



**T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AISI 420 PASLANMAZ ÇELİĞİN KESİCİ TAKIM VE
KAPLAMASINA BAĞLI İŞLENEBİLİRLİĞİ**

EMRAH BAŞIHOŞ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. FEHMİ ERZİNCANLI**

DÜZCE, 2019

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AISI 420 PASLANMAZ ÇELİĞİN KESİCİ TAKIM VE
KAPLAMASINA BAĞLI İŞLENEBİLİRLİĞİ

Emrah BAŞIHOŞ tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Fehmi ERZİNCANLI

Düzce Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Fehmi ERZİNCANLI

Düzce Üniversitesi

Doç. Dr. Aziz Armağan ARICI

Kocaeli Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Nuri ŞEN

Düzce Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 23/07/2019

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

23 Temmuz 2019

Emrah BAŞIHOŞ

TEŐEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim süresince ve tez yazım sürecinde gösterdiği yakın ilgi, destek ve yardımlarından dolayı değerli hocam Prof. Dr. Fehmi ERZİNCANLI' ya en içten dileklerle teşekkürü bir borç bilirim.

Bu çalışma süresince, zaman zaman tarafımdan ihmal edilmelerine rağmen, destek ve ilgilerini esirgemeyen aileme özellikle de oğluma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

23 Temmuz 2019

Emrah BAŞIHOŞ



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ŞEKİL LİSTESİ.....	VII
ÇİZELGE LİSTESİ.....	VIII
KISALTMALAR.....	IX
SİMGELER	X
ÖZET	XI
ABSTRACT	XII
1. GİRİŞ.....	1
2. PASLANMAZ ÇELİKLER	3
2.1. PASLANMAZ ÇELİKLERİN ÜSTÜN ÖZELLİKLERİ.....	5
2.2. PASLANMAZ ÇELİKLERİN ALAŞIM ELEMENTLERİ.....	6
2.2.1. Karbon	6
2.2.2. Nikel	6
2.2.3. Manganez.....	6
2.2.4. Molibden	7
2.2.5. Niyobyum.....	7
2.2.6. Azot	7
2.2.7. Silisyum.....	7
2.2.8. Krom	7
2.2.9. Kükürt, Fosfor ve Selenyum	8
2.2.10. Kobalt.....	8
2.2.11. Bakır.....	8
2.2.12. Tungsten	8
2.2.13. Titanyum.....	8
2.3. PASLANMAZ ÇELİKLERİN SINIFLANDIRILMASI	8
2.3.1. Östenitik Paslanmaz Çelikler	9
2.3.1.1. Östenitik Paslanmaz Çeliklerin Kullanım Alanları	10
2.3.2. Ferritik Paslanmaz Çelikler.....	11
2.3.3. Ferritik Östenitik (Dubleks) Paslanmaz Çelikler	12
2.3.4. Martenzitik Paslanmaz Çelikler	12
2.3.5. Çökeltme Sertleşmesi Uygulanabilen Paslanmaz Çelikler	14
3. TALAŞLI İMALAT MEKANİĞİ	16
3.1. TALAŞ OLUŞUM MEKANİĞİ	17
3.1.1. Talaş Tipleri	19
3.1.1.1. Kesintili Talaş	19
3.1.1.2. Sürekli Talaş	19
3.1.1.3. Yığıntı- Sürekli Talaş	20
3.1.1.4. Yarı Kesintili Talaş	21
3.2. KESİCİ TAKIMLAR	21
3.2.1. Kesici Takım Malzemeleri	22
3.2.1.1. Yüksek Hız Çelikleri (HSS)	22
3.2.1.2. Karbonlu ve Düşük Alaşımli Çelikler	22

3.2.1.3. Sert Metaller- Sinterlenmiş Karbürler.....	23
3.2.1.4. Seramikler.....	23
3.2.1.5. Elmaslar.....	24
3.2.1.6. Stellite.....	24
3.2.1.7. Kübik Bor Nitritler (CBN).....	24
3.2.2. Takım Aşınmaları.....	25
3.2.2.1. Difüzyon Aşınması.....	25
3.2.2.2. Abrasiv (Aşındırıcı ile) Aşınma.....	25
3.2.2.3. Oksidasyon Aşınması.....	26
3.2.2.4. Yorulma ile Aşınma.....	26
3.3. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ.....	26
3.3.1. YüzeY Pürüzlülüğü Ölçme Teknikleri.....	27
3.3.2. YüzeY Pürüzlülük Parametreleri.....	27
3.3.2.1. Örnekleme Uzunluğu ve Örnekleme Sayısı.....	27
3.3.2.2. Ortalama Çizgisi.....	28
3.3.2.3. Ortalama YüzeY Pürüzlülüğü (Ra).....	28
3.3.2.4. Genlik Dağılımı Eğrisi (Rsk).....	29
4. MATERYAL VE YÖNTEM.....	30
4.1. DENEYDE KULLANILACAK MATERYALLER.....	30
4.1.1. Deney Numunesi Malzemesi.....	30
4.1.2. Kesici Takım.....	30
4.1.3. Takım Tutucu.....	31
4.1.4. Tezgah.....	32
4.1.5. Mikroskop.....	33
4.1.6. YüzeY Pürüzlülüğü Ölçüm Cihazı.....	34
4.1.7. Spektral Analiz Cihazı.....	34
4.2. YÖNTEM.....	35
4.2.1. Deney Parametrelerinin Belirlenmesi.....	35
4.2.2. Deneyin Yapılışı.....	35
5. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	38
5.1. KESİCİ TAKIM UÇ RADIUSUNUN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNE ETKİSİ.....	38
5.2. KESME HIZININ YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNE OLAN ETKİSİ.....	38
5.3. TAKIM KAPLANMASININ TAKIM AŞINMASINA OLAN ETKİSİ.....	40
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	43
7. KAYNAKLAR.....	45
ÖZGEÇMİŞ.....	48

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1. Bazı paslanmaz çelik türlerinin mikro yapıları [12].	9
Şekil 3.1. Tornalama operasyonunda oluşan kesme kuvvetleri [25].	17
Şekil 3.2. Talaş oluşumunun mekaniği [23].	18
Şekil 3.3. Kesintili talaş [26].	19
Şekil 3.4. Sürekli talaş [26].	20
Şekil 3.5. Yığıntı sürekli talaş [26].	21
Şekil 3.6. Örnekleme sayısı ve örnekleme uzunluğu [34].	28
Şekil 3.7. Ortalama yüzey pürüzlülüğünün grafiği [34].	28
Şekil 3.8. Ortalama yüzey pürüzlülük değerinin gösterimi (Ra) [35].	29
Şekil 3.9. Genlik dağılımı eğrisi [34].	29
Şekil 4.1. SANDVIK DNMG 11 04 08-PF 4315.	31
Şekil 4.2. ZCC DNMG110404-DF YBC252.	31
Şekil 4.3. Takım tutucu.	31
Şekil 4.4. Mazak Integrex I200.	32
Şekil 4.5. Nikon TS2-S-SM model mikroskop.	33
Şekil 4.6. Lombardore TL70 Alpa.	34
Şekil 4.7. Oxford Instruments Foundry Master X Line spektral analiz cihazı.	34
Şekil 4.8. Deney numunesi örneği.	35
Şekil 4.9. İş parçası, kesici takım ve takım tutucu.	36
Şekil 4.10. Nikon TS2-S-SM ile inceleme.	36
Şekil 5.1. Kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi.	39
Şekil 5.2. ZCC DNMG 11-04-04-DF-YBC252 model kesme ucundaki aşınma.	40
Şekil 5.3. SANDVIK DNMG-11-04-08-PF-4315 kaplama deformasyonu.	41
Şekil 5.4 SANDVIK DNMG-11-04-08-PF-4315 uç aşınması.	41

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 2.1. Paslanmaz çelik standartları [2].	4
Çizelge 2.2. Östenitik paslanmaz çeliklerin kimyasal bileşimleri [19] [20].	10
Çizelge 2.3. Ferritik paslanmaz çeliklerin kimyasal bileşimleri [2] [19] [20].	12
Çizelge 2.4. Martenzitik paslanmaz çeliklerin kimyasal bileşimleri [2].	13
Çizelge 2.5. Martenzitik paslanmaz çeliklerin mekanik özellikleri [2].	14
Çizelge 2.6. Çökelme sertleşmeli paslanmaz çeliklerin kimyasal bileşimleri [2].	14
Çizelge 4.1. AISI 420 kimyasal içeriği.	30
Çizelge 4.2. Mazak Integrex İ200 özellikleri.	33
Çizelge 5.1. Kesici takım uç radiusunun yüzey pürüzlülüğüne etkisi.	38
Çizelge 5.2. Kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi.	39
Çizelge 5.3. Takım aşınma deneyi tezgah parametreleri.	40

KISALTMALAR

AISI	American Iron and Steel Institute
CNC	computer numerical control
CVD	Chemical vapor deposition
Dk	Dakika
HB	Hardness Brinell
m	Metre
mm	Milimetre
MPA	Megapaskal



SİMGELER

N	Azot
P	Fosfor
C	Karbon
Co	Kobalt
Cr	Krom
CrN	Kromnitür
Cr ₂ O ₃	Kromoksit
S	Kükürt
Mn	Manganez
Mo	Molibden
Ni	Nikel
Nb	Niyobyum
Se	Selenyum
Si	Silisyum
W	Tungsten

ÖZET

AISI 420 PASLANMAZ ÇELİĞİN KESİCİ TAKIM VE KAPLAMAYA BAĞLI İŞLENEBİLİRLİĞİ

Emrah BAŞIHOŞ

Düzce Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Fehmi ERZİNCANLI

Temmuz 2019, 47 sayfa

Bu tez çalışmasında, Hafif Silah Sanayiinde ısı dayanımı, korozyon direnci ve görselliği sayesinde büyük bir talep gören paslanmaz çeliklerden olan AISI 420 kalite martenzitik paslanmaz çeliğin işlenebilirliği incelenmiştir. Yapılan deneysel çalışmalarda kesme hızının ve kesici takım uç radiusunun yüzey pürüzlülüğüne olan etkileri ile kesici takım kaplamasının takım aşınmasına olan etkisi gözlemlenmiştir. Bu deneysel çalışmalar seçilen malzemenin işlenebilirliği hususunda önemli bilgiler vermiştir. Bu araştırmada AISI 420 kalite martenzitik paslanmaz çelik deney numuneleri, seçilen CNC millturn tezgahında, farklı uç radiuslarına sahip ve farklı kaplama çeşitleri ile kaplanmış karbür kesici uçlar yardımıyla işlenmiştir. İşleme sonrası deney numunelerinin yüzey pürüzlülükleri Lombardore TL70 Alpa model pertometre cihazı ile ölçülmüştür. Takım kaplamasındaki aşınmalar Nikon marka TS2-S-SM mikroskop yardımı ile analiz edilmiştir. Deney sonuçları neticesinde takım uç radiusunun yüzey pürüzlülüğüne etki eden çok önemli bir faktör olduğu görülmüştür. 0.8 mm uç radiuslu takım ile işlenen parçaların yüzey kaliteleri net bir şekilde 0.4 mm uç radiuslu takımla işlenen parçalarından iyi çıkmıştır. Aynı şekilde kesme hızındaki artışa paralel olarak yüzey kalitesinde de önemli oranda iyileşme kaydedilmiştir. Mikroskop yardımı ile gerçekleştirilen takım aşınma incelemesi göstermiştir ki kimyasal buhar biriktirme (CVD) yöntemi ile Ti(CN) +Al₂O₃+TiN kaplanan kesici takım AL₂O₃+TiCN kaplı takıma göre daha iyi bir aşınma direnci göstermiştir.

Anahtar sözcükler: AISI 420, İşlenebilirlik, Kesme hızı, Takım uç radiusu, Yüzey pürüzlülüğü.

ABSTRACT

MACHINABILITY OF AISI 420 STAINLESS STEEL DEPENDING ON CUTTING TOOL AND COATING

Emrah BAŞIHOŞ

Düzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Mechanical
Engineering

Master's Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Fehmi ERZİNCANLI

July 2019, 47 pages

This study aims to investigate the machinability of martensitic stainless steel AISI 420 which prefers by defence industry because of its corrosion, heat resistance and its visuality. The influence of cutting speed (V_c) and tool nose radius on surface roughness were analyzed and the effect of coating on tool wear was examined. These experimental results gave lots of information about the materials machinability. In this research, AISI 420 experiment materials were turned by computer numerically controlled (CNC) millturn machine with coated carbide tools. The tools had different coatings and nose radius. Surface roughness measured with Lombardore tl70 Alpa perthometer. Tool wears analyzed with Nikon TS2-S-SM microscope. Through the analysis of the results in the present work, the nose radius was identified as the most significant parameter. Surface quality was absolutely better with larger nose radius 0,8 mm than 0,4 mm. Also increasing of the cutting speed had positive effect on surface quality. Microscope analyze results showed that $Ti(CN) + Al_2O_3 + TiN$ coated tools with CVD method had better tool wear resistance than $Al_2O_3 + TiCN$ coated ones.

Keywords: AISI 420, Cutting speed, Machinability, Surface roughing, Tool nose radius.

1. GİRİŞ

Çeliğin insanlık tarihinde çok önemli bir yeri vardır. Çeliğe şekil verilmesi ve alaşımlanması ile günümüze değin birçok teknolojik gelişme meydana gelmiştir. Alaşımli çeliklerin ortaya çıkışı ve gelişimi, yeni alaşımlama yöntemlerinin ve alaşım elementlerinin etkisi ile olmuştur. Çelik muhteviyatına ilave edilen alaşım elementleri sayesinde çeliklerin kalitesinde gözle görülür artış yaşanmıştır. Örneğin alaşım elementlerinin takviyesi ile çeliğe daha fazla korozif direnç kazandırılmış ve bir takım mekanik özelliklerde artış gözlenmiştir [1].

Paslanmaz çelikler, alaşım oranı fazla olan çelik türleri olarak değerlendirilirler. Paslanmaz çeliklerin üretimi için gereken ana alaşım elementi kromdur (Cr). Düşük oranlarda karbon (C) içeren çeliklere %11 veya daha fazla miktarda krom ilave edilerek atmosfer koşullarında korozif direnç sağlanmaktadır. Krom elementi, çeliğin yüzeyinde pasive vaziyette bulunmakta ve yenilenebilir kromoksit (Cr_2O_3) katmanı oluşturmaktadır. Bu katman, çeliğin korozif ortamlara karşı oksitlenme direncini arttırmaktadır [2].

Talaşlı kaldırma tekniği, şekli, yüzey kalitesi ve ölçüleri daha önceden belirlenen iş parçalarına, talaşlı imalat tezgahlarında talaş kaldırma işlemi ile şekil verilmesi olarak tanımlanır. Talaşlı imalat, iş parçasının, kesici takımın veya her ikisinin belirlenmiş hareketleri sayesinde kesici takımın, iş parçası üzerinde belirli bir kısımda gerilim oluşturmasıdır. Oluşan bu gerilim sonu en çok etkilenen faktörlerden biri de kesici takım ömrüdür [3].

Kesici takımın ömrünün daha uzun olması ve uygun kalitede iş parçası üretilerek hammadde israfının önüne geçilebilmesi için, kesme şartlarını ve performansını çok iyi belirlemek gerekir. Bunun sağlanabilmesi için, bilim insanları sürekli olarak kesici takım ömürlerine etki eden etmenleri incelemektedir. Talaşlı imalatta en çok kullanılan talaş kaldırma yöntemlerinden biri olan tornalama işleminde iş parçasının yüzey kalitesine ve kesici takımın ömrüne etki eden pek çok değişken ve durum söz konusudur. Kesici takımın ömrüne ve imalat sonucu ortaya çıkacak parça kalitesine etki eden etmenler; kesici takım şekli, işleme esnasındaki ilerleme hızı, kesme hızı, paso miktarı, kesici takım yüzeyindeki kaplama türü, iş parçası ve kesici takımın tutma şeklindeki rijitlik vb.' dir.

Bu gibi değişkenlerin doğru belirlenmesi hem imalatı gerçekleşen iş parçasının yüzey kalitesini hem de kesici takımın ömrünü artırmaktadır. Bu sayede üretim maliyetleri düşerken, tüketilen enerji miktarı da azalmaktadır. Tüm bunlar düşünöldüğünde değişkenlerin doğru seçilmesindeki önem ortaya çıkmaktadır. Doğru parametreler seçildiğinde paslanmaz çeliklerin işlenebilirliğinde önemli iyileşmeler görölmekte ve buda paslanmaz çeliklerin kullanım alanlarının yaygınlaşmasında önemli rol oynamaktadır [4].

Paslanmaz eliklerin kullanımı günümüzde oldukça hızlı yaygınlaşmaktadır. Özellikle savunma sanayi, havacılık, tıp, nükleer enerji, gıda, gemi sanayii gibi birçok alanda gün geçtikçe kullanımları artmaktadır. Paslanmaz elik kullanan sektörlerin taleplerine göre değişen mekanik ve kimyasal özellikleri sağlamak amacıyla paslanmaz çeliklerin bileşimlerinde yapılan değişiklikler paslanmaz çeliklerin işlenebilirliklerine de etki etmektedir. Paslanmaz eliklerin talaşlı imalatı oldukça zorlu bir prosestir. Bu süreçte istenilen yüzey kalitesini sağlayabilmek için oldukça fazla çaba sarf edilmektedir. Paslanmaz eliklerde bulunan özelliklerden; yüksek çekme mukavemeti ve korozyon dayanımı, ısıl iletkenliklerinin düşük olması, sünek malzeme olmaları, yüksek miktarlarda krom ve nikel (Ni), az miktarda da molibden (Mo) vb. mukavemet artırıcı elementler içermeleri ve işlenirken pekleşme yapısı göstermeleri, talaş kaldırmayı zorlaştıran temel etkenlerdir. İşlenebilirliğin azalması talaşlı imalatını gerçekleştirenler için büyük sorun teşkil ederken işleme maliyetlerini de ciddi oranda artırmaktadır. Bunun yanında işlenen malzemede istenilen yüzey kalitesinin elde edilememesi o malzemenin kullanımı sırasında pek çok soruna yol açmaktadır ki bu da daha büyük maliyet artışlarına sebep olmaktadır [5].

Hafif Silah Sanayiinde paslanmaz elik kullanan firma sayısı oldukça azdır. Bunun başlıca sebebi olarak işlenebilirliğinin 4140 vb. eliklere göre çok daha zor olması ve malzeme maliyetlerinin yüksek olması gösterilebilir.

Bu alışmada Hafif Silah Sanayiinde ısıl dayanımı, korozyon direnci ve görşelliği sayesinde büyük bir talep gören paslanmaz çeliklerden olan AISI 420 kalite martenzitik paslanmaz çeliğin işlenebilirliğinin, farklı kesici takımlar ve kesici takım kaplamaları ile değişimi gözlemlenecektir. Gerçekleştirilecek olan deneysel çalışmalarda kesme kuvvetinin yüzey pürüzlölüğüne olan etkisi, takım uç radiusunun yüzey pürüzlölüğüne olan etkisi ve takım kaplamasının takım aşınmasına olan etkisi incelenecektir.

2. PASLANMAZ ÇELİKLER

Günümüz endüstrisinde oldukça yaygın kullanım alanı bulunan paslanmaz çeliklerin çeşit miktarının 200'e yaklaştığı bilinmektedir. Farklı sanayi alanlarında kullanılan paslanmaz çelik çeşitlerinin bir kısmında krom oranı %30'lara kadar ulaşmakta, bir kısmında da farklı alaşım elementleri kullanılarak talaşlı imalat kolaylığı sağlanmaktadır [6].

Paslanmaz çeliklerin imalatında pek çok farklı alaşım elementleri kullanılmaktadır. Bunlardan en mühim olanı korozif direnci önemli ölçüde artıran kromdur. Krom, çelik alaşımlarında %11 ve daha üzerinde kullanıldığında çeliklerin korozyon dayanımını arttırmaktadır. Krom takviyesi ile çeliklerin yüzeylerinde yenilenebilen, ince ve şeffaf bir kromoksit katmanı oluşmaktadır. Kromoksit katmanı, atmosfer koşulları altında çeliklerin yüzeylerinde ince bir pasivasyon tabakası oluşturarak korozyona karşı direnci artırmaktadır.

Paslanmaz çelik üretiminde krom ile birlikte en çok tercih edilen alaşım elementlerinden biri nikelidir. Nikelin paslanmaz çelik içeriğindeki görevi östenit oluşturucu olarak kullanılmasıdır. Aynı zamanda atmosferik ortamda östenit kararlılığına pozitif etki etmektedir. AISI 300 serisi paslanmaz çeliklerde nikel oranı %8 ile %20 arasında değişmektedir. Bununla beraber alaşım elementleri arasında maliyeti en yüksek olanı nikelidir. Paslanmaz çelikler içerisinde en çok kullanılan grup olan östenitik paslanmaz çeliklerin, içeriğindeki yüksek nikel oranına bağlı olarak üretim maliyetleri de oldukça yüksektir.

Paslanmaz çeliklerin mekanik özellikleri ve korozyon dayanımları muhteviyatındaki alaşım elementlerinin oranları ile belirlenir. Paslanmaz çeliklerin en belirgin özelliği olan korozyon dayanımı ortam şartlarına ve alaşım elementlerinin oranlarına göre değişiklik göstermektedir. Sadece krom ihtiva eden paslanmaz çeliklerin atmosfer ortamındaki korozyon dayanımı yüksekken, asidik ortamlardaki korozyon dayanımı düşüktür. Krom ile beraberinde nikel ya da manganez (Mn) elementi ihtiva eden östenitik paslanmaz çelikler, asidik ortamlarda dahi yüksek korozyon dayanımı göstermektedirler [7].

Paslanmaz çelikler, esasen çok yüksek korozyon dayanımları nedeniyle tercih edilirler. Bu direnç içeriklerindeki krom oranının fazlalığından kaynaklanmaktadır. Demir

metaline %3-5 gibi düşük miktarlarda krom ilavesi az da olsa korozyon dayanımı sağlayacaktır. Ancak paslanmaz çelik ortaya çıkarabilmek için demire alaşım elementi olarak en az %12 krom ilave etmek gereklidir. Paslanmaz çelikler ilgili araştırmalara göre krom elementi, çeliğin alt tabakalarını korozyon oluşumundan koruyan bir kromoksit katmanı oluşturarak malzeme yüzeyini pasive eder. Bu tabakanın oluşması için paslanmaz çeliğin yüzeyinin oksitleyici maddeler ile teması gereklidir [8]- [9].

I. Dünya savaşı sonrasında Avrupa’da bir hurdacı korozyona uğramış hurdalar arasında parlayan bir top namlusu bulur ve bunun analiz edilmesini sağlar. Analiz sonucunda çeliğin muhteviyatında yüksek oranlarda krom bulunduğunu anlaşılır. Bu keşifle birlikte Avrupa’da paslanmaz çelik üretimi hızlı bir şekilde başlar. 1911’de General Elektrik firmasından C. Dantsizen, aydınlatma ampullerinde flaman maksatlı kullanımı için % 14-16 oranlarında krom ihtiva eden bir demir-krom alaşımı üretmiştir. Bu yıllarda Harry Brearley Britanya’da %12,8 krom elementi ihtiva eden bir alaşım ortaya çıkararak demir-krom alaşımlarının yüksek korozif direncinden faydalanmış ve kaşık, çatal, bıçak gibi mutfak malzemelerinin imalatında bu alaşımı kullanmıştır. Harry Brearley, geliştirdiği alaşımın metalografik dağlama ayıraçlarına direncini göz önünde bulundurarak bunlara “paslanmaz çelik” adını vermiştir. Çizelge 2.1’de en yaygın olarak kullanılan paslanmaz çelik türlerinin standartları verilmiştir [10]- [12].

Çizelge 2.1. Paslanmaz çelik standartları [2].

Paslanmaz Çelik Türü	AISI standardı	EN standardı
Martenzitik Paslanmaz Çelikler	410	14.006
	420	14.021
	420	14.028
	420	14.034
Ferritik Paslanmaz Çelikler	409	14.749
	430	14.016
	446	14.749
Çökelme Sertleşmeli Paslanmaz Çelikler	630	14.542
	631	14.568
Dubleks Paslanmaz Çelikler	2205	14.462
	2304	14.362
	255	14.507
Östenitik Paslanmaz Çelikler	201	14.372
	202	14.373
	204	14.597
	301	14.310
	304	14.301
	310	14.845
	316	14.436
	316Ti	14.571

2.1. PASLANMAZ ÇELİKLERİN ÜSTÜN ÖZELLİKLERİ

Paslanmaz çeliklerin tercihindeki başlıca gerekçeleri; yüksek ve düşük sıcaklık dayanımı, korozyon direnci, biçimlendirilebilme, görsellik, mekanik dayanım, kullanım ömrü ve hijyenik duyarlılık başlıkları ile sıralanabilir [12].

•Yüksek ve Düşük Sıcaklık Direnci:

Paslanmaz çeliklerin bazılarında, çok yüksek sıcaklıklara çıkıldığında dahi tufal oluşumu görülmez ve malzeme mukavemeti de azalmaz. Bazıları ise düşük sıcaklıklara maruz kalsalar dahi toklukları değişmez ve gevrekleşmezler.

•Korozyon Direnci:

Paslanmaz çeliklerin korozyon dirençleri oldukça fazladır. Alaşım miktarı az olanlar atmosfer ortamındaki korozyona dayanıklıdır. Alaşım oranı yüksek olanlar ise asidik, alkali ve klorür ihtiva eden ortamlara dahi dayanırlar.

•Biçimlendirilebilme:

Paslanmaz çeliklerin pek çoğu doğru parametreler seçildiğinde bilindik imalat yöntemleri ile şekillendirilebilirler.

•Görsellik:

Paslanmaz çeliklerin yüzeyleri yabancı madde hasarına karşı oldukça dayanıklı olduğundan uzun süre görsellikleri muhafaza edilebilir.

•Mekanik Dayanım:

Paslanmaz çelik türlerinin büyük kısmı soğuk şekillendirildiğinde pekleşme gösterir. Dayanımındaki artışla, tasarım süreçlerinde malzeme kesitlerinde düşüğe gidilerek maliyetler oldukça düşük seviyelere çekilebilir. Birtakım paslanmaz çeşitlerinde ise ısı işlem sayesinde malzemeleri mekanik açıdan çok daha dayanıklı hale getirmek mümkündür.

•Kullanım Ömrü:

Dayanımları ve bakımların kolay olması nedeniyle kullanım ömrü açısından ekonomik malzemelerdir.

•Hijyenik Duyarlılık:

Kolay temizlenebilen malzemeler olduklarından hijyen gerektiren sektörlerde oldukça fazla kullanımı mevcuttur.

2.2. PASLANMAZ ÇELİKLERİN ALAŞIM ELEMENTLERİ

Paslanmaz çelikler sahip olduğu özellikleri içeriğindeki alaşım elementleri vasıta ile kazanırlar. Bu elementlerin bir kısmı malzemeye paslanmazlık özelliği kazandırırken bir kısmı da istenen diğer özellikleri sağlamak için ayrıca ilave edilir. Bu elementlerin etkileri aşağıda belirtilmektedir [10], [12]- [13].

2.2.1. Karbon

Alaşım elementleri içerisinde önem açısından ilk sırada gelmektedir. Martenzitik paslanmaz çelik alaşımlarında karbon oranı %1,20'ye kadar çıkarken, östenitik, ferritik, ve çökeltme sertleşmeli gibi paslanmaz çeliklerde maksimum %0,03 karbon bulunur. Alaşım elementi olarak karbon güçlü östenit yapıcı özelliğe sahiptir. Çeliğin muhteviyatında ki karbon oranı ısıtma işlemde alacağı sertliği de önemli ölçüde etkilemektedir. Yapıda bulunan karbonun diğer alaşım elementleri ile metal karbür oluşturması istenmeyen bir durumdur. Çeliğin içeriğinde fazla miktarda karbon elementi varsa ısıtma işlem sırasında krom ile karbon krom karbür oluşturur ve tanecik sınırlarında çökeltme olur. Bu da katı eriyik içerisindeki krom miktarını azaltır. Bu şekildeki paslanmaz çeliklerde korozyon dayanımı azalmaktadır. Metal karbür oluşumu gözlenen paslanmaz çeliklerde tanecikler arasında korozyon artışı olmaktadır.

2.2.2. Nikel

Östenit alanının genişlemesinde önemli bir etkiye sahiptir ve normal şartlar altında östenitik yapıyı koruyucu rol almaktadır. Yüzeyde oluşan koruyucu pasivasyon tabakasına doğrudan etki etmez fakat ortamda bulunan sülfür ve klorüre karşı paslanmaz çeliği korur. Nikel paslanmaz çeliğe kazandırdığı yüksek süneklik ve tokluğun yanında işlenebilirliğe de pozitif etki yapmaktadır.

2.2.3. Manganez

Deoksidasyonu en iyi sağlayan alaşım elementidir. Östenit yapı oluşturmak için kullanılmaktadır. %4-%15 arası mangan ihtiva eden paslanmaz çelikler oda sıcaklığında

östenitik yapıyı muhafaza edebilmektedir. AISI 200 serisi paslanmaz çelik türlerinde nikel elementine alternatif olmakta ve östenit yapı oluşturmada kullanılmaktadır. Çeliğin muhteviyatındaki mangan oranı aşınma direncini ve kaynak kabiliyetini önemli ölçüde artırmaktadır.

2.2.4. Molibden

Ferrit ve karbür oluşturan bir elementtir. Sürünme dayanımını ve yüksek sıcaklık direncini artırır. Korozif olmayan ortamlarda genel korozif direnci, diğer ortamlarda ise çukurcuk korozyon direncini arttırmak için kullanılır.

2.2.5. Niyobyum

Niyobyum (Nb) karbür yapıcı elementlerdendir. Östenit yapılı paslanmaz çeliklerde krom karbür çökmesine karşı önlem olarak dengeleme amaçlı kullanılır. Az da olsa ferrit yapıcı özelliği de vardır. Yüksek dayanımlı birtakım alaşımlara, mukavemeti ve sertliği değiştirmek için katılmaktadır. Bazı martenzit yapılı paslanmaz çeşitlerine, karbon atomlarını bağlayarak, çelikteki sertleşme yönelimini azaltmak maksadıyla ilave edilir. Tanecikler arası korozyon oluşumunu önler.

2.2.6. Azot

Azot (N) östenit yapı oluşturan bir alaşım elementidir. Dupleks ve östenitik paslanmaz çeliklerde krom nitrür (CrN) bileşikleri oluşturarak, çukur korozyonuna ve tanecikler arası korozyona karşı direnç sağlamaktadır. Östenit yapılı çeliklerde akma dayanımını da artırmaktadır.

2.2.7. Silisyum

Silisyum (Si) çeliğin direncinin artırılmasında kullanılır. Su verilmiş ıslah çeliklerinde çekme mukavemetini artırır. Çeliğin soğuk şekillendirmeye karşı mukavemetini artırır.

2.2.8. Krom

Karbür ve ferrit yapı oluşturur. Paslanmaz çeliklerin tufalleşmeye ve korozyona karşı dayanımını sağlayan asıl elementtir. Sürünme mukavemeti ve yüksek sıcaklık dayanımına bariz bir etkisi bulunmamaktadır.

2.2.9. Kükürt, Fosfor ve Selenyum

Molibden veya zirkonyum ile kükürt (S), fosfor (P) ve selenyumdan (Se) biri paslanmaz çeliğe katıldığında talaşlı işlenebilirliğin arttığı gözlenmektedir. Ancak her üçü de kaynak metalinde çatlamaya neden olmaktadır.

2.2.10. Kobalt

Kobalt (Co) pek çok paslanmaz çelik alaşımının yüksek sıcaklık değerlerindeki mukavemet ve sürünme özelliklerini artırmak için kullanılır.

2.2.11. Bakır

Bakır (Cu) korozyon direncine pozitif etki sağlar.

2.2.12. Tungsten

Tungsten (W) yüksek sıcaklık alaşımlarının bazılarının sürünme dayanımını ve mukavemetini artırılması amacıyla katılır. Ferrit yapma özelliği de fazladır.

2.2.13. Titanyum

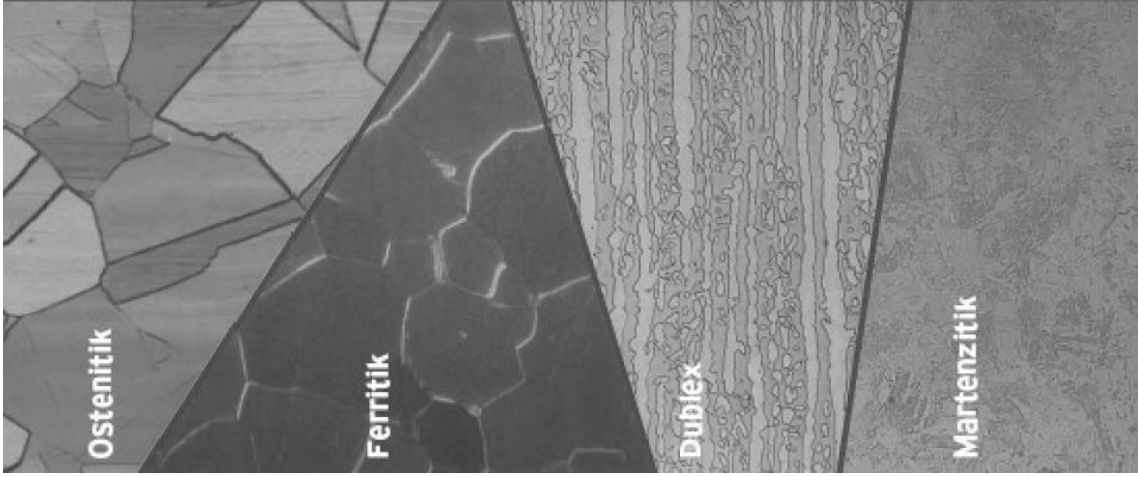
Titanyum (Ti) kuvvetli nitrür, karbür ve ferrit yapıcıdır. Östenitik yapıdaki çeliklerde krom karbür çökmesine önlem amaçlı dengeleyici olarak kullanılır. Yüksek sıcaklık dayanımı olan çeliklere mukavemeti ve sertliği arttırmak amacıyla kullanılır. Alüminyum (Al) ile beraber yaşlanma sertleşmesine etki etmek için ısıl direnci olan ve yüksek mukavemetli alaşımlara katılır.

2.3. PASLANMAZ ÇELİKLERİN SINIFLANDIRILMASI

Paslanmaz çelik türlerini temelde 5 gruba ayırabiliriz:

- Martenzitik paslanmaz çelikler
- Östenitik paslanmaz çelikler
- Ferritik-Östenitik (dubleks) paslanmaz çelikler
- Ferritik paslanmaz çelikler
- Çökeltme sertleştirmeli paslanmaz çelikler.

Şekil 2.1’de belirtilen paslanmaz çelik türlerinden bazılarının mikroyapıları gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Bazı paslanmaz çelik türlerinin mikro yapıları [12].

2.3.1. Östenitik Paslanmaz Çelikler

Östenitik paslanmaz çelikler, içeriğinde %12-25 arası krom, %8-25 arası Nikel ve %20’ye varan oranlarda mangan elementi içerirler. Östenit yapıyı mangan ve nikel oluşturur. Östenitik paslanmaz çelikler kullanım alanlarının fazlalığı ve alaşımlarının kalitesi açısından en zengin olan gruptur. Yüzey merkezli kübik kafes yapılarını oda sıcaklığında da yüksek sıcaklıklara çıkıldığında da koruyabildiğinden herhangi bir ısıtma işlemi ile sertleştirilmeleri mümkün değildir. Düşük sıcaklık değerlerinde dahi toklukları, sünek yapıları ve şekillendirilebilirlikleri çok iyidir. Mukavemet artışı ancak soğuk şekillendirme ile sağlanabilir [9].

Termal genişleme katsayıları karbonlu çeliklere nazaran daha yüksektir. Aynı zamanda elektrik dirençleri daha fazlayken, termal iletkenlikleri ve ergime noktaları daha düşüktür [16]- [17].

Korozyon dayanımları özellikle oksidatif ve redüktif ortamlarda oldukça yüksektir. Korozyon dayanımının arttırma bilmek adına krom elementinin ferrit oluşturucu etkisini azaltmak için östenit yapıcı elementler ilave edilir. Östenit yapılı paslanmaz çelik türlerinin kimyasal bileşimleri Çizelge 2.2’de gösterilmiştir [18].

Çizelge 2.2. Östenitik paslanmaz çeliklerin kimyasal bileşimleri [19] [20].

Kalite	%C	%Ni	%Cr	%Si	%Mo	%Mn	%S	%P	Diğer
201	0,15	3,50-5,50	16,0-18,0	1	-	5,5-7,5	0,03	0,06	0,25N
202	0,15	4,0-6,0	17,0-19,0	1	1	7,5-10,0	0,03	0,06	0,25N
204Cu	0,15	1,5-3,5	15,5-17,5	0,75	-	6,5-9,0	0,03	0,06	2,0-4,0 Cu
301	0,15	6,0-8,0	16,0-18,0	-	-	2	0,03	0,045	-
304	0,08	8,0-12,0	18,0-20,0	-	-	2	0,03	0,045	-
304L	0,03	8,0-12,0	18,0-20,0	-	-	2	0,03	0,045	-
310	0,25	19,0-22,0	24,0-26,0	1,5	-	2	0,03	0,045	-
316	0,08	10,0-14,0	16,0-18,0	1	2,0-3,0	2	0,03	0,045	-
316 Ti	0,08	10,0-14,0	16,0-18,0	1	2,0-3,0	2	0,03	0,045	0,50 Ti

Östenitik paslanmaz çeliklerde kullanılan başlıca alaşım elementleri ve bunların etkileri aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- Kaynak işlemi uygulanmış malzemelerde tanecikler arasındaki korozyonu önleme amaçlı olarak karbon oranının düşürülmesi ya da niyobyum ve titanyum gibi kararlılığı artıran elementlerin ilavesi gereklidir. Karbon elementi ne kadar östenit yapıcı olsa da aynı zamanda karbür oluşturması korozyon dayanımına negatif etki etmektedir.
- Gerilmeli korozyonun önlenmesinde nikel oranının yükseltilmesi gereklidir.
- Alaşımındaki krom ve nikel miktarının artışı yüksek sıcaklıklardaki korozyon dayanımını artırmaktadır.
- Molibden takviyesiyle mineral ve organik asitlere karşı direnç artar. Bu sayede çatlak ve ya çukurlarda oluşacak korozyonun önüne geçilir.

2.3.1.1. Östenitik Paslanmaz Çeliklerin Kullanım Alanları

Östenitik paslanmaz çeliklerde, içyapılarının östenit olmasından dolayı, sünek yapıdan gevrek yapıya geçiş sıcaklığının altındaki görülen gevrekleşme görülmez. Bu tür çeliklerin korozyon dayanımları ve martenzitik paslanmaz çeliklerden göre daha iyidir. Çok düşük ve yüksek sıcaklıklardaki korozyon dayanımları, üstün mekanik özellikleri bu tür paslanmaz çeliklerin pek çok tercih edilen bir yapı çeliği olmasını sağlamaktadır [8].

AISI 304 olarak belirtilen östenitik çelikler sünek yapıları ve yüksek şekillendirilebilme kabiliyetleri sayesinde en yaygın olarak kullanımda olan paslanmaz çeliklerdir. Molibden ilavesi ile 304 kalite paslanmaz çeliklerden 316 ve 317 kaliteler türetilmektedir. Bu sayede noktasal korozyon dayanımı artırılmaktadır. Kaynak işlemlerinde tanecikler arası korozyonu önlemek amacıyla düşük karbonlu 304L serisi çelikler geliştirilmiştir [12].

AISI 301 kalite paslanmaz çelikler yüksek mukavemet, süneklik ve pekleşme hızının gerektiği yerlerde kullanılır. AISI 302 kalite çelikler pek çok alanda kullanılan genel maksatlı bir paslanmaz çelik türüdür. Süs eşyaları, havacılık parçaları, gıda taşıma ekipmanları, yaylar, inşaat dış cepheleri, pişirme aletleri, mücevherat, petrol rafine ekipmanları, isimlikler vb. yapımında kullanılır. AISI 309 çelikler yüksek sıcaklık mukavemeti ve korozyon dayanımı sayesinde, pompa parçaları, uçak ısı ekipmanları, ısı işlem fırın parçaları, tav fırını kapakları gibi malzemelerin üretiminde kullanılır. AISI 310 kalite paslanmaz çelikler 309 serisinden daha yüksek korozyon direnci ve yüksek sıcaklığa karşı dayanım gösterirler. Eşanjörler, fırın ekipmanları, gaz türbini kanatçıkları, kaynakta kullanılan dolgu metalleri vb. yapımında kullanılırlar. AISI 316 kalite çelikler 304 kaliteden daha fazla korozyon ve sürünme dayanımına sahiptirler. Fotoğrafçılık ekipmanları, tencere vb. pişirme gereçleri imalatında kullanılır. 316L kalite çelikler ise 316 kalitenin karbür çökmesinden etkilendiği yoğun bir şekilde kaynak gerektiren yapılarda kullanılırlar.

2.3.2. Ferritik Paslanmaz Çelikler

Esasen %12-30 oranlarında krom ihtiva eden demir-krom alaşımlarıdır. Standard ısı işlem şartlarında yapıları genellikle ferritik olarak bulunduğu için bu alaşımları ferritik olarak adlandırılırlar. Özellikle ısı direnç ve korozyon dayanımının istendiği noktalarda genel yapı malzemesi olarak kullanılmaktadırlar. Nikel içermedikleri için ekonomiktirler ve bu yönleri ile tasarım mühendisliğinde önemli bir yer tutarlar. Ancak bunlarla beraber çentik hassasiyetleri, sünekliklerinin düşük olması ve kaynak kabiliyetlerinin az olması nedeniyle östenitik paslanmaz çelik grubu kadar fazla tercih edilmezler. Bu tür problemlerin üstesinden gelebilmek adına karbon oranı düşük ve içeriğinde azot bulunan yeni tip ferritik paslanmaz çelikler türetilmeye başlanmıştır. Çizelge 2.3'te ferritik paslanmaz çeliklerin kimyasal kompozisyonu görülmektedir [9].

Çizelge 2.3.Ferritik paslanmaz çeliklerin kimyasal bileşimleri [2] [19] [20].

Kalite	%C	%Cr	%Mo	%Mn	%S	%Si	%P	Diğer
405	0,08	12,0-14,0	-	<1,0	0,015	<1,0	0,04	
409	0,03	10,5-12,5	-	<1,0	0,015	<1,0	0,04	0,65 Ti
410	0,08	12,0-14,0	-	<1,0	0,015	<1,0	0,04	
430	0,08	16,0-18,0	-	<1,0	0,015	<1,0	0,04	
434	0,08	16,0-18,0	0,9-1,40	<1,0	0,015	<1,0	0,04	
439	0,05	12,0-14,0	-	<1,0	0,015	<1,0	0,04	0,8 Ti
444	0,025	17,0-20,0	1,8-2,5	<1,0	0,015	<1,0	0,04	0,8 Ti
446	0,02	26,0-29,0	-	<1,0	0,015	<1,0	0,04	0,5-1,0 Al

2.3.3. Ferritik Östenitik (Dubleks) Paslanmaz Çelikler

Dubleks paslanmaz çelikler içyapı olarak hem östenitik hem de ferritik yapılar barındırdığından iki yapının da karakteristik özelliklerini göstermektedirler. Bu sayede tokluk ve süneklik açısından ferritik çeliklerden daha üstün, gerilme dayanımı ve korozyon direnci açısından da östenitik çeliklerden daha başarılıdır. İki faz içermesi sayesinde tavlama durumunda dahi 540-700 MPa gibi çok yüksek değerlerde akma dayanımı göstermektedirler [21].

Üstün özellikleri sayesinde değişik şekil ve ölçülerde üretilerek çok farklı sektörlerin kullanımına sunulurlar. Denizlerdeki petrol platformları, ısı değiştiriciler, deniz suyu, gaz ve petrol boruları, yüksek basınçlı kaplar, dökme vana ve pompa imalatı, kimyasal teçhizat yapımı gibi pek çok alanda kullanılırlar [22].

2.3.4. Martenzitik Paslanmaz Çelikler

%0,1'den fazla karbon oranına sahip çeliklerin içyapıları yüksek sıcaklıklarda östenitik haldedir. Östenit yapı oluşturma sıcaklığı çeliklerin türlerine göre değişmekle birlikte 950- 1050°C aralığındadır. Martenzitik içyapı elde etmek için bu sıcaklıklardaki çeliğe su verilmesi gerekir. Bu sayede artan karbon oranı ile birlikte sertlik ve mekanik dayanım da artış gösterir. Bu tür çelikler hammadde pazarında genellikle tavllanmış ve ıslah edilmiş olarak bulunurlar. Tavllanmış vaziyette tedarik edilen malzemeler işlendikten sonra ıslah işleminden geçirilir. Bu malzemenin korozyon dayanımındaki kritik noktalardan en önemlisi doğru ısıl işlem parametrelerinin seçilmesidir [12].

Martenzitik paslanmaz çelikler genelde tavlanmış, menevişlenmiş veya su verilmiş halde kullanılmaktadırlar. Isıl işlem sırasındaki soğuma hızı martenzit oluşumunda kritik rol oynamaktadır. Martenzitik yapı oluştuğunda korozyon dayanımı çok yüksektir ve bu özellik çeliğin 815°C'ye kadar paslanmazlık özelliğini korumasını sağlar. Bu değer üzerinde sıcaklıklara uzun süre maruz kalındığında bir süre sonra korozyon oluşumu görülmeye başlanır. Bu nedenle 700°C ve üstündeki sıcaklıklar için kullanımı çok fazla önerilmemektedir. Martenzitik paslanmaz çelik türlerinin kimyasal bileşimleri Çizelge 2.4'te gösterilmektedir.

Çizelge 2.4. Martenzitik paslanmaz çeliklerin kimyasal bileşimleri [2].

Kalite	%C	%Cr	%Ni	%Mn	%Si	%S	%P
410	0,08-0,15	11,5-13,5	<0,75	<1,5	<1,0	0,015	0,04
420 (X20Cr13)	0,16-0,25	12,0-14,0	-	<1,5	<1,0	0,015	0,04
420 (X30Cr13)	0,26-0,35	12,0-14,0	-	<1,5	<1,0	0,015	0,04
420 (X39Cr13)	0,36-0,42	12,5-14,5	-	<1,0	<1,0	0,015	0,04
420 (X46Cr13)	0,43-0,50	12,5-14,5	-	<1,0	<1,0	0,015	0,04

Martenzitik paslanmaz çeliklerin içerdiği karbon oranı mekanik özelliklerini ciddi oranda etkilemektedir. Çizelge 2.5'te görüldüğü üzere sertlikleri ve çekme dayanımları östenit ve ferritik paslanmaz çeliklerden daha fazladır. Karbon oranındaki artış malzemenin tokluğuna sünekliğine negatif etki etmektedir.

Çizelge 2.5. Martenzitik paslanmaz çeliklerin mekanik özellikleri [2].

Kalite	Çekme Dayanımı (MPa)	0,2 Akma Dayanımı (MPa)	Uzama (%)	Sertlik (Plaka) (HB)
410	600	200	20	191
420 (X20Cr13)	700	345	15	219
420 (X30Cr13)	740	345	15	233
420 (X39Cr13)	760	345	15	233
420 (X46Cr13)	780	345	15	247

Martenzitik paslanmaz çeliklerin kullanım alanı daha çok kesici takım sanayi, karıştırıcılar, basınçlı valfler, pompalar ve birtakım savunma sanayii ekipmanlarıdır [12].

2.3.5. Çökeltme Sertleşmesi Uygulanabilen Paslanmaz Çelikler

Çökeltme sertleşmesi uygulanabilen paslanmaz çelik türleri demir, krom ve nikelli paslanmaz çelikler grubundadır. Titanyum, niyobyum, bakır, molibden ve alüminyum, gibi alaşım elementlerinin etkisi ile çökeltme sertleşmesi gösterirler. Çizelge 2.6'da Çökeltme sertleşmeli paslanmaz çeliklerin kimyasal bileşimleri verilmiştir [8].

Çizelge 2.6. Çökeltme sertleşmeli paslanmaz çeliklerin kimyasal bileşimleri [2].

Kalite	%C	%Cr	%Ni	%Mn	%Mo	% Diğer
PH 13-8 Mo	600	200	20	90	1,0-2,0	2,0-2,5 Mo / 0,9-1,35 Al / 0,01 N
PH 15-5	700	345	15	95	6	2,5-4,5 Cu / 0,15-0,45 Nb
PH 17-4	740	345	15	97	2,5-3,5	3,0-5,0 Cu / 0,15-0,45 Nb
PH 17-7	760	345	15	97	2,9-3,9	0,75-1,0 Al

Bu çelikler kontrollü çökeltme sertleşmesine maruz kalarak gerekli mukavemeti kazanmaktadırlar. Bakır, alüminyum, titanyum, niyobyum ve molibden gibi elementlerin ilavesi ile çökeltme oluşumu sağlanır. Çökeltme sertleşmesi genel olarak alaşımın çözeltiye alınma tavı sonrası uygulanan hızlı soğumanın ardından gelen bir yaşlandırma

operasyonudur. Çeliğin muhteviyatındaki alaşım elementleri çözeltilmeye alınma tavlama esnasında çözünerek, yaşlandırma operasyonu esnasında da küçük tanecikler halinde çökerek matrisin mukavemetini ve sertliğini artırırlar. Bu operasyon sonrasında çelik, östenitik paslanmaz çeliğin korozyon dayanımını ve martenzitik paslanmaz çeliğin mekanik özelliklerini kazanabilmektedir. Bu tür paslanmaz çeliklerin mukavemetleri martenzitik paslanmaz çeliklerin mukavemetlerinin de üzerine çıkarak 1700 MPa değerine kadar yükselebilmektedir [23].



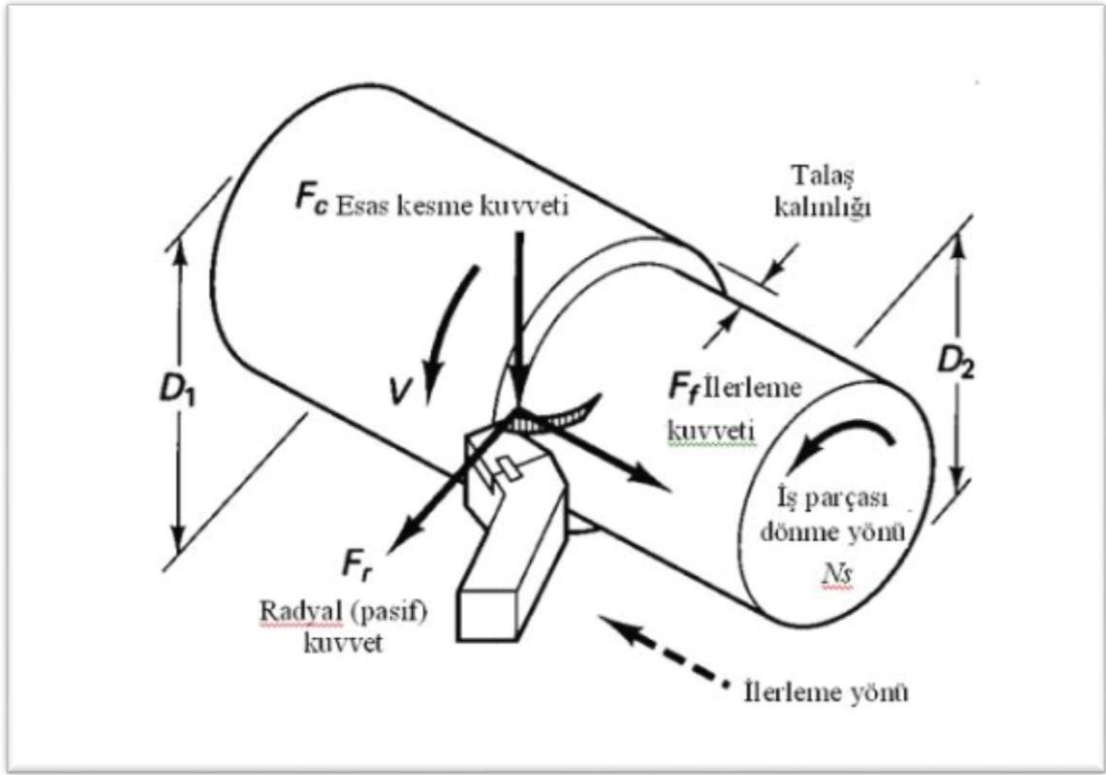
3. TALAŞLI İMALAT MEKANİĞİ

Talaşlı imalat yöntemleri, malzemeleri istenen geometrilere getirmek için kullanılan en yaygın yöntemlerdendir. Özellikle ölçüsel hassasiyet, farklı parça geometrilerine uygulanabilir olması, ekonomik açıdan çok farklı uygulama şekillerinin bulunması gibi unsurlar talaşlı imalatı en önemli imalat yöntemleri arasında tutmaktadır.

Talaşlı imalat; dövme, döküm vb. diğer imal yöntemleriyle yöntemleri ile imal edilmiş hammadde veya yarı mamulün, imalat teknik resmine uygun ölçülere getirilmesi için malzeme üzerindeki fazla kısımların kesici takım yardımıyla talaş kaldırarak işlenmesidir. Talaşlı imalat yönteminde kesme hareketi, iş parçasının kesici takımın önünde plastik deformasyonunu ve deformasyona uğrayan bu tabakanın talaş halini alarak ortamdan uzaklaşmasını gerektirir. Talaşlı imalat genellikle metallere uygulanır görünse de plastik, ahşap vb. birçok farklı malzemede talaşlı imalat ile şekillendirilebilir. Savunma, uzay ve havacılık, kalıp, otomotiv gibi pek çok endüstriyel alanda pek çok ürüne nihai şekli talaşlı imalat işlemleri ile kazandırılır. Talaşlı imalat yöntemiyle iş parçaları çok dar toleranslarda işlenebilirken aynı zamanda çok iyi yüzey kaliteleri yakalanabilmektedir [24], [25].

Talaşlı imalattaki en önemli parametrelerden olan kesme kuvvetlerinin, kesici takım ile talaş arasında bulunan temas mesafesi ile bağlantılı olduğu değerlendirilmektedir. Farklı fazlardan oluşan ve çıkardığı talaş yapısı kesikli olan malzemelerin işlenmesinde esnasında ortaya çıkan kesme kuvvetlerinin çok düşük seviyelerde olmasının sebebi temas mesafelerinin düşük olmasıdır. Kesme hızındaki artış, ince talaş oluşumu sağladığı, kayma açısında artışa neden olduğu ve temas mesafesini sınırladığı için kesme kuvvetini azaltan etmenlerdendir. Kesici takımların temas uzunlukları sınırlandırılarak da kesme kuvvetlerinde azalma sağlanabilir. Kesici takımların geometrikleri de kesme kuvvetlerini etkileyen unsurlardandır. Kesme açısının optimum değerlerin üzerinde çıkması takım aşınmalarında artışa sebebiyet vermektedir. Aşınmalar sonucu oluşacak boşluklar temas mesafelerini artıracığı için kesme kuvvetlerinde artış görülecektir. Ancak kesme deneyleri vakum altında yapıldığı zaman, oksijenin, takım-talaş arasında temas alanını azaltmada çok etkili olduğu ve kesme kuvvetlerini azalttığı ifade edilmiştir. Talaşlı imalatta en çok kullanılan operasyonlardan biri olan tornalamada oluşan kesme kuvvetleri

Şekil 3.1.'de verilmektedir [25]- [26].



Şekil 3.1. Tornalama operasyonunda oluşan kesme kuvvetleri [25].

Kesici takım ilerlemesi doğrultusuna zıt yönde etki eden kuvvete “İlerleme kuvveti (F_f)” denir. Genellikle kesme kuvvetinin yarısına tekabül eder ancak takım ilerleme hızları kesme kuvvetine göre çok düşük olduklarından kesme operasyonu için gerekli olan gücün ufak bir kısmını tüketirler. Kesme işlemi esnasından oluşan en büyük kuvvet olan “Esas kesme kuvveti” (F_c) operasyon esnasında harcanan güç miktarının yaklaşık %99’unu tüketir. Bileşke kuvveti oluşturan diğer kuvvet ise “Radyal kuvvet” (F_r)’dir. Genellikle ilerleme kuvvetinin yarısı kadardır. İşleme yüzeyine dik olarak etki eder.

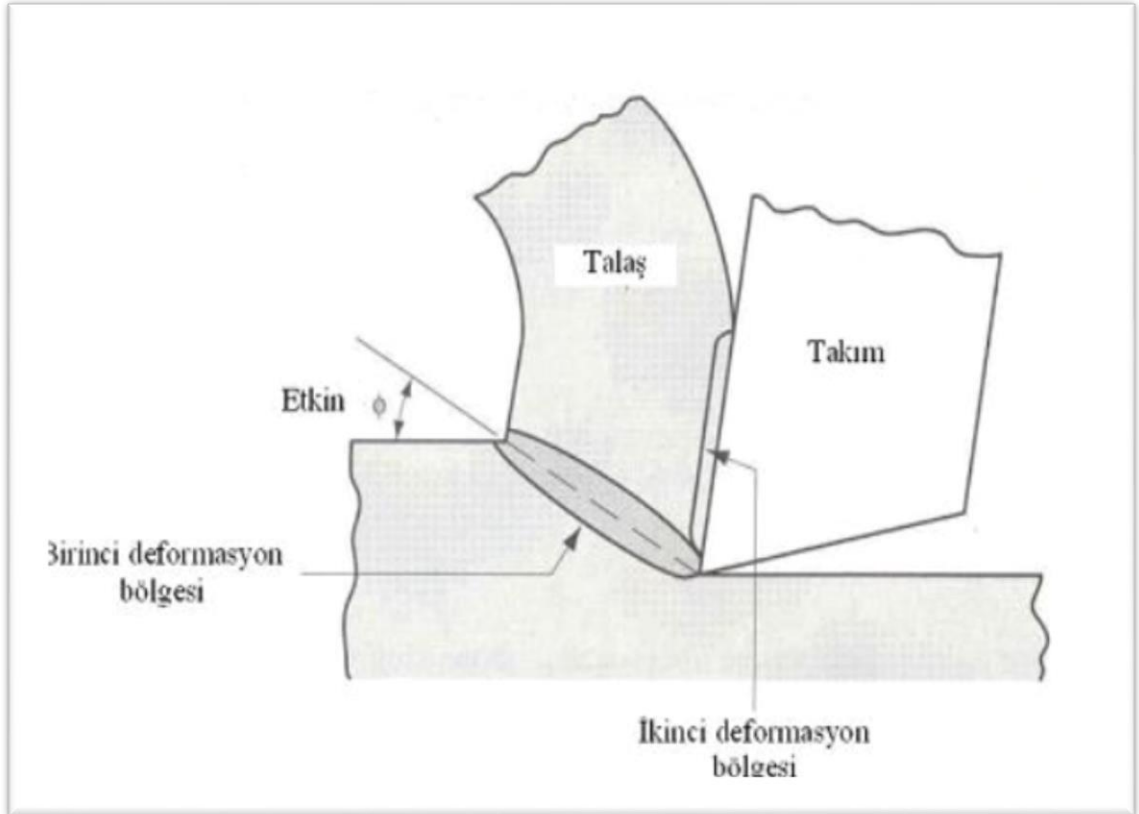
3.1. TALAŞ OLUŞUM MEKANİĞİ

Talaş kaldırmada gerekli olan esas mekanizma, kesici takımın kesme kenarının hemen önünde iş parçasında bölgesel olarak kayma deformasyonu oluşmasıdır. Kesme işlemi esnasında, iş parçası ile kesici takım arasındaki nispi hareket 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.

Şekil 3.2'te talaş oluşum mekaniği gösterilmiştir [25].



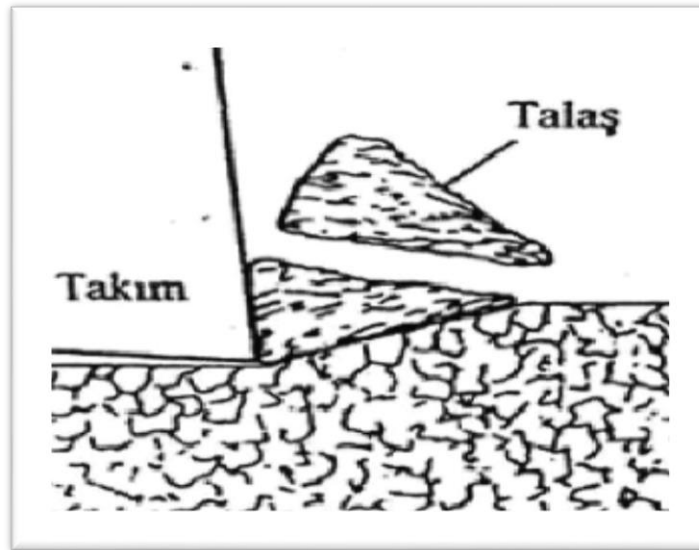
Şekil 3.2. Talaş oluşumunun mekaniği [23].

3.1.1. Talaş Tipleri

Talaş kesme işleminin düzgün gerçekleşmesi için çok önemli bir unsurdur. Bu nedenle talaş geometrisi kesme şartlarının, takım ve tutucu seçiminin, soğutma miktarının doğru yapılıp yapılmadığı konusunda bize önemli bilgiler verir [26].

3.1.1.1. Kesintili Talaş

Kesintili talaşlar, döküm malzemeler bir takım sünek malzemeler ve gevrek malzemelerin doğru belirlenmemiş kesme parametreleriyle işlenmesi sonucu oluşurlar (Şekil 3.3). Talaşın kesme sırasında maruz kaldığı plastik deformasyon oldukça fazladır. Gevrek bir malzeme ile çalışılıyorsa kırılma genellikle birincil bölgede oluşur.



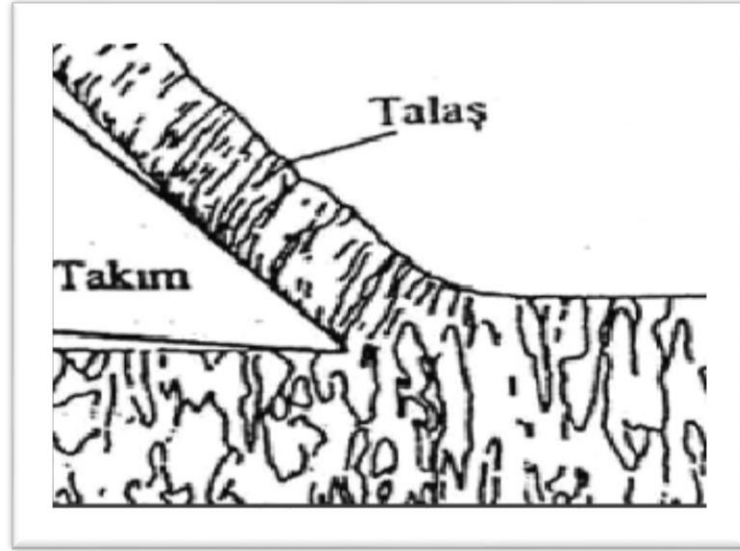
Şekil 3.3. Kesintili talaş [26].

Kesme esnasında eğer kesici takımda veya tezgahta herhangi bir titreşim var ise bu şartlarda kesintili talaş oluşumuna neden olur. Genel olarak bakıldığından kesintili talaş oluşumu, kesme hızları düşük seçildiğinde, tezgahta veya takımda aşırı titreşim olduğunda, olması gerekenden fazla verilen talaş derinlikleri ve ilerleme miktarlarında ve gevrek iş malzemelerinde sıklıkla karşılaşılan bir talaş türüdür [26]- [27].

3.1.1.2. Sürekli Talaş

İş parçası üzerinde kesici takımın işlemesi esnasında deformasyonun kesintisiz olarak devam etmesi sonucu oluşur. Kesme hızlarının yüksek tutulması genellikle bu talaş türünü ortaya çıkarır. Deformasyonun yüksek olması sonucu talaşlarda fazla miktarda sertleşme görülür ve bu sertlik takım aşınmasını artıran bir husustur. Sürekli talaş

oluşumu Şekil 3.4.'te görülmektedir.

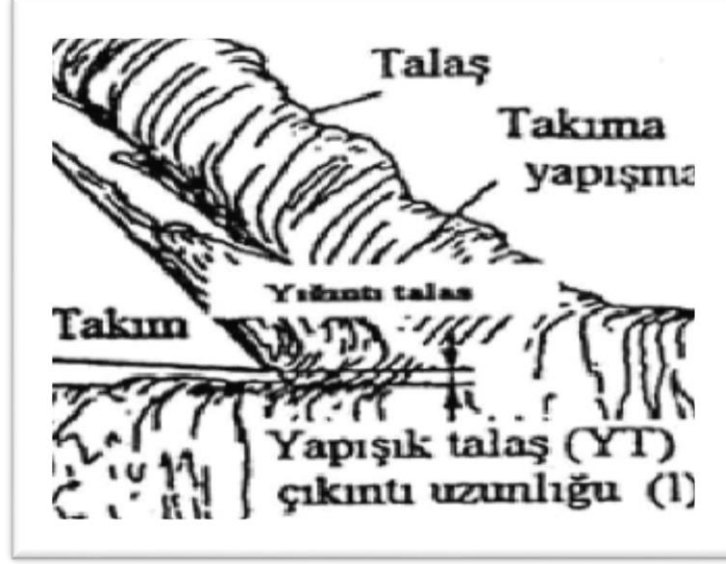


Şekil 3.4. Sürekli talaş [26]

Sürekli talaş oluşumunda rol alan etkenler genel olarak, kesme ilerlemesi miktarının düşük tutulması, talaş derinliğinin az olması, kesici takımın aşınmamış olması, kesici takımın talaş açısının büyük olması, kesme hızının yüksek olması, talaşın akma direncinin çok düşük seviyelerde olmasıdır [26]- [27].

3.1.1.3. Yığıntı- Sürekli Talaş

Kesici takım ve iş parçası arasında işleme yüzeyi boyunca sürekli çıkan talaşların kesici takımın yüzeyinde birikmesi ile meydana gelen talaş şeklidir. Yüksek sıcaklık oluşturmayan kesme hızları, soğutma sıvısı kullanılmaması gibi durumlar aşırı sürtünme ve basma kuvveti oluşturarak kesme düzlemine dik talaş kopmalarına sebebiyet verir. Bu kopan parçalar takım yüzeyine yapışarak yığıntı talaş oluşturur (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Yığıntı sürekli talaş [26].

3.1.1.4. Yarı Kesintili Talaş

Yarı kesintili talaşlar kayma deformasyonları yüksek veya düşük bölgeleri olan yarı sürekli talaş türleridir. Titanyum gibi düşük ısı iletkenliğe sahip ve sıcaklık artışı ile dayanımı azalan metallerde fazlaca görülür. Görünüm olarak testere dişine benzerler. Çoğunlukla işlenebilirliği düşük metal gruplarında kesme hızları yüksek tutulduğunda bu talaş şekli görülür [28].

3.2. KESİCİ TAKIMLAR

Kesici takımlar, yüksek kalite ve boyut hassasiyetine sahiptirler. Sürekli talaş kaldırma esnasında kesici takımda yüksek sıcaklık oluşumu meydana gelir. Talaşın sürekli olmadığı durumlarda ise kesici takımlar darbe olarak değişken yüklere maruz kalmaktadır ve bu durum sıcaklık ve kesme kuvvetlerinde değişimler meydana getirmektedir. İş parçası malzemesinin işlenebilirliğine ve işlem sonunda istenen yüzey kalitesi şartlarına uygun parametrelerde çalışılması gerekir [27].

Talaşlı imalatta işlenecek malzeme için uygun olan takım, takımın gerektirdiği mekaniksel ve fiziksel özellikler ile belirlenir. Bu özellikler belirli kesme şartlarında kesici takımın ne kadar verimli çalışacağını belirleyen karakteristiklerdir. Takım malzemesinin seçiminde rol alan önemli faktörleri; Kesici takım geometrisi, iş parçası geometrisi, iş parçası malzemesi, beklenen yüzey kalitesi, prosesin genel rijitliği, kesme

parametreleri ve maliyet olarak sıralayabiliriz.

3.2.1. Kesici Takım Malzemeleri

Günümüz talaş imalat yöntemlerindeki gelişim, talaşlı imalatı görece zor olan alaşım metallere ortay çıkışı ve artan takım ihtiyaçları kesici takım endüstrisinde de rekabeti artırmış ve takım malzemesi alanında önemli gelişmelere yol açmıştır. Kesici takımlar genel olarak bir talaşlı imalat tezgahına bağlanarak iş parçası yüzeylerinden talaş kaldırma amacıyla kullanılır. Tornalama gibi tekli kesici uç kullanan yöntemlerde sürekli talaş oluşumu ile birlikte yüksek sıcaklıklar oluşurken, frezelemedeki gibi birden fazla kesici ucu olan takımlar kullanılan operasyonlarda takımlar darbelere, değişken yük ve sıcaklıklara maruz kaldığından fazlaca takım aşınmaları görülür [28].

Genel manada malzemelerine göre takım tipleri; yüksek hız çelikleri, karbonlu ve düşük alaşımli çelikler, sert metaller, seramik takımlar, elmaslar, stellite ve kübik bor nitrürler (CBN) olarak tanımlanabilir [28].

3.2.1.1. Yüksek Hız Çelikleri (HSS)

Yüksek hız çeliklerindeki en belirgin özellik kesme yeteneğidir. Kesme yeteneği normal ortam koşulları ve yüksek sıcaklıklardaki sertlik, tokluk ve aşınma dayanımına bağlıdır. Kesme hızını yüksek tutabilmek için yüksek sıcaklıklara çıktığında yumuşama direncinde düşüş olmaması gerekir. Bazı malzeme türleri kesici takımlar üzerinde daha fazla aşınmaya yol açar. Buna istinaden takımın aşınma dayanımı yüksek sıcaklık dayanımından daha fazla önem kazanmaktadır. Takım sertliği, sertleştirilmiş malzemelerin işlenmesi için önemli bir husustur ve genellikle takım ömründe artışa fayda sağlar. Ancak takım sertliği belirlenirken tokluk göz ardı edilmemelidir. Yüksek hız çeliklerinin seçiminde kritik konular uygun kalitenin belirlenmesi ve doğru ısıl işlemin uygulanmasıdır [28].

3.2.1.2. Karbonlu ve Düşük Alaşımli Çelikler

Kesici takım malzemesi olarak ilk kullanılan malzeme türüdür. İçeriğinde % 0.8-2 aralığında karbon bulduran alaşımli takım çelikleridir.

Karbon çeliklerinin tavlama vazyette şekillendirilebilirlikleri oldukça fazladır ve sonrasında yüzey sertleştirme işlemine tabi tutulabilirler. Burada kesici takımın tüm kesiti martenzit yapıya dönüşmez böylece takımın iç kısmı yüksek tokluk ve şok direnci elde eder. Alaşım oranı düşük olan çeliklerde, kesme özelliklerine katkıda bulunması için bir

miktar krom, molibden, vanadyum, mangan, tungsten gibi alaşım elementleri kullanılmaktadır [29].

Düşük alaşımlı çeliklerin sertlik değerleri sertleştirme işleminden sonra 570 HB civarında olur. İçeriğindeki demir-karbür yapıları temperlenmiş durumdaki çeliğin mukavemetini artırır. Sıcaklık 350 °C'lere yaklaştığında demir-karbür yapıları kaba bir hal alarak yumuşar ve buda çeliğin aşınma direncini azaltır. Bu tür takımlar için düşük kesme hızlarının tercih edilmesinin sebebi budur. Alaşım oranı düşük çeliklerin daha hızlı aşınmalarının sebebi, içeriğindeki sert partiküllerinin hacminin çok az olmasındandır. Tüm bu olumsuz yanları nedeniyle kullanım alanları geniş değildir [31].

3.2.1.3. *Sert Metaller- Sinterlenmiş Karbürler*

Dünya üzerindeki karbür imalatının yarıya yakını talaşlı imalat operasyonlarında kullanılmaktadır. Talaşlı imalatın yanı sıra inşaat sanayii, madencilik ve sondaj işleri gibi aşınma dayanımı yüksek alanlarda da tercih edilmektedirler. Aşınma dirençleri çok yüksek olduğu için endüstride çok farklı kesme hızlarında yaygın şekilde kullanılmaktadırlar.

Sinterlenmiş karbürlerden üretilen takımların kesme mukavemetini ve aşınma dayanımını artırmak için takımların üzerine farklı kaplama yöntemleri ile Al₂O₃, TiC ve TiN gibi malzemeler uygulanmaktadır. Kaplanmış takımlarda, kaplamanın verdiği yağlayıcı etki sayesinde sürtünme miktarı azalmaktadır. Böylece yüksek sıcaklık oluşumu engellenmekte buna bağlı olarak takım aşınması, gerilim ve kesme kuvvetleri azalmaktadır. Takım aşınma miktarlarının azalmasıyla yüksek kesme hızlarında dahi uzun takım ömürleri yakalanmaktadır [28].

3.2.1.4. *Seramikler*

Talaşlı imalatın gelişimi ve rekabet ortamının getirdiği ucuz ve kaliteli iř mantığı gereği kesici takımlardan beklenen verimlilik de gün geçtikçe artmaktadır. Buna paralel olarak kesme hızlarında artış sağlayacak ancak takım aşınması da minimize edilmiş yani takım ömrü uzun kesici takım beklentisi farklı takım malzemesi arayışlarına hız katmıştır. Tokluk açasından yeterli düzeyde görünmeseler de seramik takımlar yüksek sıcaklıklarda kimyasal ve mekanik ačıdan kararlıdırlar. Bazı sinterlenmiş karbürler 800°C'ye kadar yüksek performansla çalışmaktadır ancak daha yüksek sıcaklık değerlerinde takım sertliğinde azalmalar görölmektedir. Bu noktada seramik takımlar Sinterlenmiř karbürlere göre daha fazla yüksek sıcaklık dayanımı göstermektedirler. Bu takımlar

sertliklerini 1200°C'lere kadar muhafaza edebilmektedir. Bununla birlikte sert ve kırılğan yapıları nedeniyle sürekli talaş kaldırılan operasyonlarda ve genellikle sertliği yüksek metallerin son paso işlemlerinde kullanılabilirler. Tezgah, takım tutucu vb. değişkenler doğru seçilirse seramik takımlarla son pasolarda taşlamaya yakın kalitede yüzeyler elde edilebilir [28].

3.2.1.5. *Elmaslar*

Elmas kesici takımlar genel olarak metal dışı malzemeler ile içeriğinde demir bulandırmayan metal malzemelerin talaşlı imalatında kullanılırlar. Bakır, çinko, alüminyum, bronz gibi yumuşak malzemeler elmas uçlarla rahatlıkla işlenebilir. Kauçuk, plastik, grafit, karbon vb. malzemelerin talaşlı imalatında da elmas uçlar geniş yer bulmaktadır [28].

Elmas çeşitlerine bakıldığında tek kristalli doğal elmasların yanı sıra çok kristalli sentetik elmaslarda mevcuttur. Sertliklerinin çok fazla olması aşınmaya karşı dayanımlarını da çok yüksek seviyelere taşır. Yüksek sıcaklık ve basınç etkisinde bir araya getirilen küçük elmas kristal yapılarından elde edilen elmas kesi takımların ömürleri sinterlenmiş karbür takımlara göre neredeyse yüz kat fazladır [32].

3.2.1.6. *Stellitler*

Stellitlerin en belirgin özellikleri çok yüksek değerlerdeki sertlikleri, aşınmaya, korozyona ve oksidasyona karşı dayanımları olarak gösterilir. Bu özellikleri sayesinde döküm stellit alaşımlar kesme hızlarını yüksek hız çeliklerinden daha yukarı seviyelere çıkarabilirler. Döküm sonrası stellitlerde görülen gevreklik ve düşük şekillendirilebilirlikleri nedeniyle yüksek hız çelikleri kadar yaygın kullanım alanları yoktur. Yüksek sertlikleri nedeniyle genellikle tek kesici uçlu, torna gibi tezgahlarda tercih edilirler [25], [27].

3.2.1.7. *Kübik Bor Nitrürler (CBN)*

Kübik bor nitrürler elmas kesici takımlar gibi çok sert malzemelerdir. Yüksek kızıl sertliği sayesinde çok iyi derecede aşınma dayanımına sahiptirler. Kesme işleminde genellikle kimyasal açıdan kararlı davranış sergilerler. Sertliği çok yüksek olmasına rağmen seramik uçlara göre tokluğu daha yüksektir. Yüzey sertliği verilmiş malzemeler, dövme çelikler, döküm malzemeler, demir ve ısıl dirençli alaşımlar ve kobalt içerikli toz metallere bu takımların yaygın kullanım alanlarıdır.

Kübik bor nitrürler ile işlenecek iş parçası sertliği 450 HB'nin üzerinde olmalıdır. İş parçası malzemesinin sertliğinin düşük olması CBN takımın aşınma miktarını artırır. İş parçasının sertliği ne kadar fazlaysa takımdaki aşınmada o derece az olur. Yüzey kalitesindeki üstün başarıları sayesinde tornalama işlemlerinde dahi taşlama yüzey kalitesi elde edilebilmektedir [30].

3.2.2. Takım Aşınmaları

Talaş imalat esnasında ortaya çıkan mekanik, termal ve kimyasal etkilerden dolayı kesici takımlarda aşınmalar meydana gelir. Bu aşınmalar takımın bir süre sonra istenen kesme kalitesini sağlayamayacağı boyuta ulaşır ve takım ömrünü tamamlamış olur. Kesici takım üzerindeki aşınma mekanizması birçok farklı parametreyi barındıran bir olgudur. Aşınmayı, kesme şartları ile iş parçası arasında oluşan etkileşim olarak tanımlayabiliriz.

Talaşlı imalat esnasında kesici takım kenar yüzeyinde ve iş parçası yüzeyinde yüksek miktarda sıcaklık artışı olur. Bu sıcaklık tornalamada olduğu gibi sürekli artış gösterebilirken, frezelemede kesici kenarın kesme yüzeyinden ayrılıp tekrar yavaşması gibi dinamik şekilde de değişebilir. Bu esnada metalin difüzyonu ve kimyasal reaksiyonu için uygun bir ortam oluşmuş olur.

Talaşlı imalat esnasında kesici kenarda oluşan kesme yüklerinin bir sonucu olarak farklı aşınma mekanizmaları ortaya çıkar. Bunlar temel olarak, difüzyon aşınması, Aşındırıcı ile (abrasiv) aşınma, oksidasyona aşınması ve yorulma aşınmasıdır.

3.2.2.1. Difüzyon Aşınması

Kesici takım malzemesi ile talaşın temas yüzeyinde, basınç ve sıcaklık artışına bağlı olarak difüzyon etkileri oluşmaktadır. Bu ara yüzeydeki her iki tarafa yönelik atom seviyesindeki difüzyon ile kesici takım malzemesinde yapısal değişimler görülür.

Talaşlı imalat esnasında ortaya çıkan kimyasal yükler difüzyon aşınmasına daha fazla etki etmektedir. Kesici takım malzemesine ait kimyasal özellikler ve iş parçası ile kesici takım malzemesinin kaynaşma eğilimi difüzyon aşınması miktarını belirler. Metalürjik açıdan kesici takım malzemesi ile iş parçası malzemesi birbirlerinden ne kadar uzaksa aşınma o kadar az olur.

3.2.2.2. Abrasiv (Aşındırıcı ile) Aşınma

Talaşlı imalat esnasında kesici takım kesme yüzeyi ile iş parçası arasına giren sertliği yüksek parçaların neden olduğu aşınma türüdür. Aşınma esnasında kopan parçacıklar

genelde yüzeye yapışmaz bu sebeple takım üzerindeki malzeme kaybı fazladır. Sertlik aşınma direncinin artmasında önemli rol oynamaktadır. Abrasiv aşınma en çok karşılaşılan aşınma türlerindedir.

3.2.2.3. Oksidasyon Aşınması

Ortamdaki hava yüksek sıcaklıkla birleştiğinde pek çok metal malzeme için oksidasyona kaçınılmaz hale gelmektedir. Farklı çeşitleri olan oksitler, kobalt ve tungsten gibi elementlerle gözenek şeklinde film tabakalarını meydana getirirler ancak bu film tabakalar kesme esnasında talaşlar ile yüzeyden uzaklaştırılabilmektedirler. Bunlardan farklı olarak alüminyum esaslı bazı oksitlerin yüksek sertlik ve dayanımları nedeniyle yüzeyden uzaklaştırılmaları bir hayli zordur. Ortamdan uzaklaştırılamayan oksitler zamanla kesici takıma zarar vermeye başlar ve kesici takım kenarında çentikler oluşmaya başlar. Oksidasyona aşınması günümüzde çok yaygın bir aşınma türü değildir.

3.2.2.4. Yorulma ile Aşınma

Yorulma hem termal hem de mekanik bir etkileşim sonucunda oluşur. Sürekli olmayan talaş kaldırma operasyonlarında, takımın dinamik olarak ısınıp soğuması, kesme kuvvetlerinin sürekli olarak değişkenlik göstermesi kesici takım üzerinde negatif etki yaratarak kesici kenarlarda çatlama ve kırılmalara yol açar. Kesici kenarın mukavemetinin kesme kuvvetlerinden daha düşük olması durumunda mekanik yorulma ortaya çıkmaktadır. Plastik deformasyona sebebiyet veren bu gibi durumlar genellikle ya sertliği çok yüksek olan iş parçalarının ilerleme hızları yüksek tutularak işlenmeye çalışılmasında ya da kesici takımın sertliğinin yeterli seviyede olmaması durumunda gerçekleşir [32]- [33].

3.3. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ

Talaşlı imalat işlemleri gerçekleştirilirken göz önünde bulundurulması gereken pek çok parametre vardır. İş parçası ve kesici takımın malzeme cinsi, takım tezgahının yapısı, iş parçasının bağlama şekli, kesme parametreleri gibi değişkenler işlem öncesi önem arz ederken, işlem sonrasında ise çıkış parametresi olarak yüzey pürüzlülüğü büyük önem taşımaktadır. Yüzey pürüzlülüğü birçok değişkene bağlı olmakla birlikte, yüzey pürüzlülüğünü etkileyen başlıca faktörler, fazla temper kaynaklı termal hasar, kalıcı çekme gerilimi, yanma, kimyasal değişim vb. olarak belirtilebilir [26].

Pürüzlülük yüzeydeki küçük aralıklı düzensizlikler olarak tanımlanabilir. Yüzey pürüzlülüğü, kesici takım, iş parçası malzemesi ve sertliği, kesme parametreleri, tezgah hassasiyeti vb. birçok parametreye bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Talaşlı imalatın amacı teknik resimlerde belirtilen ölçülerde ve yüzey hassasiyetinde iş parçasının işlenmesidir. İşlenen parçanın kalitesi teknik resimde belirtilen geometrik, boyutsal ve yüzeysel tüm toleransların sağlanabilmesi ile ilişkilidir.

Talaşlı imalat proseslerinde ne kadar da teknik resimlerde belirtilen imalat ölçüleri geometrik, boyutsal ve yüzeysel olarak yakalanmaya çalışılsa da, zaman zaman bir takım ölçüsel sapmalar meydana gelebilmektedir. Bu sapmalar teknik resimlerde tolerans olarak tanımlanmaktadır. Tasarım yapılırken tolerans belirlemenin önemi oldukça fazladır. Zira düşük toleranslar kalite ile beraber maliyeti artırırken, yüksek toleranslar maliyeti düşürmekle birlikte kaliteden de ödün verilmesi anlamına gelmektedir [32].

3.3.1. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçme Teknikleri

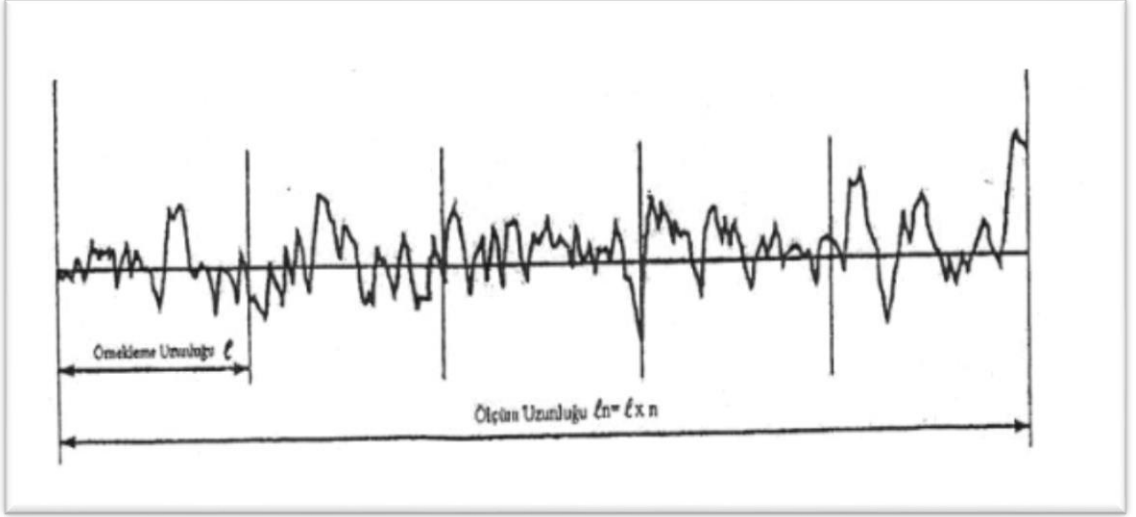
Farklı imalat metotları sonucu oluşan yüzey pürüzlülüklerini ölçmek için birçok yöntem mevcuttur. Talaşlı imalat sonucu oluşan çıktılarının yorumlanmasında genellikle izleyici uçlu cihazlar kullanılırlar. Bu cihazlar, çok sivri olan izleyici ucun numune parça üzerinde belirlenen uzunlukta hareket ederken, meydana gelen titreşimlerin hareketli bir şerit üzerine büyütülerek aktarılması esasına dayanır. Teknolojinin gelişimiyle bu yorumlama elektronik olarak da uygulanabilir hale gelmiştir.

Bu yöntemin yanı sıra, temas metodu, optik metot, mekanik metot, yüzey dinamometresi metodu, hidrolik metot, elektron mikroskobu metodu, replika metodu gibi pek çok uygulama da mevcuttur [33].

3.3.2. Yüzey Pürüzlülük Parametreleri

3.3.2.1. Örnekleme Uzunluğu ve Örnekleme Sayısı

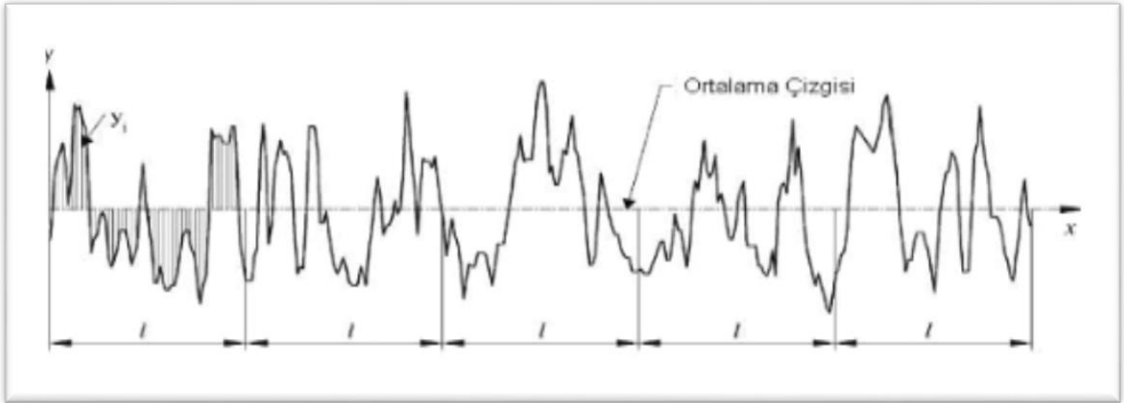
Yüzey pürüzlülüğü ölçümünde örnekleme uzunluğu mutlaka kesici takımın ilerlemesini karşılayacak ölçüde seçilmelidir. Ölçüm uzunluğu profil üzerinde değerlemeye tabi tutulan tüm örnekleme uzunlularını bir araya getiren ifadedir. Şekil 3.6'da örnekleme uzunluğu örnekleme sayısının değişimi gösterilmektedir [34].



Şekil 3.6. Örneklem sayısı ve örneklem uzunluğu [34].

3.3.2.2. Ortalama Çizgisi

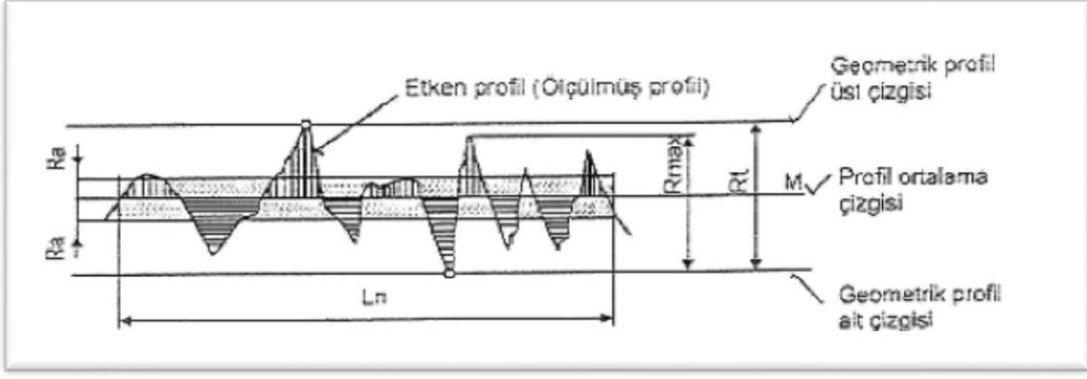
Ortalama çizgisi toplam ölçme uzunluğunda profilin alt ve üst bölgelerinde kalan alanları eşit olarak bölen doğrudur. Şekil 3.7’de ortalama çizgisi bir örnek ile gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Ortalama yüzey pürüzlülüğünün grafiği [34].

3.3.2.3. Ortalama Yüzey Pürüzlüğü (R_a)

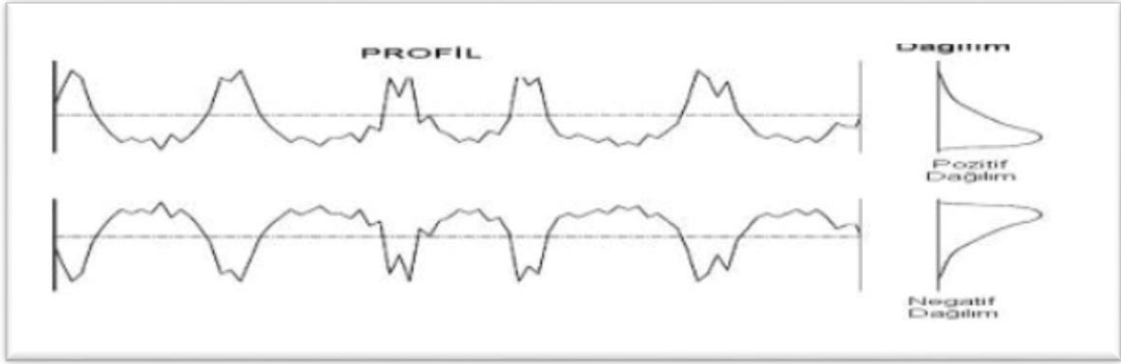
Ortalama yüzey pürüzlülüğü olarak bilenen R_a değeri ortalama çizgisinin üstünde ve altında kalan yüksekliklerin mutlak değerlerinin aritmetik ortalamasıdır (Şekil 3.8). Yüzey pürüzlülüğü tanımlanmasında en çok kullanılan parametredir. Ölçümü olduğundan çok pratik bir yöntemdir ancak profil hakkında genel bir bilgi verdiğinden yüksek hassasiyet aranan noktalarda yeterli bilgi vermemektedir [34].



Şekil 3.8. Ortalama yüzey pürüzlülük değerinin gösterimi (R_a) [35].

3.3.2.4. Genlik Dağılımı Eğrisi (R_{sk})

R_a ve R_q değerlerinin aynı geldiği profilleri ayırt etmede kullanılır. Bu eğri profildeki genlik miktarının ortalama çizgisine göre simetrisini gösteren dağılım eğrisidir (Şekil 3.9) [34].



Şekil 3.9. Genlik dağılımı eğrisi [34].

4. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada yurt içi bir çelik üreticisinden tedarik edilen ve spektral analiz cihazı ile kimyasal analizi doğrulan AISI 420 kalite paslanmaz çelik malzemenin işlenebilirliği incelenmiştir. Deneylerde farklı uç radiusları ve kaplamalara sahip kesici takımlar kullanılmıştır. İşlenebilirliğe etki eden faktörler olarak kesme hızı, takım uç radiusu ve takım kaplaması seçilmiştir. Kesme hızının ve takım uç radiusunun yüzey pürüzlülüğüne etkisi incelenirken, takım kaplamasının takım aşınmasına olan etkisi de gözlemlenmiştir.

4.1. DENEYDE KULLANILACAK MATERYALLER

4.1.1. Deney Numunesi Malzemesi

Bu çalışmada iş parçası olarak AISI 420 kalite paslanmaz çelik kullanılmıştır. İş parçası 6000 mm boyundaki ve 30mm çapındaki dolu çap malzemedan otomatik şerit testere yardımıyla 300 mm'lik parçalar kesilerek hazırlanmıştır.

Bu malzeme savunma sanayiinde hafif silah üretiminde yüksek korozyon dayanımı, ısı mukavemeti ve görselliğiyle oldukça fazla talep görebilecek bir malzemedir. Ancak pek çok savunma sanayii firması işlenebilirlik açısından yaşadığı problemlerden dolayı paslanmaz çeliklere mesafeli yaklaşmaktadır.

Oxford Instruments Foundry Master X Line marka spektral analiz cihazı ile yapılan analize göre malzemenin kimyasal içeriği Çizelge 4.1'de verilmiştir.

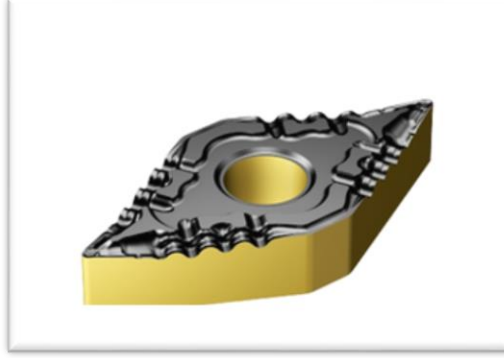
Çizelge 4.1. AISI 420 kimyasal içeriği.

Element	Fe	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al	Co
Değer(%)	86,1	0,244	0,422	0,314	0,0085	<0,005	12,5	0,0368	0,113	0,0089	0,007

4.1.2. Kesici Takım

Deneylerde kesici takım olarak SANDVIK firmasının CVD yöntemiyle Ti(CN)+Al₂O₃+TiN kaplanmış DNMG 11-04-08-PF-4315 (Şekil 4.1) ve DNMG 11 04 04-PF 4325 ile ZCC firmasının AL₂O₃ ve TiCN kaplamalı DNMG110404-DF YBC252

(Şekil 4.2) karbür takımları kullanılmıştır.



Şekil 4.1. SANDVIK DNMG 11 04 08-PF 4315.



Şekil 4.2. ZCC DNMG110404-DF YBC252.

4.1.3. Takım Tutucu

Deneylerde TAKIMSAŞ firmasına ait PDJNR/L model takım tutucusu kullanılmıştır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Takım tutucu.

4.1.4. Tezgah

Deney çalışmaları Mazak İntegrex İ200 model tezgahta gerçekleştirilmiştir(Şekil 4.4) Tezgahın kontrol ünitesi Mazak tarafından geliştirilen Smooth X'tir. Integrex İ200 tezgahı mill-turn olarak tabir edilen, hem frezeleme hem de tornalama yapabilen bir yapıya sahiptir. Tezgahın iş mili devir alarak frezeleme yaparken, aynaya devir verildiğinde işmili taret vazifesi görerek tornalama yapılmasına olanak sağlamaktadır.



Şekil 4.4. Mazak Integrex İ200.

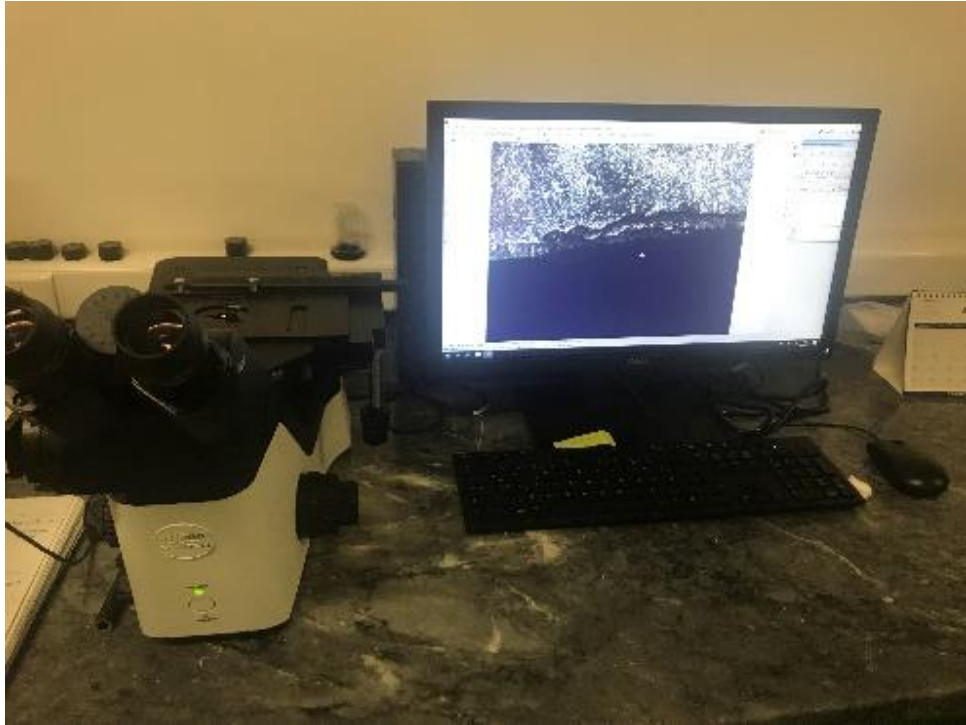
Tezgahın genel teknik özellikleri Çizelge 4.2’de verilmiştir. Smooth X kontrol ünitesi yardımıyla eksenlerdeki ve iş milindeki zorlanmayı da takip etmek mümkündür. Bu sayede oluşan kesme kuvvetleri konusunda da kıyas yapılabilmektedir.

Çizelge 4.2. Mazak Integrex İ200 özellikleri.

Tanım		Değerler
KAPASİTE	Ayna Ölçüsü	8 "
	Maksimum işleme çapı	658 mm
	Maksimum işleme boyu	1,011 mm
MAIN SPINDLE	Maksimum dönme hızı	5,000 min ⁻¹
	Motor çıkış gücü	22.0 kW
MILLING HEAD	Motor çıkış gücü	22.0 kW
	Frezeleme maksimum devri	12,000 min ⁻¹
FEED AXES	X eksen hareketi	615 mm
	Z eksen hareketi	1,077 mm
	Y eksen hareketi	260 mm
	W eksen hareketi	1,026 mm

4.1.5. Mikroskop

Takım aşınmalarının takibi için TS2-S-SM model mikroskop cihazı kullanılmıştır. Bu mikroskop sayesinde takım kesme yüzeylerinde 100 kata kadar büyütülmüş görüntü alınarak detaylı inceleme yapılabilmektedir. Ayrıca mikroskopun canlı odak hareketi sayesinde tek karede birden fazla noktaya odaklanarak oldukça düzgün görünüşler elde edilebilmektedir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Nikon TS2-S-SM model mikroskop.

4.1.6. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Cihazı

İşlenen malzemelerin yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesinde SM Metrology firmasının lombardore TL70 alpa model ölçüm cihazı kullanılmıştır (Şekil 4.6.).



Şekil 4.6. Lombardore TL70 Alpa.

4.1.7. Spektral Analiz Cihazı

Paslanmaz çeliğin kimyasal analizini doğrulamak için Oxford Instruments Foundry Master X Line spektral analiz cihazından yararlanılmıştır. Bu sayede tedarikçi firmadan alınan ham malzeme kimyasal analiz sertifikasının teyidi sağlanmıştır (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Oxford Instruments Foundry Master X Line spektral analiz cihazı.

4.2. Yöntem

4.2.1. Deney Parametrelerinin Belirlenmesi

Deneylere başlamadan önce 32 mm çapında olan deney numunelerinin dış çapları hem 30 mm'lik pens aynaya uyması için hem de malzemenin dış yüzeyinde kalan ısıl işlem cürufunun kesme şartlarına etki etmemesi için 2 mm'lik kabuk soyma işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra işleme esnasında iş parçasında oluşabilecek titreşimleri en aza indirebilmek adına malzemenin merkezine punta baskısı için bir havşa açılmıştır. Bu sayede pens ayna ve karşı punta baskısı ile iş parçasının rijitliği önemli ölçüde sağlamıştır.

Deney parametreleri seçilirken 3 farklı ölçüt belirlenmiştir. Bunlardan birincisi takım radiusunun yüzey kalitesine etkisi, ikincisi takım kaplamasının takım aşınmasına etkisi üçüncüsü ise farklı kesme hızlarının yüzey pürüzlülüğüne etkisidir.

4.2.2. Deneyin Yapılışı

Hazırlanmış olan 30 mm çap ve 300 mm boyundaki AISI 420 kalite paslanmaz malzemeler Mazak I200 millturn tezgahının pens aynasına bağlanmıştır. Creo Parametric programı yardımı ile hazırlanan Cam programı ile parçalar işlenmeye başlanmıştır.

İlk deneyde kesici takım radiusunun yüzey pürüzlülüğüne olan etkisini incelenmiştir: Bunun için 0,4 ve 0,8 uç radiuslarına sahip 2 farklı firmanın uçları kullanılmıştır. Uçların farklı köşeleri ile 3 tekrar şeklinde kesme işlemi gerçekleştirilmiştir. 50'şer mm'lik toplamda 2 farklı firmadan 2 farklı radius ölçüsü için 3'er numune hazırlanmıştır. 12 adet numunenin yüzey pürüzlülük değerleri ölçülerek ilk deney sonlandırılmıştır. Şekil 4.8'de bir deney numunesi örneği görülmektedir.



Şekil 4.8. Deney numunesi örneği.

İkinci deneyde kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne olan etkisi incelemeye alınmıştır. Kesici uç firmalarının katalog değerlerinden ISO 3685’de göz önünde bulundurularak ortak 3 farklı kesme hızı belirlenmiştir. Burada Sandvik ve ZCC firmalarına ait 0,8 uç radiusundaki 2 farklı uç ile denemeler gerçekleştirilmiştir. Kesme hızı olarak uç katalog değerlerindeki maksimum, minimum ve ortalama değerlere yakın değerler olarak 210 m/dk, 240 m/dk ve 280 m/dk kullanılmıştır. Şekil 4.9’da iş parçası, kesici takım ve takım tutucu birlikte gösterilmiştir.



Şekil 4.9. İş parçası, kesici takım ve takım tutucu.

Üçüncü deneyde ise takım kaplamasının takım aşınmasına olan etkisini görebilmek için 2 farklı firmanın farklı özelliklerde kaplanmış uçlarını kullanılmıştır. Sandvik firmasının kesici ucu CVD yöntemiyle $Ti(CN)+Al_2O_3+TiN$ kaplanmışken, ZCC’nin ucu ise Al_2O_3 ve TiCN kaplamalıdır. Takım aşınmasını daha iyi gözlemleyebilmek adına uçların aynı köşeleri ile 5 kez kesme işlemi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.10. Nikon TS2-S-SM ile inceleme.

Bu kesme işlemlerinde kesme hızı katalog değerlerinden 240 m/dk olarak seçilmiştir. İşleme sonucunda kesici uçlar Nikon TS2-S-SM model mikroskofta incelemeye tabi tutulmuştur (Şekil 4.10).



5. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Bu bölümde, gerçekleştirilen deneylerden elde edilen sonuçlar ışında takım kaplamasının takım aşınmasına olan etkisi ile takım radiusunun ve kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne olan etkileri değerlendirmeye alınmıştır.

5.1. KESİCİ TAKIM UÇ RADIUSUNUN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNE ETKİSİ

Kesici takım radiusunun yüzey kalitesine ne derece etkili olduğu Çizelge 5.1’de net bir şekilde görülmektedir. 0,8 mm radiusa sahip iki takımla işlenen iş parçalarında ortalama Ra değerleri 1,38 ve 1,66 iken, 0,4 mm radius değerine sahip iki takım ile işlenen parçaların ortalama Ra değerleri 3,20 ve 3,23 olarak ölçülmüştür. Nitekim talaşlı imalatta tornalama işlemlerinden hassas yüzey arayışlarında kaba ve finiş pasolar kullanılmakta ve bu işlemler finiş pasolar için genellikle daha büyük radiuslu takımlarla gerçekleştirilmektedir.

Çizelge 5.1. Kesici takım uç radiusunun yüzey pürüzlülüğüne etkisi.

Kesici Takım	Radius (mm)	Ra ₁	Ra ₂	Ra ₃	Ra _{ort}
ZCC DNMG110408-DF YBC252	0,8	1,43	1,32	1,38	1,38
SANDVIK DNMG 11-04-08-PF-4315	0,8	1,69	1,76	1,54	1,66
ZCC DNMG110404-DF YBC252	0,4	3,19	3,22	3,19	3,20
SANDVIK DNMG 11-04-04-PF-4325	0,4	3,22	3,18	3,29	3,23

5.2. KESME HIZININ YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNE OLAN ETKİSİ

İkinci deney için aynı uç radiusuna sahip, kaplama ve talaş kırıcı formları farklı iki farklı kesici takım kullanılmıştır. Bu takımların katalog değerlerinde yazan kesme hızı aralığında 3 farklı kesme hızı belirlenmiştir. Farklı kesme hızları yüzey kalitesinde önemli oranda değişimleri beraberinde getirmektedir.

Sandvik firmasının Ti(CN)+Al₂O₃+TiN kaplamalı ucu ile yapılan deneylerde yüzey

pürüzlülüğü değerinin kesme hızına paralel olarak lineer bir şekilde azaldığı görüldü. Yapılan çalışmada en iyi yüzey kalitesinin kesme hızının maksimum seviyede yani 280 m/dk iken ortaya çıktığı görüldü.

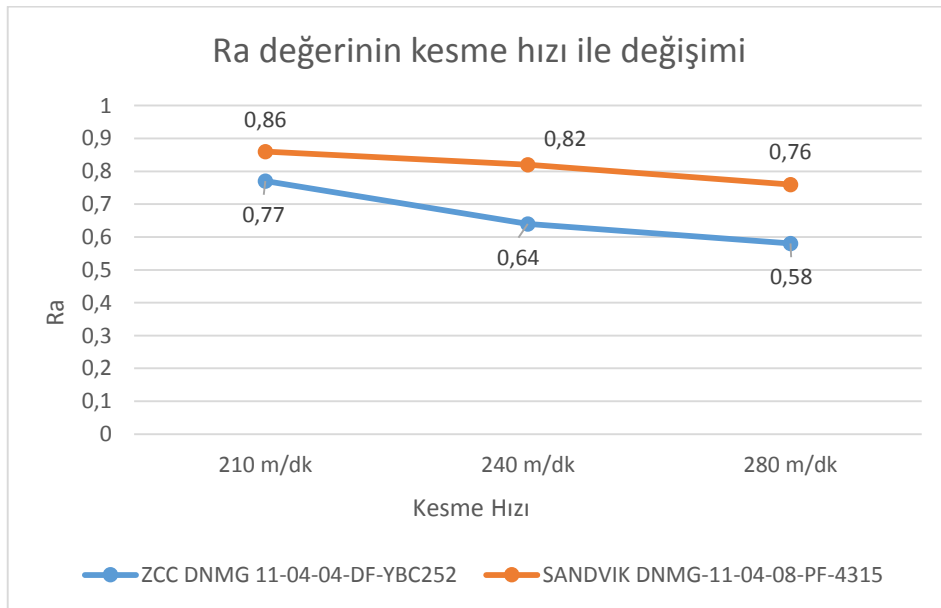
ZCC firmasının AL_2O_3 ve TiCN kaplamalı ucu ile yapılan deneylerde diğer uca benzer şekilde sonuçlanmıştır. En iyi yüzey kalitesi kesme kuvvetinin maksimum tutulduğu kesme şartlarında sağlanmıştır.

Bu bilgiler ışığında takım aşınması bir kenara bırakılırsa, yüksek yüzey kalitesine ihtiyaç duyulan durumlarda kesme hızlarını maksimum limitlerde kullanmak doğru seçenek kabul edilebilir. Çizelge 5.2’de seçilen kesme hızlarının yüzey pürüzlülüğüne olan etkisi gösterilmiştir.

Çizelge 5.2. Kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi.

Kesme Hızı	ZCC DNMG 11-04-08-DF-YBC252						SANDVIK DNMG-11-04-08-PF-4315					
	Ra ₁	Ra ₂	Ra ₃	Ra ₄	Ra ₅	Ra_{ort}	Ra ₁	Ra ₂	Ra ₃	Ra ₄	Ra ₅	Ra_{ort}
210 m/dk	0,77	0,73	0,72	0,81	0,83	0,77	0,86	0,88	0,84	0,86	0,88	0,86
240 m/dk	0,66	0,65	0,70	0,62	0,59	0,64	0,82	0,81	0,83	0,8	0,82	0,82
280 m/dk	0,58	0,58	0,61	0,51	0,53	0,58	0,76	0,78	0,78	0,75	0,71	0,76

Şekil 5.1’de iki kesici ucun kesme hızı değişimlerine göre yüzey pürüzlülüğü performansları gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi.

5.3. TAKIM KAPLANMASININ TAKIM AŞINMASINA OLAN ETKİSİ

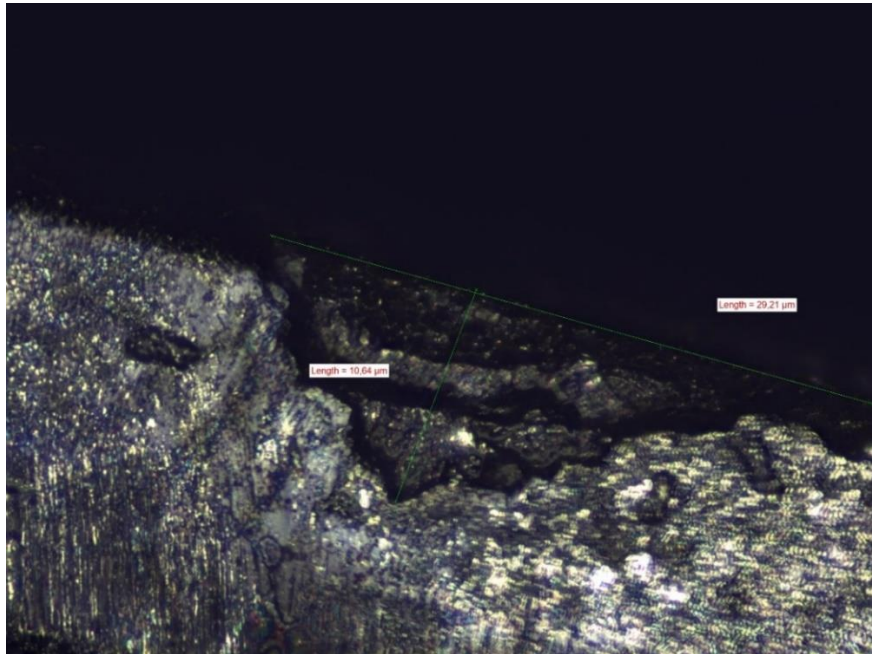
Takım kaplamasının takım aşınmasına olan etkisinin incelenmesi için gerçekleştirilen deneyde Sandvik firmasının Ti(CN)+ AL₂O₃+TiN kaplı kesme ucu ile ZCC firmasının AL₂O₃ ve TiCN kaplı uçları kullanılmıştır. Bu çalışma esnasında kesme parametreli Çizelge 5.3'de ki gibi uygulanmıştır.

Çizelge 5.3. Takım aşınma deneyi tezgah parametreleri.

Parametre	Değer	Birim
Kesme Hızı	220	m/dk
Kesme derinliği	1	mm
İlerleme	0,2	mm/dk
Devir	2330	dev/dk

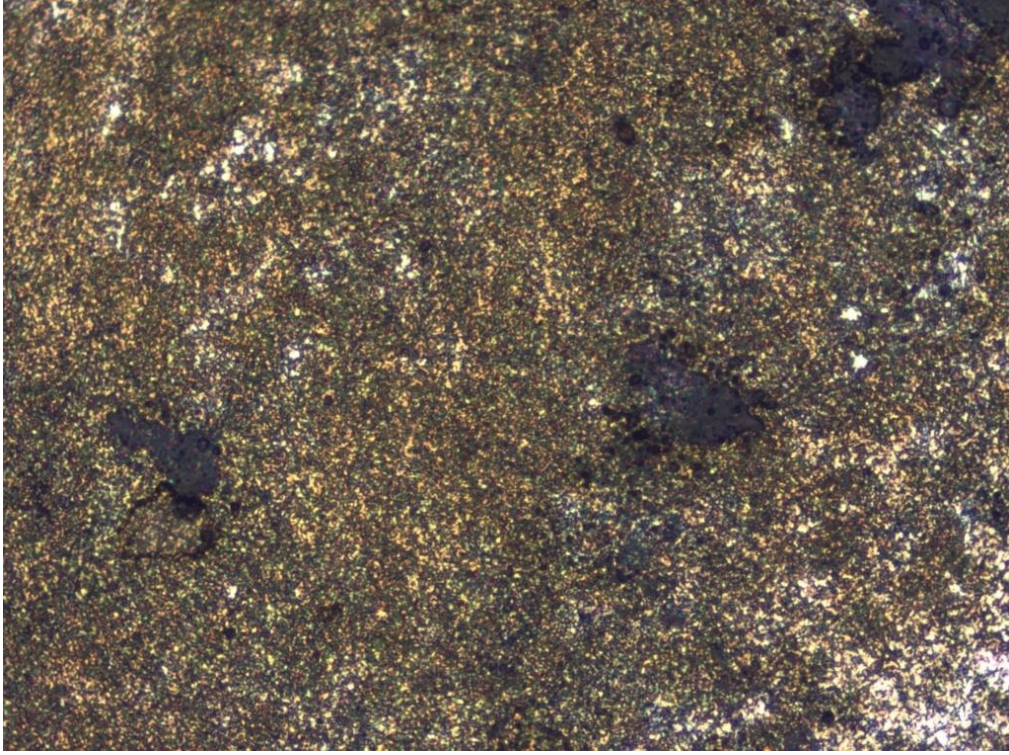
Aynı kesme şartlarında iki kesme ucu ile de 5 defa uygulama yapılmıştır. Daha sonra takım tutucudan sökülen aşınmış kesme uçları Nikon TS2-S-SM model mikroskop ile incelemeye alınmıştır.

Şekil 5.2'de ZCC firmasının AL₂O₃ ve TiCN kaplı karbür takımındaki aşınma net bir şekilde görülmektedir.

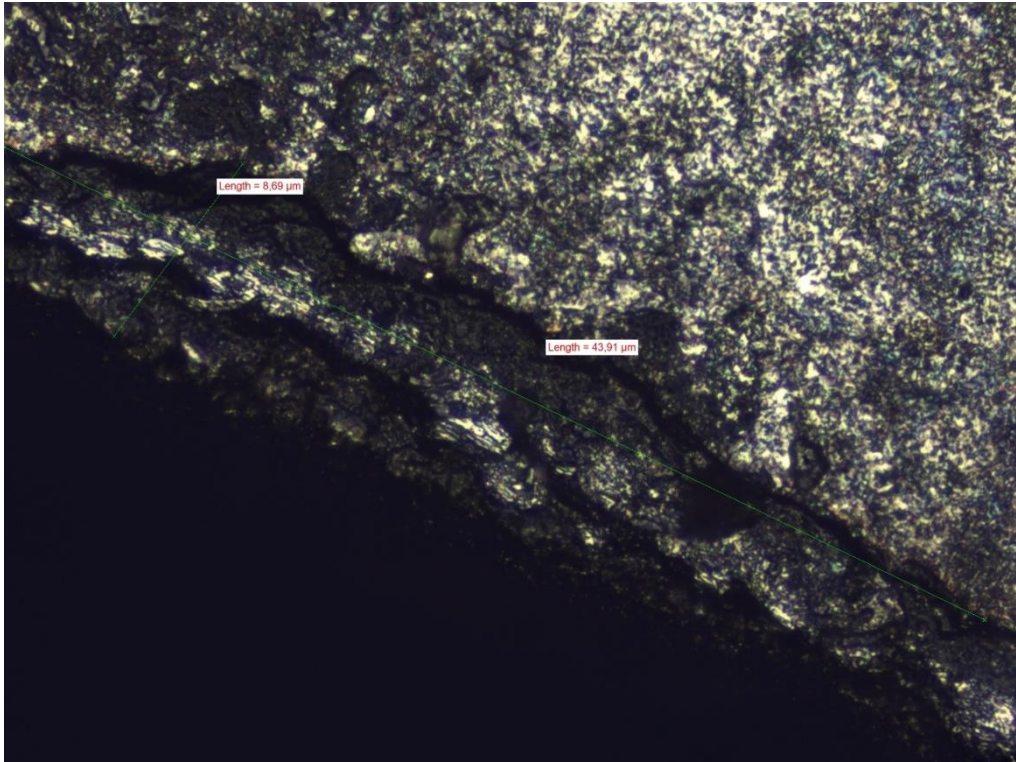


Şekil 5.2. ZCC DNMG 11-04-04-DF-YBC252 model kesme ucundaki aşınma.

Sandvik Firmasının $Ti(CN)+Al_2O_3+TiN$ kaplanmış ucunda meydana gelen kaplama dökülmesi Şekil 5.3'te kesici takım uç aşınması ise Şekil 5.4'te verilmiştir.



Şekil 5.3. SANDVIK DNMG-11-04-08-PF-4315 kaplama deformasyonu.



Şekil 5.4 SANDVIK DNMG-11-04-08-PF-4315 uç aşınması.

Görüldüğü üzere ZCC firmasının kesici ucundaki aşınma kesici kenarda kopma şeklinde gerçekleşirken, Sandvik firmasının kesici ucunda aşınma serbest yüzey aşınması şeklinde olmuştur.



6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Paslanmaz çeliklerin işlenebilirliği ile alakalı problemler ortadan kalktıkça, kullanım alanları da artmaya devam edecektir. Bu tez çalışmasında savunma sanayiinde hafif silah üretiminde özellikle korozyon dayanımı, ısıl direnci ve görselliği sayesinde büyük talep görme potansiyeli olan AISI 420 kalite martenzitik paslanmaz çeliklerin işlenebilirliğine etki eden etmenler gözlemlenmiştir. Seçilen malzeme bir tabanca namlu ham malzemesidir.

Sonuçlar göstermektedir ki değişkenler doğru seçildiğinde işlenecek malzemenin ne olduğunun çok da fazla önemi kalmamaktadır. Deney öncesi yapılan çalışmalarda AISI 420 kalite paslanmaz çeliklerin talaşlı imalatı için en uygun sertlik aralığı 190-220 HB olarak belirlendi ve malzeme vakum sertleştirme yöntemi ile bu sertlik aralığına getirildi. Deney numunelerinin sertlikleri genel olarak 200-205 HB arası ölçülmüştür. Malzeme sertliği talaşlı imalatı ciddi ölçüde etkilemektedir. Talaşlı imalatı etkileyen bir diğer etmende AISI 420 kalite paslanmaz çeliğin kimyasal bileşimidir. Malzeme muhteviyatındaki Kükürt, Nikel, Fosfor gibi alaşım elementlerinin miktarları oldukça önemlidir. Bu nedenle paslanmaz ham malzemeler mutlaka kaliteli tedarikçilerden alınmalı ve kimyasal analizleri mutlaka yaptırılmalıdır.

Doğru tezgah, kesici takım, takım tutucu, soğutma sıvısı ve doğru kesme parametrelerinin seçimi ile AISI 420 kalite paslanmaz çelik frezeleme özelliği de olan torna tezgahında problemsiz bir şekilde işlendi.

Tez çalışmasından anlaşıldığı üzere özellikle kesici takımın uç radiusu, üzerindeki kaplamanın cinsi ve seçilen kesme hızları malzemenin sağlıklı işlenebilmesi açısından oldukça fazla önem arz etmektedir. Uç radiusu arttıkça yüzey kalitesi genel manada daha iyi hale gelmektedir. Bu nedenle özellikle finiş pasolarda büyük radiuslu uçları tercih etmek avantaj sağlayacaktır. Aynı şekilde kesme hızındaki artışta yüzey kalitesini olumlu yönde etkilemektedir. Kesme hızı seçilirken takım aşınması da göz önüne alınarak mümkün olduğunca yüksek değerler seçilmesi yüzey kalitesini artıracaktır.

Teknolojinin gelişimi ile birlikte takım kaplama yöntemleri ve kaplama çeşitleri de her geçen gün artış göstermektedir. Bu çalışmada kullanılan takım kaplamaları farklı kaplama

türlerinin ne tür aşınmalara müsaade ettiği konusunda bilgiler vermiştir. Takım üzerindeki kaplamanın kalitesi kopma şeklindeki aşınmaları azaltarak aşınmayı serbest yüzey aşınması düzeyinde tutmuştur.

Bu tez çalışması sonrasında yeni araştırma çalışmalarında;

-Farklı kesici uç talaş kırıcı modelleri için aynı çalışmaların yapılması,

-AISI 410 grubu paslanmaz çelikler ile işlenebilirlik kıyaslaması gerçekleştirilmesi,

-Tornalama dışında broş çekme, klavuz açma gibi daha zorlu talaşlı imalat yöntemleri ile çalışmanın yenilenmesi,

-Soğutma sıvısı olarak bor yağı yerine kesme yağı kullanarak işlenebilirlikteki değişimin incelenmesi,

gibi birçok konuda devam çalışmaları yapılması muhtemeldir.



7. KAYNAKLAR

- [1] K. Thelning, *Çelikler ve Isıl İşlem, Bofors El Kitabı*, İstanbul, Türkiye: 1984, ss. 1-578.
- [2] ASM Handbook Committee, *Properties and Selection: Irons Steels*, c. 1, USA: 2001.
- [3] M. Aydın, M. Uçar, A. Cengiz, "AISI 304 Östenitik paslanmaz çeliğin kuru tornalanabilmesine kesme parametrelerinin etkisi" 2. *Ulusal Tasarım İmalat ve Analiz Kongresi*, Balıkesir, Türkiye, 2010.
- [4] K. Zdzislaw, E. Elmekçi, M. Balazinski, C. Fortin, "Cutting tool reliability analysis for variable feed milling of 17-4 PH stainless steel", *Wear*, sayı 195, ss. 206-213. 1996.
- [5] Ö. Tekaslan, "AISI 304 östenitik paslanmaz çeliklerde işlenebilirliğe bağlı olarak kalıcı gerilme problemlerinin araştırılması", Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir, Türkiye, 2007.
- [6] V. Ceyhun, "Ferritik ve östenitik paslanmaz çeliklerin karbonlu çelik ile nokta kaynağında kaynak parametrelerinin bağlantının çekme-makaslama dayanımına ve taneler arası korozyona etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 1992.
- [7] International Stainless Steel Forum Committee, "New 200-series steel: An opportunity or a threat to the image of stainless steel?", *Sempozyum Bildirisi*, Belguim, 2005.
- [8] E. Kaluç, K. Tülbentçi, "Paslanmaz Çeliklerin Kaynağı", *Seminer Notları*, Kaynak Teknolojisi Araştırma Eğitim ve Uygulama Merkezi, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye, ss. 239, 1995.
- [9] M. Erdoğan, "Ferritik ve östenitik paslanmaz çeliklerin karbonlu çelik ile nokta kaynağında kaynak parametrelerinin bağlantının çekme-makaslama dayanımına ve taneler arası korozyona etkisi", Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi İstanbul, Türkiye, 1992.
- [10] E. Kaluç, K. Tülbentçi, "Paslanmaz Çelikler ve Kaynaklanabilirliği" *Seminer Notları*, Kaynak Teknolojisi Araştırma, Eğitim ve Uygulama Merkezi, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, ss. 7-178, 1995.
- [11] G. Kuşkutan, "Paslanmaz Çeliklerin Direnç Kaynağında Soğuma Hızının Birleştirmenin Mekanik Özelliklerine Etkilerinin Araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2003.

- [12] A. Aran, M. A. Temel, *Paslanmaz Çelik Yassı Mamuller Üretimi Kullanımı Standartları*, İstanbul, Türkiye: Sarıtaş Teknik Yayını, Acar Matbaacılık A.Ş., 2004.
- [13] J.S. Lee, ve Y.D. Lee, "Effect of Cu and Mn on the mechanical properties and hot ductility of Cr-Mn Austenitic Stainless steel", *Stainless Steel Research Group*, Korea.
- [14] P. Woollin, "Developments in Fusion Welding of Stainless Steels", *Welding&Metal Fabrication*, c. 62, s. 1, ss. 18-26, 1994.
- [15] H. S. Wang, J. R. Yang, H. K. D. H. Bhadeshia, "Characterisation Of Severely Deformed Austenitic Stainless Steel Wire", *Materials Science And Technology*, c. 21, s. 11, ss. 1323-1328, 2005.
- [16] H. Castner, "Material and Procedure Considerations for Welded Austenitic Stainless Steels", *8th Annual North American Welding Research Conference*, Ohio, USA, 1992.
- [17] Jindal Steel, Technical Data Sheet, Stainless Steel Grade J 204Cu, New Delhi, India.
- [18] J.G. Parr ve A. Hanson, *An introduction to Stainless Steel*, Ohio, USA: American Society For Metals 1965.
- [19] T. Gooch, "Welding behaviour and weldability of superaustenitic stainless steels", *8th Annual North American Welding Research Conference*, Ohio, USA, 1992.
- [20] E. Kaluç ve N.Y. Sarı, "Duplex ve süper duplex paslanmaz çelikler ve kaynağı", *Mühendis ve Makine Aylık Teknik Dergisi*, c. 424, ss. 15, 1995.
- [21] O. Baylan, "Elektrik ark kaynak yöntemiyle birleştirilen östenitik-martenzitik farklı paslanmaz çeliklerin kaynaklı bağlantılarında, mikroyapı ile özellikler arasındaki ilişkinin araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak, Türkiye, 2004.
- [22] M. Groover, *Fundamentals of Modern Manufacturing Materials*, New Jersey, USA: John Wiley & Sons, 2007.
- [23] E. DeGarmo, *Materials and Processes in Manufacturing*, 8. Baskı, New Jersey, USA: Prentice Hall Inc, 1997.
- [24] Y. Şahin, *Talaş Kaldırma Prensipleri II*, 1. Baskı, Ankara, Türkiye, Nobel Yayın Dağıtım, 2001, ss. 1-490.
- [25] B. Aydın, "AA 2014 alaşımında yaşlandırma ısıl işleminin işlenebilirlik özellikleri üzerindeki etkilerini incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye, 2002.
- [26] Y. Şahin, *Talaş Kaldırma Prensipleri I*, 1. Baskı, Ankara, Türkiye, Nobel Yayın Dağıtım, 2000, ss. 1-562.

- [27] İ. Çiftçi, Kesici takımlar ve kesme teorisi, *Ders Notları*, Karabük Üniversitesi, Karabük, 2007.
- [28] H. K., "Kesici takım kaplama malzemesinin takım-talaş ara yüzey sıcaklığı üzerindeki etkisinin deneysel olarak araştırılması", Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2003.
- [29] E. Trent, *Metal Cutting*, , 2 Baskı, London, England, Butterworths, 1984, ss. 1-245.
- [30] L. Edwards, M. Endean, "Manufacturing with Materials", *Material in Action Series*, Butterworths, London, England, 1990.
- [31] C. M. Çakır, *Modern Talaşlı İmalatın Esasları*, 3. Baskı, Türkiye, Dora Basım Yayın, 2006, ss. 1-308.
- [32] U. Şeker, TAL 408 takım tasarımı, *Ders Notları*, Gazi Üniversitesi, Ankara, 1997.
- [33] S. Korucu, M. Nalbant, İ. Korkut, "Ç1030 ve Ç1060 malzemelerin hidrolik kopya aparatı ile işlenerek yüzey pürüzlülüğünün incelenmesi", *7. Uluslararası Makine Tasarım ve İmalat Kongresi*, Ankara, Türkiye, 1996.
- [34] B. Balcı, "AISI 304 östenitik paslanmaz çelik malzemenin işlenmesinde yüzey pürüzlülüğünün incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2008.
- [35] H. Gadelmawla, Roughness Parameter, *Journal of Materials Processing Technology*, s. 123, ss. 133-135, 2002.
- [36] F. Kölük, "Östenitik paslanmaz çeliklerin kaynağında kaynak yönteminin ısı tesiri altında kalan bölgeye etkisinin incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2000.
- [37] P. Cunat, "Alloying Elements in Stainless Steel and Other Chromium", *Sempozyum Bildirisi*, Euro Inox, Paris, France, 2004.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Emrah BAŞIHOŞ
Doğum Tarihi ve Yeri : 02.09.1987 Düzce
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : emrah.basihos@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Makine Mühendisliği	Düzce Üniversitesi	-
Lisans	Makine Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	2011
Lise	Fen Bilimleri	Arsal Anadolu Lisesi	2005

İŞ DURUMU

Firma	Pozisyon	Yıl
Sarsılmaz Silah Sanayi A.Ş.	Üretim Müdürü	2019
Sarsılmaz Silah Sanayi A.Ş.	Üretim Şefi	2012

YAYINLAR

Machinability of AISI 420 stainless steel depending on cutting speed, tool nose, radius and tool coating, Journal of Engineering Research and Applied Science, Vol.8 (1), June 2019, pp1127-11