlamaktadır. Karbon ve azot miktarlarının mümkün olduğunca az tutulması, süneklik, korozyon direnci ve kaynak kabiliyeti özelliklerini artırır [46,48,61]. Kolay işlenebilen ferritik çelikler işlemeyi kolaylaştıran katkı malzemesi olarak kükürtün kullanıldığı düşük krom alaşımlı çeliklerdir. Korozyon direncinin son derece önem taşıdığı ve kükürt ilavesinin korozyon direnci üzerindeki olumsuz etkilerinin önemsiz olduğu durumlarda yüksek krom alaşımlı tipler kullanılır. Adından da anlaşıldığı gibi bu gurubun matris içerisinde az veya çok Cr karbürleri bulunduran ferritik bir yapısı vardır ve bu grup çelikler sertleştirilemezler [48].

3.1.3. Martenzitik paslanmaz çelikler

Bu yapıdaki alaşımlar % 0,1-1 oranlarında C ve % 12-17 oranlarında ise Cr içermektedir. Martenzitik paslanmaz çelikleri diğer paslanmaz çeliklerden ayıran en önemli özellikleri; karbon yüzdesinin düşük olması ve ısı işlemler ile sertleşebilmelerinin mümkün olmasıdır. Bu çelikler aynen karbon çelikleri gibi su verme sonucu faz dönüşümü yaparak çok sert bir yapı oluştururlar. Bu çeliklerin korozyon dirençleri, yumuşak çeliklere oranla çok yüksek olmasına rağmen, östenitik paslanmaz çeliklere göre daha azdır. % 1 C ihtiva ediyorsa ve uygun şartlarda ısı işlem uygulandığı takdirde çok yüksek derecede sertlikler elde edilebilmektedir. Diğer alaşım maddelerinin az miktarda eklenmesi tokluğu, dayanımı ve korozyon direncini artırır [45,48,61,62]. Martenzitik çelikler manyetik olup daha çok; ısı işlem mukavemet gerektiren korozyona maruz yerlerde özellikle (pompa mili ve valf imalatında) kullanılır. En çok kullanılan tipleri, 410 ve 420'dir [48].

3.1.4. Çökeltme yoluyla sertleşebilen (ph) paslanmaz çelikler

Bu çeliklere çökeltme sertleşmesi (yaşlandırma) uygulanabilir. Bunların esas içyapıları östenitik, yarı östenitik veya martenzitik olabilir. Bu çelikler çok düşük miktarda karbon ihtiva ettiklerinden martenzitik türlerinde bile temel sertleşme ancak çökeltmeye bağlı olarak gerçekleşir. Çökelti oluşumunu sağlamak için alüminyum, titanyum, niyobyum ve bakır elementleri ile alaşımlama yapılır. Çökeltme sertleşmesi uygulanabilen çelikler, iyi süneklik ve tokluk yanında orta ile iyi derece arasında korozyon dayanımı gösterirler. Bu çeliklerde, martenzitik çeliklerle kıyaslandığında, mukavemet ve korozyon dayanımlarının iyi bir kombinasyonu elde edilir. Bu durum yüksek miktardaki alaşımlı elementleri ve en çok % 0,04 karbon bulunmasından dolayıdır, ancak bunun sonucu aşınma dayanımında düşüş gözlenir. Çökeltme sertleşmesi uygulanabilir paslanmaz çelikler 1700 MPa değerine kadar çıkan akma dayanımlarına sahiptirler. Soğuk şekillendirme ve onu izleyen yaşlandırma ile bu değer daha da yükseltilebilir. En yaygın olarak kullanılan türü 630 kalite olan bu grubun kullanım alanı uçak-uzay ve diğer yüksek teknoloji alanlarıdır [63].

3.1.5. Dupleks (çift fazlı) paslanmaz çelikler

Çift fazlı bir içyapıya sahip, ferrit taneleri içinde östenit veya östenit taneleri içinde ferrit içeren bu tür paslanmaz çeliklerin östenitik paslanmaz çeliklere nazaran en önemli üstünlükleri akma mukavemetlerinin iki kat daha büyük olmaları ve çok daha iyi korozyon dirençleri göstermeleridir. Endüstriyel uygulamalarda klor içeren sıvıların kullanılması, kullanılacak malzemelerin bilinen paslanmaz çeliklere göre (316L) arttırılmış mukavemet ve geliştirilmiş korozyon dirençlerine sahip olmalarını gerektirir. Bu tür çelikler, tane büyüklüğü 3-10 μm ' ye kadar küçültülebildiğinde, 950 °C civarında % 500 gibi bir çekme uzaması göstererek süper plastik hale gelirler.

Dublex paslanmaz çelikler basit anlamda iki ayrı fazı (ferrit ve östenit) bünyelerinde bulundurur. Dolayısı ile ferritik-östenitik veya östenitik-ferritik paslanmaz çelikler olarak tanımlanırlar. Ferritik ve östenitik paslanmaz çeliklerin en iyi ortak özelliklerini taşırlar. Ferritik yapıyla mukavemet ve gerilmenin korozyon çatlamasına direnç, östenitik yapı ile tokluk ve genel korozyon direnci sağlanır. Böylece iki fazlı, ince taneli, yüksek mukavemetli ve iyi korozyon dirençli bir çelik ortaya çıkmaktadır [49].

Modern dubleks paslanmaz çelikler ısıl işlem gormüş hallerinde $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'nin altında tokluk kaybına uğrarlar. Zira bu çeliklerde ferrit fazının bulunması sonucunda çentik darbe eğrisinde düşen sıcaklıkla sünek-gevrek geçiş sıcaklığı da düşer. $475\text{ }^{\circ}\text{C}$ gevrekliği ile birlikte bu faktör dubleks paslanmaz çeliklerin kullanım sıcaklıklarında sınırlayıcı etkide bulunur. Dolayısı ile de bu tür çelikler $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ile $280\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkları arasında mekanik özelliklerini çok iyi korurlar. Kaynak edilebilirlikleri ve karşılaştırılabilir fiyatları da buna eklenirse günümüzün vazgeçilmez bir paslanmaz elik türü ortaya çıkmaktadır [51].

4. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ

Talaşlı imalat sırasında iş parçası yüzeyinde istenmeyen izler oluşur. İşleme metodu, kesicinin cinsi, işlenen malzeme ve kesme parametreleri, fiziksel, kimyasal ve ısıl faktörler ile kesen ve kesilen arasındaki mekanik hareketlere bağlı olarak, nominal (anma) yüzey çizgisinin altında veya üstünde düzensiz sapmalar meydana getiren bu duruma yüzey pürüzlülüğü denir [64]. Bir makine parçasının, gerektiği gibi çalışması ve hizmet ömrü, büyük ölçüde yüzey kalitesine bağlıdır. Resimlerde gösterilen teorik yüzeylerin aksine, gerçekte işlenen makine parçalarının yüzeylerinde çeşitli düzensizlikler ve yükseklikler vardır. Bunlar takım tezgahında işleme sırasında meydana gelirler. İş parçasının bu yüzey düzensizliklerinin sebepleri; yükseklik şekilleri, dağılımları ve yönleri birçok faktöre bağlıdır, bunlar şöyle sıralanabilir; kesme hızı, ilerleme hızı, kesme derinliği, kesici takımın soğutulma ve yağlanma koşulları, iş parçası malzemesinin kimyasal bileşimi ve mikro yapısı; takımın (kesici) dizaynı, geometrisi ve kesme kapasitesi; takım tezgahının tipi ve şartları, kalıp ve bağlama aparatlarıdır [65].

Yüzey pürüzlülüğü talaşlı imalatta en önemli kalite karakteristiklerinden biridir, minimum seviyede yüzey pürüzlülüğü değerleri ulaşılması gereken bir hedefdir. İyi bir yüzey bitirme ve boyutsal kesinlik için optimum kesme şartlarının seçimi ve tahmin edilmesi imalat kalitesinde ve proses planlamada çok önemli rol oynar. Metal kesme işlemlerinde kesme şartlarının belirlenmesinde genelde makine operatörünün tecrübesine güvenilir ancak iyi ve tecrübeli bir operatörün olması halinde bile optimum değerlerin tespiti zordur.

İşlenmiş yüzeylerin pürüzlülüğü, makine elemanlarının çalışma özellikleri ve performansları üzerinde büyük etki yapar. Çok iyi işlenmiş bir yüzeyin her zaman için ve her durumda aşınmaya karşı en dayanıklı yüzey olduğunu söylenemez çünkü çeşitli sürtünme şartlarında yağlama yağının yüzeyde tutulması (yük, hız, birbiri ile çalışan eşlenik parçaların malzemelerine bağlı olarak) büyük ölçüde mikro düzensizliklere bağlıdır. Bu nedenle optimum yüzey pürüzlülüğü ancak belli sürtünme şartlarına göre hesaplanır.

Birbiriyle temaslı çalışan eşlenik parçalar, üzerlerindeki dalgaların sadece tepe noktalarında birbirlerine dokunduklarından, yüzey dalgalılığı, temas basıncının artmasına

neden olur. Aynı durum eşlenik yüzeylerin mikro düzensizlikleri için de söz konusudur. Bu mikro düzensizliklerin tepecikleri deforme olurlar; sürtünen yüzeylerin birbirleri üzerindeki hareketleri sonucunda bunlar ya parçalanır ya da ezilirler. Eğer bir yağlama maddesi kullanılıyorsa, bu yağ filmi bu düzensizlik tepecikleri tarafından kesilir ve sonuç olarak bu kısımlarda kuru sürtünme olur. Birçok halde, makine parçasının dayanıklılığı, imalat yapılırken işlemede elde edilen yüzey kalitesine bağlıdır. Çeşitli çizgilerin derin ve keskin kazıntıların, iç gerilim konsantrasyon noktaları haline geldikleri ve parçanın kırılmasına neden oldukları bilinmektedir. Mikro düzensizlikleri olan bir yüzeyde tepecikler arasında kalan girintiler, böyle konsantrasyon noktalarıdır. Bu, gerilim konsantrasyonları çok küçük derecelerde olduğu açıkça bilinen döküm demirden veya demirsiz alaşımlardan yapılmış parçalar için dikkate alınmaz.

Temaslı alıştırmanın dayanıklılığı da yüzey pürüzlülüğüne, özellikle mikro düzensizliklerin yüksekliklerine bağlıdır. Bir parça diğerine preslenerek geçirildiğinde elde edilen geçme, eğer parçalar pürüzlü yüzeyli iseler düzgün yüzeyli parçalarda (pres geçme yapılan parçalarla aynı ölçülmüş çaplarda) elde edilenden farklı olacaktır.

Yüzey pürüzlülüğünün etkilediği bir diğer faktör de korozyon direncidir. Yüzey kalitesi sınıfı ne kadar yüksek olursa, yüzeyin korozyon yapıcı ortamla temas halinde olan alanı o ölçüde az olacaktır, dolayısı ile korozyon yapıcı madde, yüzeyi daha az etkileyecektir. Mikro düzensizliklerde tepecikler arasındaki girintiler ne kadar derin ve keskin çizgili olursa, metalin derinliklerinde korozyonun yıkıcı etkileri o ölçüde fazla olur [65].

Talaş kaldırma işleminde amaç yapım resminde belirtilen tolerans derecesine göre parçaların istenilen geometrik ölçü ve yüzey kalitesinde parça imal edilmesidir. Makine parçasının geometrisi, boyutu, ve yüzey kalitesi işleme kalitesini oluşturur. Ancak parça yapım resminde gösterilen ideal ölçülere göre üretimi tamamlanan parça üzerinde boyut, yüzey kalitesi ve geometrisi yönünden bazı hatalar ortaya çıkabilir. Bu hatalar “tolerans” olarak adlandırılır ve parçanın kullanıldığı yere göre müsaade edilen belli bir değerde tutulduğu takdirde parçanın çalışmasına engel teşkil etmez. Bu toleranslar da parçanın hem boyutu hem de yüzey kalitesini meydana getirirler. Ancak hatalar (toleranslar) ne kadar küçük olursa, o kadar yüksek yüzey kalitesi elde edilir. Kesme maliyeti ve toleranslar arasında ters bir ilişki mevcuttur. Çünkü toleranslar büyüdükçe parça maliyeti büyük oranda azalır. Fakat parçanın fonksiyonunu yerine getirmesi yüzey kalitesi toleranslarının

küçülmesi ile artar. Bu nedenle, imalat mühendisliği açısından parçaların kullanılacağı yere göre ekonomiklik de dikkate alınarak parçanın uygun yüzey kalitesinde işlenmesini gerçekleştirecek üretim metodu yanında yüzey kalitesi tolerans ve maliyet arasında bir uzlaşma sağlayacak şekilde belirlenmelidir [66].

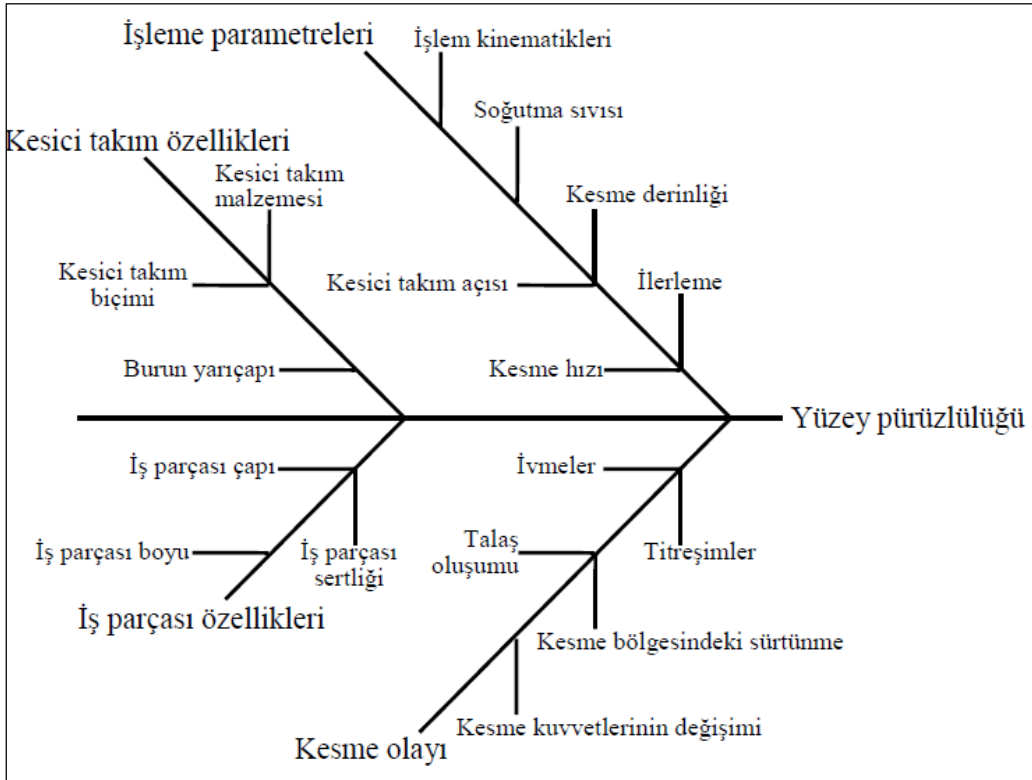
4.1. Yüzey Pürüzlülüğüne Etki Eden Faktörler

Talaş kaldırarak şekillendirme sırasında; seçilen işleme yöntemine, kesici cinsine ve işleme şartlarına bağlı olarak fiziksel, kimyasal, ısıl faktörlerin ve kesici ile iş parçası arasındaki mekanik hareketlerin etkisi ile işlenen yüzeylerde genellikle istenmediği halde işleme izleri oluşmaktadır. Değişik parçaların bir araya gelmesiyle oluşan ürün kalitesini ve endüstriyel makinelerin performansını arttırmak, yeterli seviyede hassas işlenmiş yüzeyleri gerektirmektedir. Aynı malzemenin farklı metotlarla aynı yüzey pürüzlülüğü değerinde işlendiği, bazen bunların korozyon, sürtünme, aşınma ve yorulma dayanımı olarak farklı davranışlar gösterdikleri bilinmektedir. Yüzeylerin pürüzlülüğünden başka, yüzeydeki işleme izlerinin yönü ve dağılımları da malzemenin performansını önemli derecede etkilemektedir [67-69].

İşleme sırasında kesici takımlardaki hatalar, titreşimler, kesici kenarındaki malzeme sıvanması gibi faktörlerin olumsuz etkisi en aza indirilerek; kullanılan kesici türüne, geometrisine ve ilerleme hızına bağlı olarak en iyi bitirme değeri elde edilmesi amaçlanmaktadır. Yüzey pürüzlülüğüne birden fazla faktörün etkisi bulunmakla birlikte; talaş kaldırmada etkili olabilecek en önemli parametrelerler, aşağıda belirtildiği gibi özetlenebilir.

- Bağlamadan dolayı işlenen malzemedeki oluşan deformasyon,
- İlerleme mekanizmasındaki düzensizlikler,
- İşlenen malzemedeki yapı bozuklukları,
- Kırılgan malzemelerin işlenmesi sırasında düzensiz talaş akışı,
- Kolay şekillendirilebilir malzemelerin düşük kesme hızlarında işlendiği zaman, işlenen malzeme yüzeyindeki yırtılmalar,
- Talaş akışının sebep olduğu bozukluk,
- Kesme hızında meydana gelen düzensizlikler,
- İlerleme hızında meydana gelen düzensizlikler,

- Kesme esnasındaki kesme derinliği,
- Kesici takımın soğutulma ve yağlanma koşulları,
- İşlenen malzemenin kimyasal bileşimi ve metalürjik (atomik) yapısı,
- Kesicinin tasarımı, geometrisi ve kesme kapasitesi,
- Takım tezgâhının tipi, rijitliği ve çalışma şartları,
- Kalıp ve bağlama aparatları,
- İşlenen malzemedeki talaş kaldırma şekli,
- Yatak ve takımlarda oluşacak geometrik bozukluklar,
- Kesme hızı
- İlerleme
- Kesici geometrisi vb. [69]



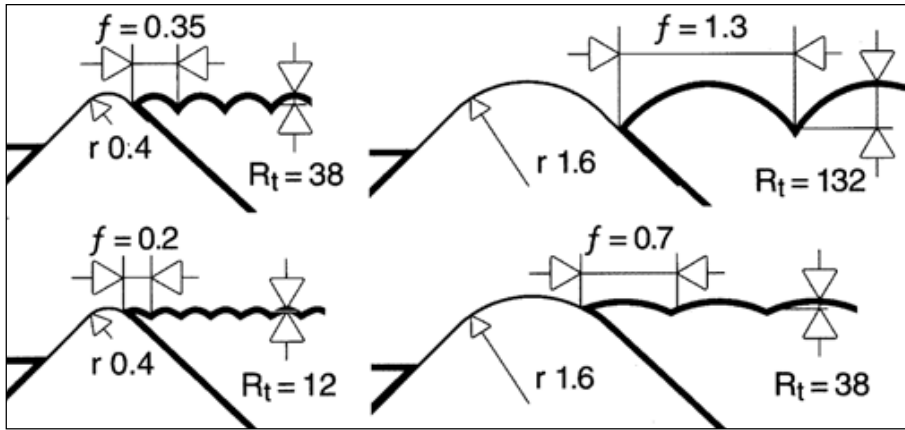
Şekil 4.1. Yüzey pürüzlülüğünü etkileyen parametrelerin diyagramı [70]

Kesici uç istenilen kalitede (pürüzlülük değerinde) talaş kaldıramadığı noktada değiştirilmelidir. Bu, özellikle ince talaşta (son pasoda) büyük önem taşır. Metal kesmede yüzey yapısını, işleme operasyonu esnasında malzemenin plastik akışından doğan düzensizlikler tayin eder. Yüzey yapısı, esas itibarıyla işleme metoduna, titreşimlere, tezgâh kızıklarındaki hatalara, takımın tip ve durumuna, kesme parametrelerine, iş parçası

malzemesine ve toplam kararlılığa bağlı olarak değişir. Takım ucunun yuvarlatılması, talaş kesitinin bombeli teşekkülüne sebep olur. Bu durumda gerçek talaş kesiti, teorik talaş kesitinden daha küçük olur ve aradaki fark, parça üzerinde artık talaş olarak kalır. Bu kaldırılmamış talaş kesiti, yüzey pürüzlülüğünü meydana getirir [71].

Talaşın sürekli veya kesikli oluşumuna göre farklı yüzeyler oluşacaktır. Talaş kaldırmanın tornalama, frezeleme, matkapla delme, broşlama, raybalama, taşlama veya honlama ile yapılması halinde ise farklı yüzey şekilleri elde edilir. Yüzey kalitesi farklı işleme metotları için takım geometrisine, takım özelliklerine ve yüzey pürüzlülüğünü etkileyen kesme parametrelerine bağlı olarak ifade edilebilir [72].

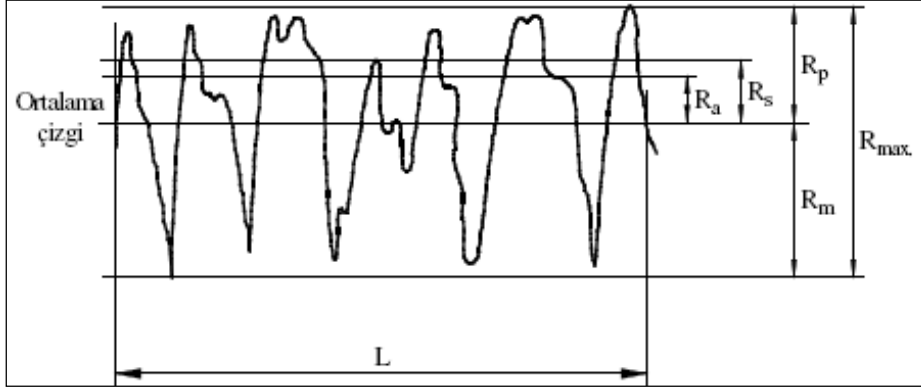
İlerleme ve kesici takım uç yuvarlatma yarıçapının teorik maksimum yüzey pürüzlülüğü değerine (R_t) etkisi Şekil 4.2’de gösterilmiş olup; daha yüksek kesme hızları ve daha pozitif bir kesme geometrisi kullanılarak (R_t) değeri azaltılabilir. Kesme hızının artırılmasının talaşın yapışmasına, titreşime ve aşınmaya olan etkisinden dolayı yüzey pürüzlülüğü üzerinde ikinci dereceden bir etkiye sahiptir.



Şekil 4.2. Takım uç yarıçapı ve ilerleme hızının pürüzlülüğe etkisi [72]

4.2. Yüzey Pürüzlülüğü Parametreleri

Gelişmiş ülkelerin büyük bir çoğunluğu M yöntemini benimsemekte, bu ülkelerin bir kısmı ortalama pürüzlülüğü (R_a) bir kısmı da en büyük pürüzlülüğü (R_{max}) yüzey pürüzlülüğü ölçme kriteri olarak kullanmaktadır (Şekil 4.3). Yüzey pürüzlülüğü, pürüzlülük değerine bağlı olarak değişen ve “değerlendirme uzunluğu” olarak tanımlanan standart bir aralıkta ölçülmektedir [73,74].



Şekil 4.3. Yüzey kalitesi için sayısal değerler [75]

4.3. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçme Yöntemleri

Literatürde yüzey pürüzlülüğü ölçme yöntemleri, ölçme hızı dikkate alınarak; uygulama şekli (tahribatlı veya tahribatsız, temaslı veya temassız) ve ölçme hassasiyeti bakımından kaba, orta veya hassas olarak gruplandırılmıştır [69].

Yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesinde; pürüzlülük aralığı, pürüz tepelerinin ve yanaklarının yaptığı açılar, pürüzlülük dağılım eğrisi gibi önemli kriterler etkili olmaktadır. Bu kriterlerin gözle tespitine ve değerlendirilmesine imkan veren pürüzlülük grafiklerine ihtiyaç duyulmaktadır. Grafik alma özelliği olan cihazlar pürüzlerin kaydedilmesi yönüyle daha somut ve kapsamlı bilgi edinme ve karar vermeye yardımcı olması bakımından uygulamalarda tercih edilmektedir [69].

Optik metot: Bir yüzey üzerine yansıtılan ışının geliş açısı ile yansıma açısı aynı olacaktır. Pürüzlü yüzeylerde ışının dağılımını optik sensörlerle ölçülerek yüzey pürüzlülüğü ölçülmektedir.

Temas metodu: Yüzey üzerinde dolaştırılan bir probun sürtünme katsayısı bilinen bir yüzeye göre elde edilen neticelerinin karşılaştırılması esasına dayanır.

Mekanik metot: Çelik bilye kullanılarak minimum 500 gr ağırlığın yüzeyde; yüzeyin içine doğru 1 mikronluk yer değiştirmesi ile yapılan yüzey pürüzlülüğünü ölçme tekniğidir.

X ışını metodu: Mikroskop altında yüzey düzensizliklerinde küçük açılarla gönderilen X ışınları ile 0,00254-0,0508 µm arasındaki pürüzlük değerleri ölçülebilir.

Elektron mikroskobu metodu: Elektron mikroskobu en küçük düzensizlikleri ölçme gücüne sahip olmasına rağmen ölçme boyutunun küçük tutulması zorunluluğu ve görüntünün kopyalanması gibi sorunlar bu metodu sınırlamaktadır.

Hidrolik metot: Belli eğim ve uzunluktaki bir düzlemde ve belli hacimde yağ damlasının akış süresi ile pürüzlülük değeri arasında kurulan bir ilişki ile pürüzlülük değeri ölçülmesi esasına dayanır.

Yüzey dinamometresi metodu: İki yüzey arasındaki sürtünme katsayısı, parçaların pürüzlülük değerine bağlıdır. İki parça birbiri üzerinde kaydırılarak ve uygulanan kuvvet dinamometre ile ölçülerek pürüzlülük hakkında bilgi edinilebilir.

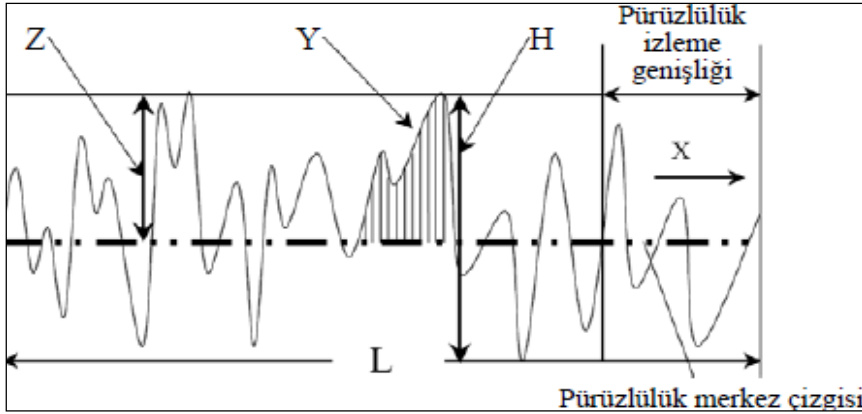
Replika metodu: Parça üzerindeki konumu nedeniyle ölçüm yapılacak yüzeye erişilemediği durumlarda yüzeye selüloz-asetat filmi, asetonla yumuşatılarak sertleşene kadar temizlenmiş yüzeye bastırılırsa elde edilen maske yüzey karakteri hakkında % 80 oranında bilgi verir.

İzleyici uçlu cihazlar: Çok sivri bir izleyici ucun parça üzerinde değerlendirme uzunluğu boyunca hareket ettirilmesi ve hareket esnasında oluşan titreşimlerin büyütülerek hareketli bir şerit üzerine aktarılması veya elektronik cihazlar yardımıyla yorumlanması esasına dayanır. İzleyici ucun inceliği ölçüm esnasında doğruluk açısından önem arz ettiğinden 0,00004 mm çapında iğneler kullanılmaktadır. Kullanımı en kolay ve ideal bir ölçüm sistemidir [76].

Elektro fiber optik metot: Yüzey pürüzlüğü ölçülecek malzeme X,Y yönünde hareket edebilen tablaya bağlanarak yatay konuma getirilir. Fiber optik algılayıcı ile parça yüzeyine dik olarak ışın gönderilir. Parça yüzeyinin pürüzlülüğüne göre dağılan ışınlar fiber optik algılayıcılara bağlanmış foto algılayıcılarla yorumlanarak pürüzlülük değeri bulunur [77].

4.4. Yüzey Pürüzlülüğünün Ölçülmesi

İşlenmiş bir yüzey üç boyutlu bir yapıya sahip olduğundan, bir yüzeyin hatasız kabul edilen başka bir yüzeye göre incelenmesi, üç boyutlu bir geometri problemidir. Ancak yüzeye dik alınan bir kesit düzlemi üzerinde hata profillerinin incelenmesi ile problem iki boyuta indirgenebilir. Bu durumda pürüzlülüğün derecesi, seçilen bu düzlemin konumuna bağlıdır. yüzey pürüzlülüğü profilinde genel olarak oluşabilecek dalgalılık ve pürüzlülüğün iki boyuta indirgendiği Şekil 4.4’de verilen grafikte; Y, profil eğrisini, X, profil yönünü; Z, ortalama pürüzlülük yüksekliğini; L, örnekleme uzunluğunu ve H, profil yüksekliğini göstermektedir.



Şekil 4.4. Yüzey pürüzlülük profili [78]

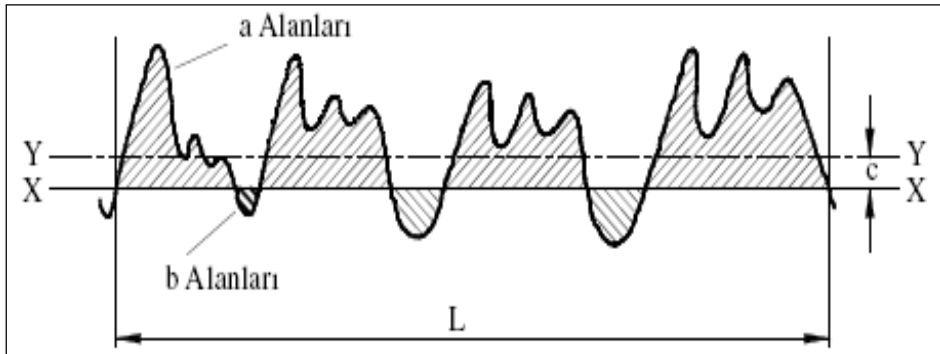
Pürüzler doğrultusunda ölçüm yapılırsa, elde edilen pürüzlülük değerinin, pürüzler doğrultusuna dik yapılan ölçümle elde edilene göre daha az olması doğaldır. Bu, tek doğrultulu pürüzlü yüzeyler için doğrudur. Çok yönlü karmaşık izlerde, iki ayrı yönde yapılan ölçüm sonuçları arasında fark daha az olur. Tek yönlü izlerin olduğu yüzeylerde, herhangi bir yön belirtilmemişse, ölçümler iz doğrultusuna dik yapılmalı, çok yönlü izlerde ise birkaç değişik yönde yapılan ölçümlerin ortalaması alınmalıdır. Tatmin edici bir değer vermesi için esas pürüzlülük izlerinin dalga boyu ne kadar büyük ise, numune uzunluğu o kadar büyük alınmalıdır. Yüzey tamlığı numarası; taşlama, honlama gibi farklı metotlarla üretilen, fakat eşit pürüzlülük değerine sahip yüzeyler arasındaki yapı farklılıklarını göstermez. Bunun için yüzeylerin grafiklerinin çizilmesi gereklidir. Yüzey kalitesi ölçme problemini çözmek için, üç boyuttan iki boyuta indirgemek ve grafik ortalamalarıyla sonucu göstermek mümkün olmasına rağmen, tasarımcının bu şekilde gerekli olan yüzey kalitesini açıkça belirleyebilmesi pratik bir metot değildir. Grafik metodunu, ne üretim mühendisi ne de kalite kontrol elemanı kolayca yorumlayamaz. Bu yüzden ihtiyaç duyulan

husus, yüzeyin fonksiyonel özelliklerine ait bazı ilişkilerin yer aldığı ve sayısal olarak yorumlanabilmesidir. Yüzey kalitesinin sayısal değerlerinin belirlenebileceği iki metot genel kabul görmüştür. Bunlar; genellikle ortalama çizgi ve zarf sistemi olarak bilinir [66].

4.4.1. Ortalama çizgi (*M*) sistemi

Ortalama çizgi, elde edilen geometrik profili tasdik eden bir yöntem olarak tanımlanabilir. Bu ortalama çizgi öyle bir yere yerleştirilmiştir ki, bu çizgi ile profil arasındaki ordinatların karelerinin toplamı minimum olmalıdır. Dolayısıyla ortalama veya merkez çizgisi pratikte profilin genel yönüne paralel bir çizgi olarak belirlenebilir ve bu çizginin altında ve üstündeki profili oluşturan alanlar (*a* ve *b*) birbirlerine eşittir. Şekil 4.5’de verilmiş olan bir profil ortalama çizgisinin konumu (*c*) için uygun örnekleme uzunluğu (*L*)’nin üzerindeki profilin genel yönüne paralel olan *XX* doğrusu çizilir. Bir düzlem ölçer veya ordinat metodu kullanılarak *a* ve *b* alanları ölçülür. Sonra *XX* ve istenen ortalama çizgi *YY* arasındaki *c* mesafesi aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$c = \left(\sum \text{Alan}(a) - \sum \text{Alan}(b) \right) / L$$

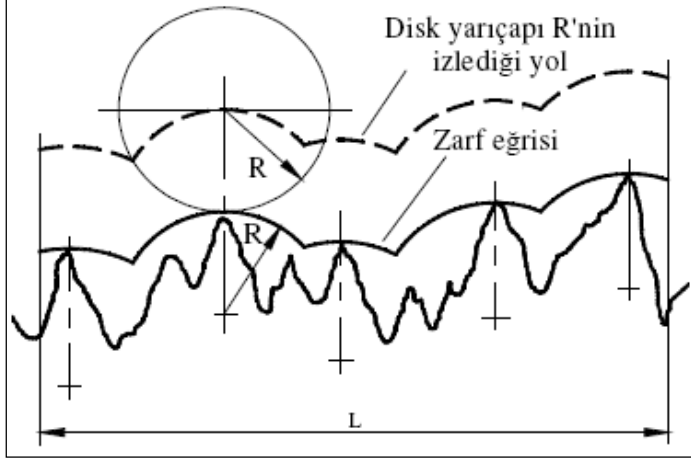


Şekil 4.5. Ortalama çizgi konumunun belirlenmesi [75]

4.4.2. Zarf sistemi (*E*)

Zarf sistemi, izlere karşı yuvarlanan bir dairenin yarıçapı tarafından üretilen bir çizgi esasına dayanır. Daire merkezinin hareketinden oluşturulan bu eğri *R* mesafesi tarafından düşey olarak yerleştirilmiştir. Bu çizgi yüzeyin üzerinde yer alır. Zarf eğrisi, ideal geometrik profile dik açılarda en yüksek profile doğru çizilen ordinatlar tarafından oluşturulur (Şekil 4.6.). *R*’nin dairesel yayları ordinatlar üzerindeki merkezleriyle birlikte

tepelere doğru çizilerek zarf eğrisini oluşturur. Bu eğrinin oluşumu yüzey kalitesinin grafik çıktısının dikey ve yatay eksenlerde aynı oranda büyütüldüğünü kabul eder.



Şekil 4.6. Zarf eğrisinin elde edilişi [75]

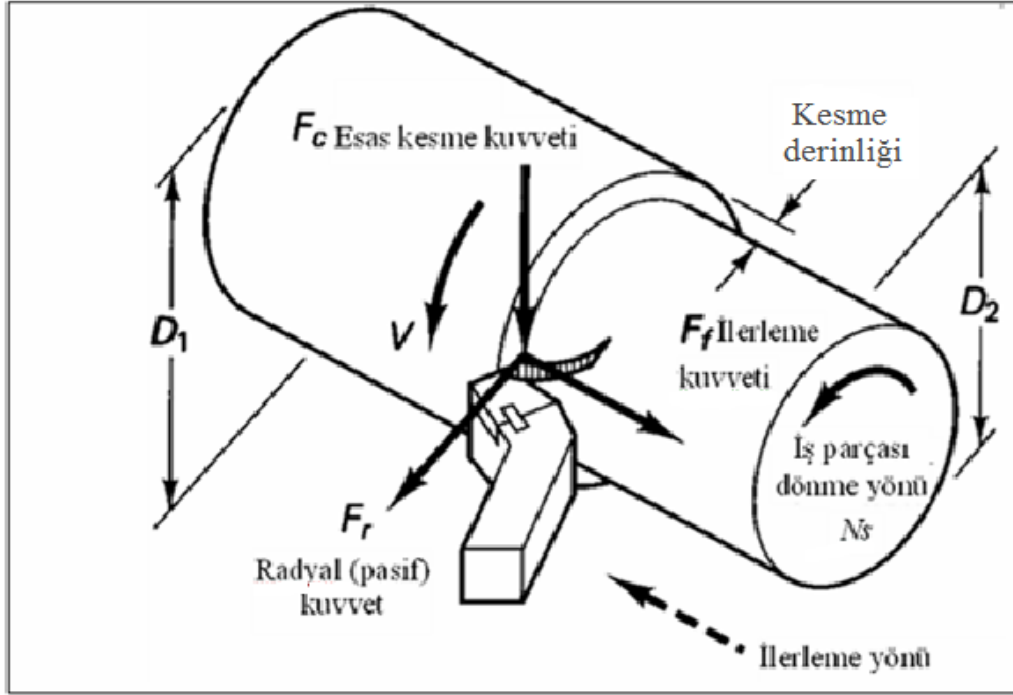
5. KESME KUVVETLERİ ve TALAŞ OLUŞUM MEKANİĞİ

5.1. Kesme Kuvvetleri

Talaş kaldırma esnasında oluşan kesme kuvvetleri, kesme performansına ve birim parça maliyetine doğrudan etki etmektedir. Doğal olarak bu konu, yıllardan beri araştırmacıların ilgisini çekmiş, hakkında yüzlerce araştırma yapılmış ve halen de yapılmaktadır. Kesici takım üzerine etki eden kuvvetler, talaş kaldırmanın önemli bir safhasını oluşturmaktadır. Kesme kuvvetlerinin ölçülmesi, takım tasarımını optimize etmede de faydalı olup, kesmenin bilimsel analizi için de gereklidir.

Talaş kaldırma işleminde kesme kuvvetlerinin, takım-talaş arasındaki temas uzunluğu ile ilgili olduğu bilinmektedir. İki fazlı ve kesikli talaş çıkaran malzemeleri işlemede, kesici takım ve talaş arasında daha az temas uzunluğunun olmasından dolayı çok küçük kuvvetler meydana gelmektedir. Kesme hızının artırılması, kayma açısını arttırdığı, daha ince talaş oluşturduğu ve temas uzunluğunu azalttığı için kesme kuvvetleri de oldukça düşmektedir. Sınırlı temas uzunluğuna sahip takımlar kullanılarak, takım-talaş arasındaki temas uzunluğunun sınırlandırılmasıyla kesme kuvvetlerinde belirli düşüşler sağlanabilmektedir. Kesme kuvvetleri kesici takım geometrisinden de etkilenmektedir. Talaş açısının uygun bir değeri mevcut olup, bu değer daha fazla artışı kesici ucun dayanımını azaltacağından aşınmayı artırır. Buna bağlı olarak, boşluk yüzeyi temas alanını artıracığından takım kesme kuvvetleri artacaktır. Ancak kesme deneyleri vakum altında yapıldığı zaman, oksijenin, takım-talaş arasında temas alanını azaltmada çok etkili olduğu ve kesme kuvvetlerini azalttığı ifade edilmiştir [79].

Talaş kaldırma işlemi esnasında oluşan kesme kuvvetleri, ısı oluşumu, takım ömrü, işlenen yüzeyin kalitesi ve iş parçasının boyutları üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Kesme kuvvetleri aynı zamanda takım tezgâhlarının, kesici takımların ve gerekli bağlama kalıplarının tasarımında da kullanılır [80]. Tornalama işlemi esnasında oluşan kuvvetler Şekil 5.1'de şematik olarak gösterilmiştir [81].



Şekil 5.1. Tornalama işleminde kesme kuvvetleri [81]

1. Esas kesme kuvveti (F_c): Kesme hızı yönünde etki eder. En büyük kuvvet olup metal kesme işleminde harcanan gücün genelde % 99'una karşılık gelir.
2. İlerleme kuvveti (F_f): Kesici takımın ilerlemesi yönünde etkiyen kuvvettir. Kesme kuvvetinin ekseriyetle yaklaşık % 50'si kadardır fakat ilerleme hızının kesme kuvvetiyle karşılaştırıldığında çok küçük olduğu için metal kesme işlemindeki gerekli gücün çok az bir kısmına karşılık gelir.
3. Radyal kuvvet (F_r): İşlenen yüzeye dik etkiyen kuvvettir. Bu kuvvet de ilerleme kuvvetinin yaklaşık % 50'si kadardır [81]. Bileşke kuvvet bu üç kuvvetin vektörel olarak toplanması ile elde edilir ve aşağıdaki eşitlikle hesaplanır: $\sqrt{F} = \sqrt{F^2_c + F^2_f + F^2_r}$

5.2. Talaş Oluşum Mekanikliği

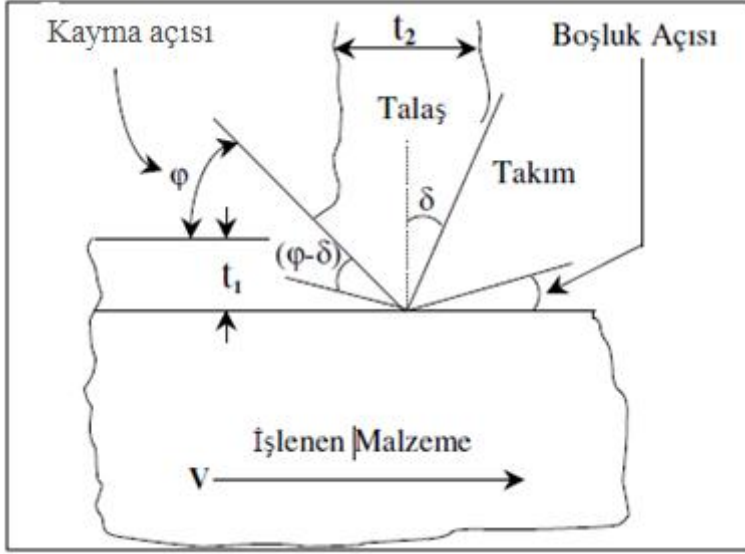
Talaş kaldırmada gerekli olan esas mekanizma, kesici takımın kesme kenarının hemen önünde iş malzemesi üzerinde bölgesel kayma deformasyonunun oluşmasıdır. Kesme sırasında, iş parçası ve takım arasındaki nispi hareket, takım yakınındaki iş parçasını

bastırmak işin ilk deformasyon olarak adlandırılan kayma deformasyonuna sebep olarak talaş oluşturur. Plastik akma, kayma bölgesi aracılığıyla meydana gelir. Plastik akma kapasitesi, bu kayma düzeninin sayısına bağlı olup, sırasıyla malzemenin kristal kafes yapısına ve davranışına bağlı olarak değişir. Malzemenin direnç gerilimi, elastik sınırını aştığı zaman, uygulanan kuvvet yönünde yönlenmiş bitişik kayma düzlemleri arasında kalıcı nispi bir hareket oluşur. Bu hareket veya kayma bir defa olduğu zaman, bu özel düzlemler artarak daha fazla deformasyona veya zayıf düzleme karşı koyar. Bu çalışma sertleşmesi hemen hemen bütün çeliklerde görülmektedir, fakat en etkileyici olarak paslanmaz çeliklerde görülür.

Talaş, kesici takımın talaş yüzeyi üzerinden geçerek, kesici takıma karşı talaşın kayma sürtünmesi ve kesmesinden dolayı ikinci deformasyon olarak adlandırılan ek bir deformasyon işlemine maruz kalır. Bu iki deformasyon işlemi, karşılıklı etkileşime sahiptir. Takım-talaş yüzeyine sürtünen malzeme elemanı ısınarak ilk kayma bölgesinden geçmesi esnasında plastik olarak deforme olmaktadır. Bu nedenle, ikinci olay kayma düzlemindeki olaydan etkilenmektedir. Aynı zamanda kayma yönü, talaş yüzeyindeki deformasyon ve sürtünme işlemlerinden doğrudan etkilenir. Kayma doğrultusu, ilk deformasyon işleminde talaşın çalışma sertleşmesi ve ısınmasını etkiler [81,82].

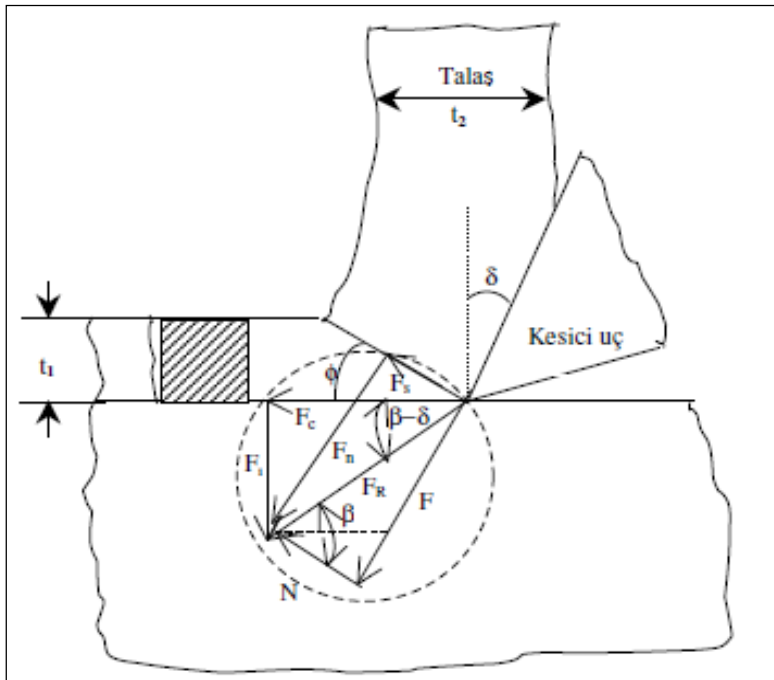
5.2.1. Metallerden talaş kaldırma tekniği

Metallerden talaş kaldırma işleminin mekanizması, Şekil 5.2’de gösterilmiştir. Pozitif talaş açısı (δ) ve belli bir kesme kenarı açısına sahip kesici takım, t_1 derinliğinde numunenin yüzeyi boyunca hareket ettirilmektedir. Kesici takım malzeme yüzeyi ile ϕ kadar bir kayma düzlemi boyunca sürekli talaş kaldırılmaktadır. Talaş kalınlığı (t_2), ϕ ve δ açılarına ve t_1 ’e bağlı olarak belirlenmektedir [81,82].



Şekil 5.2. Metallerden talaş kaldırma tekniğinin temel mekaniği [81,82]

Şekil 5.3’de kesici takım üzerinde kuvvet bileşenlerinin etkisi gösterilmiştir. Bileşke kuvvet (F_R), esas kesme kuvveti (F_c), ilerleme kuvveti (F_f) ve pasif kuvvet (F_r) olarak üç bileşen kuvvetten meydana gelmektedir. Kesici takımın kesme yönündeki esas kesme kuvveti (F_c), yapılan iş miktarını belirler. Esas kesme aynı zamanda kayma düzlemi üzerinde de iki bileşenlidir. Bu bileşenler, kayma düzlemi boyunca metali kesmek için gerekli kuvvet (F_s) ve bu düzlem üzerindeki kuvvet normali (F_n)’dir [6,40,82,84].



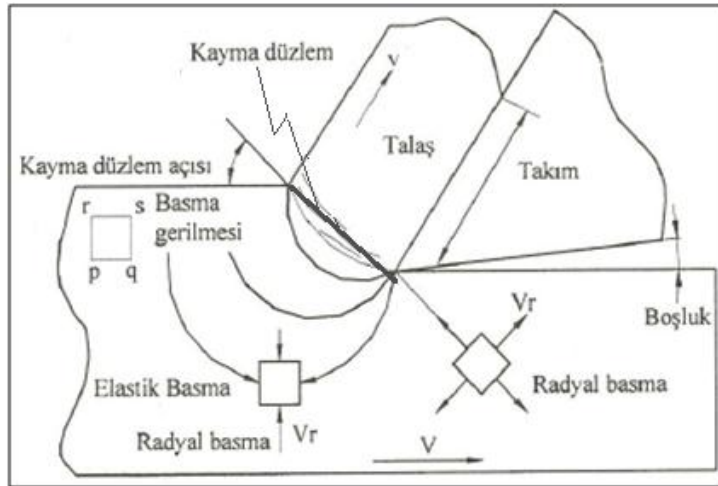
Şekil 5.3. Metal kesme esnasında oluşan kuvvet sistemi [81,82]

5.2.2. Metal deformasyon mekanizması

Talaşın oluşması için üç temel ihtiyaç vardır. Bunlar özetle;

1. Kesici olarak kullanılan bir takımın, iş parçasından daha sert ve aşınmaya karşı daha dirençli olması,
2. Kesme derinliği ve ilerleme hızı ile iş parçası ve takım arasında dalmayı sağlayan kesici uç geometrisine sahip olması,
3. 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 malzemenin takım talaş yüzeyi aracılığıyla malzemenin bir kısmı kaldırılacaktır. Böyle bir gereksinimi yerine getirebilmek için birçok faktör ve bunların bileşimleri mevcuttur. Talaş esas olarak çok dar bölgeler üzerinde oluşan bölgesel kayma işlemiyle meydana gelir. Klasik olarak, kayma bölgesi veya kayma düzlemi olarak adlandırılan bu deformasyon, radyal basma bölgesini ortaya çıkarır. Takım, iş parçası içine nüfuz ettiğinde kayma düzlemine doğru hareket eder (Şekil 5.4.) [81,82].



Şekil 5.4. Ön kaymalı tabakalı yapının oluşumu [81,82]

Bütün plastik deformasyonlar gibi bu radyal basma bölgesi de elastik basma bölgesine sahiptir ve malzeme kesici uca yaklaştığı zaman, plastik basma bölgesine dönüşür. Bu plastik basma bölgesi temperlenmiş metallerde dengeleme ve yoğun dislokasyon karışıklıkları meydana getirir. Pekleşme takıma yaklaştığı zaman malzeme serbest yüzey yönünde kesilir. Kayma işlemi, kendisi homojen olmayan ön kaymalar serisi veya dar bir

şeritler serisi oluşturur ki talaşlarda lamelli bir yapı ortaya çıkarır. Metaller işlendiğinde ve kesme işlemi davranışları dikkate alındığında, bu alan bütün metallerde mikro-ölçekte meydana gelmektedir. Şekil 5.4’de görüldüğü gibi bireysel ön kaymalar dar bir kayma şeridi içinde, bütün oluşturur. Bu şekil; dik kesme geometrisi ile gösterildiği gibi radyal basma bölgesinden dolayı oluşan kayma deformasyonunu gösterdiğinden önemlidir. Bu tür tabakalı yapıları normal talaş kaldırma işleminde gözlemek zordur. Fakat özel hazırlanmış iş parçalarıyla tarama elektron mikroskobu altında kolaylıkla gözlenebilir. Bu işlemde ön kayma, takım ucundan serbest yüzeye doğru dalga şeklinde hareket eden birçok dislokasyonların etkisiyle ortaya çıkar. Lameller şiddetli deforme olmuş malzemeyi gösterir ki bunlar ön kayma ile küçülerek ufalanmaktadır. Bu mekanizma ile bütün malzeme deformasyona uğramakta, ön kaymalar ise uygulanan gerilimlere yardımcı olmaktadır [81,82].

5.2.3. İşlenebilirlik problemleri

Malzemenin işlemeye karşı gösterdiği dirence işlenebilirlik denir. İş parçası malzemesinin metalürjisi, kimyasal yapısı, mekanik özellikleri, ısıl işlemi, katkıları, kalıntıları (inklüzyonları), yüzey tabakası vb. özellikleri, kesici kenar, takım bağlama biçimi, takım tezgahı, işleme biçimi ve işleme şartları gibi faktörler işlenebilirlik üzerinde etkili olmaktadır. En genel anlamda işlenebilirlik, aşağıdaki kriterlerle tanımlanan “kesici takım- iş parçası” çiftinin işleme karakteristiği gibi görünür. Bu kriterler;

- Takım ömrü,
- Talaş oluşumu ve talaşın uzaklaştırılması,
- Yüzey kalitesi,
- Kaldırılan talaş miktarı veya talaş kaldırma oranı,
- Kesme kuvveti,
- Kesme özgül direnci,
- Sıvanma(Built-up-edge) BUE eğilimidir [83].

Paslanmaz çeliklerde yüksek çekme mukavemeti ve korozyon direncini sağlamak için gerekli olan malzeme kompozisyonu paslanmaz çeliklerin işlenmesini zorlaştırmaktadır. İşlerken pekleşen kalın bölgeler, tel şeklindeki talaşlar, şiddetli harmonikler ve yüksek işleme sıcaklıkları talaş kaldırma işlemi sırasında büyük rol oynamakta ve kesici takım

ömrünü azaltmaktadır. Östenitik paslanmaz çeliklerdeki krom, nikel ve molibden muhtevası bu alaşımların yüksek gerilmeler altında plastik deformasyona uğramasına sebep olmaktadır. Ayrıca, paslanmaz çeliğin soğuk olarak çekilmesi esnasında karbon çeliklerinde oluşan pekleşme tabakasından daha kalın bir sertleşmiş tabaka oluşur. Ek olarak, kesici takım ile temasta olan yüzey katmanları, malzemenin özüne göre, iki kat daha sert olabilir. Paslanmaz çeliğin plastik deformasyonu için gerekli olan yüksek kesme kuvvetleri ısıyı ve takım aşınmasını artıran ek bir pekleşmeye neden olurlar [12,84].

Diğer bir problem ise, paslanmaz çeliğin sıvanması ve BUE'ye yol açmasıdır. BUE kesici uçlardaki aşınmayı artırarak işlenen parçaların yüzeylerinin bozuk çıkmasına sebep olur. Sıcak talaşlar işlenen iş parçasından uzaklaşırken kesiciyi aşındıran ve işlenen yüzeyi bozan uzun tel halinde oluşurlar. Bunun engellenmesi için operatörün her bir işlenen parçadan sonra talaşları temizlemesi gerekir ki bu durum verimliliği olumsuz yönde etkiler [12,85].

Yüksek krom ve nikel muhtevasından dolayı paslanmaz çelikler diğer karbonlu veya alaşımlı çeliklerden daha yüksek sünekliğe ve daha düşük ısı iletkenliğe sahiptir. Bu nedenle talaş kaldırmak için gerekli olan yüksek enerji, talaşlarla birlikte iş parçasından uzaklaşmak yerine kesme bölgesine hapsolür. Kesme bölgesinde oluşan ısı arttıkça iş parçası ve kesici üzerindeki aşınma mekanizmaları da hız kazanır. Bu durum kesicilerde çatlaklara sebep olabilecek ısı genleşmeyi ve ısı yorulma mekanizmasını hızlandırır. Artan ısı, krater aşınmasını artırarak, ucun kırılma riskini çoğaltır [12,86].

6. MATERYAL ve METOD

Çalışmada malzeme olarak birçok sektörde kullanılan AISI 2205 dubleks paslanmaz çelik kullanılmıştır. Malzemenin işlenmesinde talaş kırıcı formları farklı, WALTER firmasının ürettiği PVD yöntemiyle kaplanmış iki farklı karbür kesici takımlar kullanılmıştır. Kesme parametreleri olarak; beş farklı kesme hızı ve üç farklı ilerleme hızı değeri kullanılmıştır. İşlenmemiş boyutları 60x400 mm olan silindirik malzeme üzerinde 30 adet deney yapılmıştır.

6.1. Deney Malzemesi ve Deney Düzeneği

Dubleks paslanmaz çelikler, Türkiye'de ve dünyada son zamanlarda kullanımı büyük artış gösteren bir paslanmaz çelik kalitesidir. Yüksek miktarda krom ve az miktarda nikel alaşım elementi esaslı olup östenitik ve ferritik yapıyı bünyesinde bulandıran bir malzemedir. Dubleks paslanmaz çelik diğer paslanmaz çeliklere oranla daha yüksek dayanım ve korozyon direnci göstermektedir. Bu özelliklerinden dolayı, pompa millerinde, tekne şaftlarında, pervane yapımında, özel hidroelektrik santrallerinde, gıda sektöründe, kimya sektöründe, medikal sektöründe ve makine üretiminde kullanılmaktadır. Deneylerde, özellikle denizcilik, kimya, kağıt ve petrol tesislerinde sık kullanılan AISI 2205 dubleks paslanmaz çelik kullanılmıştır. Kullanılan AISI 2205 dubleks paslanmaz çelik malzemenin kimyasal kompozisyonu ve mekanik özellikleri Çizelge 6.1 ve 6.2'de verilmiştir. Ayrıca Ek-1'de malzemenin analiz raporu verilmiştir.

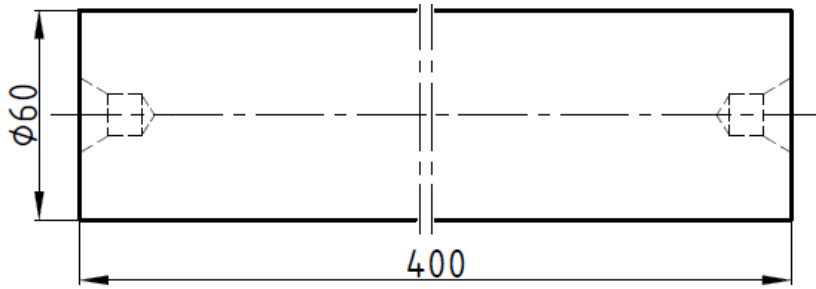
Çizelge 6.1. AISI 2205 dubleks paslanmaz çeliğin kimyasal bileşimi

Alaşım		UNS No				EN No		Malzeme tanımı			
2205		S31803				1,4462		X2CrNiMoN22-5-3			
C	Cr	Ni	Mo	Si	Mn	P	S	W	Cu	N	Fe
0,030 max	21 23	4,5 6,5	2,5 3,5	1 max	2 max	0,035 max	0,015 max	-	-	0,140 0,200	Diğer
0,020	22,38	5,88	3,13	0,54	1,56	0,030	0,001	0,047	0,45	0,180	Diğer

Çizelge 6.2. AISI 2205 dubleks paslanmaz çeliğin oda sıcaklığındaki tipik mekanik özellikleri ve PRE (Pitting Resistance Equilavent-oyuklanma direnci) değerleri

Alaşım	UNS No	EN No	Akma Dayanımı N/mm ²	Kopma mukavemeti N/mm ²	Uzama %	Çentik darbe direnci (J)	PRE
2205	S31803	1,4462	527	765	37	60	35,7

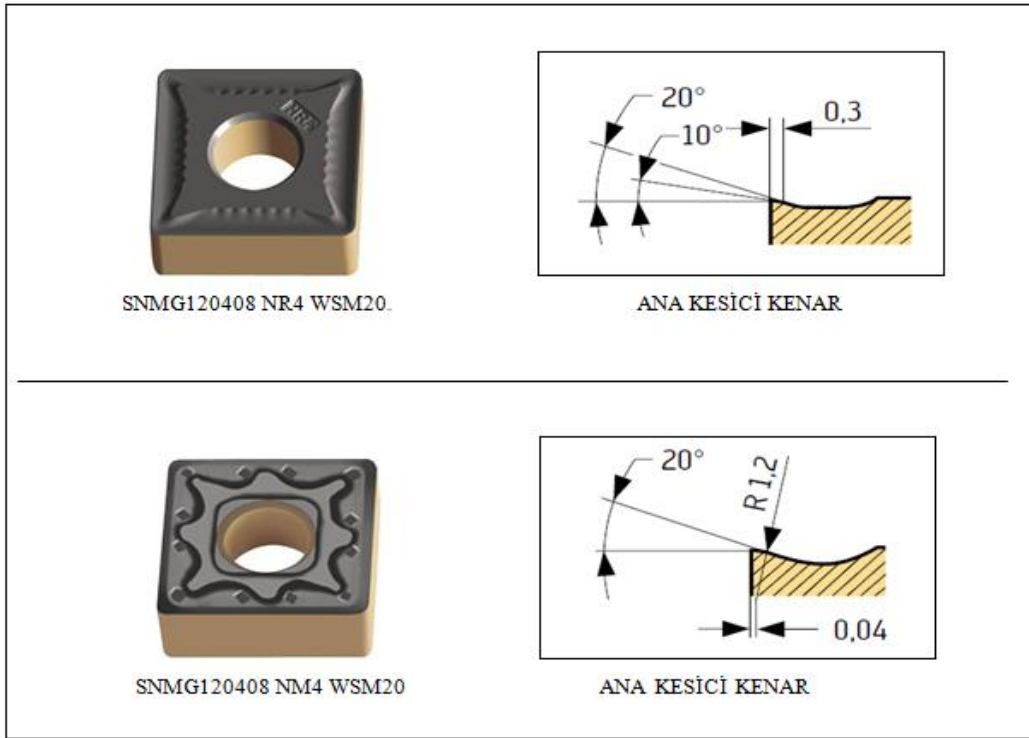
Deneyleerde kullanılan iş parçası ölçüleri TS 10329 standardında önerilen çap/boy oranı 1/10'ü geçmeyecek şekilde Ø60x400 mm boyutlarında hazırlanmıştır. Deneyleerde kullanılan iş parçasının alın yüzeyleri üniversal torna tezgahında temizlenerek her iki tarafına punta deliği delinmiş ve ayna punta arasında işlemeye hazır hale getirilmiştir. Dış çapı tornalanmış deney numunesi Şekil 6.1'de yer alan geometri ve ölçülerde hazırlanmıştır.



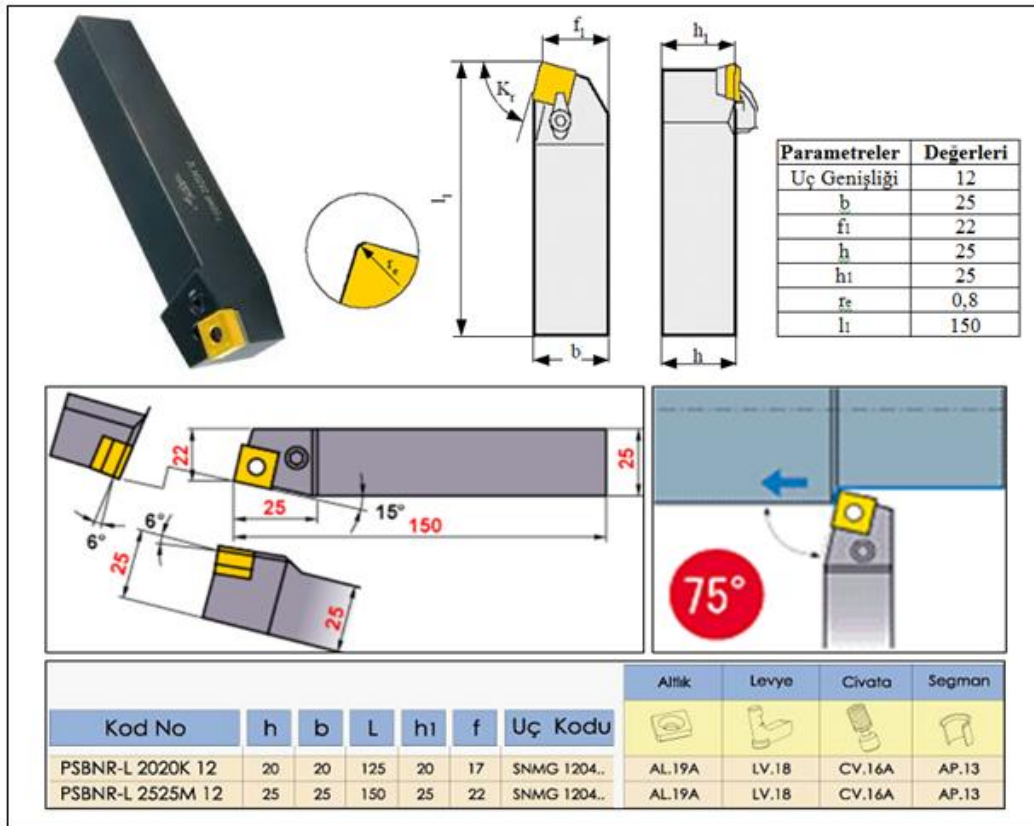
Şekil 6.1. Deney numunesi ölçüleri

6.2. Kesici Takımlar ve Takım Tutucular

Talaş kaldırma işlemlerinde uygun kesici takım seçmek, imalatçılara büyük avantaj sağlar. Bu avantajlar arasında verimliliğin ve kalitenin artırılması ile üretim maliyetlerinin azaltılması yer alır. Bu amaçla deneyleerde, TS10329 (ISO 3685)'de belirtilen deney şartlarına uygun olarak üretici firmanın (WALTER) kataloğunda dubleks paslanmaz çelikler için tavsiye edilen M20 kalitesinde PVD yöntemiyle TiAlN+Al₂O₃ kaplanmış farklı talaş kırıcı formuna sahip SNMG 120408 NR4 WSM20 ve SNMG 12040 NM4 WSM20 kod numaralı iki farklı sementit karbür kesici takım seçilmiştir (Şekil 6.2). Bu kesici takımları bağlamak içinde Şekil 6.3'de verilen PSBNR2525M12 kodunda takım tutucu kullanılmıştır.



Şekil 6.2. Deneylerde kullanılan kesici takım formları



Şekil 6.3. PSBNR 2525M12 formunda takım tutucu ve özellikleri

6.3. Deneylerde Kullanılan Takım Tezgahı

Deneyler, Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İmalat Mühendisliği Bölümü CNC laboratuvarında bulunan Fanuc kontrol ünitesine sahip JOHNFORD TC-35 sanayi tipi CNC torna tezgahında yapılmıştır. Bu tezgahın özellikleri Çizelge 6.3'te verilmiştir. Deney numunesi CNC torna tezgahına ayna-punta arasında bağlanıp, üzerinden 1mm sabit kesme derinliğinde 10'ar mm uzunluğunda farklı kesme ve ilerleme hızlarında talaş kaldırılarak tornalanmıştır.

Çizelge 6.3. JOHNFORD TC-35 sanayi tipi CNC torna tezgahı özellikleri

X eksen	250 mm
Z eksen	600 mm
Tezgah gücü	10 kw
Maksimum iş parçası bağlama ölçüleri	Ø400x1200
Devir sayısı (max)	4000 rpm
Hidrolik ayna çapı	250 mm
Hassasiyet	0,001 mm
Taret, takım bağlama kapasitesi	12

6.4. Kesme Kuvvetlerinin Ölçülmesi

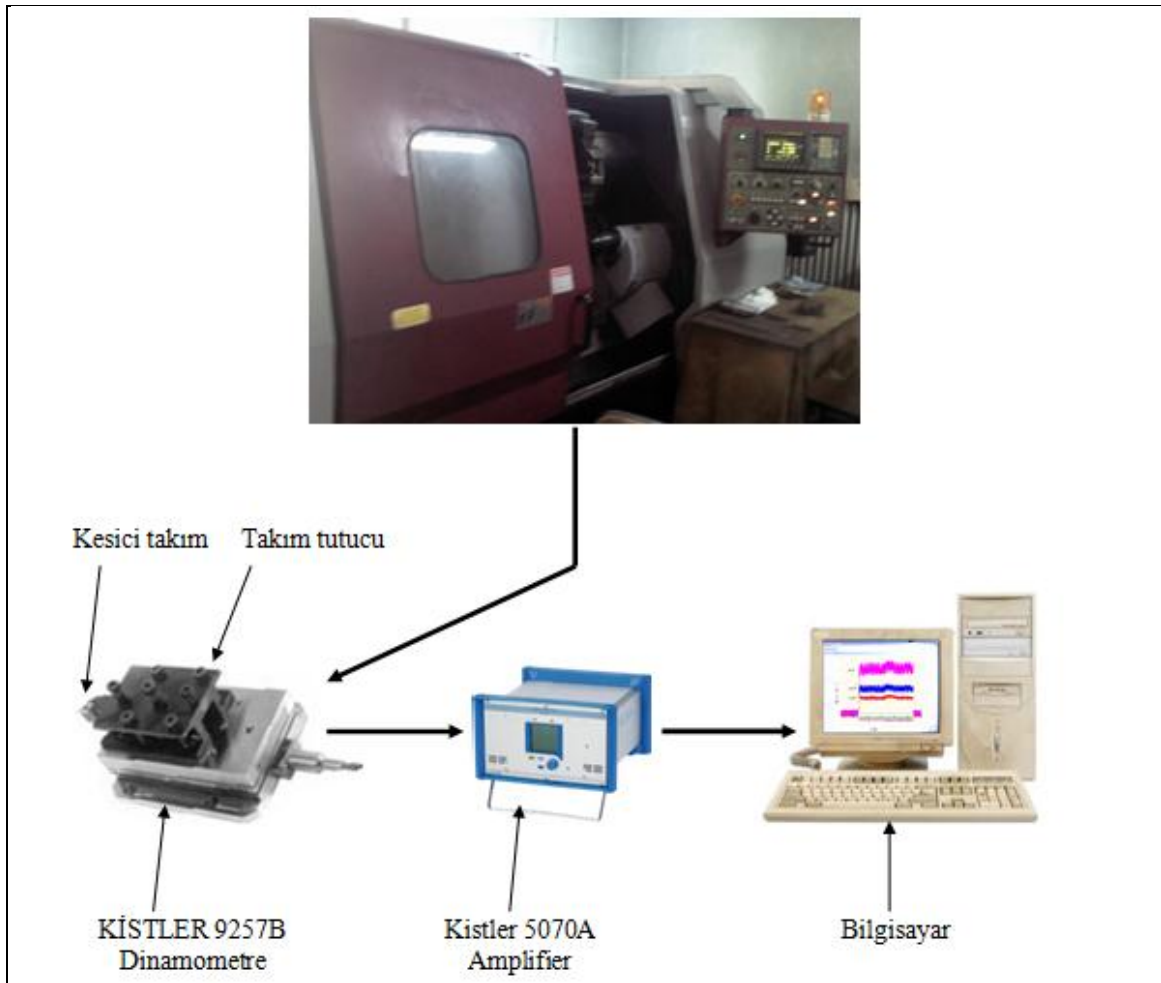
Yapılan tüm deneylerde kesme esnasında kesme kuvvetlerini ölçmek için KISTLER 9257B Piezokristal esaslı dinamometre kullanılmıştır. Dinamometreye “KISTLER Type 9403” kater tutucu ve bu tutucuya da kesici takım bağlanmıştır. Dinamometreden alınan değerler “KISTLER Type 5070A” sinyal yükselticiye (Multichannel Charge Amplifier) bağlanmış ve kesme kuvvetleri “RS-232C” ara kablo ile bilgisayara gönderilerek “DYNOWARE Type 2825A1-2” programı ile grafikler elde edilmiştir. Dinamometre ile ilgili teknik özellikler Çizelge 6.4'de, dinamometrenin tezgah bağlantısı ve deney düzeneği şematik olarak Şekil 6.4'de verilmiştir.

Çizelge 6. 4. Kistler 9257B tipi dinamometrenin teknik özellikleri [87]

Kuvvet aralığı (Fx, Fy, Fz)	5...10 kN
Tepki verme	< 0,01 N
Hassasiyet Fx, Fy	-7,5 pC/N
Fz	3,5 pC/N
Doğrusallık	% 1 FSO
Histerezis	% 0,5 FSO
Doğal frekans f0(x,y,z)	3,5 kHz

Çizelge 6. 4. (devam) Kistler 9257B tipi dinamometrenin teknik özellikleri

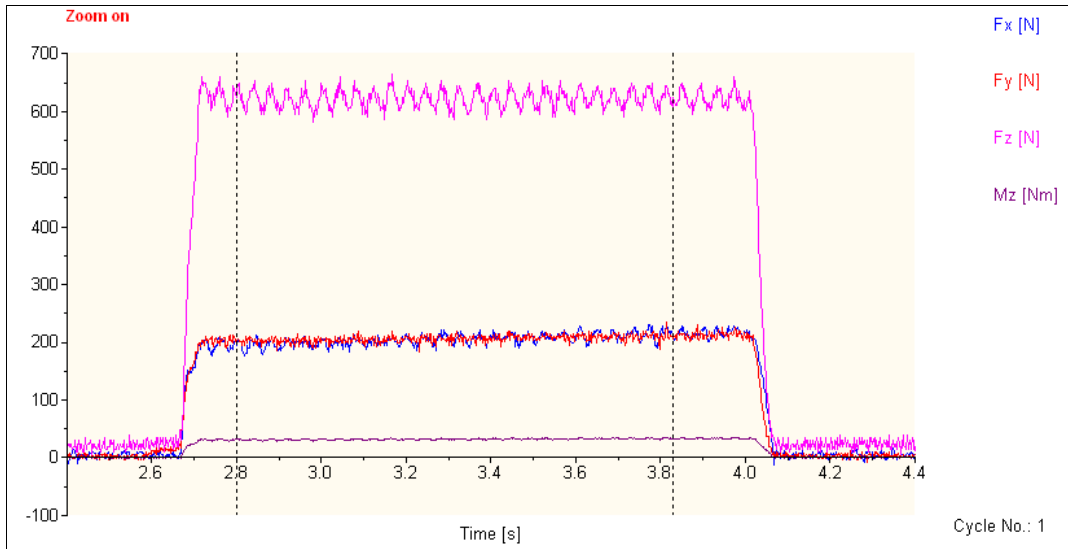
Kapasitans	220 pF
20°C'deki yalıtım direnci	$> 10^{13} \Omega$
Topraklama yalıtımı	$> 10^8 \Omega$
Koruma sınıfı I	67 IP
Ağırlık	7,3kg
Çalışma sıcaklığı	0...70 °C



Şekil 6.4. Deney düzeneği

Dynoware yazılımı kesme kuvvetlerinin bilgisayar yardımıyla ölçülmesine imkân sağlayan çok esnek kullanıma sahip bir paket programdır. Program tarafından, veri alma kartıyla ilgili yapılacak, analog ve dijital kanal sayısı, A/D board vb. ayarlamaların yanında RS 232 bağlantı yardımıyla yükseltici ile ilgili düzenlemeler; ölçme aralığı, ölçme süresi, örnekleme oranı, tetikleme zamanı (çalıştırılma sonrasında ne zaman veri almaya başlayacağı), hangi kanaldan hangi kesme kuvvetinin okunacağı gibi ayarlar

yapılabilmektedir. Ayrıca, ölçme sonrasında ölçme sonuçlarının grafik halinde gösterilmesi, başka programlarda kullanılmak üzere (örneğin Microsoft Excel) ölçme sonuçlarının bir dosyaya (örneğin “.txt” uzantısıyla) yazdırılması, daha sonraki kullanımlar için yapılan konfigürasyon ayarlarının kaydedilebilmesi, deney sonuçlarının ortalamasının alınabilmesi ve deney sonuçlarının grafik halinde yazdırılması gibi işlemler de program tarafından yapılabilmektedir. Kurulan bu sistem sayesinde DynoWare programı ile her deney için kesme kuvveti grafikleri bilgisayar ekranında açılmış (Şekil 6.5) ve kararlı (efektif) kesme bölgesindeki kesme kuvveti değerlerinin ortalaması alınarak kesme kuvveti verileri elde edilmiştir. Kesme kuvveti verilerinden, dinamometrenin Z eksenine denk gelen esas kesme kuvveti (F_c) alınarak deneysel sonuçlar değerlendirmek için Microsoft Excel’de grafikler çizilmiştir.



Şekil 6.5. Örnek kesme kuvveti grafiği (DynoWare)

6.5. Yüzey Pürüzlülüklerinin Ölçülmesi

Numunelerin işlenmiş yüzeyleri üzerinden yüzey pürüzlülük ölçümleri için teknik özellikleri Çizelge 6.5’de verilen “Mahr” marka Perthometer M1 tipi masa üstü yüzey pürüzlülüğü ölçme cihazı kullanılmıştır (Resim 6.1). Her deneyin sonunda iş parçası kendi eksenine etrafında döndürülerek üç ölçüm yapılmış, yüzey pürüzlülük değerleri bu üç değer aritmetik ortalaması alınarak bulunmuştur. Ölçümlerde, yüzeydeki girinti ve çıkıntıların toplam alanlarının eşit olduğu düzlemi referans kabul ederek bu düzleme göre üstte ve altta kalan alanların eşit olduğu ikinci bir düzleme olan uzaklığın ölçüldüğü ortalama yüzey pürüzlülük değeri olan “Ra” ölçümü dikkate alınmıştır.

Çizelge 6.5. Yüzey pürüzlülük ölçme cihazı teknik özellikleri

Model	Perthometer M1 (Mahr)
Ölçme Hızı	150 μ m/sn
Ölçme Kuvveti	0,7 mN
Uç malzemesi	Elmas
Numune Uzunluğu	0,8 mm
Değerlendirme Uzunluğu	5,6 mm



Resim 6.1. Perthometer M1, masa tipi yüzey pürüzlülük ölçme cihazı

6.6. İşleme Parametreleri

Deneyleer için, ISO 3685'teki öneriler dikkate alınarak, beş farklı kesme hızı ve üç farklı ilerleme hızı değeri belirlenmiştir. Uç yarıçapı 0,8 mm kesici takım için uygun kesme derinliği 1 mm seçilmiştir. Deneyleerın tümünde aynı şartları oluşturmak için, her deneyleerde hiç kullanılmamış yeni kesici takımlar kullanılmıştır. Deneyleerde kullanılan kesme parametreleri Çizelge 6.6'da verilmiştir.

Çizelge 6.6. Deneyleerde kullanılan kesme parametreleri

Kesme derinliği (sabit)	1mm
İlerleme hızı	0,1-0,2-0,3mm/dev
Kesme hızı	150-180-210-240-270 m/dak
Farklı talaş kırıcı formuna sahip Kesici takımlar	SNMG 120408 NM4 WSM20 SNMG 120408 NR4 WSM20

7. DENEYSEL SONUÇLAR ve TARTIŞMA

İmalatta üretilen ürünün kalitesini etkileyen pek çok faktör vardır. İşleme parametrelerinden kesme hızı, ilerleme hızı ve özellikle kesici takımın uç geometrisi bunların en önemlileri arasında yer almaktadır. Bu amaçla deneylerde, AISI 2205 dubleks paslanmaz çeliğin iki farklı talaş kırıcı formuna sahip PVD kaplamalı karbür takımlarla tornalanarak kesici takım talaş kırıcı formuna bağlı kesme hızı ve ilerleme hızının, iş parçası yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Her deney kullanılmamış yeni kesici takım ile yapılmıştır. Deneylerde bütün kesici takımlar ile eşit miktarda talaş kaldırılmıştır. Deneylerde, yüzey pürüzlülükleri ve kesme kuvvetlerini belirlemek için her bir deney için yüzey pürüzlülükleri ve kesme kuvvetleri ölçülerek kaydedilmiştir. Ölçülen kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü değerleri Çizelge 7.1’de kesiciler için ayrı ayrı verilmiştir.

Çizelge 7.1. Deneylerde kullanılan kesici takımlar, işleme parametreleri ve deney sonuçları

DENEY NO	KESİCİ TAKIM	KESME HIZI (m/dak)	İLERLEME (mm/dev)	ORTALAMA YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ (μm)	KESME KUVVETİ (N)	DENEY NO	KESİCİ TAKIM	KESME HIZI (m/dak)	İLERLEME (mm/dev)	ORTALAMA YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ (μm)	KESME KUVVETİ (N)
1	1.TAKIM (SNMG 120408 NR4 WSM 20)	150	0,1	1,469	289	16	2.TAKIM (SNMG 120408 NM4 WSM 20)	150	0,1	2,085	291
2			0,2	1,678	459	17			0,2	2,609	450
3			0,3	3,735	653	18			0,3	3,569	635
4		180	0,1	1,010	292	19		180	0,1	1,195	288
5			0,2	1,752	459	20			0,2	3,744	450
6			0,3	3,920	646	21			0,3	3,846	618
7		210	0,1	0,659	286	22		210	0,1	0,834	285
8			0,2	2,213	453	23			0,2	1,439	451
9			0,3	3,262	628	24			0,3	3,580	624
10		240	0,1	0,780	288	25		240	0,1	1,172	294
11			0,2	1,601	447	26			0,2	2,134	482
12			0,3	3,477	619	27			0,3	4,852	670
13		270	0,1	0,764	275	28		270	0,1	0,688	298
14			0,2	1,879	447	29			0,2	1,739	480
15			0,3	3,741	622	30			0,3	2,477	668

Deneylemlerden elde edilen bu veriler ışığında yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvveti grafikleri çizilerek deneysel sonuçlar ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Değerlendirme iki bölüm halinde yapılmıştır. Bunlar;

- Belirlenmiş kesme şartlarında, her bir kesici için kesme kuvvetlerinin değerlendirilmesi,
- Belirlenmiş kesme şartlarında, her bir kesici için yüzey pürüzlülüklerinin değerlendirilmesi,

şeklindedir.

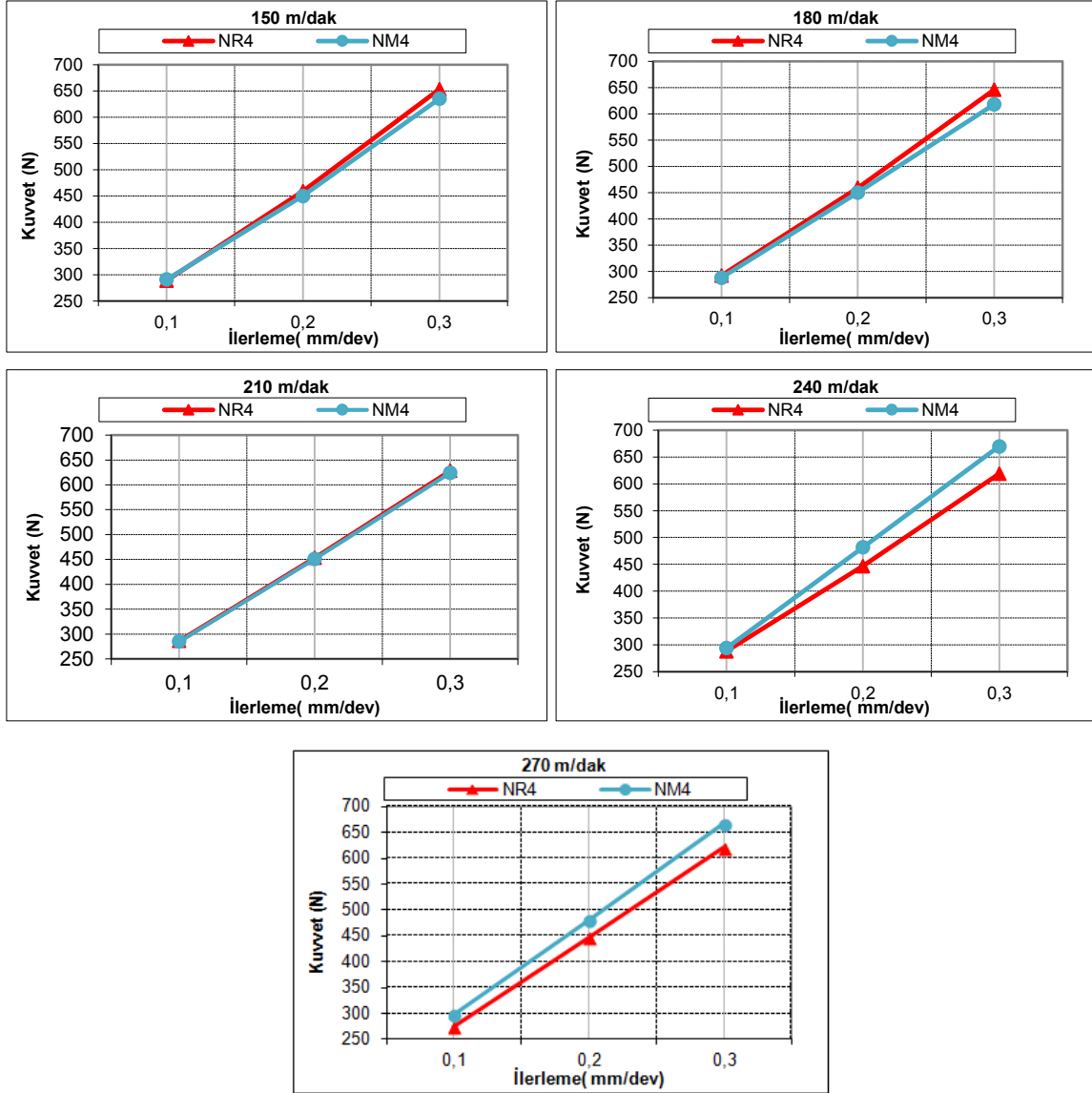
7.1. Kesme Kuvvetlerinin Değerlendirilmesi

Kesme kuvvetleri, her iki kesici için de 15 farklı kesme şartında ölçülmüştür. Elde edilen değerler doğrultusunda ilerleme ve kesme hızlarının kesme kuvvetleri üzerindeki etkileri grafiklere dönüştürülerek değerlendirilmiştir. Değerlendirme, ilerleme hızlarının kesme kuvvetlerine etkisi ve kesme hızlarının kesme kuvvetlerine etkisi şeklinde iki başlık altında yapılmıştır.

7.1.1. İlerleme hızlarının kesme kuvvetlerine etkisi

Bu bölümde kullanılan iki kesici uç için aynı kesme hızlarında ve sabit kesme derinliğinde ilerleme hızına bağlı kesme kuvveti grafikleri çizilerek değerlendirilmiştir.

Her bir kesme hızında, 1 mm kesme derinliği için her iki kesici uç için kesme kuvvetlerinin ilerleme hızına bağlı değişimleri Şekil 7.1’de grafikler halinde verilmiştir.

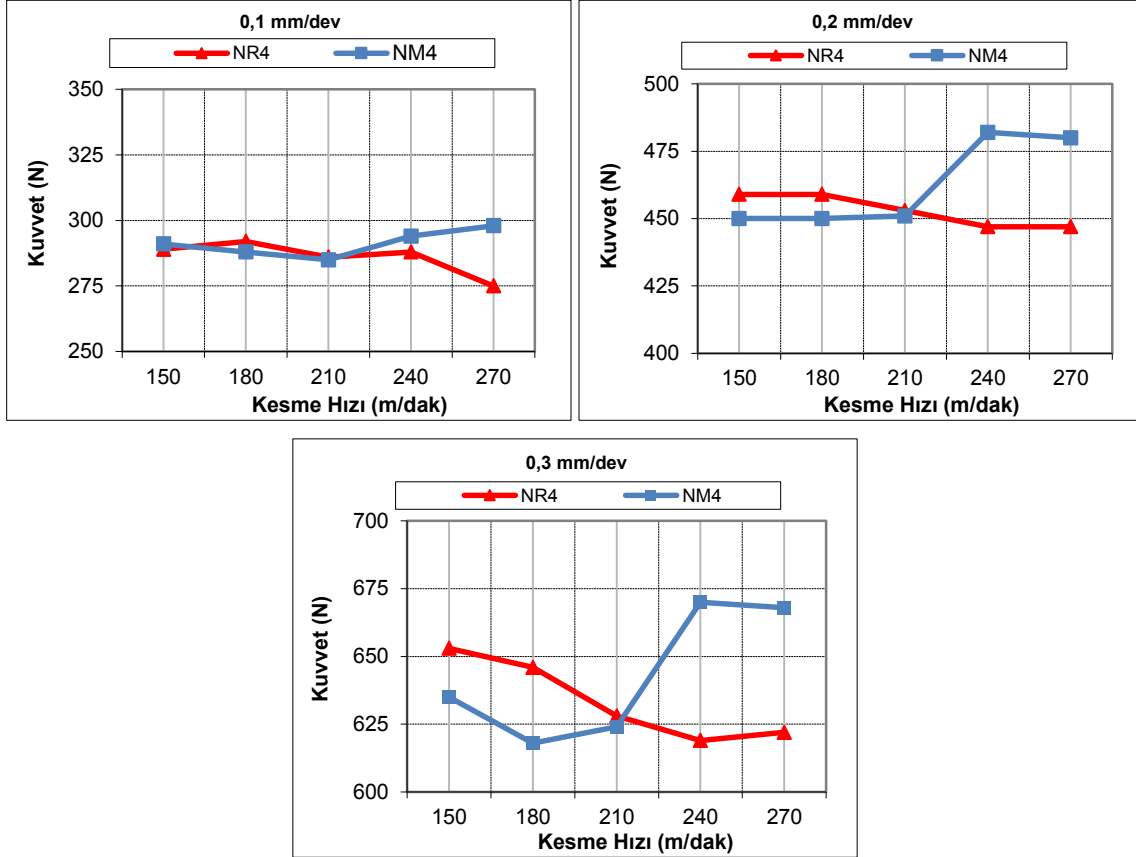


Şekil 7.1. İlerleme hızına bağlı kesme kuvvetleri

Şekil 7.1'deki grafikler incelendiğinde her iki talaş kırıcı formuna sahip kesici ile yapılan deneylerde de, ilerleme hızının artması ile kesme kuvvetlerinin sürekli ve orantılı bir şekilde arttığı görülmektedir. Bu durumu, ilerleme hızının artması ile kaldırılan talaş hacminin artmasına bağlamak mümkündür. Grafiklere bakıldığında, en düşük kesme kuvvetleri en düşük ilerleme hızı olan 0,1 mm/dev'de oluşurken, en yüksek kesme kuvvetleri ise en yüksek ilerleme hızı olan 0,3 mm/dev'de oluşmuştur. Düşük kesme hızları ve düşük ilerleme hızlarında, her iki kesici takımında da oluşan kesme kuvvetleri hemen hemen birbirine eşit çıkarken, kesme hızının artması ile NR4 talaş kırıcılı kesici takımında oluşan kuvvetler daha az çıkmıştır. Bunu da, kesici takımlarda bulunan talaş kırıcı formunun talaş akışını etkilemesine bağlamak mümkündür.

7.1.2. Kesme hızlarının kesme kuvvetlerine etkisi

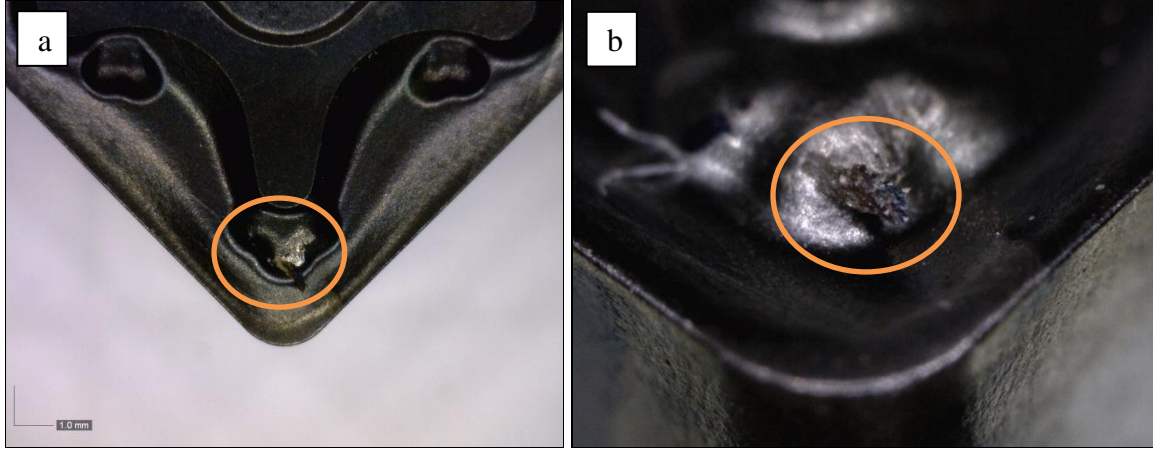
Bu bölümde, kullanılan iki kesici uç için de aynı ilerleme hızlarında ve 1 mm sabit kesme derinliğinde, kesme hızına bağlı kesme kuvveti grafikleri çizilerek değerlendirilmiştir (Şekil 7.2).



Şekil 7.2. Kesme hızına bağlı kesme kuvvetleri

Şekil 7.2'deki grafikler incelendiğinde, NR4 talaş kırıcılı kesici takımında, kesme hızının artması ile kesme kuvvetlerinde azalma görülmektedir. Bu durumu, kesme hızındaki artışla birlikte kısmen takım talaş temas alanındaki azalma, kısmen de birinci ve ikinci deformasyon bölgelerinde artan sıcaklığın işlenen malzemenin akma mukavemetini düşürmesi ile açıklamak mümkündür [7,80,88]. NM4 talaş kırıcılı kesici takımında ise, kesme hızının 210 m/dak'a kadar artması, kesme kuvvetlerinde kısmen azalmalara sebep olmuştur. Bu durumu NR4 talaş kırıcılı kesici takımındaki gibi açıklamak mümkündür. Ancak kesme hızının 240 ve 270 m/dak'a çıkması, özellikle 0,2 ve 0,3 mm/dev ilerleme hızlarında kesme kuvvetlerinde artışlara sebep olmuştur. Bu durumun sebebini belirlemek için kesici takımların fotoğrafları çekilmiş ve NM4 talaş kırıcılı kesici takımların yüksek

ilerleme ve kesme hızı değerlerinde yüksek basınç ve yüksek sıcaklık kombinasyonunun bir sonucu olarak talaşın kıvrılmaya başladığı yüzeyde (ikinci deformasyon bölgesinde) abrasiv aşınmanın olduğu tespit edilmiştir (Resim 7.1).



Resim 7.1. NM4 talaş kırıcı kesici takımlarda aşınma (0,3 mm/dev ve 240 m/dak)
a) 25X, b) 50X

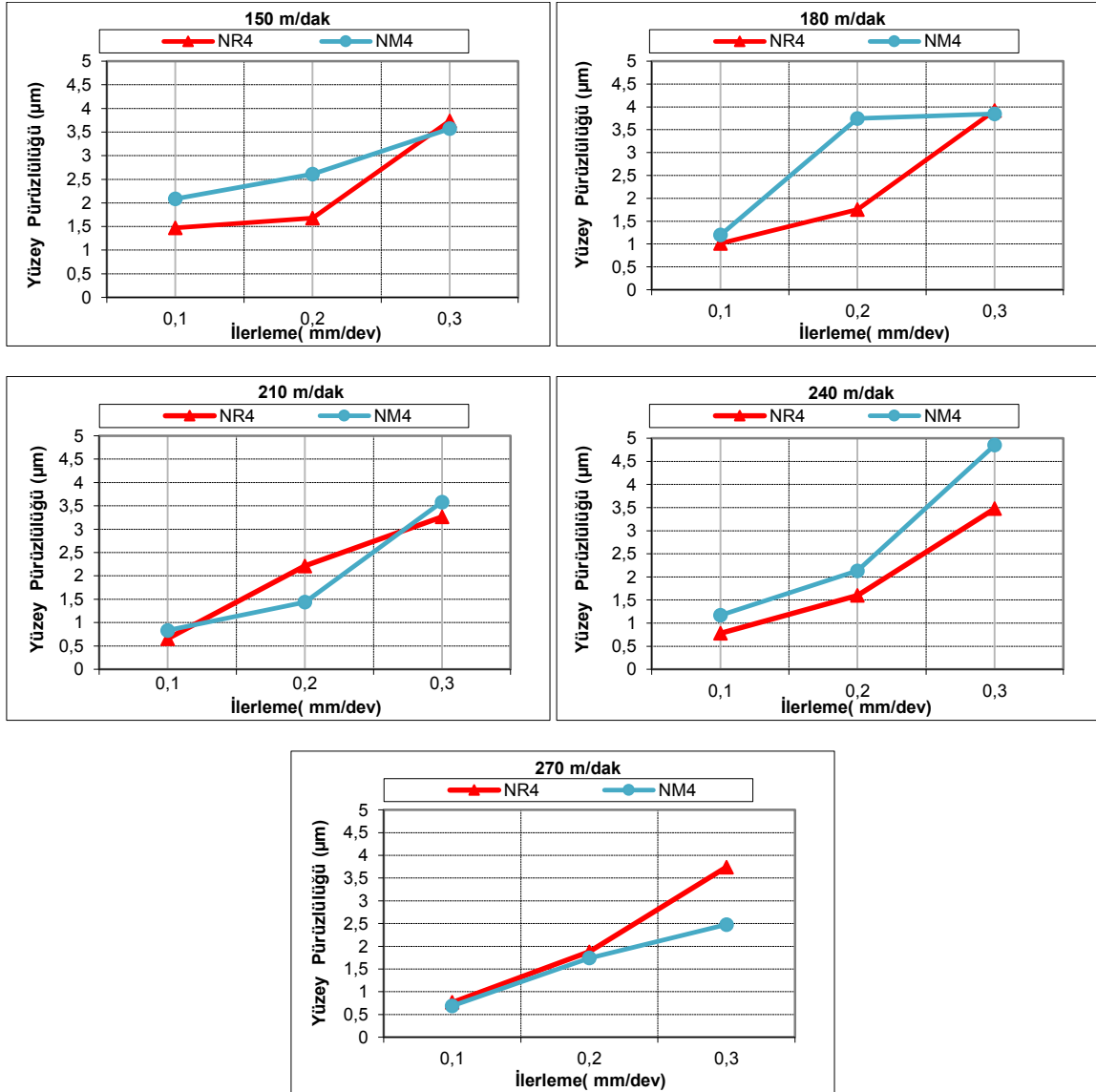
En düşük kesme kuvveti NR4 talaş kırıcı kesici takımında 270 m/dak kesme hızı ve 0,1 mm/dev ilerleme hızında 275 N olarak ölçülmüştür. En yüksek kesme kuvveti değeri ise NR4 talaş kırıcı kesici takımında 240 m/dak kesme hızı ve 0,3 mm/dev ilerleme hızında 670 N olarak ölçülmüştür. Kesici takım firmasının tavsiye ettiği orta kesme hızı değeri olan 210 m/dak kesme hızında kesme kuvvetlerinin birbirlerine hemen hemen eşit olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar doğrultusunda, kesme kuvvetleri üzerinde ilerleme hızının, kesme hızına göre daha etkili olduğu söylenebilir.

7.2. Yüzey Pürüzlülüklerinin Değerlendirilmesi

Farklı talaş kırıcı geometrisine sahip iki kesici takım ile yapılan deneylerde, her bir kesici için farklı ilerleme ve kesme hızı değerlerinde ortalama yüzey pürüzlülükleri (R_a) değerlendirilmiştir. Her deney sonunda işlenen yüzeylerin üç farklı yerinde pürüzlülük ölçümü yapılmış ve bu üç değer aritmetik ortalaması alınarak yüzey pürüzlülük değerleri belirlenmiştir. Daha sonra elde edilen bu değerler grafiklere dönüştürülmüş ve yorumlanmıştır.

7.2.1. İlerleme hızlarının yüzey pürüzlülüğüne etkisi

Bu bölümde, kullanılan her bir kesici uç için, aynı kesme hızlarında ve sabit kesme derinliğinde ilerleme hızına bağlı kesme kuvvetlerinin grafikleri çizilerek değerlendirilmiştir (Şekil 7.3).



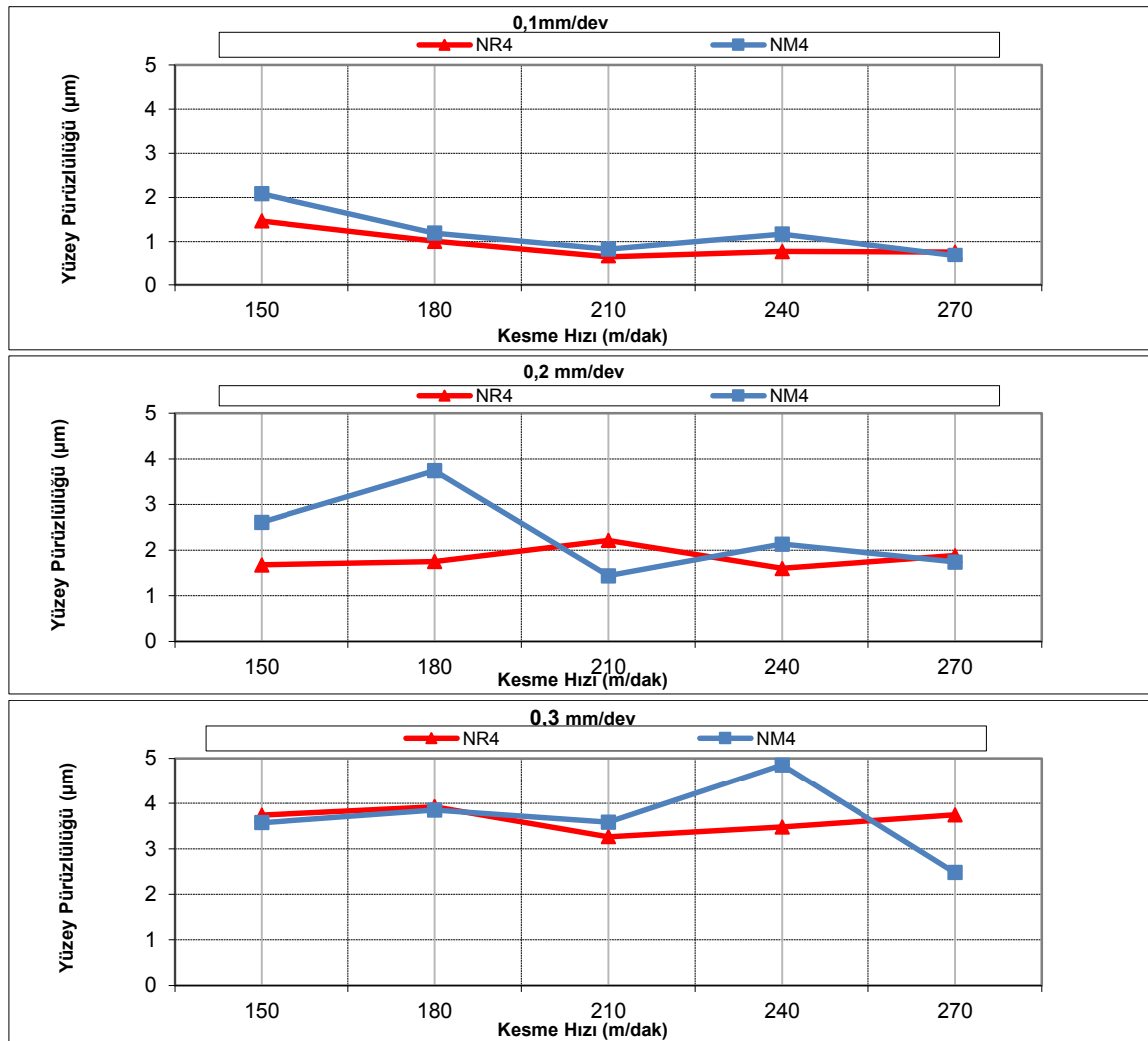
Şekil 7.3. İlerleme hızına bağlı ortalama yüzey pürüzlülüğü

Şekil 7.3'deki grafikler değerlendirildiğinde, her iki talaş kırıcı formuna sahip kesici takımlar için de, deney yapılan tüm kesme hızlarında (150-180-210-240-270 m/dak) ilerleme hızının artması ile yüzey pürüzlülüğünün de sürekli arttığı görülmektedir. Düşük ilerleme hızlarında daha iyi yüzey kalitesi elde edildiği görülmektedir. Yüzey pürüzlülüğü ile ilerleme hızı arasında orantılı bir ilişki olduğu söylenebilir. Bu durumun daha önce

yapılan literatürdeki çalışmalarla uyumlu olduğu görülmektedir [7,80]. En düşük yüzey pürüzlülük değeri, NR4 talaş kırıcılı kesici takım ile 0,1 mm/dev ilerleme hızı ve 210 m/dak kesme hızında 0,659 μm olarak ölçülmüştür. En yüksek yüzey pürüzlülük değeri ise NM4 talaş kırıcılı kesici takım ile 0,3 mm/dev ilerleme hızı 240 m/dak kesme hızında 4,852 μm olarak ölçülmüştür. Kesici takımlar arasında kıyaslama yapıldığında, en yüksek kesme hızı (270 m/dak) hariç diğer kesme hızlarında, NR4 talaş kırıcılı kesici takım ile yapılan deneylerde pürüzlülük değeri daha düşük çıkmıştır.

7.2.2. Kesme hızlarının yüzey pürüzlülüğüne etkisi

Kesme hızına bağlı yüzey pürüzlülük grafikleri üç ilerleme hızı için de Şekil 7.14'teki gibi oluşmuştur.



Şekil 7.4. İlerleme hızlarına bağlı yüzey pürüzlülükleri

Şekil 7.4 değerlendirildiğinde, genel olarak kesme hızının 210 m/dak kesme hızına kadar artması ile yüzey pürüzlülük değerleri azalmakta, ancak bu değerden sonra kesme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülük değerleri artış eğilimi sergilemiştir. 210 m/dak kesme hızına kadar artan kesme hızıyla yüzey pürüzlülüğü değerlerinin azalması, yığıntı talaş oluşma eğiliminin azalmasıyla açıklanabilir. Çünkü, bir noktaya kadar artan kesme hızıyla sıcaklık artar ve sıcaklığın artması ile de kesici uçtaki yığıntı talaş sertliğini ve dayanımını kaybederek devam eden kesme sürecinde üzerine gelen gerilmelere dayanamayarak kesici uçtan uzaklaşır. Dolayısıyla belli bir kesme hızı değerine kadar, yığıntı talaş oluşma eğilimi azalır. Ancak, belli bir noktadan sonra kesme hızının artması yüzey pürüzlülüğünün artmasına sebep olmuştur. Bu durumu kesme kuvvetlerinde olduğu gibi yüksek kesme hızlarında kesici takımında oluşan abrasiv aşınma ile açıklamak mümkündür (Resim 7.1).

En düşük yüzey pürüzlülük değeri NR4 kodlu talaş kırıcı formuna sahip NR4 talaş kırıcı kesici takım ile, en küçük ilerleme ve orta kesme hızı değerleri olan 0,1 mm/dev ilerleme hızı ve 210 m/dak kesme hızında 0,659 μm olarak ölçülmüştür. En yüksek yüzey pürüzlülük değeri ise NM4 kodlu talaş kırıcı formuna sahip kesici ile 0,3 mm/dev ilerleme hızı 240 m/dak kesme hızında 4,852 μm olarak ölçülmüştür. Kesici takımlar yüzey pürüzlülüğü açısından kıyaslandığında genel olarak NR4 talaş kırıcı kesici takım ile yapılan deneylerde daha iyi yüzeyler elde edildiği söylenebilir. NM4 talaş kırıcı kesici takımında, bazı kesme şartlarında (0,2 mm/dev'de 180 m/dak ve 0,3 mm/dev'de 240 m/dak'ta) yüzey pürüzlülüğünde beklenmedik durumlar oluşmuş ve bu durumlar da talaş sarılması gibi kontrol edilemeyen sebeplere bağlanmıştır. NM4 kodlu NM4 talaş kırıcı kesici takımında 0,2 mm/dev ilerleme hızı ve 180 m/dak kesme hızında yükselerek 3,744 μm 'a ulaştığı, yine aynı takımında 0,3 mm/dev ilerleme hızı ve 240 m/dak kesme hızında 4,852 μm ile en yüksek değere ulaştığı görülmektedir.

8. SONUÇ ve ÖNERİLER

AISI 2205 (EN 1.4462) paslanmaz çeliğin CNC torna tezgahında, iki farklı talaş kırıcı forma sahip kesicilerle işlenmesinde, kesme parametrelerine bağlı yüzey pürüzlülükleri ve kesme kuvvetlerini araştırmaya yönelik bu çalışma ile elde edilen önemli bulgular aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- NR4 ve NM4 talaş kırıcı formuna sahip kesici takımlar ile yapılan deneylerde her iki kesici takım için de; ilerleme hızının artması ile kesme kuvvetleri sürekli ve orantılı bir şekilde artmıştır.
- En düşük kesme kuvvetleri en düşük ilerleme hızı olan 0,1 mm/dev'de oluşurken, en yüksek kesme kuvvetleri ise en yüksek ilerleme hızı olan 0,3 mm/dev'de oluşmuştur.
- Düşük kesme hızları ve düşük ilerleme hızlarında, her iki kesici takımda da oluşan kesme kuvvetleri hemen hemen birbirine eşit çıkarken, kesme hızının artması ile NM4 talaş kırıcılı kesici takım da oluşan aşınma sebebi ile kuvvetler daha fazla çıkmıştır.
- Kesme hızının artmasıyla kesme kuvvetleri kesici takım firmasının tavsiye ettiği kesme hızı (210 m/dak) değerine kadar azalmış sonrasında artış eğilimi göstermiştir.
- En düşük kesme kuvveti NR4 talaş kırıcılı kesici takım 270 m/dak kesme hızı ve 0,1 mm/dev ilerleme hızında 275 N olarak ölçülmüştür. En yüksek kesme kuvveti değeri ise NM4 talaş kırıcılı kesici takımda 240 m/dak kesme hızı ve 0,3 mm/dev ilerleme hızında 670 N olarak ölçülmüştür.
- 210 m/dak kesme hızına kadar NM4 talaş kırıcılı kesici takımda oluşan kuvvetler az çıkarken, bu kesme hızından büyük olan hızlarda NR4 talaş kırıcılı kesici takımda oluşan kuvvet daha az çıkmıştır.
- Deneysel verilere göre, kesme kuvvetleri üzerinde ilerleme hızının etkisi, kesme hızına göre daha fazla olduğu söylenebilir.
- Deney yapılan tüm kesme hızlarında, ilerleme hızının artması ile yüzey pürüzlülüğü de sürekli artmıştır.
- En düşük yüzey pürüzlülük değeri NR4 talaş kırıcılı kesici takım ile 0,1 mm/dev ilerleme hızı ve 210 m/dak kesme hızında 0,659 μm olarak ölçülmüştür.

- En yüksek yüzey pürüzlülük değeri NM4 talaş kırıcı kesici takım ile 0,3 mm/dev ilerleme hızı 240 m/dak kesme hızında 4,852 μm olarak ölçülmüştür.
- Kesici takımlar arasında kıyaslama yapıldığında, en yüksek kesme hızı (270 m/dak) hariç diğer kesme hızlarında, NR4 talaş kırıcı kesici takım ile yapılan deneylerde pürüzlülük değeri daha düşük çıkmıştır.
- Yüzey pürüzlülüğü ile ilerleme hızı arasında orantılı bir ilişki olduğu söylenebilir.
- Kesme hızının 210 m/dak kesme hızına kadar artması ile yüzey pürüzlülük değerleri azalmış, ancak bu değerden sonra kesme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülük değerleri artış eğilimi sergilemiştir.

Bu çalışma ışığında bundan sonraki çalışmalar için aşağıdaki öneriler yapılabilir;

- Farklı talaş kırıcı formlarına veya geometrilere sahip kesici takımlarla araştırmalar yapılabilir,
- Kesici takımlara uygulanan farklı kaplama türlerinin kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğüne etkileri araştırılabilir,
- Kesme esnasında oluşan sıcaklıklar ölçülerek, kesme bölgesinde oluşan sıcaklığın kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğüne etkileri araştırılabilir.

KAYNAKLAR

1. Demir, H., Ulaş, H. ve Zeyveli, M. (2009, 13-15 Mayıs). *Stavax ESR çeliğinin yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri açısından değerlendirilmesi*. 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), Karabük.
2. Çakmak, İ. (2013). *Frezeleme İşleminde Takım Talaş Kırıcı Formunun Yüzey Pürüzlülüğü ve Kesme Kuvvetlerine Etkisinin Deneysel Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara. 1-3.
3. Aydın, M., Uçar, M. ve Cengiz, A. (2010, 11-12 Kasım). *AISI 304 östenitik paslanmaz çeliğin kuru tornalanabilmesine kesme parametrelerinin etkisi*. 2. Ulusal Tasarım İmalat ve Analiz Kongresi, Balıkesir.
4. Ay, M. ve Kalyon, A. (2011, 16-18 Mayıs). *CNC torna tezgahında 17-4 ph paslanmaz çeliğin işleme parametrelerinin deneysel olarak belirlenmesi*. 6. International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), Elazığ.
5. Tekaslan, Ö. (2007). *AISI 304 Östenitik Paslanmaz Çeliklerde İşlenebilirliğe Bağlı Olarak Kalıcı Gerilme Problemlerinin Araştırılması*, Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir. 1-3.
6. Tekaslan, Ö., Gerger, N. ve Şeker, U. (2008). CNC torna tezgahında AISI 304 çeliklerin işlenmesinde optimum yüzey pürüzlülüğünü sağlayacak kesme parametrelerinin tespiti. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 16, 97-104.
7. Çiftçi, İ. (2005). Östenitik paslanmaz çeliklerin işlenmesinde kesici takım kaplamasının ve kesme hızının kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğüne etkisi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 20(2), 205-209.
8. Çiftçi, İ. (2006). Machining of austenitic stainless steels using CVD multi-layer coated cemented carbide tools. *Tribology International*, 39, 565–569.
9. Özer, A. ve Bahçeci, E. (2009). AISI 410 martensitik paslanmaz çeliğin işlenebilirliği. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 24(4), 693-698.
10. Bahçeci, E., Özer, A. (2013). TiC kaplamalı takım ile işlenen AISI 303 ve AISI 410 paslanmaz çeliklerin işlenebilirlik özelliklerinin değerlendirilmesi. *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 15(3), 45-52.
11. Yeyen, H.E., Korkut, İ., Turgut, Y. ve Çiftçi, İ. (2009, 13-15 Mayıs). *AISI 303 östenitik paslanmaz çeliklerin işlenmesinde kesme hızı ve ilerlemenin kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri*. 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), Karabük.
12. Korkut, İ., Kasap, M., Çiftçi, İ. ve Seker U. (2004). Determination of optimum cutting parameters during machining of AISI 304 austenitic stainless steel. *Materials&Desing*, 25, 303-305.

13. Gürbüz, H., Kafkas, F. ve Şeker, U. (2011, 16-18 Mayıs) *Kesici takıma farklı yöntemle uygulanmış kaplamaların kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğüne etkisinin deneysel olarak araştırılması*. 6. International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), Elazığ.
14. Kayır, Y. ve Aytürk, A. (2012). AISI 316Ti paslanmaz çeliğin işlenebilirlik karakteristiklerinin incelenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 18(1), 61-71.
15. Kayır, Y., Aslan, S., ve Aytürk, A. (2013). AISI 316 Ti paslanmaz çeliğin tornalanmasında kesici uç etkisinin taguchi yöntemi ile analizi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 28(2), 363-372.
16. Tekiner, Z. ve Yeşilyurt, S. (2004). Investigation of the cutting parameters depending on process sound during turning of AISI 304 austenitic stainless steel. *Materials & Design*, 25, 507-513
17. Yalçın, B. ve Temiz, D. (2012, 4-5 Ekim). *İmplant malzemesi olarak kullanılan AISI 316L östenitik paslanmaz çeliğin kuru tornalanabilirliğinin araştırılması*. 3. Ulusal Talaşlı İmalat Sempozyumu, Ankara.
18. Gürbüz, H., Kafkas, F. ve Şeker, U. (2012, 4-5 Ekim) *AISI 316L çeliğinin işlenmesinde kesici takım burun yarıçapının kalıntı gerilmeler üzerine etkisi*. 3. Ulusal Talaşlı İmalat Sempozyumu, Ankara.
19. Kasap, M. (2001). *AISI 304 Östenitik Paslanmaz Çeliklerin İşlenebilirliğinde En Uygun Kesme Parametrelerinin ve İşleme Şartlarının Deneysel Olarak Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 81-84.
20. Ippolito, R., Nicheleetti, G. and Vilenchich, R. (1972). Experimental analysis of the correlation between cutting force variation with time and cutting data. *Machinability, CIRP Annals*, 20(2), 741.
21. Taşlıyan, A., Acerer, M., Şeker, U., Gökkaya, H. ve Demir, B. (2007). Inconel 718 süper alaşımının işlenmesinde kesme parametrelerinin kesme kuvveti üzerindeki etkisi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 22 (1), 1-5.
22. Altın, A., Gökkaya, H., ve Nalbant, M. (2006). İşleme parametrelerinden kesme hızının inconel 718 süper alaşımın işlenebilirliğine etkisi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 21(3), 581-586.
23. Özek, C., Haşçalık, A., Çaydaş, U., Karaca, F. ve E.Ünal, (2006). AISI 304 östenitik paslanmaz çeliğin tornalanması. *Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 2, 117-121.
24. Özek, C. ve Savaş, V. (2004, 14-16 Nisan) *CNC torna tezgahlarında takım aşınmasına etki eden faktörlerin belirlenmesi*. Denizli Malzeme Sempozyumu ve Sergisi, Denizli.

25. Özek, C. Ve Savaş, V. (2004, 14-16 Nisan). *CNC torna tezgahlarında takım-iş ara yüzeyinde meydana gelen sıcaklığın takım ömrü üzerindeki etkilerinin araştırılması*. Denizli Malzeme Sempozyumu ve Sergisi, Denizli.
26. Mills, B. and Redford, A. H. (1983). *Machinability Of Engineering Materials*. University of Salford, UK, 107-108.
27. Paro, J., Hanninen, H. and Kauppinen, V. (2001). Tool wear and machinability of hiped p/m and conventional cast duplex stainless steels. *Journal of Materials Processing Technology*, 249, 279-284.
28. Paro, J., Hanninen, H. and Kauppinen, V. (2001). Tool wear and machinability of x5 crmn 18 18 stainless steels. *Journal of Materials Processing Technology*, 119, 14-20.
29. Paro J., Jiang, L., Hanninen, H., Kauppinen, V., and Oraskari, R. (1996). Comparison of grindability of Hipped austenitic 316L, duplex 2205 and super duplex 2507 and as-cast 304 stainless steels using alumina wheels. *Journal of Materials Processing Technology* 62, 1-9.
30. Sandvik Coromand. (1994). *Modern Metal Cutting-A Practical Handbook*. Sweden: English Edition, Sandvik Coromant, 93-99.
31. Akasawa, T., Sakurai, H., Nakamura, M., Tanaka and T., Takano, K. (2003). Effects of free-cutting additives on the machinability of austenitic stainless steels. *Journal of Materials Processing Technology*, 143-144, 66-71.
32. O'Sullivan, D., Cotterell, M. (2002). Machinability of austenitic stainless steel SS303. *Journal of Materials Processing Technology*, 124, 153-159.
33. Issartel, C., Buscail, H., Caudron, E., Cueff, R., Riffard, F., El Messki, S., Perrier, S., Jacquet, P. and Lambertin, M. (2004). Nitridation effect on the oxidation of a austenitic stainless steel AISI 304 at 900 °C. *Applied Surface Science*, 225, 14-20.
34. Bregliozzi, G., Di Schino, A., Kenny, J.M. and Haefke, H. (2003). The influence of atmospheric humidity and grain size on the friction and wear of AISI 304 austenitic stainless steel. *Materials Letters*, 57, 4505-4508.
35. Hunter, A. and Ferry, M. (2002). Phase formation during solidification of AISI 304 austenitic stainless steel. *Scripta Materialia*, 46, 253-258.
36. Reynolds, A. P., Tang, W., Gnaupel-Herold, T. and Prask, H. (2003). Structure, properties and residual stress of 304L stainless steel friction stir welds. *Scripta Materialia*, 48, 1289-1294.
37. Wasnik, D. N., Dey, G. K., Kain, V. and Samajdar, I. (2003). Precipitation stages in a 316L austenitic stainless steel. *Scripta Materialia*, 49, 135-141.

38. Isaac Samuel, E., Choudhary, B.K. and Bhanu Sankara Rao, K. (2002). Influence of temperature and strain rate on tensile work hardening behaviour of type 316LN austenitic stainless steel. *Scripta Materialia*, 46, 507-512.
39. Fujita, N., Ohmura, K. and Yamamoto, A. (2003). Changes of microstructures and high temperature properties during high temperature service of niobium added ferritic stainless steels. *Materials Science and Engineering*, A351, 272-281.
40. Aksoy, M., Yılmaz, O. and Korkut, M.H. (2001). The Effect of strong carbide-forming elements on the adhesive wear resistance of ferritic stainless steel. *Wear*, 249, 639-646.
41. Toro, A., Misiolek, W.Z. and Tschiptschin, A.P. (2003). Correlations between microstructure and surface properties in a high nitrogen martensitic stainless steel. *Acta Materialia*, 51, 3363-3374.
42. Balan, K. P., Venugopal Reddy, A. and Sarma, D. S. (1998). Austenite precipitation during tempering in 16Cr-2Ni martensitic stainless steels. *Scripta Materialia*, 39-7, 901-905.
43. Garcia De Andrés, C., Caruana, G. and Alvarez, L.F. (1998). Control of 23 6 MC carbides in 0.45C-13Cr martensitic stainless steel by means of three representative heat treatment parameters. *Materials Science and Engineering*, A241, 211-215.
44. Cardoso, P.H.S., Kwietniewski, C., Porto, J.P., Reguly, A. and Strohaecker, T.R. (2003). The influence of delta ferrite in the AISI 416 stainless steel hot workability. *Materials Science and Engineering*, A351, 1-8.
45. Yeyen H. E. (2006). *AISI 303 Östenitik Paslanmaz Çeliklerin İşlenebilirliğinin Deneysel Olarak Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 22-24.
46. Çakır, C. (1999). *Modern talaşlı imalatın esasları*. Bursa: Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayını, 35-42.
47. Kurt, U. (1988) *Paslanmaz Çelik Kaynak Özelliklerinin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2-33.
48. Güventürk, F. (1990). *Çelik el kitabı*. İzmir: Güven Çelik San. ve Tic. Ltd. Şti. Yayınları, 35-41.
49. Kaluç, E. ve Tülbentçi, K. (1995). *Paslanmaz Çelikler ve Kaynaklanabilirliği*. Kocaeli: Kocaeli Üniversitesi Kaynak Teknolojisi Araştırma, Eğitim ve Uygulama Merkezi, 7-178.
50. Dolutaş, H. ve Cavcar, M. (2001). *Dubleks paslanmaz çeliklerin kaynağı*. İstanbul: Oerlikon Yayını, 3.
51. Develi, K. (2003). *Östenitik Paslanmaz Çeliklerin Mig Kaynağında Argon Hidrojen Karışımının Mikroyapı ve Mekanik Özelliklere Etkisinin İncelenmesi*,

- Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak, 25.
52. Temel. E. (2001). *Paslanmaz Çeliklerin Üretimi Ve Kullanılması*, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak,42-45.
53. Miyamoto, H, Mirnaki, T., and Hashimoto, S. (2001). Superplastic deformation of micro-specimens of duplex stainless steel. *Materials Science and Engineering, Department of Mechanical Energy Engineering Doshisha University*, A319, 779-783.
54. Baylan, O. (2003). *Elektrik Ark Kaynak Yöntemiyle Birleştirilen Östenitik-Martenzitik Farklı Paslanmaz Çeliklerin Kaynaklı Bağlantılarında, Mikro Yapı İle Özellikler Arasındaki İlişkinin Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak, 47.
55. Ulaş, A. (1999). *Duplex Paslanmaz Çelikler ve Kaynak Kabiliyeti*, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak 13-15.
56. Youns. S., Soon H. and Hoong H. (1998). Micro structural changes during superplastik deformation of Fe-24Cr-7Ni-3Mo-0.14N duplex stainless steel. *Materials Science and Engineering, Department of Material Science and Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology, South Korea*, A(266), 276-284.
57. Durgut, E., ve Kaçar, R. (2011). Dupleks paslanmaz çeliklerin nokta direnç kaynağına akım şiddeti ve kaynak zamanının etkisi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 26(2), 341-348
58. Emre, E.H., Karahan, T., Beyenal, K.ve Kaçar, R. (2012, 02-04 Nisan). *Statik yaşlanmanın AISI 2205 dupleks paslanmaz çeliklerin mekanik özelliklere etkisi*. International Iron & Steel Symposium, Karabük.
59. Serfiçeli, Y.S. (2000). *Malzeme bilgisi temel ders kitabı*. İstanbul: Milli Eğitim Basımevi, 157-158.
60. Can, Ç. A., (2006). *Tasarımcı mühendisler için malzeme bilgisi*. İstanbul: Birsen Yayınevi, 203-211.
61. Erdoğan, M. (1998). *Mühendislik bilimi ve mühendislik malzemeleri 1*. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım, 235-237.
62. Askeland, D. R. (2000). *The science and engineering of materials*. (çev. Erdoğan, M.) Ankara: Nobel Yayın Dağıtım,193-203.
63. Sarıtaş Çelik Sanayi ve Ticaret A.Ş. (2004). İstanbul: *Sarıtaş Teknik Yayın*. 1,2.

64. Güllü, A. (1995). *Silindirik Taşlamada İstenen Yüzey Pürüzlülüğünü Elde Etmek İçin Taşlama Parametrelerinin Bilgisayar Yardımıyla Optimizasyonu*. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1-30.
65. Danilevsky, V., (1967). *İmalat Mühendisliği*. Ankara: (çev. Kantaroğlu, E. B.) Makine Mühendisleri Odası, No:121, 41.
66. Şahin, Y. (2001). *Talaş Kaldırma Prensipleri*. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım, 186-195.
67. Thomas, T.R. (1981). Characterizing of surface roughness. *Precision Engng*, 1-3 (2), 97-104.
68. Sherington, I. and Smith, E.H. (1987). Parameters for characterizing the surface topography of engineering components. *Proc. Instn Mech. Engrs*, 201 (c4), 297-306.
69. Güllü, A., Özdemir, A. ve Demir, H. (2003). Yüzey pürüzlülüğü ölçme yöntemleri ve mukayesesi. *Z.K.Ü. Karabük T.E.F. Teknoloji dergisi*, 6(1-2), 79-92.
70. Benardos, P.G. and Vosniakos, G.C. (2003). Prediction surface roughness in machining a review. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 43, 833-844.
71. Akkurt, M. (2000). *Talaş kaldırma yöntemleri ve takım tezgahları*. İstanbul: Birsen Yayınevi, 104-105.
72. Sandvik, (1996). *Modern metal cutting-a practical handbook*. Sweden: Sandvik Coromant, Sandviken, V1, 18-24.
73. Thomas, T.R. and Charton, G. (1981). Variation of roughness parameters on same typical manufactured surfaces. *Precision Engineering*, 3(2), 91-96.
74. King, T.G., Spedding, T.A. (1982). On the relationships between surface profile height parameters. *Wear*, 83, 91-108.
75. Scarr A.J.T. (1991). *Metrology and Precision Engineering*. New York: Mc. Graw-Hill, 56-68.
76. Bayrak, M. (2002). *Kesme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi ve Uzman Sistemle Karşılaştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1-35.
77. Özses, B. (2002). *Bilgisayar sayısal denetimli takım tezgahlarında değişik işleme koşullarının yüzey pürüzlülüğüne etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 6-25.

78. Yang, J.L. and Chen, J.C. (2001). A systematic approach for identifying optimum surface roughness performance in end-milling operations. *Journal of Industrial Technology*, 17(2), 2-8.
79. Şahin, Y. (2001). *Talaş kaldırma prensipleri 1*. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım, 48-123.
80. Trent, E.M. (1989). *Metal cutting*. London: Butterworths Press,
81. De Garmo, E.P., Black, J.T., and Kohser, R.A. (1997). *Materials and processes in manufacturing*. New Jersey: 8th, Printice-Hall Inc, 214-652.
82. Shaw, M.C. (1984). *Metal cutting principles*. London: Oxford University Press, 123-126.
83. Dieter, G.E. (1985). *Mechanical metallurgy*. New York: Mc Graw Hill, 95-102.
84. Bahadur, A., Kumar, B.R. and Chowdhury, G.S. (2004). Evaluation Of Changes In X-Ray Elastic Constants And Residual Stress As A Fuction Of Cold Rolling Of Austenitic Steels, *Materials Science and Techonology*, 20(3), 387-392
85. Almen, J. O. and Black, P. H. (1964). *Residual stresses and fatigue in metals*. New York: Mc Graw Hill 281-297.
86. Çiftçi, İ., Kasap, M. ve Şeker, U. (1999). Östenitik paslanmaz çeliklerin işlenebilirlik parametrelerinin belirlenmesi için deneysel çalışmalar üzerine bir değerlendirme. *Teknoloji*, 2(3-4), 131-145.
87. Kistler Type 9257B (1997). *Three Component Dynamometer Operating Instructions*, Kistler,
88. Çakır, M.C. (2000). *Modern talaşlı imalat yöntemleri*. Bursa: Vipaş A.Ş, 350-390.
89. Smith. F. and Smith. W. (2000). *Yapı ve mühendislik alaşımlarının özellikleri*. (Çev. Dr. Mehmet Erdoğan). Ankara: Nobel Yayın Dağıtım, 193-203.

EKLER

EK 1: Malzeme analiz raporu. Anil Paslanmaz San. Tic. A.Ş.

Acciaierie Valbruna S.p.A.



QUALITY MANAGEMENT SYSTEM
CERTIFIED BY LLOYD'S REGISTER

**CERTIFICATO DI COLLAUDO
ABNAHMEPRUEFZEUGNIS
INSPECTION CERTIFICATE
CERTIFICAT DE RECEPTION
EN 10204 (2004) , 3.1**

36100 VICENZA (Italia) - Viale della scienza, 25 z.i.
Stab.: 39100 BOLZANO (Italia) - Via A. Volta, 4
Cliente / Besteller/Purchaser/Cient
ANIL PASLANMAZ CELIK SANAYI VE TICA
ESENSEHIR MAH.MIMAR SINAN CAD.No 2
B1/B-BLOK 34776 DES SANAYI SITESI
34000-UMRANIYE / ISTANBUL TURKEY-TR
Produttore: **ACCIAIERIE VALBRUNA S.P.A.**
Hersteller/Item/Usine producer

Avviso di Spedizione: D-VI11039186
Lieferanzege/Packing list/B.L.

Certificato nr: MEST140447/2011/
Prüfung/Test/Essai

Conferma ordine nr: EI11006466
Werks/Our Order/Ref nr.

Ordine nr: EMAIL 19/07/11 #2
Bestel/Your order/Commande

Marchio di Fabbrica:
Zichen des Lieferwerkes
Trade mark
Sigle de l'usine productrice



Stato di fornitura: - Annealed Peeled
Lieferzustand/Delivry state/Etat de livraison

Tipo di Elaborazione: E+AOD
Erschmelzungsart/Melting process/Mode d'elaboration

Punzone del Collaudatore:
Stempel des Werksachverständigen
Inspector's stamp/Poinçon de l'essayeur



Specifiche:

Anforderungen / Requirements / Exigences

VAL STOCK 2005 V225MN A
ASME SA276 2010 S31803 A (2)
ASTM A182 2011 S31803 A (5)
ASTM A276 2010 S32205 A
EN 10088-3 2005 1.4462 A

ASME SA182 2010 S31803 A (0)
ASME SA479 2010 S31803 A (3)
ASTM A182 2011 S32205 A (6)
ASTM A479 2011 S31803 A
EN 10272 2007 1.4462 A

ASME SA182 2010 S32205 A (1)
ASME SA479 2010 S32205 A (4)
ASTM A276 2010 S31803 A
ASTM A479 2011 S32205 A
NACE MR0175* 2003 S31803 A (7)

- (0) SEC.II PT.A 2010 EDITION
- (1) SEC.II PT.A 2010 EDITION
- (2) SEC.II PT.A 2010 EDITION
- (4) SEC.II PT.A 2010 EDITION
- (6) For products machined directly from bar refer to ASTM A479.

- (0) For products machined directly from bar refer to ASME SA479.
- (1) For products machined directly from bar refer to ASME SA479.
- (3) SEC.II PT.A 2010 EDITION
- (5) For products machined directly from bar refer to ASTM A479.
- (7) * ISO 15156-3. Tec. corrigendum 1 2005/02/15 & 2 2005/09/01

Qualità: 1.4462/F51/F60
Werkstoff/Grade/Nuance

Marca: V225MN
Markenbezeichnung/Brand/Nuance

Punzonatura: 1.4462/F51/F60
Kennzeichnung/Marking/Marqueage

Pos. nr. Item nr. Ni. de poste	Oggetto Gegenstand Product description Descr.p. du produit	Dimensioni - mm Abmessungen Dimension	Tolleranza Tolerance Tolérance	Lunghezza - mm Länge Length Longueur	Colata Schmelze Heat Coulée	Pezzi Stückzahl Pieces Pièces	Peso - KG Gewicht Weight Poids	Lotto nr. Losn. Lot nr. Lot nr.
0130	Round	60,000	k12	6224 / 6241	424540	7	965,0	107105951

TEST ALLO STATO DI FORNITURA												
TEST ON DELIVERY CONDITION												
Prüfung auf lieferbarem produkt												
test a l'etat de fourniture												
Prueba sobre el material así como entregado												
TEST	Provetta/Probetas Specimens/Eprovettes Larg diam Spess. Breite Diam. Dicke Weith Diam. Thickness Larg diam. epesse mm	°C	Posiz. Saggio Probenlage Orientation	Sneramento Strainage Yield Stress Limite elastique Rp 0,2% N/mm2	Sneramento Strainage Yield Stress Limite elastique	Resistenza Zugfestigkeit Tensile strength Resistance à traction Rm N/mm2	Allungamento Zugdehnung Elongation Allongement A5 %	E 4d %	Strizione Zugverformung Reduction of area Striction Z %	RA %	Resilienza Kerbschlagarbeit Impact Value Resilience KV J	Durezza Härte Hardness Dureté HB
Valori richiesti 1 Anforderungen/Required values Valeurs demandées		min max		485	-	655 880	25 25	-	45	100	- 270	
A	10	20	L	527		765	37 40	77	77	292 288 290	254	

TEST	min	max	
A	Delta Ferrite	35 65	65 %

1) L=longitudinale/längs, T=trasversale/quer, Q=Tangenziale/tangentiel

Analisi chimica

Chemische Zusammensetzung/Chemical Analysis/Analyse chimique

Colata Schmelze/Coulée	min 30,0 max 40,0	0,030	-	1,00	2,00	22,00 23,00	3,00 3,50	-	4,50 6,50	-	-	0,030	0,015	0,140 0,200	-	-	-
PRE	C %	Si %	Mn %	Cr %	Mo %	Cu %	Ni %	W %	P %	S %	N %						
424540	35,7	0,020	0,54	1,56	22,38	3,13	0,45	5,88	0,047	0,030	0,001	0,180					

I.Korrosion nach EN ISO 3651-2A Sensibilisierung : T1 : OK

Corrosion test per EN ISO 3651-2A sensitized T1 : OK

Temperatureregelt warmumgeformt

Controlled rolled

Sono state soddisfatte tutte le condizioni richieste
Die gestellten Anforderungen sind i. Anlage erfüllt
The material has been furnished in accordance with the requirements
Le matériel à été trouvé conforme aux exigences

Controllo antimiscelazione: OK
Verwechslungsprüfung: spektroskopisch durchgeführt
Antimixing testing performed: OK
Contrôle antimélange fait: r.a.s.

Controllo visivo e dimensionale: soddisfa le esigenze
Besichtigung und Ausmessung: ohne Beistandlung
Visual inspection and dimensional checks:satisfactory
Contrôle visuel et dimensionnel: satisfaisant

Melted and manufactured in Italy No welding or weld repair Material free from Mercury contamination
We declare that the finished product is checked for radioactive contamination through Portal System when it leaves the production plant.

Vicenza,22/12/11 VCQ008 (Mod. MCE2)	Il collaudatore di stabilimento / der Werksachverständige / Works inspector / L'agent d'usine <i>M. Rizzotto</i>	Pagina - 1 di 2
---	---	-----------------

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : MEMİŞ, Fatih
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 07.11.1974, Ankara
 Medeni hali : Evli
 Telefon : 0 (535) 8246092
 E-Posta : fatihmemis@windowslive.com



Eğitim Derece

Okul/Program

Mezuniyet Tarihi

Lisans	Marmara Üniversitesi/Makine Eğitimi	1999
Önlisans	Dokuz Eylül Üniversitesi İ.M.Y.O. Makine	1993
Lise	Gazi Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi	1991

İş deneyimi

Yıl

Çalıştığı Yer

Görev

1999-2001	Küçükköy Çıraklık Eğitim Merkezi	Teknik Öğretmen
2001-2004	Yenimahalle Endüstri Meslek Lisesi	Teknik Öğretmen
2004-2011	Haymana Endüstri Meslek Lisesi	Teknik Öğretmen
2011-Devam	Şehit Büyükelçi Daniş Tunalıgil Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Teknik Öğretmen

Hobiler

Trekking, bisiklete binmek, bahçe işleri