

**AISI 303 ÖSTENİTİK PASLANMAZ ÇELİKLERİN
İŞLENEBİLİRLİĞİNİN DENEYSEL OLARAK ARAŞTIRILMASI**

Hasan Emrah YEYEN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MART 2006
ANKARA**

Hasan Emrah YEYEN tarafından hazırlanan, AISI 303 ÖSTENİTİK PASLANMAZ ÇELİKLERİN İŞLENEBİLİRLİĞİNİN DENEYSEL OLARAK ARAŞTIRILMASI adlı bu tezin yüksek lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylım.


Yrd. Doç. Dr. İhsan KORKUT
Tez Yöneticisi

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

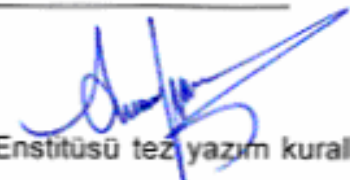
Başkan : Prof. Dr. Ulvi ŞEKER

Üye : Yrd. Doç. Dr. İhsan KORKUT

Üye : Yrd. Doç. Dr. Halil DEMİR

Üye : _____

Üye : _____


Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

**AISI 303 ÖSTENİTİK PASLANMAZ ÇELİKLERİN İŞLENEBİLİRLİĞİNİN
DENEYSEL OLARAK ARAŞTIRILMASI
(Yüksek Lisans Tezi)**

Hasan Emrah YEYEN

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Mart 2006**

ÖZET

Bu çalışmada AISI 303 paslanmaz çeliklerin işlenmesinde, en uygun kesme parametrelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. İmalat sektöründe kullanılan malzemelerin işlenebilirlik özelliklerinin, iyileştirilmesi sürekli araştırma konusu olmuştur. Büyük yüklemelere maruz kalan makine elemanları ve imalat sanayisinde kullanılan malzemelerin yüksek mekanik özellikler taşıması gerekmektedir. Bunu yanında, yüksek mekanik özellikler malzemelerin işlenebilirliklerini olumsuz etkilediklerinden imalat safhasında büyük problemler olmaktadır. Korozyon direnci, süneklik ve çekme mukavemetinin yüksek olması paslanmaz çeliklerin sahip oldukları temel özelliklerdendir. Krom, nikel ve molibden gibi malzemeler, işlenebilirliklerini olumsuz olarak etkilemektedir. Bu araştırma kapsamında AISI 303 östenitik paslanmaz çeliklerin işlenebilirliğinde karşılaşılan problemler ve bu problemlere çözüm önerileri araştırılmakla beraber, AISI 304 ile karşılaştırılması hedeflenmiştir.

Bilim Kodu : 708.3.028
Anahtar kelimeler : AISI 303, işlenebilirlik
Sayfa adeti : 60
Tez Yöneticisi : Yrd. Doç. Dr. İhsan KORKUT

**AN EXPERIMENTAL INVESTIGATION INTO MACHINABILITY OF AISI
303 AUSTENITIC STAINLESS STEELS**

(M.Sc. Thesis)

Hasan Emrah YEYEN

**GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

March 2006

ABSTRACT

In this study the purpose is the determination of the most suitable cutting parameters in the machining process of AISI 303 stainless steel. To improve the machinability properties of the materials, which are used in manufacturing industry, is the research subject. Machine elements which are subjected to high loadings and the materials used in manufacturing industry should have high mechanical properties. Beside this since high mechanical properties affect the machinability of the material negatively, big problems at the manufacturing stage are seen. To have high corrosion resistance, ductility and tension strength are the essential properties of stainless steels. By their structure, materials like chromium, nickel and molybdenum affect their machinability negatively. In the scope of this study, beside analysing the problems which are faced during the machinability of AISI 303 austenitic stainless steels and solutions for these problems, comparison with AISI 304 is also aimed.

Science code : 708.3.028
Key words : AISI 303, machinability
Page Number : 60
Adviser : Yrd. Doç. Dr. İhsan KORKUT

TEŞEKKÜR

Çalışmamın her aşamasında beni destek ve tecrübeleriyle yönlendirerek tezin gerektirdiği amaçlara en iyi şekilde ulaşmamı sağlayan danışmanım Yrd. Doç. Dr. İhsan KORKUT'a, yardımlarını hiç esirgemeyen Prof. Dr. Ulvi ŞEKER, Dr. A. Tevfik ŞİMŞEK, Erdoğan YAKIT, İbrahim KARAAĞAÇ ve Engin TABAK'a, tecrübeleriyle bana teknik destek ve araç gereç sağlayan Mustafa Kasap'a, yapılan deney çalışmalarında desteğini esirgemeyen Araştırma Görevlisi Mustafa Günay'a, tez yazımında bana yardımcı olan Ömer YILDIZ, Ertan KIZILÖZ ve Safa ARSLAN'a, teknik destek ve alt yapı bazında tüm imkanlarını seferber eden "Makim Makina Ltd. Şti. " ve "Furkan Mühendislik Ltd. Sti." yöneticilerine ve maddi ve manevi desteklerini her zaman yanımda hissettiğim çok değerli aileme, katkılarından dolayı teşekkürü bir borç bilir saygılarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	x
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xii
SİMGELER KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	3
2.1. Yapılan Çalışmalar.....	3
2.2. Literatür Araştırmalarının Değerlendirilmesi.....	8
3. TALAŞ OLUŞUMU VE TALAŞ KALDIRMA MEKANİĞİ.....	10
3.1. Talaş Kaldırma Olayını Etkileyen Faktörler.....	12
3.1.1. Takım geometrisi.....	12
3.1.2. Talaş geometrisi.....	13
3.1.3. Kesme hızı.....	15
3.1.4. Kesme kuvveti.....	16
3.1.5. Kesme gücü.....	17
3.1.6. Isı oluşumu.....	18
3.1.7. Aşınma ve takım ömrü.....	18
4. PASLANMAZ ÇELİKLER.....	21

	Sayfa
4.1. Paslanmaz Çeliklerin Sınıflandırılması.....	22
4.1.1. Martensitik paslanmaz çelikler.....	22
4.1.2. Ferritik paslanmaz çelikler.....	23
4.1.3. Dublex (çift fazlı) paslanmaz çelikler.....	23
4.1.4. Östenitik paslanmaz çelikler.....	24
4.2. Alaşım Elementlerinin Çelik Yapısına Etkisi.....	26
4.2.1. Karbon (C)	26
4.2.2. Mangan (Mn)	27
4.2.3. Silisyum (Si).....	27
4.2.4. Fosfor (P).....	27
4.2.5. Kükürt (S)	27
4.2.6. Krom (Cr)	28
4.2.7. Nikel (Ni).....	28
4.2.8. Molibden (Mo).....	28
4.2.9. Vanadyum (V).....	28
4.2.10. Wolfram (W).....	29
4.2.11. Kurşun (Pb).....	29
4.2.12. Bor (B).....	30
4.2.13. Alüminyum (Al).....	30
4.2.14. Bakır (Cu).....	30
4.3. Paslanmaz Çeliklerin İşlenebilirliği.....	30
4.3.1. Paslanmaz çeliklerin işlenebilirlik problemleri.....	32
4.3.2. İşlenebilirliğin iyileştirilmesi	33

	Sayfa
5. DENEYSEL YÖNTEM.....	36
5.1. Deney Deseni.....	36
5.2. Kesici Takım ve İş Parçası.....	38
5.3. İş Parçası Geometrisi.....	39
6. DENEYSEL SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	40
6.1. Kesme Hızı ve Kesme Kuvveti Arasındaki İlişki.....	40
6.2. Kesme Hızı ve Yüzey Pürüzlülüğü Arasındaki İlişki.....	44
6.3. Farklı Kesme Hızlarında Meydana Gelen Talaş Biçimlerinin Değerlendirilmesi.....	46
6.3.1. $V_1=120$ m/min ve $f_2=0,24$ mm/rev'de meydana gelen talaş biçimleri.....	46
6.3.2. $V_2=150$ m/min ve $f_2=0,24$ mm/rev'de meydana gelen talaş biçimleri.....	47
6.3.3. $V_3=180$ m/min ve $f_2=0,24$ mm/rev'de meydana gelen talaş biçimleri.....	49
6.3.4. $V_4=210$ m/min ve $f_2=0,24$ mm/rev'de meydana gelen talaş biçimleri.....	50
6.3.5. $V_2=150$ m/min ve $f_1=0,20$ mm/rev'de meydana gelen talaş biçimleri.....	50
6.3.6. $V_2=150$ m/min ve $f_3=0,30$ mm/rev'de meydana gelen talaş biçimleri.....	51
6.3.7. Dört ayrı kesme hızında meydana gelen talaş biçimlerinin karşılaştırılması.....	51
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	53
KAYNAKLAR.....	57
ÖZGEÇMİŞ.....	60

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.1. Deney deseni.....	36
Çizelge 5.2. AISI 303 paslanmaz çelik için spektral analiz sonucu (% ağırlık).....	39
Çizelge 6.1. Deney sonuçları.....	40

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil		Sayfa
Şekil 3.1.	Takım modeli ve ortogonal kesme	10
Şekil 3.2.	Talaş kaldırma olayı.....	11
Şekil 3.3.	Talaş tipleri.....	12
Şekil 3.4.	Takım açılarının etkisi.....	13
Şekil 3.5.	Talaş geometrisi	14
Şekil 3.6.	Talaş kaldırma modeli ve tornalamada talaş boyutları ...	14
Şekil 3.7.	Talaş ayrılma hızı.....	15
Şekil 3.8.	Talaş kaldırma kuvvetleri	16
Şekil 3.9.	Takım yüzeylerinin aşınması	19
Şekil 3.10.	Takım ömrü kesme hızı bağıntısı	20
Şekil 5.1.	Numune parça üzerindeki yüzey pürüzlülük değeri tespit bölgeleri	37
Şekil 5.2.	Talaş kalınlığı ve talaş kıvrım yarıçapının hesaplanması	38
Şekil 5.3.	Deneyler için kullanılan iş parçası.....	39
Şekil 6.1.	Kesme hızına bağlı olarak kesme kuvvetinde meydana gelen değişim	42
Şekil 6.2.	İlerlemeye bağlı olarak kesme kuvvetinde meydana gelen değişim	43
Şekil 6.3.	AISI 304 tip çelikte kesme hızına bağlı olarak kesme kuvvetinde meydana gelen düşme.....	43
Şekil 6.4.	Farklı kesme hızlarında yüzey pürüzlülüğünün değişimi ($f_2=0.24$ mm/rev)	44
Şekil 6.5.	Farklı ilerlemelerde yüzey pürüzlülüğünün değişimi ($V_2=150$ m/min).....	45

Şekil		Sayfa
Şekil 6.6.	AISI 304 tip çelikte kesme hızına bağlı olarak yüzey pürüzlülüğünde meydana gelen düşme.....	45

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 6.1. İşleme sonrası talaş biçimleri ($V=120$ m/min, $f=0,24$ mm/rev, $a=2,5$ mm).....	47
Resim 6.2. İşleme sonrası talaş biçimleri ($V=150$ m/min, $f=0,24$ mm/rev, $a=2,5$ mm).....	48
Resim 6.3. İşleme sonrası talaş biçimleri ($V=180$ m/min, $f=0,24$ mm/rev, $a=2,5$ mm).....	49
Resim 6.4. İşleme sonrası talaş biçimleri ($V=210$ m/min, $f=0,24$ mm/rev, $a=2,5$ mm).....	50
Resim 6.5. İşleme sonrası talaş biçimleri ($V=150$ m/min, $f=0,20$ mm/rev, $a=2,5$ mm).....	51
Resim 6.6. İşleme sonrası talaş biçimleri ($V=150$ m/min, $f=0,30$ mm/rev, $a=2,5$ mm).....	51

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler	Açıklama
a	Talaş derinliği, mm
r_k	Küçük talaş kıvrım radüsü, mm
r_{ort}	Ortalama talaş kıvrım radüsü, mm
r_b	Büyük talaş kıvrım radüsü, mm
h_k	Küçük talaş yüksekliği, mm
h_{ort}	Ortalama talaş yüksekliği, mm
h_b	Büyük talaş yüksekliği, mm
h	Talaş kalınlığı, mm
b	Talaş genişliği, mm
f	Devir başı ilerleme, mm/rev
F_c	Kesme kuvveti, kN
F_F	Makaslama kuvveti, kN
F_z	Talaş kaldırma kuvveti, kN
F_r	Radyal kuvvet, kN
P_s	Kesme gücü, kN
μ	Sürtünme katsayısı
γ	Talaş açısı
β	Kama açısı
α	Serbest aç

Simgeler	Açıklama
Φ	Kesme açısı
V	Kesme hızı, m/min
V_A	Talaş ayrılma hızı, m/min
V_M	Talaş kaldırma hızı, m/min
λ_s	Büzülme
T	Takım ömrü
C_t	Taylor sabiti
M_s	Martensitik dönüşüm sıcaklığını
P	Fenermili motor gücü

Kısaltmalar	Açıklama
BUE	Kesici kenarda birikme
CNC	Bilgisayarlı sayısal denetim

1. GİRİŞ

AISI 303 kalite östenitik paslanmaz çelik, elektronik ve otomotiv endüstrisinde yaygın olarak kullanılır. İşlenmesinin zor olduğu bilinen bu çeliklerin, günümüzde işlenebilirliği konusunda yeterli bilgi bulunmamaktadır. Yüksek çekme mukavemeti ve korozyon direnci, paslanmaz çeliklerin işlenebilirliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Düşük ısı iletkenliğine sahip olması ve içeriğinde krom, nikel ve molibden gibi mukavemet arttırıcı elementleri bulundurması işlenebilirliği kötü yönde etkileyen başlıca faktörlerdir. Kötü yüzey kalitesi ve fazla takım aşınması gibi problemler yaygındır. Kesme hızı ve ilerleme miktarı gibi işleme parametrelerinin optimum ayarı, özellikle günümüzün yüksek hacimli üretim ortamında, bu malzeme için kritiktir. Takım imalatçıları, malzeme tedarikçileri ve kesici takım tedarikçilerinden alınan işleme verileri istikrarlı değildir ve pratikte test edildiğinde güvenilir sonuçlar vermemektedir. Mühendislik el kitaplarından alınan veriler güncel olmayıp modern kalitedeki malzeme ve takımları temsil etmemektedir. Mevcut problemlerin çoğunluğu, işleme sırasında malzemede meydana gelen işlem sertleşmesi ile açıklanmaktadır. Bu olaya neden olan şartlardan kaçınmak için, imalat sahasında, deneme yanılma yaklaşımları oluşturulmaktadır. Araştırmada özellikleri itibarıyla işlenebilirliği en düşük paslanmaz çelik tiplerinden biri olan AISI 303 östenitik paslanmaz çelik seçilerek, en uygun işleme parametrelerinin tespit edilip imalatçıların işleme sürelerinin kısaltılması ve üretim maliyetlerinin düşürülmesi yönünde ışı tutmak amaçlanmıştır. Bu sebeple paslanmaz çeliklerin işlenebilirliğinin artırılmasına yönelik çeşitli araştırmalardan literatür taraması yapılmıştır. Bu literatür araştırmalarında, çalışmamızda yapılacak deneylere temel oluşturması bakımından başlıca; işlenebilirlik, paslanmaz çeliklerin türleri ve östenitik paslanmaz çeliklerin karakteristikleri konularına yer verilmiştir.

Yapılacak deneysel çalışmalarda, en uygun talaş biçimi, yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvveti tespit edilerek, işleme kolaylığının elde edilebildiği kesme hızı ve ilerleme değerlerinin belirlenerek imalatçılara öneriler sunulmuştur.

Bu çalışmanın amaçlarında en önemlisi ise daha önce araştırılması yapılan AISI 304 tip östenitik paslanmaz çeliklerin işlenebilirlik yönünden karşılaştırılmasının yapılmasıdır.

AISI 303 ve AISI 304 paslanmaz çeliklerinin içerdikleri karbon ve kükürt elementlerinin miktarlarındaki farklılık ön plana çıkmaktadır. Dolayısıyla karbon ve kükürt oranlarındaki değişimin paslanmaz çeliklerde işlenebilirlik açısından ne gibi değişim sergiledikleri araştırmanın temel amaçlarındandır. Deney sonuçlarının yorumlanması AISI 304 için ayrıca testler yapılmamış, daha önceden literatüre kazandırılmış çalışmalar (1, 2) esas alınmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. Yapılan Çalışmalar

Jukka Paro, Hannu Hanninen ve Veijo Kauppinen' in hazırlamış oldukları ve "X5 CrMnN 18 18 Östenitik Paslanmaz Çeliklerin Takım Aşınması ve İşlenebilirliği" adını verdikleri çalışmada (3); yüksek azot miktarına sahip olan paslanmaz çeliklerin çok yüksek mukavemetli olduğu görülmüştür. Normal bir X5 CrMnN 18 18 paslanmaz çeliğin kopma gerilmesi 660 MPa iken, azot takviyeli paslanmaz çeliğin kopma gerilmesi yaklaşık 3000 MPa'a kadar çıkmaktadır. Azotun, mevcut yapı içerisindeki dislokasyon hareketine karşı bir engel oluşturduğu tespit edilmiştir. Tane boyutunun sertliği, paslanmaz çeliğe yüksek mukavemet kazandırmıştır. İçeriğinde farklı miktarda azot bulunan iki adet X5 CrMnN 18 18 malzeme üzerinde deney yapılmıştır. Malzemenin birinde %0,91 oranında azot bulunmaktadır. Diğerinde ise %0,57 oranında azot bulunmaktadır. Ortak kesme parametreleri (f:0,24 mm/rev, V:60 m/min ve talaş derinliği a:1,6 mm) uygulanmış ve takım ömrü ile birlikte, yüzey pürüzlülükleri değerleri tespit edilmiş. %0,91 içerikli paslanmaz çelikte takım ömrü 30dk ölçülürken, %0,57 içerikli paslanmaz çelikte takım ömrü 10dk olarak ölçülmüştür. Kesme hızı arttırıldıkça her iki malzemede de takım ömrü azalmıştır.

İhsan Korkut, Mustafa Kasap, İbrahim Çiftçi ve Ulvi Şeker'in hazırlamış oldukları ve "AISI 304 Östenitik Paslanmaz Çeliklerin İşlenmesi Esnasındaki Optimum Kesme Parametrelerinin Belirlenmesi" adını verdikleri çalışmada (2); yüksek dayanıklılık, düşük ısı iletkenlik ve yüksek sünekliğin işlenebilirliği zor kılan unsurlar olarak gösterilmiş. Malzemedan talaş kaldırma esnasında, kesilen talaşın kesici takıma yapıştığı ve takımdan talaş kopardığı belirtilmiş. Numune AISI 304 parça üzerinde kesme deneyleri yapılmış. 0,24mm/dev ilerleme kullanılarak 120 m/min, 150 m/min, 180 m/min ve 210 m/min kesme hızlarında talaş kaldırılmış. Numune parçaların yüzey sertliği ve talaş oluşumu arasındaki korelasyon belirlenmiş. Belli bir değere kadar kesme hızının artması, takım aşınmasının azalmasına sebep olmuştur. Fakat belli bir noktadan sonra takım aşınmasının arttığı gözlemlenmiştir. Talaş kalınlığının ve talaş kıvrım yarıçaplarının

homojenliği ile talaş renginin malzeme rengine çok yakın olması, 180 m/min kesme hızını en ideal kesme hızı olarak belirlenmiştir. Kesme hızının bu değere kadar artması Ra değerlerinin iyileşmesine sebep olmuştur. Yapılan her test denemesinde talaş kıvrım yarıçapı ve talaş kalınlığının kesme hızı ile ilgili olduğu görülmüştür. Düşük kesme hızı küçük talaş kıvrım yarıçapına ve büyük talaş kalınlığına sebep olmuştur. Kesme hızı arttıkça talaş kıvrım yarıçapı da artmıştır. Kalınlık ise yavaş yavaş azalmaya başlar. Kesme hızı düştükçe, yüksek kesme hızlarına göre talaş ile malzeme arasındaki temas fazla olacaktır. Bu talaş ile malzeme arasında sürtünmeye ve ortam ısısının artmasına neden olacaktır.

Wen-Tung Chien ve Chung-Shay Tsai'nin hazırlamış oldukları ve "17-4PH Paslanmaz Çeliklerin İşlenmesinde Optimum Kesme Şartlarının Hesaplanması ve Ön Görülen Kesici Takım Aşınmasının Araştırılması" adını verdikleri çalışmada (4); 17-4PH paslanmaz çeliklerinin işlenmesinde en uygun kesme şartlarının sağlanması ve takım aşınması tahmini için, teorik ve sistematik bir alt yapının hazırlanması hedef alınmıştır. 17-4PH paslanmaz çeliklerin işlenmesi esnasında optimum kesme şartlarının belirlenmesi için takım yanak aşınmasını ön geren bir tahmini model geliştirilmiş. BPN metodu, çalışılacak model için kullanılmış. GA yöntemi, modeli optimize için kullanılmış. TM metodu her iki model için sırayla optimum kesme parametrelerinin bulunması için kullanılmıştır. 6mm ve 90 mm boylarında örnekler sırayla işlenmiştir. Ön görülen model takım yanak aşınması davranışını izleyebilme kabiliyetine sahip olduğu görülmüştür. Değişik sınırlamalarla maksimum talaş kaldırma oranı ile uygun kesme şartları tespit edilmiş. Sıvanma, öngörülen modelden hesaplanmış. Paslanmaz çeliklerin düşük ısı iletim oranlarına sahip olması, işlenmesinin zorlaşmasına ve sıvanmanın oluşmasına neden olduğu belirtilmiş. Sıvanmanın olmasının, takım aşınma oranı ve işlenen yüzeyin kalitesinin düşmesine sebep olduğu ön görülmüştür. Bu çalışmada GA metodu, problemlerin en uygun şekilde çözümü için geniş çapta kullanılmıştır.

Jukka Paro, Hannu Hanninen ve Veijo Kauppinen' in hazırlamış oldukları ve "HIPed P/M ve Konvensiyonel Duplex Paslanmaz Çelik Dökümlerinin

İşlenebilirliği” adını verdikleri çalışmada (5); ASTM A890 1A konvensiyonel olarak üretilen paslanmaz çelikler ile HIPed Duplex 27 malzemesi, sementit kaplı takım ile işlendiği zaman ki iç soğutma desteğinin aktif aşınma mekanizmaları araştırılmış. İşleme sonucunda talaşlar SEM elektron mikroskobu ile incelenmiş. Her iki malzeme arasındaki kesme parametreleri farklılıkları incelenmiş. 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 arttırdığı belirtilmiş. Yapılan incelemelerin sonunda şu neticelere varılmış;

- Duplex 27 malzemesi, konvensiyonel A890 1A malzemesine göre daha az çapak oluşması eğilimi göstermiştir.
- İçten soğutmalı katı karbür matkap kullanıldığında Duplex 27 paslanmaz çelikte takım ömrü 5 min ile 12 min arasında ölçülmüş.
- İçten soğutmalı katı karbür matkap kullanıldığında , konvensiyonel A890 1A paslanmaz çelikte takım ömrü 7min ile 20 min arasında ölçülmüş.
- Homojen olmayan talaş kalınlığı ve talaş kıvrım açısı dağılımı daha çok düşük kesme hızlarında görülmüştür.
- Kesme hızı 180 m/min’e doğru arttıkça takım yanak aşınması azaldığı görülmüş.
- Yüzey pürüzlülük değerlerinin, kesme hızının artırılması ile düştüğü görülmüştür.

T. Akasawa, H. Sakurai, M. Nakamura, T. Tanaka ve K. Takano’nun hazırlamış oldukları ve “Serbest Kesme Katkılarının, Östenitik Paslanmaz Çeliğin İşlenebilirliğine Etkileri” adını verdikleri çalışmada (6); östenitik paslanmaz çeliklerin işlenebilirliğindeki serbest kesme etkilerini belirlemek için deneyler yapılmış. Alaşım içerisindeki malzemelerin etkileri deneysel olarak belirlenmeye çalışılmış. Özellikler yüzey bütünlülüğü şartlarında işlenebilirliğin düzeltilmesi için etkili veriler önerilmiş. Yapılan testlerin sonucunda aşağıda belirtilen veriler elde edilmiş.

- Yüzey sertliği, özellikle kuru kesmede düşük kesme hızlarında kötüleşmektedir.
- Malzemeye bakır ilave etmek kesme kuvvetinin azalmasına yol açıyor.
- Bizmut'un eklenmesi yüzey kalitesini kötü yönde etkilememiştir, fakat talaş kalınlığının azalmasına sebep olmuştur. Takım aşınması meydana gelmemiştir.

Wen-Tung Chien ve Chung-Yi Chou'nun hazırlamış oldukları ve "AISI 304 Paslanmaz Çeliğin İşlenebilirliği İçin Önceden Bilgi Sağlayan Model" adını verdikleri çalışmada (7); iş parçasının yüzey pürüzlülüğünü, kesme kuvvetini ve takım ömrünü önceden belirlemek için yapay sinir ağları teorisi kullanılmış. Bu modelde belirlenmesi istenen optimum kesme şartları, kesme hızı, ilerleme ve talaş derinliği olarak belirtilmiş. Önceden verilen değerlerle deney verilerinin karşılaştırılması modelin faydalı olduğunu ve kesme parametrelerinin belirlenmesi için faydalı olduğu gösterilmiş. Sonuç olarak bu ilk geliştirilen modelin, yeni kontrol parametreleri ilave edilerek, metal işleme prosesi için daha kapsamlı bir şekilde genişletilmesi önerilmiştir.

Tsann-Rong Lin'in hazırlamış olduğu ve " Paslanmaz Çeliklerin Yüksek Hızda İlerleme Esnasındaki Titanyum Karpit Kaplı Matkap ile Kesilen Kenarların Kesme Davranışı" adını verdikleri çalışmada (8); Takım ömrü, yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınması bilgisinin araştırılması için paslanmaz çelik plakalar yüksek hızla delinmiş. Delik delme işleminde titanyum karpit kaplı takım ile eğimli kesme kenarları kullanılmış. Minimum yüzey pürüzlülüğü ve BURR yüksekliği için uygun kesme hızı 75 m/min olarak belirlenmiş. Yüzey pürüzlülükleri 1 mikrondan daha düşük elde edilmiş. Talaşın helisel akışı ve takımın aşınan dış köşesi delme hatalarına neden olmuştur.

Zafer Tekiner ve Sezgin Yeşilyurt'un hazırlamış olduğu ve "AISI 304 Östenitik Paslanmaz Çeliklerin Tornalanmasında Oluşan Sese Bağlı Kesme Parametrelerinin Araştırılması" adını verdikleri bu çalışmada (9); AISI 304 çeliklerin işlenmesi esnasında en uygun kesme şartları ve parametrelerin

belirlenmesi için proses esnasındaki ses hedeflenmiştir. Bu çalışmada 30 mm çapında, 200 mm boyundaki örnek, CNC torda işlenmiştir. 2.5 mm talaş derinliğinde 150 mm boy işlenmiştir. 120 – 135 – 150 - 165 ve 180 m/min kesme hızları ve 0,2 – 0,25 ve 0,30 mm/rev ilerleme miktarları kullanılmıştır. İşlemenin sesi bir bilgisayara kayıt edilmiştir. En iyi kesme hızı ve ilerleme oranı; yatak aşınmasına, talaş şekline, yüzey pürüzlülüğüne ve işlenen parçanın güç tüketimine göre hesaplanmıştır. Elde edilen ideal kesme parametreleri ve kesme işlem sesi karşılaştırılmıştır. Bu yolla sese bağlı olarak 165 m/min kesme hızı ve 0,25 mm/rev ilerleme miktarı en iyi sonucu vermiş ve bu değerlere göre işlem sesi doğrulanmıştır.

Sandvik Coromant firmasının yapmış olduğu araştırmaya göre (10) ; malzemedeki alaşım elementleri özellikler üzerinde çok önemli bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Karbonun, çeliğin mekanik özelliğini ve işlenebilirlik özelliklerini belirleyen en önemli element olduğu tespit edilmiştir. Diğer alaşım elemanları; Nikel (Ni), Cobalt (Co), Mangan (Ma), Vanadyum (V), Molibden (Mo), Niobyum (Nb), Tungsten (W), Bakır (Cu) vb'dir. Bazı alaşım elemanları ise işlenebilirlik üzerinde önemli ölçüde pozitif etkiye sahip olduğu belirtilmiştir. Kükürt (S), fosfor (P) ve kurşun (Pb) bunlara örnek olup, kolay işlenebilir çeliklere ilave edilmektedir. Talaş oluşumu, genellikle sünekliği azaltan alaşım elementleri ile iyileştirilebileceği üzerinde durulmuştur. İş parçası malzemesinin kimyasal analizi, işlenebilirliği konusunda araştırmalara önemli ip uçları vermektedir. Talaş kaldırılacak malzemenin işlenebilirliği üzerinde negatif etkiye sahip olan malzemeler; Mn, Ni, Co, Cr, V, C <%0,03, C>%0,6, Mo, Nb ve W olarak belirtilmiştir. Pb, S, P ve C elementleri ise pozitif bir etki gösterdiği öngörülmüştür.

M. Cengiz KAYACAN, Ş. Abdurrahman ÇELİK ve Özlem SALMAN'ın hazırlamış oldukları ve "Tornalama İşlemlerinde Kesici Takım İşlemlerinde Kesici Takım Aşınmasının Bulanık Mantık ile Modellenmesi" adını verdikleri çalışmada (11); tornalama işlemlerinde takım aşınması esas alınarak ekonomik takım kullanımı için bulanık mantık programlama yöntemi kullanılarak genel bir fuzzy model

kurulmuş. Kesilecek malzemenin sertliği ve kullanılan kesici takımın cinsine göre ekonomik takım aşınması için en uygun kesme hızı, ilerleme oranı ve talaş derinliklerini belirleyebilen bulanık mantık çözüm modeli oluşturulmuş. Kurulan model kullanılarak şu sonuçlar elde edilmiş.

- Eğer iş parçası yumuşak, kesici takım sert, kesme hızı yavaş, ilerleme oranı düşük, talaş derinliği az ve çalışma sıcaklığı düşük ise aşınma çok az.
- Eğer iş parçası yumuşak, kesici takım sert, kesme hızı yavaş, ilerleme oranı düşük, talaş derinliği az ve çalışma sıcaklığı düşük ise aşınma az.
- Eğer iş parçası sert, kesici takım yumuşak, kesme hızı hızlı, ilerleme oranı fazla, talaş derinliği fazla ve çalışma sıcaklığı yüksek ise aşınma çok.
- Eğer iş parçası sert, kesici takım yumuşak, kesme hızı hızlı, ilerleme oranı fazla, talaş derinliği fazla ve çalışma sıcaklığı yüksek ise aşınma çok fazla.

Bu çalışma sonucunda talaşlı üretimde ekonomik tornalama için en uygun takım aşınmasının oluşacağı işleme parametreleri çok kolaylıkla kısa sürede belirlenebileceği savunulmuş. Bunun yanı sıra oluşturulan model, elektronik üretim sürecinde takım aşınmasının eş zamanlı denetlenebilmesi için kesme şartlarının kontrol altında tutulması amacıyla da kullanılabileceği belirtilmiş.

2.2. Literatür Araştırmalarının Değerlendirilmesi

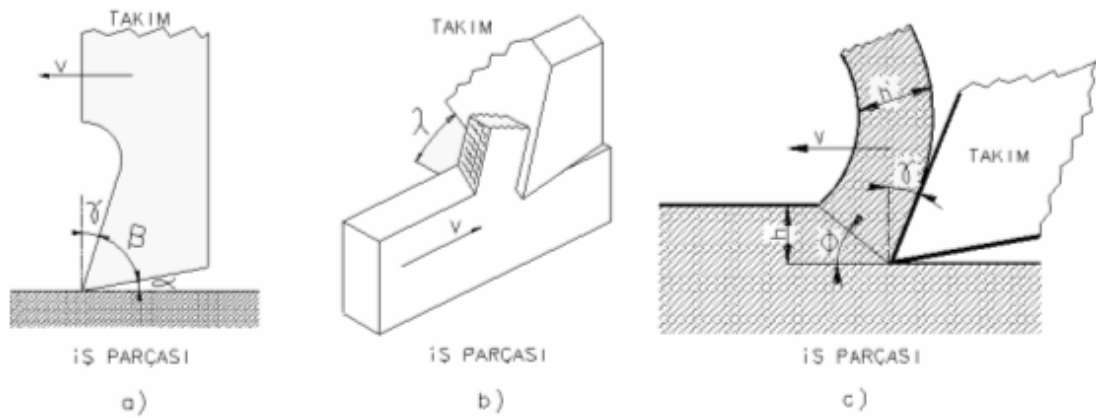
Yapılan literatür çalışmalarında AISI 303 tip östenitik paslanmaz çelik ile ilgili fazla bilgiye rastlanmamıştır. Benzer malzemelerin işlenebilirliği ile ilgili veriler toplanarak paslanmaz çeliklere ağırlık verilmiştir. Çeliğin işlenmesi sırasında karşılaşılan problemler ve çözüm önerileri belirtilmiştir. Bu çalışmaların sonucunda;

- Paslanmaz çeliklerin işlenebilirliğinin artırılması amacıyla, alaşımlarında yapılan değişikliklerin çeliğin faydalı özelliğine zarar vermeden işlenebilirliğini önemli ölçüde iyileştirdiği görülmüştür.
- Azotun çelik alaşımına belli bir miktar eklendiğinde kopma gerilmesi miktarını ve takım ömrünü arttırdığı görülmüştür.

- Kesme hızı artmasıyla malzemelerin takım ömrünün azalmasına yol açtığı görülmüştür.
- Östenitik paslanmaz çeliğin işlenebilirliğini zorlaştıran unsurlar; yüksek dayanıklılığı, düşük ısı iletkenliği ve yüksek sünekliği olarak belirtilmiştir.
- Malzemeden talaş kaldırma esnasında, kesilen talaşın kesici takıma yapıştığı ve takımdan talaş kopardığı belirtilmiştir.
- Kesme hızı değerinin düşmesi, talaş ile malzeme arasındaki temas süresini arttıracak için, kesici takım ile malzeme arasında sürtünmenin artmasına ve ortam ısının yükselmesine neden olacağı belirtilmiştir.
- İşleme esnasında sıvanmanın oluşmasının, takım aşınma oranı ve işlenen yüzeyin kalitesinin düşmesine sebep olduğu belirtilmiştir.
- Paslanmaz çeliklerin işlenmesi esnasında yüksek kesme kuvvetine ihtiyaç duyulduğu, bunun neticesinde aşırı takım aşınmasının olduğu belirtilmiştir. Bu çeliklerin yüksek kırılma tokluğuna sahip olmasının da, normal çeliklerin tersine çapak oluşumu eğilimini arttırdığı öngörülmüştür.
- Malzemeye bakır ilave etmenin, kesme kuvvetinin azalmasına yol açtığı belirtilmektedir.
- Kükürt (S), fosfor (P) ve kurşun (Pb) elementlerinin işlenebilirliği kolaylaştırdığı ön görülmüştür.

3. TALAŞ OLUŞUMU VE TALAŞ KALDIRMA MEKANİĞİ

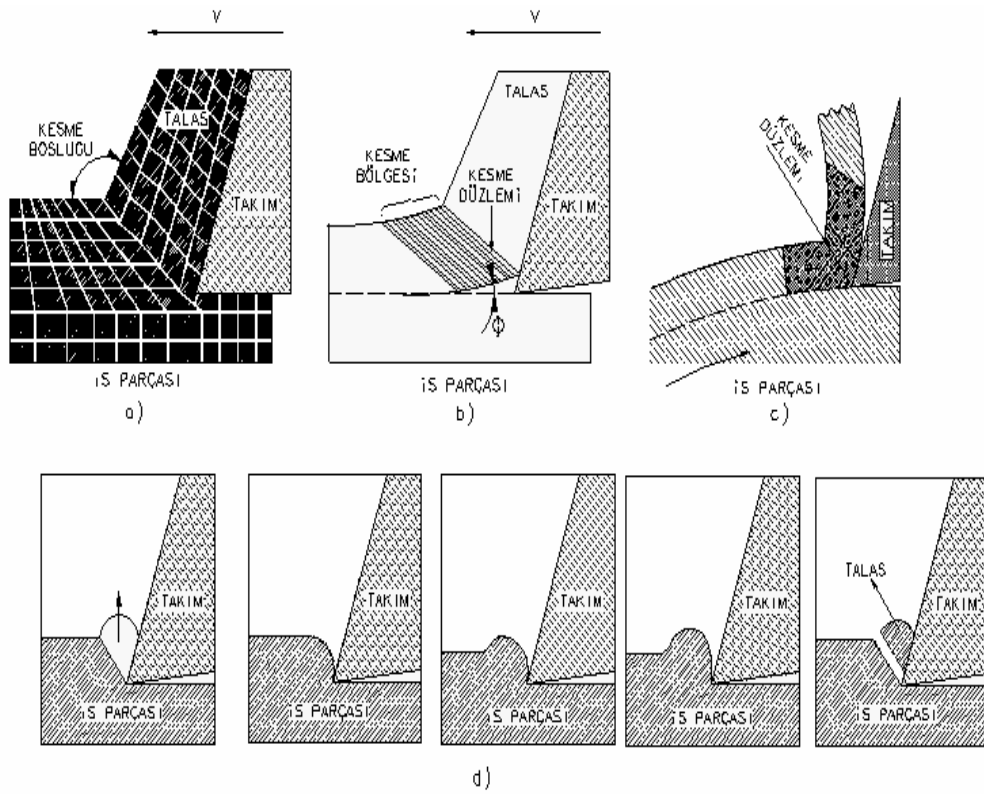
Belirli boyutta, şekilde ve yüzey kalitesinde bir parça meydana getirmek için, ucu keskin bir kesici takım ve güç kullanarak, iş parçasından malzeme kaldırma işlemi talaş kaldırma olarak adlandırılır. Talaş kaldırma işleminde, iş parçası ve takım üzerinde sürtünme, ısı, takım aşınması ve takım deformasyonu gibi birçok olay meydana gelir. Bir parça üzerinden talaş kaldırılabilmesi için takımın iş parçasına nüfuz etmesi, takım veya iş parçasına uygulanan kesme kuvvetinin yeterli olması gereklidir. Ayrılan malzeme tabakası talaş olarak adlandırılır. Bir parçanın üzerinden belirli bir malzeme tabakası kaldırılması için, takıma uygulanan kuvvetlerin yeterli olması ve kesici takım malzemesinin iş parçasından daha sert olması gerekir. Şekil 3.1'de talaş kaldırma işleminde ortogonal kesme yöntemi gösterilmiştir (12, 13).



Şekil 3.1. Takım modeli ve ortogonal kesme (5)

Ortogonal kesme de takımın kesme kenarı, takım ile parça arasındaki kesme hızına dik (Şekil 3.1.a) veya eğik (Şekil 3.1.b) olabilir. İş parçası yüzeyine belirli bir kuvvetle yüklenildiğinde ve kuvvet yönüne doğru ilerlendiğinde (Şekil 3.1.c), kesici takım ucunun temas ettiği metal bölge önce elastik sonra plastik şekil değiştirecektir. Böylece metal bölgede akma başlayacak ve gerilmeler malzemenin kopma sınırını aştığı anda metal bölgede ana parçadan kopmalar meydana gelecektir (Şekil 3.1.c). Metal bölgenin iş parçasından ayrılma şekli parça malzemesinin özelliklerine ve işleme

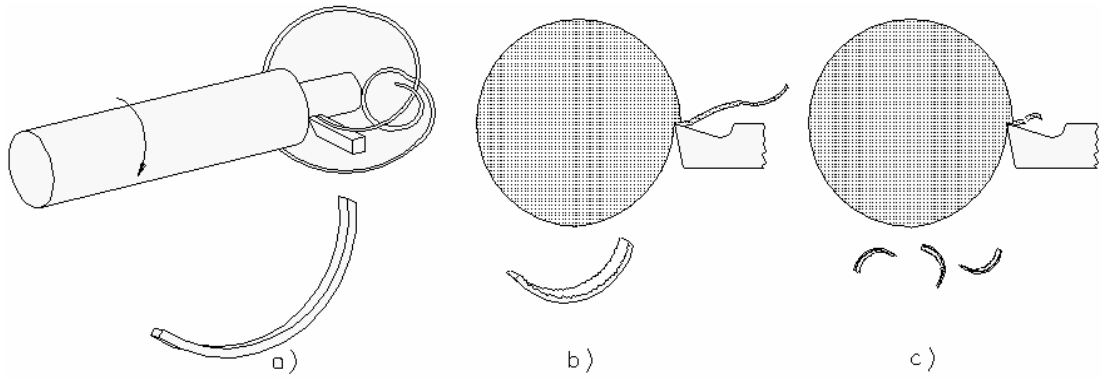
koşullarına bağlı olarak farklı bir şekilde gerçekleşecektir. Dolayısıyla çeşitli talaş şekilleri meydana gelecektir. Sünek malzemeler işlenirken, takımın kesme ağzının önünde, bir plastik şekil değiştirme bölgesi meydana gelir. Bu bölgede malzeme talaş şeklinde sürekli olarak iş parçasından ayrılmaktadır. Fakat bazen akışında bir kopma oluşmamaktadır (Şekil 3.2.a.b) (12, 13, 14).



Şekil 3.2. Talaş kaldırma olayı (12)

Gevrek malzemeler işlenirken (Şekil 3.2.d), takımın kesme ağzının önünde aşırı plastik şekil değiştirme bölgesi oluşur. Bu nedenle, malzeme talaş şeklinde hem iş parçasından ayrılır hem de talaş akışından kolayca kopar.

Sürekli, yapışık ve kesintili olmak üzere üç talaş tipi vardır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Talaş tipleri (12)

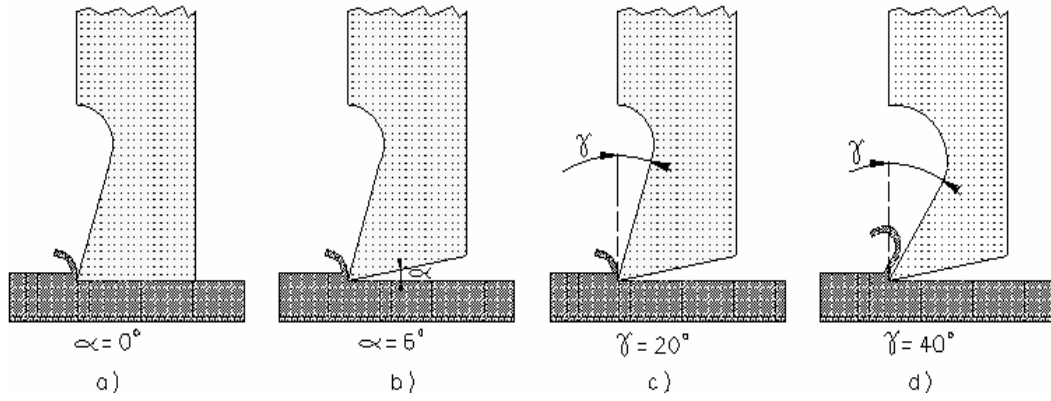
Sarım şeklinde ortaya çıkan sürekli talaş tipi (Şekil 3.3.a), iş parçasından sürekli ve akıcı bir şekilde ayrılır. Yüksek kesme hızı ve düşük ilerleme miktarının kullanıldığı yerlerde görülür. Yığılma talaş tipi (Şekil 3.3.b) olarak adlandırılan talaş tipi, yumuşak takımlar ile sünek parçaların işlenmesinde ortaya çıkar. Düşük kesme hızı ve yüksek ilerleme miktarlarının kullanıldığı işlemlerde görülür. Yüzey kalitesi bakımından kötüdür. Talaş, takımın ağzına yapışma eğilimi gösterir, ağız birikintisi ve takım ağzının kısa zamanda bozulmasına yol açar. Kesintili, yani kırık talaş tipi ise (Şekil 3.3.c), gevrek malzemelerin (dökme demir, çinko ve porselen...gibi) işlenmesinde ortaya çıkar. Sünek malzemelerde sürekli talaş tipinin elde edilmesi, kesme şartlarının ve işlenen yüzey kalitesinin iyi olduğuna işarettir. Ancak, bant şeklinde ortaya çıkan talaş, tezgahın çeşitli bölgelerine veya iş parçasına dolanarak işlenen yüzeyi bozabilir. Bu gibi durumlarda talaşın kırık olarak çıkması için çeşitli yöntemlere başvurulur (12, 13, 14).

3.1. Talaş Kaldırma Olayını Etkileyen Faktörler

3.1.1. Takım geometrisi

Takım geometrisini α , β , γ gibi ana açıları ve takım ucunun “r” yuvarlatma yarıçapı gibi faktörler tayin eder. Esas itibarıyla, talaş açısı (γ), talaşın parçadan uzaklaşmasına; kama açısı (β), takımın parçaya nüfuz etmesine,

serbest açı ise (α), takımın işlenen yüzeye sürtünmemesini sağlar. Şekil 3.4.a.b'de çeşitli α değerleri için takımın durumu gösterilmiştir (12, 13, 14).



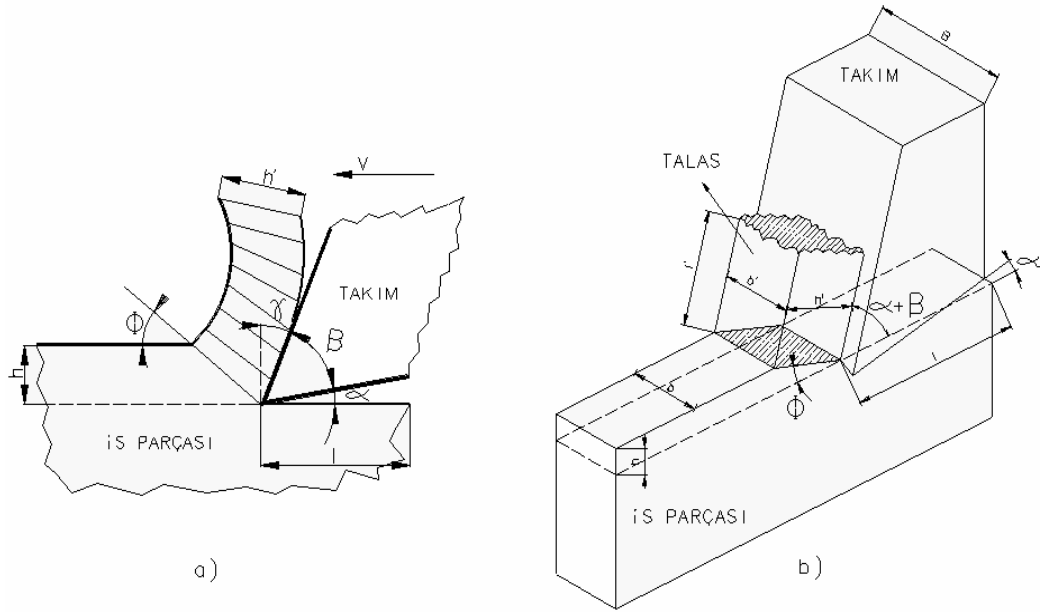
Şekil 3.4. Takım açılarının etkisi (12)

Takım ile işlenen yüzey arasında sürtünmeyi önlemek için ortalama $\alpha = 6^\circ$ lik bir açı gereklidir. Genellikle α açısı, takım ve parça malzemesine bağlı olarak genelde 3° ila 7° arasında seçilir. Esas itibarıyla (12, 13, 14);

- Talaş açısı (γ) küçük ve kama açısı (β) büyük (Şekil 3.4.c) ise; takımın ucu kötü olduğundan malzemeyi işlemesi zorlaşır. Isı oluşumu artar, kesme kuvvetleri büyür ve takımın ucu kısa zamanda körelir. Fakat takım kuvvetlere karşı daha dayanıklı olur. İş parçasıyla takım yan boşluk yüzeyi arasında talaşın sıkışma riski ortaya çıkar.
- Talaş açısı (γ) büyük ve kama açısı (β) küçük (Şekil 3.4.d) ise; takım ucu ince olduğundan malzemeyi işlemesi daha kolaylaşır. Daha düşük kesme kuvvetleriyle işleme yapar, talaş kolaylıkla akar ve takım daha büyük kesme hızlarında kullanılabilir. Ancak uç ince olduğu için takımın kuvvetlere karşı mukavemeti azalır ve kırılma olasılığı yükselir.

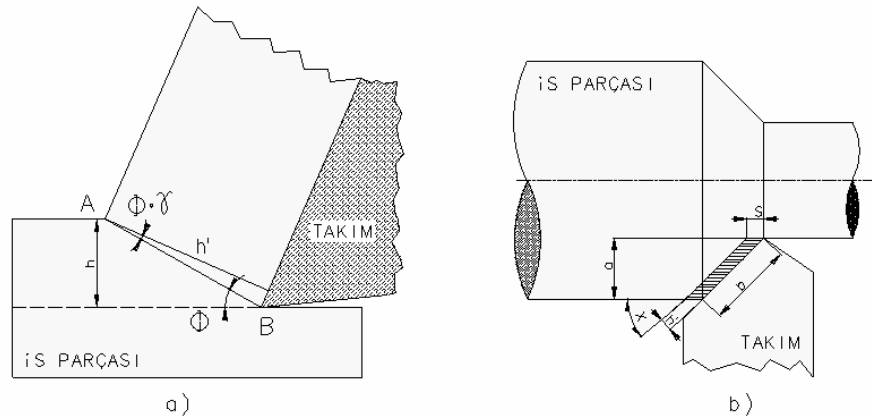
3.1.2. Talaş geometrisi

Takım; parça üzerinden kesme yönü denilen belirli bir doğrultuda talaş kaldırır (Şekil 3.5.a).



Talaşın iş parçası üzerinden ayrıldığı yüzey, kesme yüzeyi olarak ifade edilir. Kesme yüzeyi kesme yönü ile kesme açısı (Φ) adını taşıyan bir açı oluşturur. Parçadan ayrılacak olan talaşın boyutları, genişliği (b) ve kalınlığı (h) ile ifade edilir (Şekil 3.5.b).

Gerçek talaş kaldırma işleminde talaşım b ve h boyutları değişik bir şekilde ifade edilir. Örneğin talaş boyutları Şekil 3.6.d'de gösterildiği gibi $h \times b$ veya s ve a ile ifade edilir (12, 13, 14).



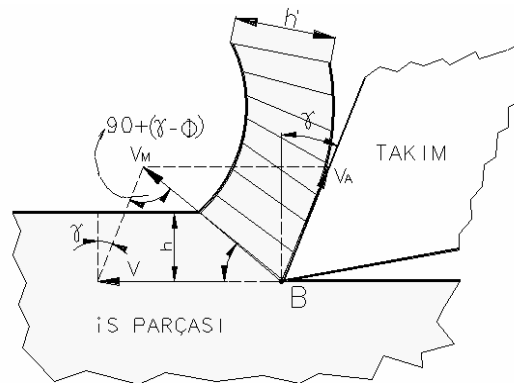
Burada s ilerleme ve a kaldırılan tabaka kalınlığı (paso kalınlığı) olarak ifade edilir. İlerleme (s) esas ilerleme hızına (u) bağlıdır. İlerleme hızı, bir yüzeyi işlemesi için o yüzey boyunca yaptığı hareketin hızıdır ve mm/min olarak ifade edilir. İlerleme miktarı takımın, parçanın bir diğerine karşılık kat ettiği mesafedir ve mm/rev olarak ifade edilir (12, 13, 14).

$$U = N \times S \quad [3.1]$$

eşitliği kullanılır.

3.1.3 Kesme hızı

İş parçasından talaş kaldırma sırasında takım, kesme yönünde kesme hızı (V) denilen bir hızla ilerler ve talaş parçadan, ayrılma hızı (V_A) olarak adlandırılan bir hızla uzaklaşır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Talaş ayrılma hızı (12)

Ayrılma hızı (V_A) ve kesme hızı (V) kesme yüzeyi boyunca makaslama hızı (V_M) olarak adlandırılan hız meydana getirirler. İş parçası üzerinden kaldırılan talaşın kıvrılmasından dolayı ayrılma hızı V_A , V kesme hızından daha küçük olur. Şekil 3.7'deki V_B V_M üçgeni ve sinüs kanunu uygulanırsa;

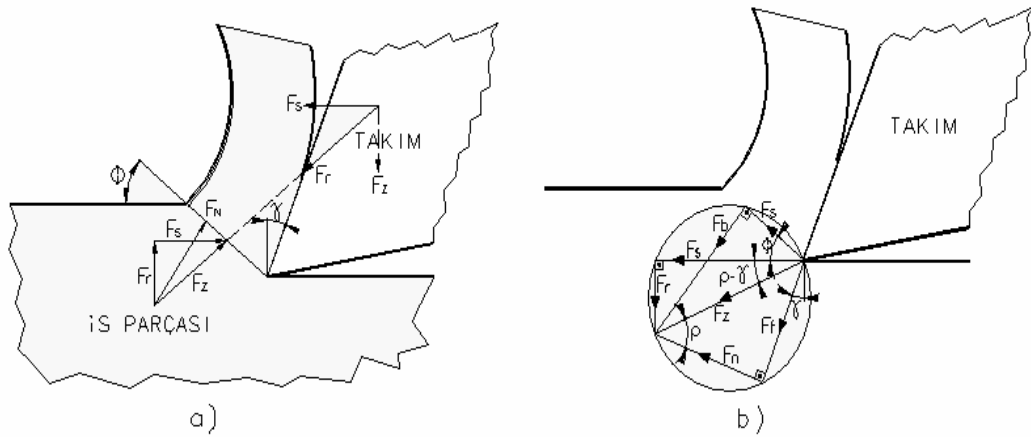
$$V_A = V \cdot \lambda_s = V / \lambda_{sb} \quad [3.2]$$

eşitliği yazılabilir.

Talaşın ayrılma hızı (λ_s) kıvrılma faktörüne bağlı olduğu açıkça görülmektedir. Genellikle $\lambda_s=0,3.....0,5$ arasında değişir. $\lambda_s=0,5$ için $V_A=0,5$ olarak elde edilmesi, talaşın kesme hızının yarısı kadar bir hızla takımın üzerinden ayrılmasını ifade etmektedir. Talaş kaldırma işleminde önemli rol oynayan kesme hızı m/min olarak ifade edilir. Kesme zamanını ve dolayısıyla işlemin maliyetini belirleyen ön önemli faktörlerden biridir (12, 13, 14).

3.1.4. Kesme kuvveti

Talaş kaldırma olayını gerçekleştirmek için takıma, talaş kaldırma kuvveti (F_z) olarak adlandırılan bir kuvvet uygulanır (Şekil 3.8.a).



Şekil 3.8. Talaş kaldırma kuvvetleri (12)

Talaş kaldırma işlemi esnasında kesme yüzeyinde oluşan kuvvetler, kesme kuvveti, takım ile talaş ve takım ile parça arasındaki sürtünme kuvvetlerinden oluşur. Düzlem boyunca yayılmış durum olan bu kuvvetler kesme düzleminin ortasında (Şekil 3.8.a) veya Merchant'ın varsayımına göre takımın ucuna (Şekil 3.8.b) uygulanan tek bir kuvvet ile gösterilebilir. Takım ucuna uygulanan kuvvet talaş kaldırma kuvveti F_z ; kesme yönünde kesme kuvveti (F_s), bu yöne dik yönde radyal kuvvet (F_r) ve kesme düzlemde makaslama (F_f) kuvvetlerinden oluşur. Buradaki "p" açısı sürtünme açısıdır. μ ise sürtünme katsayısı olarak ifade edilmiştir (12, 13, 14).

$$\mu = F_f / F_N = \tan p \quad ; \quad p = \arctan \mu$$

[3.3]

olarak ifade edilir.

Açıklamış olduğumuz kuvvetlerden en önemlisi kesme kuvveti F_s ve radyal kuvvet F_r dir. Şekil 3.8'den görüldüğü gibi, kesme düzleminde, kesme direnç kuvvetinin yanı sıra takımın parçadan ayırmaya çalışan bir radyal direnç meydana gelmektedir. Bu sebeple takımı parça üzerinde tutmak için takıma radyal bir kuvvet uygulanmalıdır. Buda takımın takım tutturma tertibatına bağlaması ile gerçekleştirilebilir (12, 13, 14).

Kesme kuvveti hakkında şu sonuçları çıkarmamız mümkündür;

- İş parçası malzeme mukavemetin büyümesi, kesme kuvvetinin büyümesine neden olur.
- İş parçasından kopan talaşın kalınlığının, takım eğim açısının ve takım talaş açısının artması, kesme kuvvetinin azalmasına işaret eder.
- Kesme hızının kesme kuvveti üzerine etkisi, hız çeliğinden yapılan takımlarda, $V=30.....35$ m/min ve sert metalden yapılan takımlarda, $V>80$ m/dk olduğu durumlarda görülür. Bu değerlerde, kesme hızı büyüdükçe, kesme kuvvetinin arttığı görülmüştür.
- Dış tornalamaya göre diğer işlemlerde, aynı kesme koşullarında, daha büyük kesme kuvvetlerine ihtiyaç duyulduğu tespit edilmiştir.

3.1.5. Kesme gücü

Kesme hızı (V) ve kesme kuvveti (F_s), tezgah motorunun verdiği enerji ile sağlanır. Bu enerji tezgahın ana miline kadar ulaşır. Bu faktörlere bağlı olarak talaş kaldırmak için gereken kesme gücü;

$$P_s = F_s \cdot V \quad [3.4]$$

eşitliği ile tespit edilir. Kinematik sistemin verimi η ile ifade edilirse, tezgah motorunun gücü;

$$P_m = P_s / \eta \quad [3.5]$$

eşitliği ile elde edilebilir (12, 13 ,14).

3.1.6. Isı oluşumu

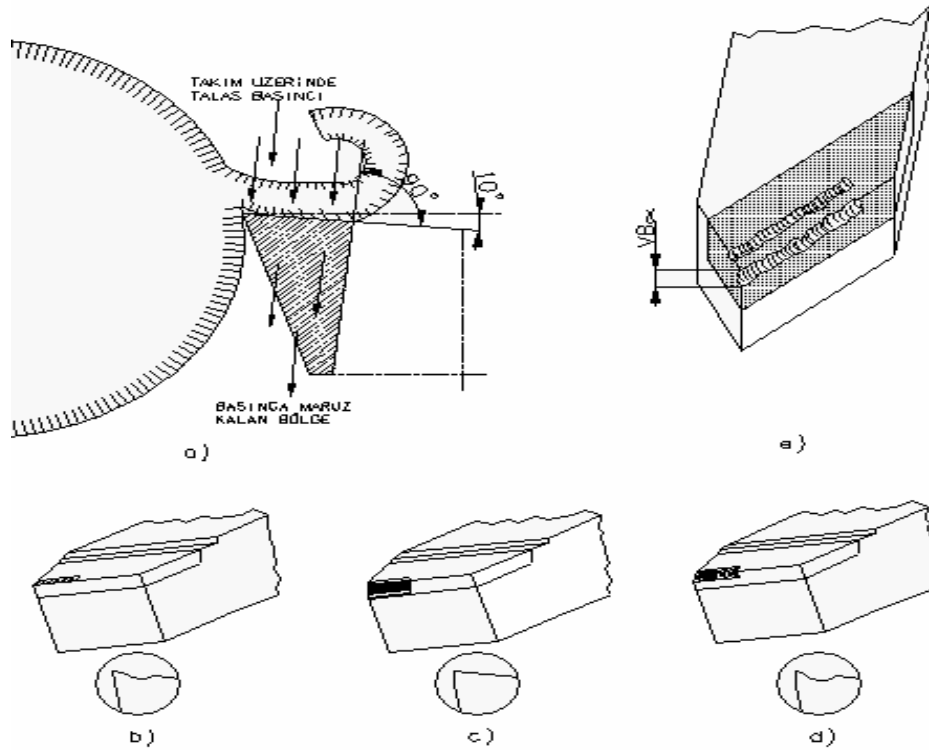
İş parçasından talaş kaldırma sırasında oluşan ısı, kaldırılacak tabakanın iş parçasından ayrılması için gereken enerjiden, takım ile talaş arasındaki sürtünmeden ve takım ile işlenmiş yüzey arasındaki sürtünmeden meydana gelmektedir. Ortaya çıkan ısıнын bir bölümü, kaldırılan talaş ile birlikte dışarıya atılır. Geriye kalan bölümü ise parçaya ve takıma geçer. Isının en büyük miktarı talaş ile birlikte çevreye atıldığı yapılan deneylerce görülmüştür (12, 13 ,14).

Sıcaklığın takım üzerine etkisini özetleyecek olursak;

- Oluşan sıcaklık takım sertliğini çok etkiler. Mevcut sertliklerini, su verme yolu ile elde eden takım çelikleri ve hız çelikleri, belirli bir sıcaklıkta sertliklerini kaybeder ve görevini yapamaz hale gelir.
- Oluşan sıcaklık, takımın aşınmaya karşı mukavemetinin azalmasına yol açar. Aynı zamanda çabuk körlenmesine ve dolayısıyla takım ömrünün azalmasına neden olur.

3.1.7. Aşınma ve takım ömrü

İş parçasından talaş kaldırma sırasında oluşan sürtünmeler ve sıcaklık takım aşınmasına neden olur. Meydana gelen sürtünme takım aşınmasında en önemli sebep teşkil eder. Oluşan sıcaklık ise takımın aşınmaya karşı mukavemetini azalttığı için, aşınmayı hızlandıran bir etken olarak görülür. Sürtünme, talaş ile takımın talaş yüzeyi ve işlenen yüzeyi ile takımın serbest yüzeyi arasında meydana geldiğinden (Şekil 3.9.a), aşınma sadece talaş yüzeyinde (Şekil 3.9.b), sadece serbest yüzeyinde (Şekil 3.9.c) veya her iki yüzeyde de meydana gelir (Şekil 3.9.d,e) (12, 13 ,14).



Şekil 3.9. Takım yüzeylerinin aşınması (12)

Burada dikkat edilecek en önemli husus, talaş kaldırma esnasında meydana gelen kesme sürtünmesinin genel anlamda makine elemanlarının yüzeyleri arasındaki sürtünmelerden farklı olması gerekmektedir. Farklılık, kesme sürtünmesinin sürekli olarak 'taze' yüzeylerde, yüksek sıcaklık, yüksek basınç koşulları ve nispeten küçük temas alanlarında oluşmasıdır (12, 13, 14, 15).

Meydana gelen takım aşınması; takım ve parça malzemesi, takım ve talaş geometrisi, kesme hızı ve kesme sıvısı gibi bir çok faktöre bağlıdır.

Takım ömrü, aşınma olayına bağlı bir durum olduğu için, iş parçası, Kesici takım malzemesi, takım geometrisi, talaş geometrisi, kesme hızı ve kesme sıvısı gibi faktörler takım ömrünü etkilerler. Bunların en önemlisi kesme hızıdır.

Taylor tarafından yapılan araştırma sonuçlarında, takım ömrü (T) ile kesme hızı (v) arasında Taylor bağıntısı olarak bilinen,

$$v = C_t / T^n \quad [3.6]$$

eşitliği elde edilmiştir. Burada “v” m/min olarak kesme hızı, “T” min olarak ömür, “n” parça ve takım malzemesine bağlı bir sabite, “C_t” ise Taylor sabitesidir. Burada;

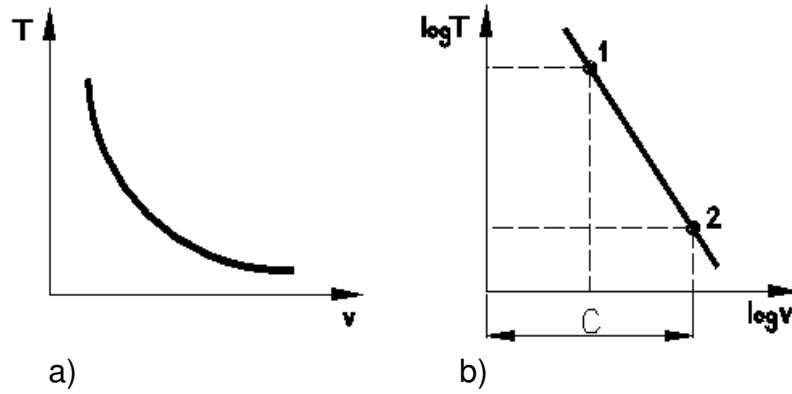
$$n = 1 / k \quad [3.7]$$

olarak gösterilirse;

$$T = C / v^k \quad [3.8]$$

eşitliği oluşur.

Şekil 3.10.a'da kesme hızının büyümesiyle takım ömrünün azaldığı görülmektedir.



Şekil 3.10. Takım ömrü kesme hızı bağıntısı

Bu bağıntı logaritmik olarak Şekil 3.10.b'deki gibi gösterilmiştir (12, 13 ,14).

4. PASLANMAZ ÇELİKLER

Çağımız endüstrisinin vazgeçilmez malzemeleri arasına giren paslanmaz çelikler esas itibari ile demir, karbon ve çoğu zamanda nikel içeren alaşımlar olup başlıca özelliklerini kroma borçludurlar. Demir alaşımlarının korozyon dayanımlarını arttırmak için geliştirilmiş bir türü olan paslanmaz çeliklerin, uygulama alanlarının her geçen gün artarak devam etmesinin temel nedeni korojif ortamlarda, mekanik özelliklerini yitirmeden gösterdikleri yüksek korozyon dirençleridir. Paslanmaz çeliğin paslanmazlık özelliğine sahip olabilmesi için en az %12 Cr içermesi gerekir.

Aslında çelikler diğer demir alaşımlarının büyük bir kısmı gibi atmosferde oksitlenirler ve yüzeylerinde pas olarak adlandırdığımız bir oksit tabakası oluşur. Alüminyum ve çinkonun tabakasının tersine çeliğin yüzeyini kaplayan yüzeyinde oluşan koruyucu oksit pas, oksitlenmenin iç kısımlara ilerlemesine engel olmaz. Paslanmaz çeliklerde ise korozyon direnci artan krom miktarın bağlı olarak yükselmektedir; bu olay üzerine yani çeliğin paslanmazlığı konusunda birçok spekülatif görüşler olmuştur. Bunlarda en kabul göreni, sıkı ve ince bir krom oksit tabakasının paslanmaz çelik üzerinde oluştuğu ve bu tabakanın oksidasyonun ve korozyonun ilerlemesine engel olduğudur. Gerçekten, elektro kimyasal gerilim serisine bakıldığında krom, demirden daha az asal olan bir metaldir. Çeliğin içeriğindeki kromun koruyucu etkisi, krom ile oksijen arasındaki affiniteden ileri gelmektedir. Krom içeren çelikler yüzeyleri bir krom oksit tabakası ile örtülü olmadıkları sürece korozyona ve özellikle oksidasyona karşı çok hassasdırlar; bu hale “aktif” denir. Buna karşın bu oksit tabakası oluşma olanağı bulunduğu metali korojif ortamlara karşı korur, dolayısıyla da çelikler “pasifleşmiş” olur. Pasivitenin sınırları ile derecesi ortamın aktivitesi ile paslanmaz çeliğin tür bileşimine bağlıdır. Koşulların uygun olduğu hallerde pasivite 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 da oksijen bulunmasına gerek vardır. (14, 16, 17, 21)

Kromun diğer bir tesiri de çeliklerin ısı altındaki dayanımlıklarını büyük çapta arttırmasıdır. Bu tesir, bilhassa çekme ve sürünme mukavemetlerinde kendini gösterir.

4.1. Paslanmaz Çeliklerin Sınıflandırılması

Bütün paslanmaz çelikler esas olarak demir alaşımlarıdır ve pasifleşme özelliği gösterirler. Bunu ifade etme üzere İngilizce de lekesez anlamına gele “stainless” kelimesi kullanılmıştır. Bu çeliklerde pasifleşmeyi sağlayan asıl metal “krom” dur. Alaşımı oluşturan diğer bileşenler paslanmaz çeliğin diğer yapısal özelliklerini geliştirmek içindir. Eğer yüzeyde pasif film oluşmaz ise paslanmaz çeliklerde aynen diğer demir alaşımları gibi korozyona uğrayabilir. Kristal yapısına ve mukavemetlenme mekanizmasına bağlı olarak 4 çeşit paslanmaz çelik vardır (18).

4.1.1. Martensitik paslanmaz çelikler

Bu yapıdaki alaşımlar %0,1-1 oranlarında C ve %12-17 oranlarında ise Cr içermektedir. Martensitik paslanmaz çelikleri diğer paslanmaz çeliklerden ayıran en önemli özellikleri; karbon yüzdesinin düşük olması ve ısı işlemleri 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 (14, 18, 19, 20).

Martensitik çelikler magnetik olup daha çok; ısı işlem mukavemet gerektiren daha ziyade korozyona maruz yerlerde özellikle (pompa mili ve valf imalatında) kullanılır. En çok kullanılan tipleri, 410 ve 420'dir (17).

4.1.2. Ferritik paslanmaz çelikler

Demir ve krom alaşımından oluşan çeliklerdir. %0,12 civarında karbon, %11-30 civarında Cr 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 ısıtılma işlemin uygulanmadığı 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 kaynaklanabilirlik özelliklerini artırır (14,17,19).

Antimagnetik 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 (17).

4.1.3. Dublex (çift fazlı) paslanmaz çelikler

Çift bazlı bir iç yapıya 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 3-10µm' 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. Daha öncede belirtildiği gibi ferritik ve östenitik paslanmaz çeliklerin en iyi ortak özelliklerini taşırlar. Ferritik yapıyla mukavemet ve gerilmenin korozyon çatlamaına 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 (21).

Modern duplex paslanmaz çelikler ısııl işlem görmüş hallerinde -50 °C'nin altında tokluk kaybına uğrarlar. Zira bu çeliklerde ferrit fazının bulunması sonucunda çentik darbe eğrisinde düşen sıcaklıkla süneg-gevrek geçiş sıcaklığı da düşer. 475°C gevrekliğı ile birlikte bu faktör duplex paslanmaz çeliklerin kullanım sıcaklıklarının da sınırlayıcı etkide bulunur. Dolayısı ile de bu tür çelikler -50°C ile 280°C sıcaklıkları arasında mekanik özelliklerini çok iyi korurlar. Kaynak edilebilirlikleri ve karşılaştırılabilir fiyatları da buna eklenirse günümüzün vazgeçilmez bir paslanmaz çelik türü ortaya çıkmaktadır (22).

4.1.4. Östenitik paslanmaz çelikler

Östenitik paslanmaz çelikler, bileşiminde %12-25 Cr ve %8-25 Ni içeren ve paslanmaz çelik ailesinin en yaygın kullanım alanına sahip olan çeliklerdir. Yüksek korozyon dirençlerinden ve şekillendirilebilirliklerinden dolayı üstün bir pozisyona ve bu nedenle pek çok mühendislik uygulamaları için arzu edilen özelliklere sahiptir (23).

Bilindiği üzere, östenitik yapıda demir alaşımları elde etmek bu asrın başından beri metalurjistlerin en önemli uğraşlarından birisi olmuştur. Günümüzde AISI 300 serisi olarak adlandırılan östenitik paslanmaz çelikler, işte bu çalışmaların ürünüdür. Bugünün östenitik paslanmaz çelikleri %16-26 Cr, %10-24 Ni, %0,40'a kadar karbon ve diğer bazı özellikleri geliştirmek için katılmış Mo, Ti, Nb, Ta ve N gibi elementler içerir.

Östenitik paslanmaz çelikler soğuma sırasında soğuma sırasında östenit→ferrit dönüşümü olmadığından su verme yolu ile sertleştirilemez. TS 2535, östenitik paslanmaz çelikleri “bileşiminde korozyona karşı krom ve östenitik bir yapı sağlamak amacı ile de nikel bulunan, oda sıcaklığında manyetik olmayan, ısı işlemi ile sertleştirilemeyen soğuk biçimlendirilmeye elverişli paslanmaz çeliktir” diye tanımlar. Östenitik paslanmaz çeliklerin, şekillendirilebilirlik ve korozyon dirençleri mükemmeldir. Mukavemet, yoğun katı eriyik mukavemetlenmesi ile elde edilir ve östenitik paslanmaz çeliklerin soğuk deformasyon sonucu pekleşmesi ferritik paslanmaz çeliklerden fazla olabilir. Östenitik paslanmaz çelikler geçiş sıcaklıklarına sahip olmadıkları için, düşük sıcaklıktaki darbe özellikleri mükemmeldir. Bu çelikler ferromanyetik değildirler. Yüksek nikel ve krom miktarı bu çeliklerin maliyetinin artmasına neden olur (18).

Östenitik paslanmaz çelikler genellikle nemli ortamlarda kullanılırlar. Artan krom ve molibden içerikleri agresif çözeltilere karşı korozyon dirençlerini arttırıcı rol oynar. Yüksek nikel içeriği gerilmeli korozyon çatlamasına karşı riski azaltır. Östenitik paslanmaz çelikler katılan alaşım elementlerinin miktarına bağlı olarak genel korozyona, çukurcuk ve aralık korozyonuna dirençleri yükselir; bu olay çeliğin klor içeren ortamlarda kullanılması durumunda daha da önemlidir. Çukurcuk ve aralık korozyonuna dirençleri artan molibden ve krom ile artar (21).

Östenitik paslanmaz çelikler iç yapılarına göre kararlı veya yarıkararlı östenitik paslanmaz çelikler olarak iki grupta incelenir. Yarı kararlı östenitik paslanmaz çelikler soğuk şekillendirme sonucu iğnemsî veya martensitik türde bir iç yapı gösterirler. Kararlı östenitik paslanmaz çelikler ise oldukça yüksek derecede soğuk şekil değiştirme sonucunda bile östenitik iç yapılarını korurlar. Bu iki tür arasındaki belirgin fark, gayet açık bir biçimde bunların çekme diyagramlarından görülebilir. Kararlı östenitik paslanmaz çeliklere örnek olarak AISI 304 çeliği normal gerilme - genleşme diyagramında bir östenitik davranış gösterir. Çekme eğrisinin parabolik değişimi gerilme uygulandıkça şekil değiştirme

sertleştirilmesinin devam ettiğinin işaretidir. Buna karşın AISI 301 östenitik paslanmaz çeliği yarı kararlı östenitik paslanmaz çeliklere güzel bir örnek olmaktadır. Yaklaşık olarak %10-15'lik bir % uzamadan sonra şekil değiştirme sertleşmesi hazırlanan bir şekilde kendini belli eder. Yarı kararlı östenitik paslanmaz çeliklerde şekil değiştirme sertleşmesinde görülen bu artış doğrudan östenitin dengesizliğinin bir göstergesidir (14, 21, 24).

4.2. Alaşım Elementlerinin Çelik Yapısına Etkisi

Karbonlu çeliklerin normal olarak sağlanamayan kendine has özellikleri kazanmak için, bir veya birden fazla alaşım elementi katmak suretiyle yapılan çelikler alaşımlı çeliklerdir. Mn, Si gibi alaşım elementlerinin bir veya birden fazlasının, çeliğin içindeki değerleri Mn %1,65, Si %0,60'dan fazla olan ve bunlara öteki elementlerden Al, B, Cr, Co, Mo, Ni, Ti, W, V ve Zr elementlerinin birinin veya birkaçının bulunması istenen çelikler, alaşımlı çelikler sınıfına girer.

Alaşımlı çeliğin, alaşım elementlerinin alt ve üst limit değerleri arasındaki fark çok az olup, alaşım elementi sayısı arttıkça, alınacak dökümlerde uygun olmayanların sayısı fazlasıyla artar. Alaşımlı çelik ingot ve kütüklerin gerek yüzünde gerekse içinde meydana gelmesi muhtemel çatlamalara neden olmaması için, özel kuyu ocaklarında ağır ağır soğutulur. Ayrıca haddeleme ve dövme işlemlerinden önce son olarak hatalar giderilir. Bu nedenlerden ötürü alaşımlı çelik yapımı, karbonlu çeliklere kıyasla daha zordur (14, 17, 20, 25).

4.2.1. Karbon (C)

Çelikte başlıca sertleştirici etkisi olan element, karbondur. Karbon miktarındaki her artış, çeliğin sıcak hadde mamulü veya normalize edilmiş halindeki sertlik ve çekme direncini artırır. Fakat esnekliğini, dövülme, kaynak edilme ve kesilme özelliğini zayıflatır.

4.2.2. Mangan (Mn)

Mangan, çeliğin direncini geliştirir, esnekliğini az miktarda zayıflatır. Dövme ve kaynak edilme özelliğine olumlu etkide bulunur. Manganın, sertlik ve direnci artıran özelliği, karbon miktarına bağlıdır. Manganın yüksek karbonlu çeliklerdeki etkisi, düşük karbonlu çeliklere oranla daha fazladır. Mangan su verme derinliğini artırır, paslanmaya (korozyona) olan direncini geliştirir.

4.2.3. Silisyum (Si)

Silisyum, mangan gibi bütün çeliklerde bulunan bir elementtir. Çelik yapımında demir cevherinden, veya ocak astan olan tuğlalardan da bir miktar silis, çeliğin bünyesine kendiliğinden girer. Silisyumlu çelikler deyimli, bileşiminde %0,40 dan fazla silisyum olan çelikler için kullanılır. Silisyum, çelik dökümlerde mekanik direnci ve özgül ağırlığı artırır. Çelikte silisyumun bulunması, esnekliği eksi yönden etkilerse de beher %1 artış için çekme dayanımını 10 kg/mm, akma sınırını da benzer bir oranda artırır. % 14 arasında silisyum bulunan çelikler, kimyasal reaksiyonlara karşı dayanıklı olduklarından, bu durumdaki çelikler dövülemezler.

4.2.4. Fosfor (P)

Genel olarak çelikteki fosfor zararlı olarak bilinir. Yüksek kaliteli çeliklerde fosfor % si en çok 0,030-0,050 olarak tutulur.

4.2.5. Kükürt (S)

Çeliğin işlenebilme özelliğinin artırılması söz konusu olmadığı hallerde, fosfor gibi istenmeyen yabancı maddeler olarak kabul edilen bir elementtir. Normal olarak müsaade edilen miktar en çok % 0,025-0,030 arasında sınırlandırılır. Sonuç olarak kükürt, çeliği kırılgan yapar ve haddelenmesini güçleştirir.

4.2.6. Krom (Cr)

Krom, bir çeliğin dayanma özelliğini artıran fakat buna karşılık, esnekliğini çok az bir dereceye kadar eksi yönden etkileyen bir alaşım elementidir. Krom, çeliğin ısıya direncini artırır. Tufal yapmayı önler, içinde yüksek oranda krom bulunması; çeliğin paslanmaya ve aşınmaya karşı dayanmasını artırır.

Kromlu paslanmaz çeliklerde krom oranı arttıkça, kaynak edilebilme yeteneği azalır. Krom, en stabil karbürü meydana getirir. Çelikte beher % 1 oranındaki krom yüzdesi artışına karşılık, çekme direncinde yaklaşık olarak 8-10 kg/mm²lik artış görülür. Aynı oran içinde olmamakla beraber, akma sınırı yükselirse de çentik direnci düşer.

4.2.7. Nikel (Ni)

Nikel, çeliğin direncini silisyum ve mangana kıyasla daha az artırır. Çelikte, nikel, özellikle kromla birlikte bulunduğu zaman, sertliğin derinliklere inmesini sağlar. Krom nikelli çelikler paslanmaz, tufallanmaya ve ısıya dayanıklıdır. Özellikle düşük sıcaklıklarda, makine yapı çeliklerinin çentik direncini artırır. Nikel, ıslah ve sementasyon çeliklerinin direncini artırdığı gibi, östenitik çelikler, paslanmaya ve tufallanmaya dayanıklı çelikler için, uygun bir alaşım elementidir.

4.2.8. Molibden (Mo)

Molibden, çeliğin çekme dayanımını özellikle ısıya dayanıklılığı ile kaynak edilme özelliğini artırır. Yüksek miktarda molibdenli çeliklerin dövülmesi güçleşir. Molibden, kromla birlikte daha çok kullanılır. Molibdenin etkisi volframa benzer.

4.2.9. Vanadyum (V)

Çok düşük miktarda kullanıldığında çeliğin ısıya dayanımını artırır. Vanadyum, alaşımlı makine yapı çelikleri tane yapısının ince olmasını ve fizik

fiziksel özelliklerinin gelişmesini sağlar.

Aynı zamanda çelik kesici uçlarının, daha uzun zaman keskin kalmasını sağlar. Genellikle alaşımlı makine yapım çeliklerinde bulunan vanadyum miktarı %0,03-0,25 arasında değişir. Karbür yapmaya karşı kuvvetli bir eğilimi vardır. Çeliğin çekme ve akma dayanımını artırır. Makine yapım ve sıcak iş çeliklerinde özellikle vanadyum ve krom, hava ve makine yapım çeliklerinde volframla birlikte kullanılır.

4.2.10. Wolfram (W)

Çeliğin dayanımını arttıran bir alaşım elementidir. Takım çeliklerinde, kesici kenarlar sertliğin artmasını kullanılma ömrünün uzamasını ve yüksek ısıya dayanımını sağlar. Bu yönden hava çeliklerinde, takım çeliklerinde ve ıslah çeliklerinde, alaşım elementi olarak yaygın bir şekilde kullanılır. Çelikte volframın bulunması belirli yüzdelere kadar kaynak edilebilme özelliğine geliştirici etkiler yapar. Çeliğe ilave edilecek beher volfram yüzdesi, akma ve çekme dayanımını 4 kg/mm²'ye kadar artırır. Volframın karbür meydana getirmeye karşı kuvvetli bir eğilimi olup, yüksek çalışma sıcaklığında, çeliğin menevişlenip sertliğini kaybetmemesini sağladığından, sıcağa dayanımlı çeliklerin yapımında tercih edilir.

4.2.11. Kurşun (Pb)

Yalnızca otomat çeliklerine (% 0,2 - 0,5) oranında katılır, işlemede kolaylık ve temiz bir yüzey elde edilmesini sağlar, mekanik özelliklere pek etki etmez (12,17).

4.2.12. Bor (B)

Çok düşük oranda (% 0,001 gibi) ilave edilse bile su vermede sertliğin derinlere erişmesine bilhassa sementasyon çeliklerinde merkez dayanımının artmasını sağlar.

4.2.13. Alimünyum (Al)

Alimünyum Nitrür veya dayanıklı çeliklerde, mıknatıs çeliklerinde az kullanılan faydalı bir elementtir.

4.2.14. Bakır (Cu)

Genelde özellikleri iyileştirir. Ancak özel olarak pek katılmaz. Dövmeyi zorlaştırdığı için istenmez.

4.3. Paslanmaz Çeliklerin İşlenebilirliği

Krom, paslanmaz çeliğin bir temel ögesi olup malzemenin yüzeyinde krom-oksit filmi oluşturarak paslanmaz çeliği korozyondan korur. Karbon muhtevası yeterince yüksek olduğu zaman paslanmaz-krom çelikleri karbon çelikleri gibi sertleştirilebilir. Paslanmaz çelikler kroma ek olarak molibden, bakır, titanyum, silikon, manganez, alüminyum, nitrojen ve sülfür gibi diğer alaşım elementlerine ihtiva eder. Bu elementler malzeme yapısını değiştirmek, korozyon direncini ve diğer özelliklerini iyileştirmek için kullanılır. Başlıca mukavemet olmak üzere bazı özellikler doğrudan malzeme yapısına bağlıdır (10, 26).

Yüksek alaşımlı paslanmaz çelikler yapısında aşındırıcı karbür taneleri ihtiva eder. Bu taneler takım aşınmasının daha hızlı meydana gelmesine neden olur. Sertleştirilmiş ve temperlenmiş haldeki martensitik çeliklerin hassas işlenmesinde yüksek kesme hızlarından kaçınılmaması durumunda, malzemenin ikinci defa temperlenmesini gerekli kılar (27).

Paslanmaz çeliklerin yüksek çekme mukavemetine sahip olması da işlenebilirliği olumsuz yönde etkilemektedir. Akma ve kopma noktaları arasındaki uzaklık normal karbonlu çeliklere göre daha fazladır. Dolayısıyla paslanmaz çelikler işlenirken, normal karbon çeliklere göre daha fazla kesme kuvvetine ihtiyaç duyulmaktadır (27).

Östenitik paslanmaz çeliklerin, düşük ısı iletkenliğine ve pekleşme özelliğine sahip olması da işlenebilirliği olumsuz yönde etkileyen faktörlerde biridir. Paslanmaz çeliğin işlenme esnasındaki pekleşme özelliği, normal karbonlu çeliklere göre daha yüksek miktarda kesme kuvvetine ihtiyacın doğmasına yol açar. Isı iletkenliğinin düşük olması kesme bölgesinde sıcaklığın atmasına yol açar. Meydana gelen yüksek sıcaklık ikinci deformasyon bölgesinde difüzyon aşınmasının oluşmasını sağlar (27).

Östenitik paslanmaz çelikler diğer paslanmaz çeliklere nazaran en çok kullanılan gruptur ve korozyon direnci bakımından diğerlerine göre en iyisidir. En yaygın paslanmaz östenitik çelikler 18/8 (%18 Cr- %8 Ni) tipidir. Bu çelik östenitik gurubunda temel düzeyde korozyon direncini temsil eder. Eğer daha iyi korozyon direnci gerekirse çeliğe molibden eklenir. Bu yolla aside karşı dirençli paslanmaz çelik elde edilir. 18/8 ve 18/8 + 2 Mo çelikleri östenitik paslanmaz çeliklerin en geniş kısmını oluşturur. Bunun yanı sıra aynı zamanda daha yüksek alaşımlı örneklerde mevcuttur. Paslanmaz çeliğin korozyon direncini arttırmak için %22 oranında Nikel, %65 oranında krom ve birazda bakır katılır.

18/8 paslanmaz çelikler üçe ayrılır:

- 1) Düşük karbonlu (0,08)
- 2) Çok düşük karbonlu (0,003)
- 3) Stabilize edilmiş (Ti en yaygın stabilizasyon elementidir)

18/8 paslanmaz çeliğin aynı zamanda kolay işlenebilen alternatifleri de vardır. En yaygın olarak bu çelikler tekrar sülfürize edilebilirler. Bazen işlene birliliğin arttırılabilmesi için selenyum eklenir. Bu katkı maddeleri korozyon direncini zayıflatır. Bundan dolayı bu çelikler korozyon direnci gerekmediği durumlarda tercih edilir (10).

4.3.1. Paslanmaz eliklerin işlenebilirlik problemleri

Yüksek ekme mukavemeti ve korozyon direncini elde etmek için paslanmaz çeliklere çeşitli malzemeler ilave edilmektedir. Bu eklenen paslanmaz çelikler işlenebilirliği zorlaştırmaktadır. Malzeme işlenirken pekleşen kalın bölgeler, spiral biçimdeki talaşlar, şiddetli harmonikler ve oluşan ısı talaş kaldırma işlemini zorlaştırmakta ve takım ömrünü azaltmaktadır. Bununla birlikte paslanmaz çeliklerin soğuk şekillendirilmeleri, karbon çeliklerinde oluşan deformasyon sertleşmesi tabakasından daha kalın bir sertleşmiş tabaka oluşmasına sebep olmaktadır. Yani kesici takım ile temasta olan yüzeyin, malzemenin normal haline göre daha fazla sertlikte olmasına neden olabilir. Paslanmaz eliklerin işlenmesi için gerekli olan yüksek kesme kuvvetleri, kesme esnasında oluşan “ısıyı” ve “takım aşınmasını” artırır.

“Yanak aşınması” iş parçası malzemesi içindeki aşındırıcı taneciklerin takım ile iş parçası arasında yüksek basınç altında sıkışarak takım kesici ağzını aşındırması sonucu meydana gelir. Yanak aşınması ile kesme hızı doğrudan ilişkilidir. Kesme hızının artması bu aşınma mekanizmalarını hızlandırır. Yanak aşınması sayısal olarak V_B değeri ile ifade edilir (1, 28).

Takım talaş yüzeyi ile temas uzunluğu boyunca talaşın hareket karakteristiği metallerin işlenmesindeki önemli bir faktördür. Talaş oluşumunda yüksek sıcaklık ve büyük basınç altında metal zorlandığı, kuvvete maruz kaldığı için yüzeyi; metalin kaymasını engelleyecek şekilde birleşir. İki yüzey birbirine yapışır ve ara yüzeyde bir akma bölgesi oluşur. Bu teori pek çok metal işlemine uygulanmasına rağmen bazı örneklerde kayma etkisi de söz konusu olabilir. Akma bölgesi, yüzeyler yapıştığında fakat takım ve talaş arasındaki hareket devam ettiğinde oluşur. Talaş malzemesinin hızı ara yüzeyde sıfıra yakın bir değerden takımdan ayrıldıkça daha yüksek seviyelere doğru artar. Bu sebeple talaş; kesilmeden dolayı kayma düzlemi (takım yüzeyi) boyunca hareket eder. Bu durağan bölgede yüksek ısı oluşur ve metal akar. Takım talaş arasındaki temas boyunca, temastaki boy işlemede farklı reaksiyonlara sebep olur (28).

Belirli koşullarda ve malzemelerde akış bölgesindeki malzeme tabakalar halinde birbiri üzerine birikir, takım yüzeyinde katılaşır ve böylelikle yığma kenar (BUE) oluşur. Metal yüksek basınç etkisiyle sürekli olarak takım yüzeyine kaynak olur. Böyle bir yapı takımın talaş açısını değiştirir, yığma kenar belli bir zaman sonra kararsız bir hal alarak belirli bir noktadan kırılır. Bu durum işlemin çeşitli safhalarında, farklı şekillerde ortaya çıkabilen işleme, negatif etkisi olan bir durumdur. Bu durum işleme koşullarının değiştirilmesi ile giderilebilir (14).

Sıvanmayı önlemek için akma bölgesinin oluşturulması gerekir. Bu nedenle kesme hızını arttırmak o bölgelerdeki ısıyı arttırarak akma bölgesindeki sürekli olmasını sağlar. Aynı zamanda takımın talaş açısını arttırmak, takım iş parçası temasını küçültmek ve takımın talaş yüzeyinin pürüzsüz olmasını sağlamak takımın oluşumunu azaltır (28).

İşleme esnasında kaynak olmuş dilimli talaşlar uzun süreli tiz seslerin çıkmasına, bununla birlikte kesici uarlın çatlamasına ve kırılmasına sebep olur.

4.3.2. İşlenebilirliğin iyileştirilmesi

Yapılan bir çalışmada TiN kaplı sementit kaplı karpit takımları ile X5CrMn1818 stenitik paslanmaz çeliklerin aktif aşınma ve hata mekanizmaları incelenmiştir. Malzemeye ayrı ayrı olarak % 0,91 ve % 0,57 oranında azot emdirilmiştir. Yüksek azotlu östenitik paslanmaz çelikler çok yüksek mukavemetlidir. Yüksek sünekliliğe sahiptir. Gerilmeli korozyon çatlamasına dayanıklıdır. Azot, mevcut yapı içerisindeki dislokasyon hareketine karşı bir engel olarak görev yapar. Tane boyunun sertliği malzemede yüksek mukavemet sağlar. Azotlu paslanmaz çelikler yüksek soğuk çalışma kapasitesine sahiptirler. Azot oranı arttıa çalışma sertliği oranı yükselir. Normal X5CrMn1818 stenitik paslanmaz çeliğin tane ölçüsü 30μm ve kopma gerilimi 660 MPa iken yüksek azotlu östenitik paslanmaz çeliğin kopma mukavemeti 3000 MPa olarak ölçülmüştür.

İlk olarak %0,91 azot alaşımlı X5CrMn1818 malzemesi tornalama testine tabi tutulmuştur. 60 m/min kesme hızında ve 0,24 mm/rev ilerlemede takım ömrü 30 min olarak ölçülmüştür. İlerleme sabit tutulup kesme hızının 65 m/min'e çıkartıldığında takı ömrünün 25 min'e gerilediği görülmüştür. Kesme kuvveti değeri 2,4 kN ile 3,5 kN arasında ölçülmüştür.

İkinci olarak %0,57 azot alaşımlı X5CrMn1818 malzemesi tornalama testine tabi tutulmuştur. 60 m/min kesme hızında ve 0,24 mm/rev ilerlemede takım ömrü 22 min olarak ölçülmüştür. İlerleme sabit tutulup kesme hızının 65 m/min'e çıkartıldığında takı ömrünün 10 min'e gerilediği görülmüştür. Kesme hızı 70 m/min'e çıkartılıp yine ilerleme sabit tutulduğunda ise takım ömrünün 5 min'e indiği tespit edilmiştir. Kesme kuvveti değeri 1,8 kN ile 2,2 kN arasında ölçülmüştür.

Kesme hızı artışı, talaş formasyonunun bozulmasına ve kesici takım kenarından fazla miktarda parça kopmasına neden olmuştur.

Her iki örneğin mikro sertlik ölçümlerinin analizinde yanak aşınmasının meydana geldiği tespit edilmiştir. Tornalanan yüzeyler çok pürüzlü çıkmıştır. Malzeme yüzeyinde mikro çatlaklara rastlanmıştır. İş parçası yüzeyi mikro sertliği video kamera sistemi ile ölçülmüştür. % 0,57 azot içerikli X5CrMn1818 malzemesinin mikro sertliği 600 HV olarak tespit edilmiştir. Yüzeyden 200 µm derinliğe kadar çalışma sertliği meydana gelmiştir. %0,91 azot içerikli X5CrMn1818 malzemesinin mikro sertliği ise yaklaşık 400 HV olarak ölçülmüştür. Yüzeyden 100 µm derinliğe kadar çalışma sertliği meydana gelmiştir. Malzeme yüzeyinden içeriye doğru girildikçe sertliğin azaldığı görülmüştür (3).

Yapılan bu deneyler sonucunda şu sonuçlar tespit edilmiştir;

- X5CrMn1818 deneme malzemesinin tornalanması sonucunda, yüksek kesme hızları ve keskin kesici kenarlarından dolayı takımda çok fazla aşınma görülmüştür.
- Oluşan sıvanma (BUE) deneme malzemesinin işlenebilirliğini azaltmıştır.

- X5CrMn1818 deneme malzemeleri arasında işlenebilirlik açısından farklılıklar görülmüştür.
- Kesme hızı arttıkça takım ömrünün azaldığı görülmüştür.
- X5CrMn1818 deneme malzemeleri işlenirken kesme kuvvetleri değerleri farklı ölçülmüştür (3).

5. DENEYSEL YÖNTEM

5.1. Deney Deseni

AISI 303 östenitik paslanmaz çeliklerin işlenebilirlik testleri için oluşturulan deney deseni Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Deney deseni

Kesme Hızı (V) m/min	İlerleme (f) mm/rev	Talaş Derinliği (a) mm	Kesme Kuvveti (fc) kN	Yüzey Pürüzlülüğü (Ra) µm	Ortalama Talaş Kalınlığı (h) mm	Ortalama Talaş Kıvrım Yarıçapı (r _{ort}) mm
120	0,20	2,5				
	0,24	2,5				
	0,30	2,5				
150	0,20	2,5				
	0,24	2,5				
	0,30	2,5				
180	0,20	2,5				
	0,24	2,5				
	0,30	2,5				
210	0,20	2,5				
	0,24	2,5				
	0,30	2,5				

Çizelge 5.1’de verilen “Kesme Kuvveti” (fp) tezgahın sarf ettiği güç esas alınarak tespit edilmiştir.

$$P = F \cdot V / 60$$

[5.1]

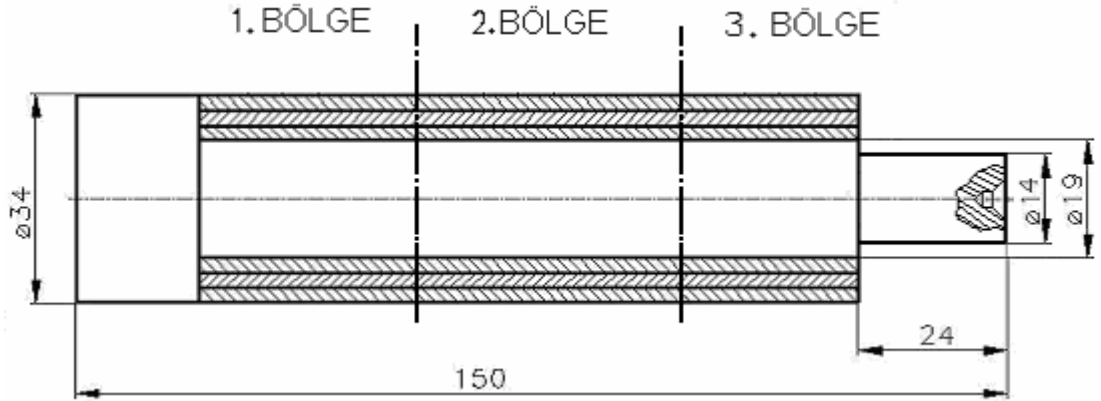
eşitliğinden yola çıkarak, tespit edilmiştir. Burada “P”, Fener mili motor gücünü göstermektedir ve birimi kW’tır. “Fc”, Kesme kuvvetidir ve birimi kN’dur. “V” ise Kesme hızını ifade eder. Birimi ise m/min’dir. Kesme

kuvvetlerini hesaplarken fener mili motor gücü olan P, işleme sırasındaki tezgah güç sarfiyatı yüzdelerik göstergesi referans alınmıştır. Alınan bu yüzdelerik değeri tezgahın normal gücüyle çarpılarak tezgahın işleme sırasındaki sarf ettiğı gerçek güç tespit edilmiştir. Örneğın;

$$(\%57) \cdot P = F \cdot V / 60 = P_c \quad [5.2]$$

eşitliğindeki “%57” ifadesi tezgah güç sarfiyatı yüzdelerik göstergesini ifade etmektedir.

Çizelge 5.1’de verilen “Yüzey Pürüzlülüğü” (Ra) değeri “Mahr” marka perthometer cihazıyla ölçülmüştür. Her bir numunenin üç ayrı bölgesinden (Şekil 5.1) ölçüm yapılarak elde edilen üç değerin ortalaması alınmıştır. Birimi μm ’dir.

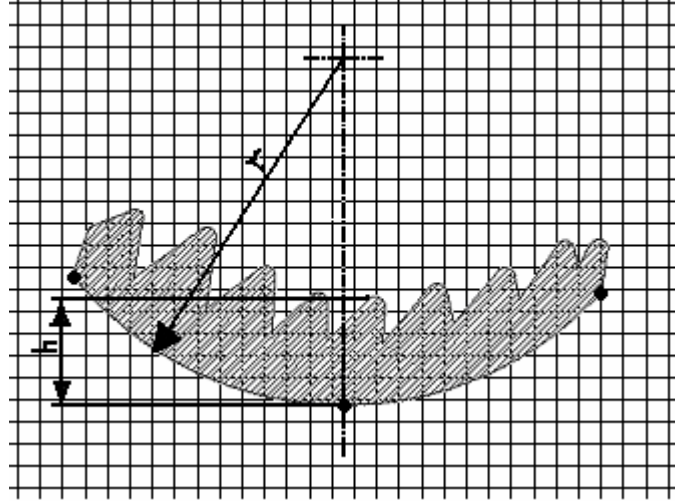


Şekil 5.1. Numune parça üzerindeki yüzey pürüzlülük değeri tespit bölgeleri

Takım tezgahı olarak Johnford TC 35 CNC torna tezgahı kullanılmıştır. Tezgahın maksimum devri 3500 rev/min, motor gücü ise 15 kW’tır.

Çizelge 5.1’de verilen talaş kalınlığı ve talaş kıvrılma radüsleri Şekil 5.2’ de gösterildiğı gibi talaşın yatay biçimde 0,25 x 0,25 mm kareli koordinat düzlem kağıdının üzerine konması ve kalemle sınır noktalarından çizilmesiyle koordinat ölçüleri belirlenmiştir. Sonra alınan koordinatlar Veri Cad programına aktarılarak üç noktadan bir dairenin geçirilmesi yöntemiyle talaş

kıvrım yarıçapı tespit edilmiştir. Talaş kalınlığı ise yine aynı programla ölçülerek tespit edilmiştir.



Şekil 5.2. Talaş kalınlığı ve talaş kıvrım yarıçapının hesaplanması

Deneyler, farklı kesme parametreleriyle, iş parçalarının her birinden 2,5 mm talaş derinliğinde 3 paso talaş kaldırılarak yapılmıştır. Deneysel çalışmaların tamamı Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi atelye ve laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. İlk dört talaş kaldırma deneyinde, kesici takım firmasının tavsiye ettiği ilerleme değeri olan 0,24 mm/dev sabit tutulmuş ve dört farklı kesme hızı değeri (120 m/min, 150 m/min, 180 m/min ve 210 m/min) kullanılmıştır. Sonra en iyi yüzey kalitesini veren kesme hızı değeri sabit tutularak diğer iki ilerleme değerinde iki adet talaş kaldırma deneyi yapılmıştır.

5.2. Kesici Takım ve İş Parçası

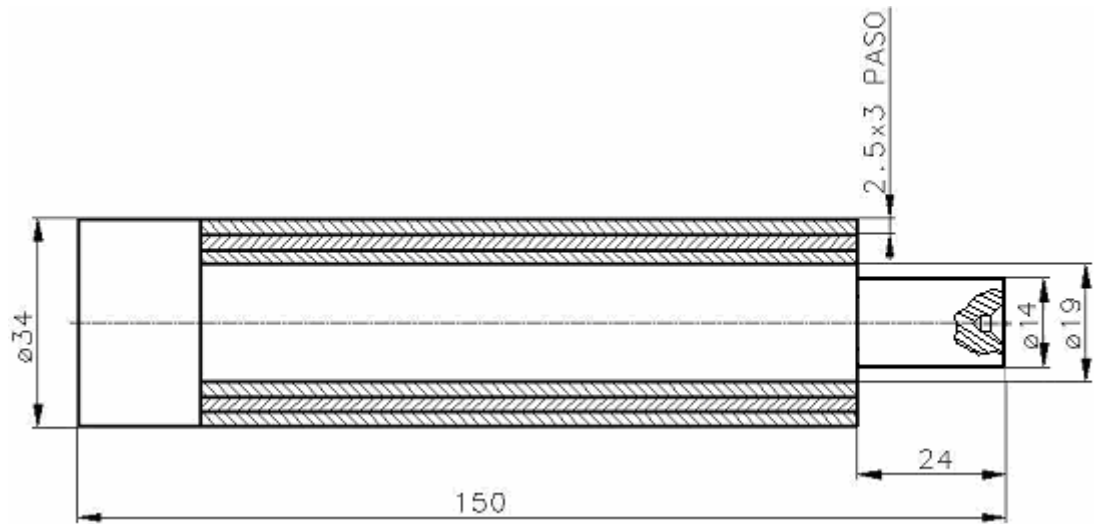
Numune parçaların işlenmesinde Stellram firmasının P10 CNMG NL25 tip, talaş kırıcılı sementit karbür kesici takımı kullanılmıştır. 2N kesici takım geometrisine sahip olan kesici takımın 5° talaş açısına sahip olmakla birlikte sırasıyla TiC, TiCN, Al_2O_3 ve TiN kaplamaya sahiptir. Deneylerde kullanılan iş parçası malzemesinin (AISI 303) spektral analizi Çizelge 5.2’de verilmiştir.

Çizelge 5.2. AISI 303 paslanmaz çelik için spektral analiz sonucu (% ağırlık)

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni
0,085	0,516	1,910	0,027	0,225	17,840	0,234	8,000
Cu	Nb	Ti	V	W	Fe	Al	Co
0,120	0,002	0,001	0,0453	0,005	70,917	0,008	0,065

5.3. İş Parçası Geometrisi

Deneyler için toplam 6 adet numune malzemesi hazırlanmıştır. Numune malzemeler 34 mm çapında ve 150 mm uzunluğundadır. Numune geometrisi Şekil 5.3'de gösterilmiştir.



Şekil 5.3. Deneyler için kullanılan iş parçası

Talaş kaldırma işlemi ayna punta arasında yapılmıştır. Kesici takımın karşılık puntasından dolayı iş parçasına yaklaşamamasından dolayı iş parçasına 24 mm uzunluğunda ve 14 mm çapında bir fatura açılmıştır. Numunelerin üzerinde imalatı sırasında haddelemenin yol açtığı sert tabakanın temizlenmesi için her bir iş parçası yüzeyinden 1 mm talaş kaldırılmıştır.

6. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Deney sonuçları aşağıdaki Çizelge 6.1’de sunulmuştur.

Çizelge 6.1. Deney sonuçları

Kesme Hızı (V) m/min	İlerleme (f) mm/rev	Talaş Derinliği (a) mm	Kesme Kuvveti (f_c) kN	Yüzey Pürüzlülüğü (R_a) μ m	Ortalama Talaş Kalınlığı (h) mm	Ortalama Talaş Kıvrım Yarıçapı (r_o) mm
120	0,20					
	0,24	2,5	3,38	5,15	0,55	1,9
	0,30					
150	0,20	2,5	2,88	2,42	0,35	2,7
	0,24	2,5	3	3,79	0,6	2,5
	0,30	2,5	3,48	5,46	0,6	2,6
180	0,20					
	0,24	2,5	2,7	4,34	0,42	1,8
	0,30					
210	0,20					
	0,24	2,5	2,44	4,44	0,4	2,3
	0,30					

6.1. Kesme Hızı ve Kesme Kuvveti Arasındaki İlişki

Genel itibariyle kesme hızının artması, kesme kuvvetinin düşmesine işaret eder. Fakat kullanılan malzemeye göre kesme kuvvetinin düşmesi değişiklik gösterebilir. Kesme kuvveti malzemeyi işlemek için gerekli olan enerji ile doğrudan ilgilidir. İçeriğinde bol miktarda Cr ve Ni bulunan östenitik paslanmaz çeliklerin işlenmesinde, diğer çeliklerin işlenmesine göre daha fazla enerjiye ihtiyaç vardır. Bunun sebebi kopma ve akma noktaları arasındaki mesafedir. Bu mesafe diğer karbonlu çeliklere göre daha fazladır. Bu tür çeliklerin işlenebilmesi için rijit bir takım tezgahına, aynı şekilde rijit bir

bağlama katerine ve uygun bir kesme geometrisine ihtiyaç vardır. Bu şartlar altında yüksek kesme hızı elde edilebilir ve düşük kesme kuvveti sağlanabilir. Kesme hızı ne kadar arttırılırsa, kesme kuvveti de aynı orantıda azalacaktır. Kesme hızının arttırılması, yüksek ısı ve sürtünmeye sebep olmaktadır. Bu da takım aşınmasının hızlanmasına neden olacaktır. Aynı zamanda tezgah ve bağlama takımının rijitsizliği nedeniyle de aşırı titreşim meydana gelecektir (1, 14, 17, 19).

Şekil 6.1’de $f_2=0,24$ mm/rev ilerlemede, kesme hızına bağlı olarak kesme kuvvetinde meydana gelen düşme gösterilmiştir. $V_1=120$ m/min, $V_2=150$ m/min, $V_3=180$ m/min ve $V_4=210$ m/min kesme hızlarında meydana gelen kesme kuvvetleri, tezgahdaki güç sarfiyatı izlenerek aşağıdaki şekilde elde edilmiştir.

$$V_1 = 120 \text{ m/min'de } P_{C1}: \%45 \cdot P$$

$$P_{C1} = F_{C1} \cdot V_1 / 60 \rightarrow \%45 \cdot 15 = F_{C1} \cdot 120 / 60 \rightarrow F_{C1} = 3,38 \text{ kN}$$

$$V_2 = 150 \text{ m/min'de } P_{C2}: \%50 \cdot P$$

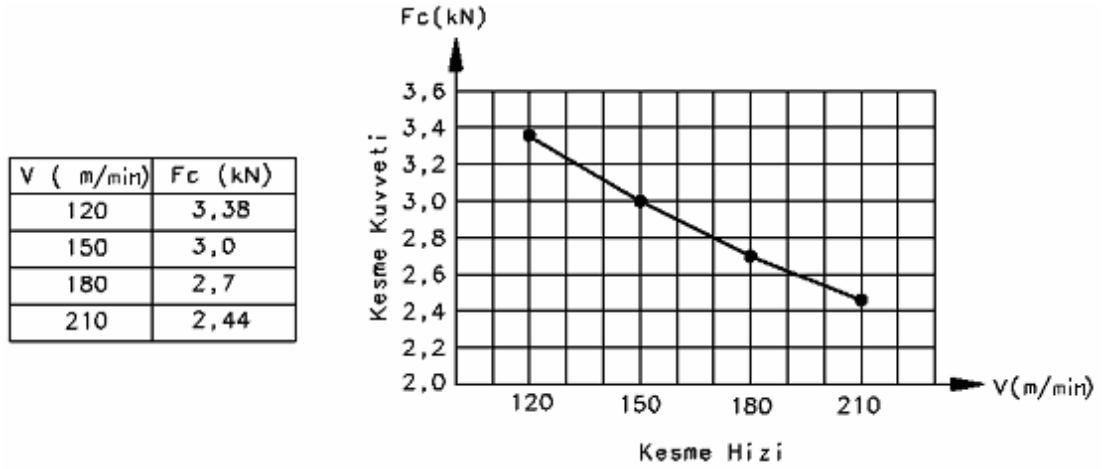
$$P_{C2} = F_{C2} \cdot V_2 / 60 \rightarrow \%50 \cdot 15 = F_{C2} \cdot 150 / 60 \rightarrow F_{C2} = 3 \text{ kN}$$

$$V_3 = 180 \text{ m/min'de } P_{C3}: \%54 \cdot P$$

$$P_{C3} = F_{C3} \cdot V_3 / 60 \rightarrow \%54 \cdot 15 = F_{C3} \cdot 150 / 60 \rightarrow F_{C3} = 2,7 \text{ kN}$$

$$V_4 = 210 \text{ m/min'de } P_{C4}: \%57 \cdot P$$

$$P_{C4} = F_{C4} \cdot V_4 / 60 \rightarrow \%57 \cdot 15 = F_{C4} \cdot 150 / 60 \rightarrow F_{C4} = 2,44 \text{ kN}$$



Şekil 6.1. Kesme hızına bağlı olarak kesme kuvvetinde meydana gelen değişim

Kesme hızlarını bir kademe yükselttikçe, her bir kademedeki kuvvet düşüş miktarı, yaklaşık aynı miktarlarda oluşmuştur. Kesme hızının daha fazla artırılması, kesme kuvvetinde düşüş meydana getirmiştir. Kesme hızının daha da artırılması yüzey kalitesinin bozulmasına ve takım aşınmasına neden olacağı için uygun görülmemiştir. Kesme hızının belli bir miktardan sonra arttıkça, yüzey kalitesinin düştüğü gözlemlenmiştir.

Şekil 6.2’de $V_2=150$ m/min kesme hızında, ilerlemeye bağlı olarak kesme kuvvetinde meydana gelen yükselme gösterilmiştir. $f_1=0,20$ mm/rev, $f_2=0,24$ mm/rev ve $f_3=0,30$ mm/rev ilerlemelerde meydana gelen kesme kuvvetleri, tezgahdaki güç sarfiyatı izlenerek aşağıdaki şekilde elde edilmiştir.

$$f_1 = 0,20 \text{ mm/rev} \quad P_{C5}: \%48 \cdot P$$

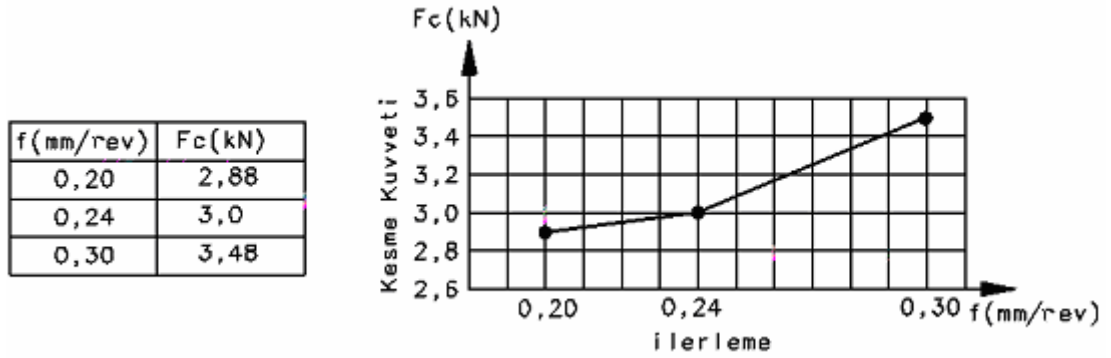
$$P_{C5} = F_{C5} \cdot V_2 / 60 \rightarrow \%48 \cdot 15 = F_{C5} \cdot 150 / 60 \rightarrow F_{C5} = 2,88 \text{ kN}$$

$$f_2 = 0,24 \text{ mm/rev} \quad P_{C2}: \%50 \cdot P$$

$$P_{C2} = F_{C2} \cdot V_2 / 60 \rightarrow \%50 \cdot 15 = F_{C2} \cdot 150 / 60 \rightarrow F_{C2} = 3 \text{ kN}$$

$$f_3 = 0,30 \text{ mm/rev} \quad P_{C6}: \%58 \cdot P$$

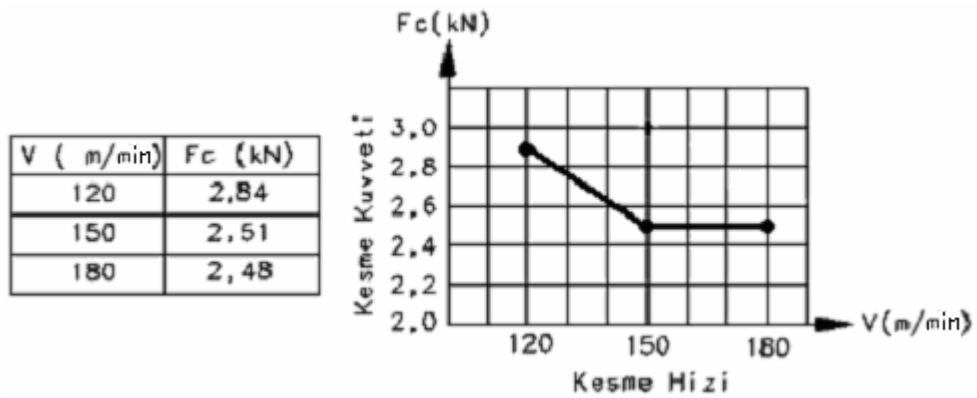
$$P_{C6} = F_{C6} \cdot V_2 / 60 \rightarrow \%58 \cdot 15 = F_{C6} \cdot 150 / 60 \rightarrow F_{C6} = 3,48 \text{ kN}$$



Şekil 6.2. İlerlemeye bağlı olarak kesme kuvvetinde meydana gelen değişim (1)

İlerleme miktarının 0,20 mm/rev'den 0,24 mm/rev'e çıkarılmasıyla oluşan F_c kesme kuvvetindeki yükselme miktarı, ilerleme miktarının 0,24 mm/rev'den 0,30 mm/rev'e çıkarılmasıyla oluşan F_c kesme kuvvetindeki yükselme miktarından daha düşük olduğu görülmüştür. İlerleme miktarının daha fazla artırılması, kesme kuvvetinde yükseliş meydana getirecektir.

Literatürde, AISI 304 östenitik paslanmaz çelikler için tespit edilmiş olan kesme kuvveti değeri Şekil 6.3'te verilmiştir (1, 2).



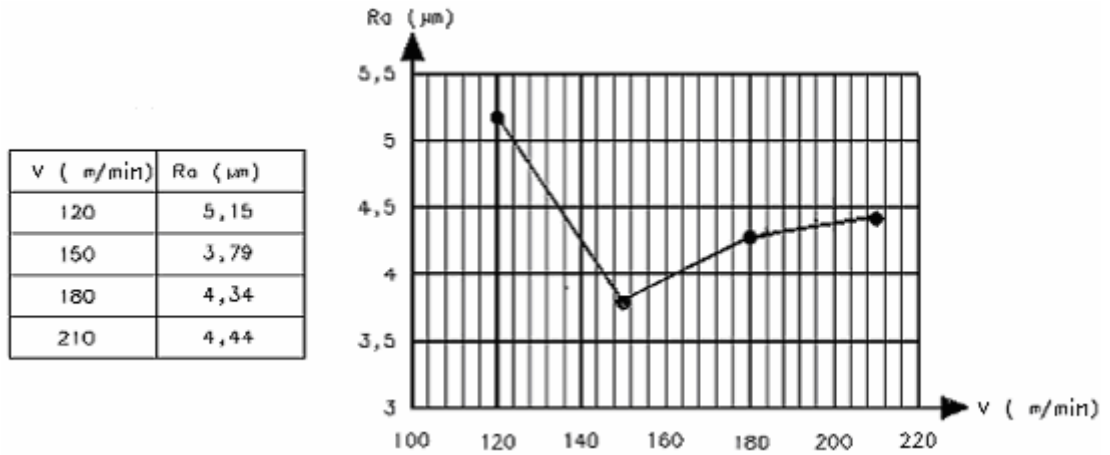
Şekil 6.3. AISI 304 tip çelikte kesme hızına bağlı olarak kesme kuvvetinde meydana gelen düşme

Yapılan bu çalışmada kesme hızının 180 m/min'den daha fazla artması kesme kuvvetinde fazla bir değişiklik meydana getirmeyeceği için kesme hızını daha da fazla arttırmanın kesme kuvvetinin düşmesi açısından fazla bir faydasının olmadığı öngörülmüştür (1).

Ortak olarak seçilen kesme hızları baz alındığında (120 m/min), AISI 304 için 2840 N olarak tespit edilen kesme kuvveti, AISI 303'te 3380 N olarak ölçülmüştür. Yaklaşık %19 artışın meydana geldiği gözlemlenmiştir. Bu duruma muhtemelen AISI 303'ün kimyasal bileşenindeki C ve S miktarının fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çünkü AISI 303'deki C miktarı % 0,085 iken, AISI 304'deki C miktarı % 0,055'dir. Yani AISI 303'deki C miktarı AISI 304'dekinden %55 fazladır. Yine aynı şekilde AISI 303'deki S miktarı % 0,225 iken, AISI 304'deki S miktarı % 0,011'dir. Görüldüğü gibi AISI 303'deki S, AISI 304'dekinden yaklaşık % 2045 daha fazladır.

6.2. Kesme Hızı ve Yüzey Pürüzlülüğü Arasındaki İlişki

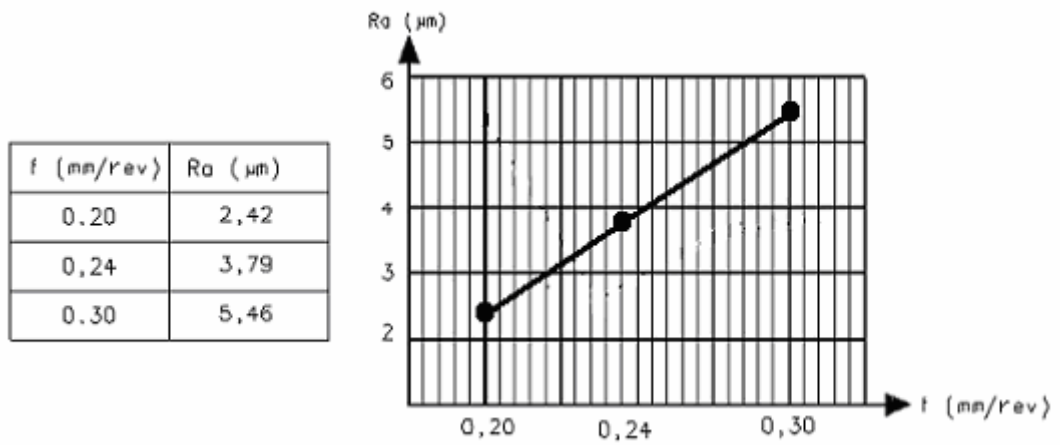
Ayna punta arasındaki malzemenin boyunun uzun ve çapının küçük olmasından dolayı, az miktarda da olsa titreşim meydana gelmiştir. Bu da Ra değerinin yüksek çıkmasına sebep olmuştur. Şekil 6.4'de dört ayrı kesme hızında Ra değerleri tespit edilmiş, kesme hızındaki artışın ve düşüşün yüzey pürüzlülüğüne etkisi gösterilmiştir.



Şekil 6.4. Farklı kesme hızlarında yüzey pürüzlülüğünün değişimi
($f_2=0.24\text{mm/rev}$)

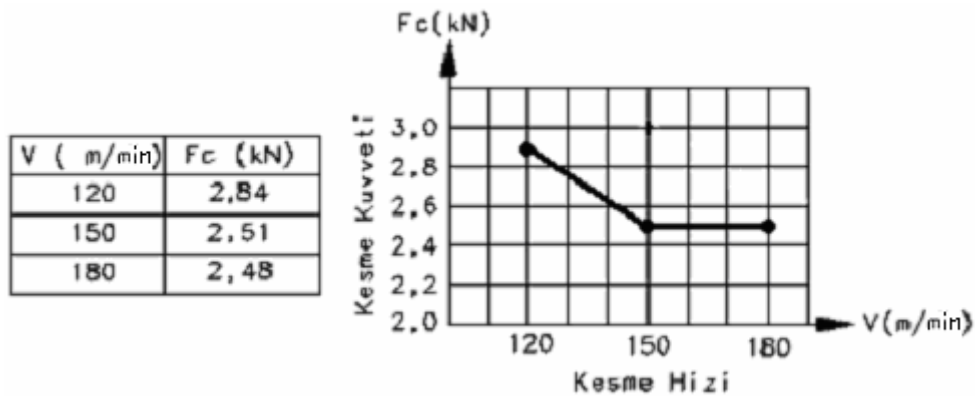
Deneylerde ki veriler; $V_1=120$ m/min'de $Ra_1=5,15$ μ m , $V_2=150$ m/min'de $Ra_2=3,79$ μ m , $V_3=180$ m/min'de $Ra_3=4,34$ μ m ve $V_4=210$ m/min'de $Ra_4=4,44$ μ m olarak tespit edilmiştir. Bu dört kesme hızında 0,24 mm/rev

ilerleme kullanılmıştır. Sonra en iyi yüzey kalitesini veren kesme hızı ($V_2=50$ m/min) sabit tutularak 0,20 mm/rev ve 0,30 mm/rev ilerlemeleri ile iki ayrı parça işlenmiştir. İlerleme değerlerine göre elde edilen yüzey pürüzlülükleri (Şekil 6.5); $f_1=0,20$ mm/rev'de $Ra_5=2,42$ μm , $f_3=0,30$ mm/rev'de $Ra_6=5,46$ μm olarak tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlardan da görüldüğü gibi en iyi yüzey pürüzlülük değerini veren kesme kuvveti $V_2=150$ m/min ve en iyi ilerleme ise $f_1=0,20$ mm/rev olarak tespit edilmiştir.



Şekil 6.5. Farklı ilerlemelerde yüzey pürüzlülüğünün değişimi ($V_2=150$ m/min)

Mustafa Kasap, İhsan Korkut ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada AISI 304 östenitik paslanmaz çelik malzemesi, Şekil 6.6'te gösterilen yüzey pürüzlülük değerlerini vermiştir (1, 2).



Şekil 6.6. AISI 304 tip çelikte kesme hızına bağlı olarak yüzey pürüzlülüğünde meydana gelen düşme

Yapılan bu çalışma sonucunda en iyi yüzey kalitesini veren kesme hızı değeri 180 m/min olarak tespit edilmiş (1).

Ortak olarak seçilen kesme hızları ve ilerleme baz alındığında (150 m/min-0,24 mm/rev), AISI 304 için 2,51 μm olarak tespit edilen yüzey pürüzlülüğü, AISI 303'te 3,79 μm olarak ölçülmüştür. Yaklaşık %51 artışın meydana geldiği gözlemlenmiştir. Bu duruma muhtemelen AISI 303'ün kimyasal bileşenindeki C ve S miktarının fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

6.3. Farklı Kesme Hızlarında Meydana Gelen Talaş Biçimlerinin Değerlendirilmesi

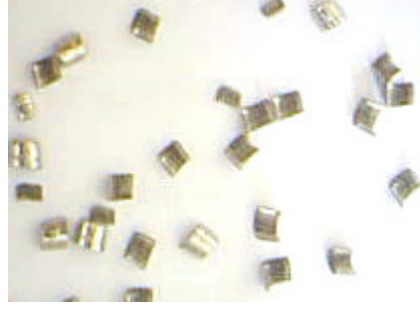
6.3.1. $V_1=120$ m/min ve $f_2=0,24$ mm/rev'de meydana gelen talaş biçimleri

İki çeşit talaş şekli gözlemlenmiştir. Talaşların büyük bölümünün kıvrım yarı çapı $r_k=1,9$ mm., talaş kalınlığı ise $h=0,55$ mm olarak ölçülmüştür (Resim 6.1). Geriye kalan talaşların kıvrım yarı çapı $r_b=3,5$ mm., talaş kalınlığı ise $h=0,45$ mm olarak tespit edilmiştir. Genel olarak homojen olmayan bir talaş biçimi gözlemlenmiştir. Kesme hızının az olmasından dolayı talaşın, malzeme ile sürtünme süresinin fazla olmasından dolayı talaşların rengi sarıya yakın çıkmıştır.

Küçük kıvrım yarı çapına ait talaşların yüksekliği ve buna bağlı olarak talaş kalınlığı, büyük kıvrım yarı çapına ait talaşlarınkinden daha büyük çıkmıştır. Talaşın kıvrılma yarı çapı büyüklüğünün etkisi şu şekilde açıklanabilir;

- Kesme açısının küçük olması, daha çok kesme kuvvetine gerek duyulması, fazla enerji harcanılması ve kötü yüzey kalitesinin meydana gelmesi, oluşan talaşların küçük kıvrım yarı çapında olmasına neden olmuştur.
- Kesme açısının büyük olması, daha az kesme kuvvetine gerek duyulması, az enerji harcanılması ve iyi yüzey kalitesinin meydana

gelmesi, oluşan talaşların büyük kıvrım yarı çapında olmasına neden olmuştur.



Resim 6.1. İşleme sonrası talaş biçimleri ($V=120$ m/min, $f=0,24$ mm/rev, $a=2,5$ mm)

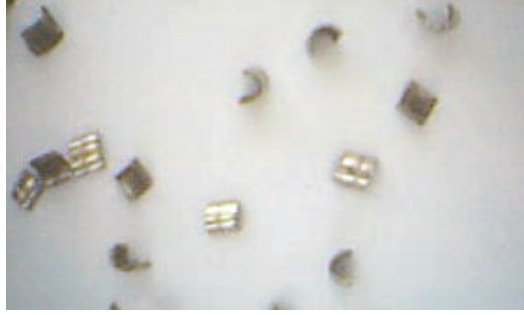
Mustafa Kasap'ın yapmış olduğu çalışmada AISI 304 östenitik paslanmaz çelik malzemesi, $V_1=120$ m/min ve $f_2=0,24$ mm/rev'de aşağıdaki talaş biçimlerini vermiştir (1).

- Talaşların büyük bölümünün kıvrım yarı çapı $r_k=1-1,25$ mm., talaş kalınlığı ise $h_k=0,6$ mm olarak tespit edilmiş.
- Geriye kalan talaşların kıvrım yarı çapı $r_b=3-3,5$ mm., talaş kalınlığı ise $h_b=0,4$ mm olarak belirlenmiş.
- Homojen bir talaş biçimi gözlemlenmemiş. Talaşların rengi sarı olarak oluşmuş.

Ortak olarak seçilen kesme hızları ve ilerleme baz alındığında (120 m/min-0,24 mm/rev), AISI 304 için $r_k=1,1$ mm ve $h_k=0,6$ mm olarak tespit edilen talaş kıvrım yarıçapı ve talaş yüksekliği, AISI 303'te $r_k=1,9$ mm ve $h_k=0,55$ mm olarak ölçülmüştür. Talaş kıvrım yarıçapında yaklaşık % 71 artışın meydana geldiği, talaş kalınlığında ise % 9 düşüş gözlemlenmiştir. Bu durumda da yine diğer deneylerde olduğu gibi muhtemelen AISI 303'ün kimyasal bileşenindeki C ve S miktarının fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

6.3.2. $V_2=150$ m/min ve $f_2=0,24$ mm/rev’de meydana gelen talaş biçimleri

Talaşların oldukça homojen bir biçime sahip olduğu görülmüştür. Talaşların ortalama kıvrım yarı çapları $r_{ort}=2,5$ mm., talaş kalınlığı ise $h_{ort}=0,6$ mm olarak ölçülmüştür (Resim 6.2). Talaşların renginin malzemenin rengine çok yakın olduğu gözlemlenmiştir. Kesme hızının artmasıyla talaş renginin malzemenin rengine yakın olması; talaş üzerinde birim yüzeyde oluşan ısının, bir önceki deneye göre, daha az olduğunu işaret etmektedir. Talaş dilimleri yüksekliğinin biraz artmasına rağmen, talaş dilimlerinin daha düzgün oluştuğu görülmüştür. Bu da parça yüzey kalitesinin daha iyi olmasına imkan sağlamıştır.



Resim 6.2. İşleme sonrası talaş biçimleri ($V_2=150$ m/min, $f_2=0,24$ mm/rev, $a=2,5$ mm)

Mustafa Kasap’ın yapmış olduğu çalışmada AISI 304 östenitik paslanmaz çelik malzemesi, $V_2=150$ m/min ve $f_2=0,24$ mm/rev’de aşağıdaki talaş biçimlerini vermiştir (1).

- Talaş homojenliği, $V_1=120$ m/min’deki homojenliğinden daha iyi meydana gelmiş.
- Talaşların ortalama kıvrım yarı çapı $r_{ort}=2,75$ mm ve talaş kalınlığı $h_{ort}=0,45$ mm olarak ölçülmüş.
- Oluşan talaşın rengi malzemenin rengine yakın çıkmış.
- Talaş yüksekliğinin düşük çıkması, gerekli enerji ve kesme kuvvetinin düşmesine ve kuvvet dalgalanma gerginliğinin azalmasına neden olduğu ve bu sayede daha düzgün yüzey kalitesinin elde edildiği savunulmuş.

Ortak olarak seçilen kesme hızları ve ilerleme baz alındığında (150 m/min-0,24 mm/rev), AISI 304 için $r_{ort}=2,75$ mm ve $h_{ort}=0,45$ olarak tespit edilen talaş kıvrım yarıçapı ve talaş yüksekliği, AISI 303'te $r_{ort}=2,5$ mm ve $h_{ort}=0,6$ mm olarak ölçülmüştür. Talaş kıvrım yarıçapında yaklaşık % 8 düşüş meydana geldiği, talaş kalınlığında ise % 33 artış gözlemlenmiştir. Bu durumda da yine diğer deneylerde olduğu gibi muhtemelen AISI 303'ün kimyasal bileşenindeki C ve S miktarının fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

6.3.3. $V_3=180$ m/min ve $f_2=0,24$ mm/rev'de meydana gelen talaş biçimleri

Talaşlar homojene yakın bir biçimde oluşmuştur. Talaşların ortalama kıvrılma yarı çapları $r_{ort}=1,85$ mm., talaş kalınlığı ise $h_{ort}=0.45$ mm olarak ölçülmüştür (Resim 6.3). Talaşların renginin parlak açık sarı olduğu görülmüştür.



Resim 6.3. İşleme sonrası talaş biçimleri ($V_3=180$ m/min, $f_2=0,24$ mm/rev, $a=2,5$ mm)

Mustafa Kasap'ın yapmış olduğu çalışmada AISI 304 östenitik paslanmaz çelik malzemesi, $V_3=180$ m/min ve $f_2=0,24$ mm/rev'de aşağıdaki talaş biçimlerini vermiştir (1).

- Talaşlar oldukça homojen bir yapıda ortaya çıkmış.
- Talaşların ortalama kıvrım yarı çapı $r_{ort}=6,5$ mm ve talaş kalınlığı $h_{ort}=0,4$ mm olarak ölçülmüş.
- Oluşan talaşın rengi malzemenin rengiyle aynı çıkmış. Bunun nedeni ise, talaş birim yüzeyindeki ısının diğer deneylere oranla daha az olması olarak açıklanmış.

- Yüzey kalitesi diğer deneylere oranla daha iyi oluşmuş.

Ortak olarak seçilen kesme hızları ve ilerleme baz alındığında (180 m/min - 0,24 mm/rev), AISI 304 için $r_{ort}=6,5$ mm ve $h_{ort}=0,4$ olarak tespit edilen talaş kıvrım yarıçapı ve talaş yüksekliği, AISI 303'te $r_{ort}=1,85$ mm ve $h_{ort}=0,45$ mm olarak ölçülmüştür. Talaş kıvrım yarıçapında yaklaşık % 72 düşüş meydana geldiği, talaş kalınlığında ise % 10 artış gözlemlenmiştir. Bu durumda da yine diğer deneylerde olduğu gibi muhtemelen AISI 303'ün kimyasal bileşenindeki C ve S miktarının fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

6.3.4. $V_4=210$ m/min ve $f_2=0,24$ mm/rev'de meydana gelen talaş biçimleri

Talaşların biçimi hiç homojen olmayan bir yapıya sahip olduğu görülmüştür. Talaşların kıvrılma yarı çapları ve talaş kalınlıkları; $r_k=0,8$ mm.- $h_k=0,3$ mm, $r_o=2,3$ mm.- $h_o=0,4$ mm, $r_b=4,5$ mm.- $h_b=0,5$ mm olarak ölçülmüştür (Resim 6.4). Talaşların renginin parlak açık sarı olduğu görülmüştür.



Resim 6.4. İşleme sonrası talaş biçimleri ($V_4=210$ m/min, $f_2=0,24$ mm/rev, $a=2,5$ mm)

6.3.5. $V_2=150$ m/min ve $f_1=0,20$ mm/rev'de meydana gelen talaş biçimleri

Dört farklı kesme hızı değerlerinde yapılan denemelerden sonra en iyi yüzey kalitesine sahip olan parçanın kesme hızı aynen kullanılmış ve ilerleme $f_1=0,20$ mm/dev olarak alınmıştır. Talaş kaldırma işleminin sonucunda, talaşların homojen bir biçime sahip olduğu görülmüştür. Talaşların ortalama kıvrılma yarı çapları $r_{ort}=2,7$ mm., talaş kalınlığı ise $h_{ort}=0,35$ mm olarak ölçülmüştür (Resim 6.5). Talaşların renginin malzemenin rengi ile aynı olduğu

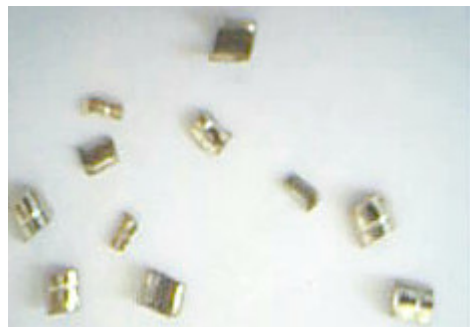
gözlemlenmiştir. Kesme hızının korunması ve ilerlemenin düşürülmesi, talaş renginin malzeme rengi ile aynı olmasına ve yüzey kalitesinin daha iyi çıkmasına sebep olmuştur. Bu olay, talaş üzerinde birim yüzeyde oluşan ısının, diğer yapılan deneylere göre daha az meydana geldiğini işaret etmektedir.



Resim 6.5. İşleme sonrası talaş biçimleri ($V_2=150$ m/min, $f_1=0,20$ mm/rev, $a=2,5$ mm)

6.3.6. $V_2=150$ m/min ve $f_3=0,30$ mm/rev'de meydana gelen talaş biçimleri

Talaşların biçimi hiç homojen olmayan bir yapıya sahip olduğu görülmüştür. Talaşların kıvrılma yarı çapları ve talaş kalınlıkları; $r_k=1,9$ mm. - $h_k=0,5$ mm, $r_o=2,6$ mm. - $h_o=0,6$ mm, $r_b=4,1$ mm. - $h_b=0,7$ mm olarak ölçülmüştür (Resim 6.6). Talaşların renginin parlak açık sarı olduğu görülmüştür. Kesme hızının ve ilerlemenin fazla olması yüzey kalitesinin kötü çıkmasına ve talaşların istikrarsız şekilde, çeşitli boyutlarda çıkmasına neden olmuştur.



Resim 6.6. İşleme sonrası talaş biçimleri ($V=150$ m/dk, $f=0,30$ mm/dev, $a=2,5$ mm)

6.3.7. Dört ayrı kesme hızında meydana gelen talaş biçimlerinin karşılaştırılması

Kesme hızının yüksek olması, talaşın kıvrım yarı çapını düşürmekte, kalınlığını arttırmaktadır. Talaşın kalınlığının artması kesme düzlemi açısını küçültmekte ve malzemenin daha zor deforme olmasına yol açarak kesme bölgesinde basıncın artmasına, dolayısıyla, titreşimin, ısının ve kesme kuvveti değerinin büyümesine yol açmaktadır. Talaş kalınlığının artması, dilim yüksekliğinin de artmasına yol açmaktadır. Talaş kalınlaşmasının başka bir olumsuz yanı da talaşın akma hızının yavaşlamasıdır. Talaşın akma hızının yavaşlamasıyla, kesme bölgesinden ısı hızlı bir şekilde atılamamıştır. Düşük ısı iletkenliğine sahip paslanmaz çeliklerde bu sorun çok önemlidir. Talaş kalınlaşmasının ısıyı arttırması, talaş hızının düşmesine, dolayısıyla kesme bölgesindeki ısının da artmasını hızlandırmaktadır. Talaş renginin sarı renge doğru koyulaşması bu olaya işaret etmektedir (1, 14).

Kesme hızı $V_2=150$ m/min' e çıkartıldığında, $V_1=120$ m/min, $V_3=180$ m/min ve $V_4=210$ m/min' de elde edilen talaş örneklerine göre daha fazla homojenlik görülmüştür. Bu kesme hızında meydana gelen iyi yöndeki gelişmeler ile birlikte artan kesme hızı talaş hızını arttırmış ve ısının bölgeden atılmasını daha da hızlandırmıştır. Talaş akma hızının artması, kesme kuvvetinin düşmesine ve yüzey pürüzlülüğünün iyileşmesine neden olmuştur. Oluşan talaş, malzemenin rengine çok yakın bir renkte elde edilmiştir. Diğer hızlarda bu yakınlık gözlemlenememiştir.

Kesme hızı $V_3=180$ m/min' e ve $V_4=210$ m/min'e çıkartıldığında, talaş kıvrım yarı çapı azalmış ve talaş kalınlığı artmıştır. Böylece talaşın akma hızı artmıştır. Talaş kalınlığının artması sonucu deformasyon zorlaşarak daha çok kesme basıncı ve ısı meydana gelmiştir. Talaş kalınlığının yükselmesi dilim yüksekliğinin de artması anlamına gelmektedir. Sonuç olarak titreşim artmış ve yüzey kalitesinde düşüş meydana gelmiştir.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

AISI 303 Östenitik paslanmaz çeliklerin işlenmesinde optimum kesme parametrelerinin deneysel olarak belirlenmesini ve AISI 304 tip çelik ile karşılaştırılmasını amaçlayan bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda özet olarak verilmiştir.

- Kesme hızının yüksek olması, talaşın kıvrılma yarı çapının düşmesine ve kalınlığını artmasına sebep olmuştur. Talaşın kalınlığının artması kesme düzlemi açısını küçültmesine aynı zamanda, malzemenin daha zor deforme olmasına yol açarak kesme bölgesinde basıncın artmasına ve bu da titreşimin, ısının ve kesme kuvveti değerinin büyümesine yol açmıştır.
- Talaş kalınlığının artmasına dilim yüksekliğinin artması yol açmaktadır. Talaş kalınlaşmasının başka bir olumsuz yanı da talaşın akma hızının yavaşlamasıdır. Talaşın akma hızının yavaşlamasıyla, kesme bölgesinden ısı hızlı bir şekilde atılamamıştır.
- Talaş kalınlaşmasının ısıyı arttırması, talaş hızının düşmesine, dolayısıyla kesme bölgesindeki ısının da artmasını hızlandırılmaktadır. Talaş renginin sarıya dönmesi, yani koyulaşması bu olaya işaret etmektedir.
- Kesme hızı $V_2=150$ m/min' e çıkartıldığında, $V_1=120$ m/min, $V_3=180$ m/min ve $V_4=210$ m/min elde edilen talaş örneklerine göre daha fazla homojenlik görülmüştür. Bu kesme hızında meydana gelen iyi yöndeki gelişmeler ile birlikte artan kesme hızı talaş hızını arttırmış ve ısının bölgeden atılmasını daha da hızlandırmıştır. Talaş akma hızının artması, kesme kuvvetinin düşmesine ve yüzey pürüzlülüğünün iyileşmesine neden olmuştur. Oluşan talaş, malzemenin rengine çok yakın bir renkte elde edilmiştir. Diğer hızlarda bu yakınlık gözlemlenememiştir.
- Kesme hızı $V_3=180$ m/min' e ve $V_4=210$ m/min' e çıkartıldığında, talaş kıvrım yarı çapı azalmış ve talaş kalınlığı artmıştır. Böylece talaşın akma hızı artmıştır. Talaş kalınlığının artması sonucu deformasyon zorlaşarak daha çok kesme basıncı ve ısı meydana gelmiştir. Sonuç olarak titreşim artmış ve yüzey kalitesinde düşüş meydana gelmiştir.

- İşlenen deney malzemeleri, ayna punta arasındaki malzemenin biraz fazla olmasından dolayı, az miktarda da olsa titreşim meydana gelmiştir. Buda Ra değerinin yüksek çıkmasına sebep olmuştur. Bu değerler; $V_1=120$ m/min' de $Ra_1=5.15$ μm , $V_2=150$ m/min' de $Ra_2=3.79$ μm , $V_3=180$ m/min' de $Ra_3=4.34$ μm ve $V_4=210$ m/min'de $Ra_4=4.44$ μm olarak tespit edilmiştir. Bu dört kesme hızında 0,24 mm/rev ilerleme kullanılmıştır. Sonra en iyi yüzey kalitesini veren kesme hızı ($V_2=150$ m/min) sabit tutularak $f_1=0,20$ mm/rev ve $f_3=0,30$ mm/rev ilerlemeleri ile iki ayrı parça işlenmiştir. İlerleme değerlerine göre elde edilen yüzey pürüzlülükleri; $f_1=0.20$ mm/rev'de $Ra_5=2.42$ μm , $f_3=0.30$ mm/rev' de $Ra_6=5.46$ μm olarak tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlardan da görüldüğü gibi en iyi yüzey pürüzlülük değerini veren kesme kuvveti $V_2=150$ m/min ve en iyi ilerleme ise $f_1=0.20$ mm/rev olarak tespit edilmiştir.
- Kesme kuvvetinin azalması daha az titreşime, dolayısıyla daha iyi yüzey kalitesine kesme kuvvetinin azalması ile oluşmuştur. Çünkü titreşim kesme kuvvetinin artmasıyla artmaktadır.
- $F_2=0,24$ mm/rev ilerlemede, $V_1=120$ m/min, $V_2=150$ m/min, $V_3=180$ m/min ve $V_4=210$ m/min kesme hızlarında, kesme hızı büyüdükçe kesme kuvvetinin düştüğü gözlenmiştir.
- Kesme hızlarını bir kademe yükselttikçe, her bir kademedeki kuvvet düşüş miktarı, yaklaşık aynı miktarlarda oluşmuştur. Kesme hızının daha fazla arttırılması, kesme kuvvetinde düşüş meydana getireceği gibi yüzey kalitesinin bozulmasına ve takım aşınmasının hızlanmasına neden olacağı için uygun görülmemiştir.
- $V_3=150$ m/min kesme hızında, $f_1=0,20$ mm/rev, $f_2=0,24$ mm/rev ve $f_3=0,30$ mm/rev ilerlemelerde meydana gelen kesme kuvvetleri, ilerleme miktarının artmasıyla artış göstermiştir. Yüzey kalitesi ve kesme kuvveti uygunluğu göz önüne alındığında, en uygun ilerleme miktarı; $f_1=0,20$ mm/rev olarak tespit edilmiştir.

- İlerleme miktarının artması, kesme bölgesindeki yükü arttırdığı gibi, aynı zamanda daha fazla ısı artışına ve takımın daha kolay deforme olmasına yol açacaktır.
- AISI 304 ve AISI 303 kesme kuvvetleri açısından mukayese edildiğinde kesme kuvvetinde yaklaşık %19 artışın meydana geldiği gözlemlenmiştir.
- AISI 304 ve AISI 303 yüzey pürüzlülükleri açısından mukayese edildiğinde yüzey pürüzlülüğünde yaklaşık %51 artışın meydana geldiği gözlemlenmiştir.
- AISI 304 ve AISI 303 talaş biçimleri karşılaştırıldığında, talaş kıvrım yarıçapında yaklaşık % 71 artışın meydana geldiği, talaş kalınlığında ise % 9 düşüş gözlemlenmiştir.

AISI 304 ve AISI 303 çeliklerinin kesme kuvvetleri, yüzey pürüzlülüğü ve talaş biçimleri arasındaki değişim, muhtemelen AISI 303'ün kimyasal bileşenindeki C ve S miktarının fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çünkü AISI 303'deki C miktarı % 0,085 iken, AISI 304'deki C miktarı % 0,055'dir. Yani AISI 303'deki C miktarı AISI 304'dekinden %55 fazladır. Yine aynı şekilde AISI 303'deki S miktarı % 0,225 iken, AISI 304'deki S miktarı % 0,011'dir. Görüldüğü gibi AISI 303'deki S, AISI 304'dekinden yaklaşık % 2045 daha fazladır.

Yapılan deneylerde, mevcut şartlarda östenitik paslanmaz çeliklerin işleme problemlerine pratik çözümler bulunması bakımından optimum kesme parametrelerinin bulunması ve AISI 304 tip çelikle işlenebilirliğinin mukayese edilmesi hedeflenmiştir. Yapılan deneylerde işlenebilirliği etkileyen daha başka faktörler göz ardı edilmiştir. Bu faktörler hakkında yapılan literatür çalışmaları Bölüm 4'de geniş şekilde yer almıştır. Literatür bilgileri ve deneysel sonuçlar bir arada değerlendirildiğinde, uygulama alanında daha verimli çalışılmasına imkan sağlayacaktır.

Deneylerde kullanılan malzemelerde meydana gelen kalıntı gerilmelerin ölçülmesi, östenitik paslanmaz çeliklerin işleme sonrası oluşan kalıntı

gerilmeler ile kesme parametreleri arasındaki ilişkinin araştırılması, elde edilen sonuçların daha da faydalı olmasına imkan sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

1. Kasap M., "AISI 304 Östenitik Paslanmaz Çeliklerin İşlenebilirliğinde En Uygun Kesme Parametrelerinin Belirlenmesi ve İşleme Şartlarının Deneysel Olarak Araştırılması", Yüksek Lisans, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 34-35 (2001).
2. Korkut, İ., Kasap, M., Çiftçi, İ. and Şeker.,U., "Determination of optimum cutting parameters during machining of AISI 304 austenitic stainless Steel", **Materials and Desing**, 303-305 (2004).
3. Paro, J., Hänninen, H. And Veijo., "Tool wear and Machinability of X5 CrMnN 18 18 Stainless Steels", **Kauppinen Journal of Materials Processing Technology** , 14- 20 (2001).
4. Chin,W.T. And Tsai C. S., "The Investigation on The Prediction of Tool Wearr And The Determination of Optimum Cutting Conditions In Machining 17-4PH Stainless Stell", **Journal of Materials Prosesing Technology**, 340-345 (2003).
5. Paro, J., Hanninen, H. And Kauppinen, V., "Tool wear and machinability of HIPed P/M and conventional cast duplex stainless steels", **Journal of Materials Processing Technology**, 249: 279-284 (2001).
6. Akasawa T., Sakurai, H., Nakamura M., Tanaka, T. And Takano, "Effects of free-cutting additives on the machinability of austenitic stainless steels", **Journal of Materials Processing Technology**, 143-144, 66-71 (2003).
7. Chien, W. T. And Chou C. Y., "The Predictive model for machinability of 304 stainless Steel", **Journal of Materials Processing Technology**, 118, 442-447 (2001).
8. Lin, T. R., "Cutting behavior of a TiN-coated carbide drill with curved cutting edges during the high-speed machining of stainless Steel", **Journal of Materials Processing Technology**, 127, 8-16 (2002).
9. Zafer Tekiner, Z. And Yeşilyurt, S., "Investigation of the cutting parameters depending on process sound during turning of AISI 304 austenitic stainless Steel", **Journal of Materials Processing Technology**, 25, 507-513(2004).
10. Sandvik Coromand, "Modern metal Cutting-A Practical Handbook", **ISBN**, 93-99 (1994)
11. Kayacan, M. C., Ş. Çelik, A., Salman, Ö., "Mühendis ve Makine", **Journal of Materials Processing Technology**, 21:11 (2003).

12. Akkurt M., "Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları", **Birsen Yayın Evi**, İstanbul, 57-61, (1998).
13. Mendi F., "Takım Tezgahları Teori ve Hesapları", **TDFD Ltd. Şti Yayınları**, Ankara, 53-55 (1996).
14. Çakır, C., "Modern Talaşlı İmalatın Esasları", **Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayını**, Bursa, 35-42 (1999).
15. Kurt, U., "Paslanmaz Çelik Kaynak Özelliklerinin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 2-33 (1988)
16. Kurt, U., "Paslanmaz Çelik Kaynak Özelliklerinin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 2-33 (1988)
17. Güventürk F., "Çelik El Kitabı" , **Güven Çelik San. ve Tic. Ltd. Şti. Yayınları**, İzmir, 35-41 (1990).
18. Askeland, D. R. "The Science and Engineering of Materials", **Erdoğan, M**, Ankara, 193-203 (2000)
19. Erdoğan M. , "Mühendislik Bilimi ve Mühendislik Malzemeleri, Cilt 1" , **Nobel Yayın Dağıtım** , Ankara, 235-237 (1998).
20. Asm Metals Referance Book , **Asm Publuser** , 41-42 (1984).
21. Kaluç, E., Tülbentçi, K., "Paslanmaz Çelikler ve Kaynaklanabilirliği", **Kocaeli Üniversitesi Kaynak Teknolojisi Araştırma, Eğitim ve Uygulama Merkezi**, Kocaeli, 7-178 (1995)
22. Develi, K., "Östenitik Paslanmaz Çeliklerin Mig Kaynağında Argon Hidrojen Karışımının Mikroyapı ve Mekanik Özelliklere Etkisinin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 25-26 (2003)
23. Stenbacka, N., "Shielding Gas Technology When Welding Ordinary and High Alloyed Stainless Stells", **Aga Gas AB**, 83-90(1995).
24. A Practical Handbook , "Modern Metal Cutting", **Sandvik Coromant**, Sweden, 31-33 (1997).
25. Smith, F., Smith, W., "Structure and Properties of Engineering Alloys", Erdoğan, M., Ankara, 193-203 (2000).
26. Belejchak, P., "Machinig Stainless Steel", **Advenced Materials & Processes**, 23-25 (1997).

27. Mills , B. And Redford , A.H., "Machinability Of Engineering Materials", **University Of Salford** , 107-108 (1983).
28. Yeşiyurt, S., "AISI 304 Östenitik Paslanmaz Çeliklerde Kesme Parametlerinin Torna Tezgahında İşleme Esnasındaki Sese Dayalı Olarak Araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 20-33 (2003)

ÖZGEÇMİŞ

11.06.1981 yılında Alaşehir'de doğdu. İlk ve orta öğrenimini Alaşehir'de tamamladı. 1998-2002 yılları arasında Marmara Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Öğretmenliği programında eğitim gördü. 2003 yılında Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi programında Yüksek Lisans eğitimine başladı. Şu an itibariyle Ankara Ostim'de bulunan Makim Makine Ltd. Sti.'de Bilgisayar Destekli Tasarım ve İmalat Mühendisliği kadrosunda çalışma hayatını sürdürmektedir.