



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



AISI 304 PASLANMAZ ÇELİĞİN
İŞLENMESİNDE FARKLI TALAŞ KIRICI
FORMLARININ KESME KUVVETLERİ VE
YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNE ETKİSİNİN
DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

Buğra ARSLAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Haziran-2019
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Buğra Arslan tarafından hazırlanan “ AISI 304 Paslanmaz Çeliğin İşlenmesinde Talaş Kırıcı Formlarının Kesme Kuvvetleri ve Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi” adlı tez çalışması 12/06/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Doç. Dr. Süleyman NEŞELİ

Danışman

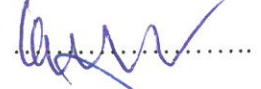
Dr. Öğr. Üyesi Ali Serhat ERSOYOĞLU


Üye

Dr. Öğr. Üyesi Yusuf YILMAZ

İmza







Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Yakup KARA
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

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

DECLARATION PAGE

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



Buğra ARSLAN

Tarih: 17.06.2019

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AISI 304 PASLANMAZ ÇELİĞİN İŞLENMESİNDE FARKLI TALAŞ KIRICI FORMLARININ KESME KUVVETLERİ VE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNE ETKİSİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

Buğra ARSLAN

**Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ali Serhat ERSOYOĞLU

2019, 105 Sayfa

Jüri

**Dr. Öğr. Üyesi Ali Serhat ERSOYOĞLU
Doç. Dr. Süleyman NEŞELİ
Dr. Öğr. Üyesi Yusuf YILMAZ**

Bu çalışmada, farklı talaş kırıcı formlarının, talaş kaldırma esnasında oluşan kesme kuvvetlerine ve yüzey pürüzlülüğüne etkisi deneysel olarak araştırılmıştır. Deneylerde AISI 304 kalite östenitik paslanmaz çelik malzemesi, üç farklı talaş kırıcı forma sahip ISO gösterimi WNMG O80408 EA, WNMG O80408 EM, WNMG O80408 MP olan kesici takımlarla, farklı kesme hızı, kesme derinliği ve ilerleme değerleriyle işlenerek bu faktörlerin kesme kuvvetlerine ve yüzey pürüzlülüğü değerlerine etkileri tespit edilmiştir. Yapılan deneysel çalışmalarda en yüksek kesme kuvvetleri EM talaş kırıcı formuna sahip kesici takımla elde edilmiş, en iyi yüzey kalitesi ise MP kodlu kesici takımla sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: AISI 304, Kesme kuvvetleri, Talaş kırıcı formu, Yüzey pürüzlülüğü

ABSTRACT

MS THESIS

**EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE EFFECT OF DIFFERENT CHIP
BREAKER FORMS ON CUTTING FORCES AND SURFACE ROUGHNESS IN
TURNING OF AISI 304 STAINLESS STEEL**

Buğra ARSLAN

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Mechanical Engineering**

Advisor: Asst. Prof. Dr. Ali Serhat ERSOYOĞLU

2019, 105 Pages

Jury

Asst. Prof. Dr. Ali Serhat ERSOYOĞLU

Assoc. Prof. Dr. Süleyman NEŞELİ

Asst. Prof. Dr. Yusuf YILMAZ

In this study, the effect of different chip breaker forms on cutting forces and surface roughness during chip removal process has been investigated experimentally. AISI 304 grade austenitic stainless-steel material was machined by the cutting tools with an ISO notation of WNMG O80408 EA, WNMG O80408 EM, WNMG O80408 MP and the effects of these factors on cutting forces and surface roughness values were determined. In the experimental studies, the highest cutting forces were obtained by the cutting tools with the EM coded chip breaker form and the best surface quality was obtained by the MP coded cutting tool.

Keywords: AISI 304, Chip breaker form, Cutting forces, Surface roughness

ÖNSÖZ

Çalışmamın her aşamasında kıymetli bilgi, birikim ve tecrübeleriyle beni yönlendiren ve destekleriyle araştırmamın sonuçlanmasını sağlayan değerli danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ali Serhat ERSOYOĞLU' na, çalışmalarım boyunca maddi ve manevi destekleriyle beni hiç bir zaman yalnız bırakmayan çok değerli aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Buğra ARSLAN
KONYA-2019



İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
ÇİZELGE LİSTESİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
3.TALAŞ KALDIRMA MEKANİĞİ VE TALAŞ KALDIRMA TEORİLERİ.....	8
3.1. Talaş Kaldırma Teorileri.....	9
3.1.1. Timme Yaklaşımı	10
3.1.2. Ernst, Merchant ve Pispaeen Yaklaşımı	10
3.1.3. Lee ve Shafer Yaklaşımı.....	12
3.1.4. Shaw, Cook ve Finne Yaklaşımı.....	14
3.1.5. Okushima ve Hitomi Yaklaşımı	14
3.1.6. Hill Yaklaşımı.....	14
3.1.7. Zorev Yaklaşımı	15
4. TALAŞ OLUŞUMU VE TALAŞ ÇEŞİTLERİ.....	16
4.1. Talaş Çeşitleri	16
4.1.1. Sürekli Talaş	16
4.1.2. Süreksiz Talaş.....	18
4.1.3. Yığma Talaş.....	19
5. TALAŞ KALDIRMA OLAYINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER.....	21
5.1. Kesme Hızı	21
5.2. Takım Geometrisi	21
5.3. Talaş Geometrisi	22
5.4. Malzeme.....	24
5.5. Kesme Kuvveti ve Kesme Gücü.....	24
5.6. Takım Ömrü.....	26
5.7. Aşınma	26
5.8. Isı Oluşumu ve Soğutma Sıvısı.....	27
5.9. Titreşim.....	28

5.10. Talaş Kırıcı Formu.....	28
6. KESİCİ TAKIM MALZEMELERİ VE KESİCİ TAKIM TİPLERİ.....	29
6.1.Kesici Takım Tipleri.....	31
6.1.1.Takım Çelikleri.....	31
6.1.2. Yüksek Hız Çelikleri	32
6.1.3. Sinterlenmiş Karbürler.....	33
6.1.4. Kaplamalı Sinterlenmiş Karbürler	34
6.1.5. Sermetler.....	34
6.1.6. Kübik Kristal Bornitrür.....	35
6.1.7. Seramikler.....	36
6.1.8. Siyalonlar	36
6.1.9.Elmaslar	37
6.2. Kesici Takım Kaplamaları	38
6.2.1. Temel Kaplama Maddeleri	38
6.2.2. Kaplama Yöntemleri.....	39
7. PASLANMAZ ÇELİKLER.....	41
7.1. Paslanmaz Çelik Grupları:	43
7.1.1. Martenzitik Paslanmaz Çelikler.....	43
7.1.2. Ferritik Paslanmaz Çelikler	44
7.1.3. Östenitik Paslanmaz Çelikler.....	45
8. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ.....	49
9. KESME KUVVETLERİ	52
10. METALLERDE İŞLENEBİLİRLİK.....	54
11.1 İşlenebilirliği Etkileyen Faktörler	54
11.2. Paslanmaz Çeliklerin İşlenebilirliği.....	55
11. MATERYAL VE YÖNTEM.....	56
11.1. İş Parçası Malzemesi	56
11.2. Kesici Takım ve Tutucu.....	56
11.3. CNC Torna Tezgahı ve Veri Alma Ekipmanları	59
11.4. Kesme Koşulları	60
11.5. Deneyin Yapısı	61
12.DENEY SONUÇLARI	63
12.1. Kesme Kuvvetleri	63
13.2. Yüzey Pürüzlülüğü	67
13.DENEY SONUÇLARININ REGRESYON VE VARYANS ANALİZİ.....	76
14.DEĞERLENDİRME	83
16.SONUÇLAR.....	85

KAYNAKLAR	87
ÖZGEÇMİŞ	91



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1. Timme yaklaşımı ile talaş oluşum model	10
Şekil 3.2. Merchant'ın ideal talaş oluşum modeli	11
Şekil 3.3. Ortogonal kesmede kuvvet diyagramı	11
Şekil 3.4. Ortogonal kesme için Lee ve Shafer'ın kayma hattı alanı teorisi.....	13
Şekil 4.1. Sürekli talaş oluşumu.....	17
Şekil 4.2. Sürekli talaş	17
Şekil 4.3. Süreksiz talaş oluşumu	18
Şekil 4.4. Süreksiz talaş	19
Şekil 4.5. Yığılma talaş oluşumu	20
Şekil 5.1. Talaş geometrisi ve talaş kaldırmada açılar.....	23
Şekil 5.2. Talaş kaldırma modeli (a) ve tornalamada talaş boyutları (b).....	24
Şekil 7.1. Östenitik paslanmaz çelikler.....	48
Şekil 8.1. İşlenmiş yüzeyde yüzey karakteri.....	49
Şekil 9.1. Tornalama işleminde kesme kuvvetlerinin gösterimi.....	53
Şekil 11.1. Deneylerde kullanılan kesici takımlar	57
Şekil 11.2. CVD kaplama katmanları	58
Şekil 11.3. Takım tutucu.....	58
Şekil 11.4. HYUNDAI WIA L210LA CNC torna tezgahı.....	59
Şekil 11.5. Deney setinin şematik gösterimi.....	60
Şekil 11.6. Dinamometrenin aparat ile tezgah taretine bağlanması.....	60
Şekil 12.1. Asıl kesme kuvveti-Kesme hızı grafiği (f=0,1 mm/dev, a=1 mm).....	65
Şekil 12.2. Asıl kesme kuvveti-Kesme hızı grafiği (f=0,1 mm/dev, a=2 mm).....	65
Şekil 12.3. Asıl kesme kuvveti-Kesme hızı grafiği (f=0,3 mm/dev, a=1 mm).....	66
Şekil 12.4. Asıl kesme kuvveti-Kesme hızı grafiği (f=0,3 mm/dev, a=2 mm).....	66
Şekil 12.5. Yüzey pürüzlülüğü-kesme hızı grafiği (f=0,1 mm/dev, a=1 mm).....	70
Şekil 12.6. Yüzey pürüzlülüğü-kesme hızı grafiği (f=0,1 mm/dev, a=2 mm).....	70
Şekil 12.7. Yüzey pürüzlülüğü-kesme hızı grafiği (f=0,3 mm/dev, a=1 mm).....	71
Şekil 12.8. Yüzey pürüzlülüğü-kesme hızı grafiği (f=0,3 mm/dev, a=2 mm).....	71

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 11.1 AISI 304 Paslanmaz Çelik Kimyasal İçerik Tablosu	56
Çizelge 11.2 .Kesici takımların geometrik özellikleri	57
Çizelge 11.3. Kesici takım tutucu geometrik özellikleri	58
Çizelge 11.4. Deneyleerde kullanılan kesme parametreleri	61
Çizelge 11.5. Tam Faktoriyel Deneysel İşleme Planı.....	62
Çizelge 12.1. EA TT9225 kesici takım, asıl kesme kuvveti değerleri.....	63
Çizelge 12.2. EM TT9215 kesici takım, asıl kesme kuvveti değerleri.....	64
Çizelge 12.3. MP TT9225 kesici takım, asıl kesme kuvveti değerleri	64
Çizelge 12.4. EA TT9225 kesici takım, yüzey pürüzlülük değerleri	68
Çizelge 12.5. EM TT9215 kesici takım, yüzey pürüzlülük değerleri.....	68
Çizelge 12.6. MP TT9225 kesici takım, yüzey pürüzlülük değerleri	69
Çizelge 12.7. EA TT9225 kesici takım, talaş görselleri	73
Çizelge 12.8. EM TT9215 kesici takım, talaş görselleri	74
Çizelge 12.9. MP TT9225 kesici takım, talaş görselleri.....	75
Çizelge 13.1. Fc Asıl Kesme kuvveti değerleri sonuçları.....	77
Çizelge 13.2. Ra yüzey pürüzlülük değerleri sonuçları	78
Çizelge 13.3. Ra yüzey pürüzlülük değerleri varyans analizi.....	79
Çizelge 13.4. Fc Asıl Kesme kuvveti değerleri varyans analizi	80

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

P_s	: Kesme gücü, kW, HP
V	: Kesme hızı, m/dak
η	: Kinematik verim
μ	: Mikro
μ	: Sürtünme katsayısı
a	: Talaş derinliği, mm
A	: Talaş kesit alanı
Al	: Alüminyum
Al_2O_3	: Alüminyum Oksit
AlN	: Alüminyum Nitrür
b	: Talaş genişliği, mm
C	: Karbon
Co	: Kobalt
Cr	: Krom
Ct	: Taylor sabiti
Cu	: Bakır
D	: İş parçası çapı, mm
dak	: Dakika
dev	: Devir
f	: Devir başı ilerleme, mm/dev
F_b	: Basma kuvveti, kN
F_c	: Esas kesme kuvveti, kN
F_f	: Sürtünme kuvveti, kN
F_n	: Normal kuvvet, kN
F_r	: Radyal kuvvet, kN
F_s	: Kesme kuvveti, kN
F_z	: Talaş kaldırma kuvveti, kN
h	: Talaş kalınlığı, mm
HCl	: Hidroklorik Asit

HNO ₃	: Nitrik Asit
HRC	: Rockwell sertliği
ks	: Özgöl kesme direnci
m	: Metre
mm	: Milimetre
Mn	: Mangan
Mo	: Molibden
n	: Devir sayısı, dev/dak
N	: Azot
Ni	: Nikel
O	: Oksijen
°C	: Santigrat derece
P	: Fosfor
P _m	: Tezgah motorunun gücü, kW, HP
r	: Kesici ucun yuvarlatma yarıçapı
Ra	: Ortalama yüzey pürüzlülüğü
Rp	: Maksimum profil pik yüksekliği
Rt	: Pürüzlülük yüksekliği
Rz	: Ortalama pürüzlülük maksimum yükseklik
S	: Kükürt
Si	: Silisyum
T	: Takım ömrü
Ti	: Titanyum
TiC	: Titanyum Karbür
TiCN	: Titanyum Karbonitrür
TiN	: Titanyum Nitrür
V	: Vanadyum
W	: Wolfram
Y ₂ O ₃	: Yttrium Oksit
α	: Serbest aç1
β	: Kama aç1s1
γ	: Talaş aç1s1
λ	: Eğim aç1s1
Φ	: Kesme aç1s1

Kısaltmalar

- BUE : Kesme kenarında talaş yapışması
CNC : Bilgisayarlı Sayısal Denetim
CVD : Kimyasal Buhar Çökertme Yöntemi
CYM : Cevap Yüzey Metodu
PVD : Buhar Çökertme Yöntemi
YSA : Yapay Sinir Ağı



1. GİRİŞ

Malzemelerin yüksek mekanik özelliklere sahip olması işlenebilirliklerine olumsuz etki etmektedir, bu durum ise talaşlı imalat işlemlerinde ciddi sorunlara yol açmaktadır. Paslanmaz çelikler, yüksek korozyon dayanımı, süneklik ve yüksek çekme mukavemeti gibi özellikler ihtiva etmektedir. Paslanmaz çeliklerin ihtiva ettikleri Cr, Ni, C, S, Mo gibi malzemeler, işlenebilirlik açısından olumsuz birer etkendir. Bu olumsuzluklar talaş kaldırma işlemi esnasında takım ömrü süresinde azalma, sürekli talaş oluşumu ve yüzey kalitesinde bozulma, yüksek kesme kuvvetleri ve doğurabileceği titreşim riski, imalat maliyetlerinde artma gibi sıralanabilir. Bahsedilen bu olumsuzlukların üstesinden gelebilmek için bu çalışmada, farklı talaş kırıcı formları ile AISI 304 paslanmaz çelik malzemeden talaş kaldırılması esnasında, kırıcı formlarının oluşan kesme kuvvetlerine ve yüzey pürüzlülük değerlerine etkilerinin deneysel olarak araştırılması amaçlanmaktadır.

Bu çalışmayla elde edilecek kesme kuvvetleri ve işlenmiş parçaların yüzey pürüzlülük değerleri analitik olarak modellenecek, kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğüne etki eden faktörlerin birbirleriyle olan etkileşimleri ortaya konulacaktır. Paslanmaz çelikler gündelik hayatımızda sıkça karşılaştığımız çoğu ürünün temel malzemesidir. Paslanmaz çeliklere talaşlı imalat işlemlerinin uygulanması ya da şekil verilmesiyle bu ürünler kullanıma sunulmaktadır. Kullanım amaçları ve kullanım alanlarındaki ihtiyaçları karşılayacak şekilde çok farklı paslanmaz çelik kaliteleri vardır. Paslanmaz çelikler; mutfak endüstrisi, otomotiv sektörü, havacılık ve uzay endüstrisi, elektronik cihazlar, inşaat sektörü gibi bir çok sektörde kullanım alanı bulmaktadır. Paslanmaz çeliklerin kullanım alanlarının çokluğu paslanmaz çeliklerin ve paslanmaz çeliklerin işlenebilirliklerinin bir çok araştırmaya konu olmasına yol açmıştır.

AISI paslanmaz çelikler yüksek oranda krom ihtiva etmektedir, bu nedenle mühendislik uygulamalarında geniş kullanım alanlarına sahiptir. AISI 304 östenitik paslanmaz çeliklerin talaşlı imalat işlemleri sırasında iş parçası takım ara yüzeyinde yüksek sıcaklık değerleri ortaya çıkmaktadır, bu durum ise östenitik paslanmaz çelikleri çok zor işlenen malzemeler grubuna dahil etmektedir. Östenitik paslanmaz çeliklerin işlenebilirliği değerlendirildiğinde talaşlı imalat işlemlerinden sonra önemli ölçüde takım aşınması ve yüksek pürüzlülük değerleri gibi olumsuz sonuçlar, takım yan ve krater yüzeyinde düzenli olmayan aşınma, yığıntı talaş oluşumundan kaynaklanan çeşitli işleme zorlukları görülmektedir. Bu ve benzeri olumsuzlukların nedeni ise

östenitik paslanmaz çeliklerin yüksek deformasyon sertleşmesine sahip olması, ısı iletim oranlarının az olması ve yığma talaş oluşumuna meyilli olmalarıdır. Ayrıca talaş kaldırma esnasında sürekli talaş oluşmakta ve kırılması oldukça güç olmaktadır. Kırılmayan talaş ise iş parçası yüzeyine sarılarak kesme işlemini ve işlenen yüzey pürüzlülüğünü olumsuz etkilemektedir. Paslanmaz çeliklerin talaşlı imalat işlemlerinde işlenmesi esnasında oldukça yüksek kesme kuvvetlerine ihtiyaç duyulmaktadır, ihtiyaç duyulan yüksek kesme kuvvetleri sonucunda yüksek takım aşınması ile karşılaşıldığı, paslanmaz çeliklerin kırılma tokluğu oranlarının fazla olması nedeniyle de normal çeliklerin aksine çapak oluşum oranının arttığı görülmektedir.

Küreselleşmenin hızla arttığı günümüz ekonomisinde üretici firmaların dünya pazarında var olabilmeleri ve varlıklarını sürdürebilmeleri için rakipleriyle rekabet edebilmeleri gerekmektedir. Bunun için müşteri taleplerine kısa zamanda, kaliteli ürünle ve uygun fiyatla karşılık verebilmeleri gerekmektedir. Bu nedenle imalat aşamalarında işlenebilirlik faktörü büyük önem taşımaktadır. Üretici firmalar talaşlı imalat işlemlerinde kullandıkları kesici takımdan, uyguladıkları kesme hızı, kesme derinliği, ilerleme miktarı gibi faktörlerinin tamamını dikkate almaları imalat sürelerini önemli ölçüde etkileyecektir. Rekabet gücünü elinde tutmak isteyen firmalar yalnızca imalat sürelerini dikkate almakla yetinmemeli, aynı zamanda kaliteli ürün imal etme çabası içinde olmalı ve ürettikleri ürünleri uygun fiyatla müşterilerine sunmalı bunun içinse maliyetlerini minimum seviyede tutmalıdır. Bu noktada ise yüzey kalitesi, yüzey pürüzlülüğü, takım aşınması, takım ömrü gibi kavramların önemi birlikte malzemelerin işlenebilirliğinin önemi ön plana çıkmaktadır. Tüm bu hususlar doğrultusunda malzemelerin işlenebilirliği üzerine yapılan deneysel çalışmalar son yıllarda büyük oranda artmıştır ve artmaya da devam edecektir.

Bu çalışmada AISI 304 östenitik paslanmaz çelik deney numunesi olarak seçilerek, en uygun işleme parametrelerinin ve talaş kırma formlarının tespit edilip imalatçıların işleme sürelerinin kısaltılması, üretim maliyetlerinin düşürülmesi ve iyi yüzey kalitelerinin elde edilmesi yönünde ışık tutması hedeflenmektedir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Zerti ve arkadaşları (2019), AISI 420 temperlenmiş paslanmaz çelik malzemenin tornalanması işleminde yüzey pürüzlülüğü, kesme kuvvetleri ve gücü minimuma indirmek, verimliliği en üst düzeye çıkarmak için modelleme ve çok amaçlı optimizasyon çalışmaları yapmışlardır. Çalışmalarında kesme hızı, kesme derinliği, ilerleme miktarı gibi işleme parametrelerinin çıktı parametreleri üzerindeki etkilerini incelemeyi amaçlamışlardır. Bu doğrultuda işleme deneylerinde Taguchi deney tasarımı ile işleme deneylerini gerçekleştirmiş, varyans analizi (ANOVA), CYM (Cevay Yüzey Metodu) ve Yapay Sinir Ağı yaklaşımlarıyla deney sonuçlarının modellemesini yapmışlardır.

Özbek ve arkadaşları (2017) AISI 304 ve AISI 316 östenitik paslanmaz çeliklerin işlenebilirliğini değerlendirmek amacıyla kaplamasız tungsten kesici takımlar kullanarak tornalama deneyleri yapmışlardır. AISI 304 ve AISI 316 çeliklerin işlenebilirliğini takım aşınması, esas kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğü açısından değerlendirmişlerdir. Deney sonuçları AISI 316 çeliğinin işlenmesinde kesici takımın daha fazla aşındığını tespit edilmiş ve AISI 316 çeliğinde daha yüksek kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğü değerleri ölçülmüştür.

Kuram (2016) AISI 304 paslanmaz çeliğin frezelenmesinde farklı kaplama malzemelerinin takım aşınmasına, kesme kuvvetlerine ve yüzey pürüzlülüğüne etkilerini incelemiştir. Testlerde tek katlı TiCN, AlTiN, TiAlN ve iki katlı TiCN + TiN ve AlTiN + TiN olmak üzere 5 farklı kaplamaya sahip sementit karbür takma uçlar seçilmiş ve bu takımlar takım aşınması, kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü baz alınarak değerlendirilmiştir. TiCN + TiN kaplanmış kesici uçlar en düşük serbest yüzey aşınması ve yüzey pürüzlülüğü değerlerini vermiştir. En yüksek takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü değerleri ise AlTiN kaplamalı kesici uçlar ile elde edilmiştir. En düşük F_x ve F_y kuvvetleri TiAlN kaplamalı kesici uçlar ile ölçülmüştür. EDX analizi sonucunda kesici uçlarda yapışma olduğu ve kaplamanın kalktığı gözlenmiştir. AISI 304 paslanmaz çeliğinin frezelenmesinde en kötü performansı AlTiN kaplanmış uçlar göstermiştir.

Kulkarni ve arkadaşları (2018), çok katmanlı AlTiN/TiAlN kaplamalı karbür uçlar kullanarak AISI 304 östenitik paslanmaz çeliklerin işlenebilirliğinin araştırılması üzerine çalışmışlardır. Çalışmaları esnasında uyguladıkları tornalama işlemi için farklı

kesme parametreleri kullanmışlar, yaptıkları deney sonuçlarında kesme hızı ve kesme kuvvetleri arasında ters orantılı bir etkileşim olduğunu tespit etmişlerdir.

Neşeli ve arkadaşları (2012), tornalama operasyonlarında CYM (Cevap Yüzey Metodu) ile kesme parametrelerine bağlı olarak radyal, ilerleme ve teğetsel kesme kuvvetlerinin modellenmesi üzerine çalışmışlar, bu noktada giriş parametreleri olarak kesme hızı, ilerleme ve talaş derinliğini kullanarak Taguchi ortogonal deney tasarımı ile deneyler yapmışlardır. Kesme parametrelerine bağlı olarak elde edilen kesme kuvvetlerinde ki değişimin gerçek zamanlı olarak bilgisayar ortamında kaydedilmesi için Matlab yazılımı ile gerçekleştirilen özel bir program kullanmışlar ve deneysel sonuçlara göre cevap yüzey metodu tahmin modeli Minitab 15 yazılımı kullanarak geliştirmişlerdir. Kesme parametrelerinin radyal, ilerleme ve teğetsel kuvvetler üzerinde ki etkilerini ANOVA kullanarak analiz etmişler ve analiz sonuçlarına göre kesme derinliğinin tüm kesme kuvvetleri bileşenleri üzerinde en etkin parametre olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Altinkaya ve Güllü (2008), takma uçlu parmak frezeyle, AISI 316 paslanmaz çelik malzemenin işlenmesi esnasında kesici ucun talaş kırıcı formunun kesici kenar üzerindeki aşınma ve yüzey pürüzlülük değerlerine etkilerini incelemişlerdir. Yaptıkları işleme deneylerinde, kesme derinliğini değiştirmeden üç farklı kesme hızı değeri için talaş kırıcı formları farklı üç kesici takım kullanmışlardır. Yaptıkları deneysel çalışmalar sonucunda ERGC kodlu kesici takım ile diğer kesici takımlara nazaran daha iyi aşınma miktarı ve yüzey pürüzlülük değerleri elde etmişlerdir.

Gürbüz ve arkadaşları (2012), farklı talaş kırıcı formların ve farklı kesici kenar formlarının, talaşlı işleme esnasında kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülük değerlerine etkisini incelemişlerdir. Yaptıkları deneysel çalışmada AISI 316L paslanmaz çelik malzeme için CVD kaplı sementit karbür kesici takımlar kullanmışlardır. Farklı kesici kenar ve talaş kırıcı formuna sahip üç farklı kesici takım için de kesme hızında ki artışla beraber kesme kuvvetlerinin azaldığını tespit etmişlerdir. Genellikle maksimum kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü değerlerini MR kodlu kesici takımında, minimum kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü değerlerini ise QM kodlu kesici takımında elde etmişlerdir. Üç farklı talaş kırıcı ve kesici kenar formu için, kesme hızında ki artışa bağlı olarak yüzey pürüzlülüğünün düştüğünü, fakat kesme derinliği ve ilerleme miktarındaki artışla birlikte yüzey pürüzlülüğünün arttığını gözlemlemişlerdir.

Çiftçi (2004), yaptığı çalışmada AISI 304 kalite östenitik paslanmaz çelik malzemeyle tornalama yöntemleri ile işlenebilirlik üzerine deneyler yapmıştır. Bu

deneylerde, çok katlı kaplanmış sementit karbür kesici takım kullanmıştır. Yaptığı deneylerde kesme sıvısı kullanmayarak dört farklı kesme hızında, ilerleme miktarı ve talaş derinliğini sabit tutmuştur. Yapılan deneylerde kesme kuvvetlerinin değerleri ve işlenen yüzeylerin yüzey pürüzlülük değerleri ölçülerek kaydedilmiştir. Tarama elektron mikroskopuyla aşınan kesici takım kenarları incelenmiş, aşınma tiplerinin ve aşınma mekanizmalarının belirlenmesi hedeflenmiştir. Kesme hızındaki artışla yüzey pürüzlülük değerleri ve kesme kuvvetleri bir noktaya kadar azalmış, fakat belli bir değer sonrasında artma gözlemlenmiştir. Tarama elektron mikroskopuyla yapılan incelemelerde kesici takımdaki aşınmanın, kesici takım ve iş parçasının işlenmemiş yüzeyinin temas halinde olduğu bölge, kesici takım ve yeni oluşmakta olan iş parçasının temasının sonlandığı bölge ve burun bölgesi olmak üzere üç bölgede küçük kırılmalar şeklinde olduğu gözlemlenmiştir. Kesici takımda görülen aşınmaların kesici takım üzerindeki yığılma talaşla ilgili olduğu tahmin edilmiştir.

A.M.A. Al-Ahmari (2007), yaptığı çalışmada, seçtiği AISI 302 malzemesinin tornalama operasyonları için tahmini işlenebilirlik modellerini oluşturmayı hedeflemiştir. Takım ömrü, yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri için modeller oluşturmuş ve bu modelleri tornalama operasyonları için geliştirmiştir. Bu modelleri oluştururken kesme hızı, ilerleme miktarı, kesme derinliği ve takım ucu yarıçapını referans parametreleri olarak almıştır. Bu çalışmayı gerçekleştirirken Cevap Yüzey Metodu ve Yapay Sinir Ağı Yöntemi olmak üzere iki tip veri madenciliği tekniği kullanmıştır. Yaptığı 28 deneysel çalışma sonucunda elde ettiği veriler ile yapmış olduğu karşılaştırmalar ve değerlendirmelerle AISI 302 malzemesi için en uygun takım ömrü, kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğü modellerinin hangi tip teknik ile en ideale yaklaştığını belirlemiştir. Sonuç olarak, YSA metodunun CYM metodolojisinden daha ideale yakın sonuçlar verdiğini tespit etmiştir.

C. Ahilan ve arkadaşları (2013), imalat proseslerinde karar verme süreçlerinin zorluğunu ve giderek de zorlaştığını vurgulamışlardır. Yaptıkları çalışmada CNC tornalama prosesinde işleme parametrelerinin tahmini için sinir ağları modeli geliştirmeyi amaçlamışlardır. Deney planını Taguchi metodu ile oluşturmuşlar, bu planda kesme hızı, ilerleme miktarı, kesme derinliği ve kesici uç yarıçapını proses parametresi olarak belirlemişler, yüzey pürüzlülüğü ve güç tüketimini ise amaç olarak belirlemişlerdir. Deneysel sonuçlar ile sistemi eğitmişlerdir. Geliştirdikleri model otomotiv endüstrisinde minimum güç tüketimi ve maksimum produktivite elde etmek için işleme parametrelerine karar verme sürecinde kullanılmıştır.

Sivaraman ve arkadaşları (2012), yaptıkları çalışmada çok fazlı mikroalaşımli çelik malzemelerin tornalanması esnasında kesme hızı, ilerleme miktarı ve kesme derinliğinin kesme kuvvetine etkilerini incelemişlerdir. Varyans analizi (ANOVA) yardımıyla yapmış oldukları analizlerde ilerleme miktarı ve kesme derinliğinin kesme kuvvetine etkisinin kesme hızından daha baskın olduğunu belirlemişlerdir.

Kim ve Kweun (2009), orta karbonlu çeliklerin tornalanmasında, farklı kesici takım geometrilerini kullanarak talaş akışı oluşumunun modellemesini yapmışlardır. Bu çalışmada talaş kırıcı tasarımı üzerinde ve orta karbonlu çeliklerin talaş kırıcı ile işlenmesi üzerinde durmuşlardır.

Sasahara (2005), yaptığı çalışmada ilerleme miktarının, kesici kenar formunun ve burun radyüsünün, kalıntı gerilmelere ve yüzey pürüzlük değerlerine etkilerini deneysel olarak incelemiştir. Elde ettiği kesme kuvvetleri ve işlenmiş parçaların yüzey pürüzlülük değerlerinin grafiklerini yorumlamış ve kesme kuvvetleri ile yüzey pürüzlülük değerlerine etkiyen parametrelerin birbirleri ile ilişkilerini ortaya koymuşlardır.

Fang (1998), yapmış olduğu çalışmada asimetrik kanal tipi talaş kırıcının talaş kaldırma performansını, simetrik kanal tipi talaş kırıcı ile karşılaştırmış, talaş kırıcının geometrik parametrelerinin talaş kırma üzerine etkilerini incelemiştir.

M. Anthony Xavior ve M. Adithan (2009), AISI 304 östenitik paslanmaz çeliğin, sementit karbid takım ile tornalanması esnasında kesme sıvılarının takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğüne etkisini incelemiştir. Kesme sıvılarının serbest yüzey aşınması, yüzey pürüzlülüğü, kesme kuvvetlerinin gelişimi ve sıcaklığın gelişimi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Tornalama prosesinde hindistancevizi yağının takım aşınmasına ve yüzey pürüzlülüğüne azaltıcı yönde etkisini incelemişlerdir. Ayrıca hindistancevizi yağının bu işlemedeki performansı bir emülsiyon yağı ve bir saf kesme yağı ile karşılaştırılmıştır. Sonuçta hindistancevizi yağının diğer iki kesme sıvısından daha etkili sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Hindistancevizi yağının yüzey kalitesini iyi derecede arttırdığı ve takım aşınmasını azalttığı belirlenmiştir. Diğer bitkisel içerikli kesme sıvılarının da metal kesme endüstrisinde denenmesinin de faydalı sonuçlar sağlayabileceği önerilmiştir.

Özçatalbaş (2002), yaptığı çalışmada talaşlı imalat işlemlerinde, işlenen parçanın yüzey kalitesini ve işleme için gerekli güç sarfiyatının önemli parametreler olduğunu ve bunların takım aşınmasından doğrudan etkilendiğini belirtmiştir. Bu etkileşimi, işlenen malzemenin mekanik özelliklerinde ki değişimleri de dikkate alarak araştırmıştır.

Yapılan talaş kaldırma işlemlerinde, tavlama ısıl işlemleriyle mekanik özellikleri değiştirilmiş SAE 4140 çelik malzeme ve değiştirilebilir sert metal kesici uç kullanılmıştır. Yan yüzeyi farklı miktarlarda doğal olarak aşındırılmış kesici uçlar ile tornalama yaparken, gerinim ölçer esaslı bir dinamometre vasıtasıyla kesme ve ilerleme kuvvetleri ölçülmüştür. Ayrıca aynı kesici uçlarla işlenen farklı mekanik özelliklerdeki malzemelerin yüzey pürüzlülükleri ölçülmüştür. Yan yüzey aşınma miktarı ve daha çok işlenen malzemenin mekanik özelliklerindeki artışının, ilerleme kuvvetini önemli miktarda artırdığı gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, takım aşınma miktarının yüzey kalitesine olan olumsuz etkisinin, mekanik özellikleri yüksek olan malzemede çok daha belirgin hale geldiği tespit edilmiştir.

Kurt ve Şeker (2004), yaptıkları çalışmayla, AISI 52100 rulman çeliğinin tornalanması işleminde, kesme kuvvetleri ve kesici takım gerilmelerine, PCBN ucun pah açısının nasıl etki ettiğini incelemişlerdir. Bu doğrultuda, kesme deneyleri sonucunda elde ettikleri kesme kuvvetlerini ANSYS analiz programı kullanarak uçlarının iki boyutlu sonlu eleman analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Yaptıkları deneyler sonucu elde ettikleri kesme kuvveti değerleri ve sonlu eleman analizlerinden, kesme kuvvetlerinin ve kesici takım gerilmelerinin değişiminde pah açısının büyük ölçüde etkisi olduğunu gözlememişlerdir. Pah açısının, von Mises gerilme dağılımına daha etkin şekilde tesirde bulunduğu sonucuna varmışlardır. Yaptıkları sonlu eleman analizleri sonucunda AISI 52100 rulman çeliğinin bitirme torna işlemlerinde pah açısının kritik değerinin 20° olduğunu belirlemişlerdir.

Karayel ve Nalbant (2014), Ç4140 çelik malzemenin işlenebilirliğini, kesici takım aşınması ve yüzey pürüzlülük değerleri açısından incelemişlerdir. İşleme deneylerinde tornalama işlemi uygulamış, bunun için CNC torna tezgahı ve iki farklı kesici takım kullanmışlardır. Yüzey pürüzlülük değerleri için, kesici ucun kalitesinin ve ilerleme miktarının, kesme hızına göre daha etkin olduğu, kesme hızı ve takım ömrü arasında üçüncü dereceden azalan, ilerleme miktarı ve yüzey pürüzlülüğü arasında üçüncü dereceden artan bir ilişki olduğunu gözlemlemişlerdir.

3.TALAŞ KALDIRMA MEKANİĞİ VE TALAŞ KALDIRMA TEORİLERİ

Endüstriyel imalat işlemlerinde faydalı sonuçlar alınabilmesi için yalnızca iş parçası malzemesiyle ilgili değil, bunun yanı sıra değişken koşullar altında, kesici takım malzemesi, kesici takımın kesici uç geometrisi ve talaşlı imalat işlemlerinin nasıl olacağıyla ilgilide bilgi sahibi olmak gerekmektedir. İmalat endüstrisinde kesici takım malzemeleri ve işleme tezgahlarıyla ilgili yıllardır süregelen, geliştirmeye yönelik çalışmalar yapılmıştır ve yapılmaya devam edilmektedir. Bu çalışmalar neticesinde işleme proseslerinde yüksek kesme hızlarıyla çalışabilme imkanı sağlanmış, bu durumun olumlu etkisi olarak ise üretim adetleri artmıştır. İşleme maliyetlerinin azaltılması, üretim adetlerinin artırılması gibi amaçlar doğrultusunda takım tezgahları, talaş kaldırma mekaniği, talaş kaldırma teorileri ve bunların uygulama sahaları bir çok araştırmaya, araştırma konusu olmuştur (Şahin, 2003).

Talaş kaldırma fiziği açısından, malzemenin nasıl kesildiği veya kesici takımın malzemeye yaklaştığı yerde gerçekte nelerin olduğu anlaşılmadan uzun yıllardan beri insanoğlu metalleri kesmek için kesici takımlar kullanmaktadır. Yine uzun yıllardan beri kesici takımın önündeki metalin kama önünde yarılan ağaca benzer bir şekilde deformasyona uğradığı kabul edilmiştir. Bu ilk teoriye göre, kesici takım ucundan uzak mesafede takım yüzeyinde oluşan aşınma dikkate alınmıştır. Önceleri kesme sıvısı kullanıldığında aynı teori bir tornalama işlemi sırasında kesici takım önünde yırtılarak metal parçacıkların ayrıldığını göstermiştir (Şahin, 2001).

Talaşlı imalat, iş parçası yüzeyinden kesici takımlar yardımı ile parça kesilerek iş parçasının şekillendirilmesi işlemi olarak tanımlanmaktadır. Metal kesme son dönemlerde kontrollü talaş üretme işlemi olmaya başlamıştır. Kaldırılan talaş kesme bölgesinde kontrol edilebilmektedir. Kesme işlemi esnasında doğan ısının büyük bir kısmı çıkan talaş tarafından uzaklaştırılmaktadır. Metal kesme işlemlerinde talaş oluşumunun kontrolü, operasyonun özelliğine göre öncelik kazanabilmektedir. Talaşlı imalattaki genel amaç iş parçasının belirli bir şekil ya da boyuta getirilmesi olarak nitelendirilse de talaşlı imalat işleminden optimum verim almak adına çıkan talaşlarında en optimum seviyede olmasını sağlamak gerekmektedir. Bu nedenle talaşın uygun bir formda çıkarılması ve gerekirse oluşacak talaşın talaş kırma mekanizmaları ile kırılması sağlanmalıdır. Talaş kırma işlemine ihtiyaç duyulmasının nedeni yalnızca çıkacak talaşların depolama kolaylığını sağlamak değil, bunun yanı sıra kesme bölgesinden uzaklaşacak talaşın temasta bulunacağı kesici takım ve işlenecek olan iş parçasına

verebileceği zararları önlemek ya da minimuma indirmek ve metal işleme süreci sırasında oluşan ısının önemli bir bölümünü talaşla beraber ortamdan uzaklaştırmaktır.

Talaşlı imalat işlemlerinde talaş kaldırma sırasında kesici takım ucu, iş parçası malzemesine belli bir kuvvet uygulamakta, uygulanan kuvvet yönünde iş parçasında oluşan elastik-plastik şekil değiştirme sonrasında akma başlamaktadır. Oluşan gerilmelerin malzeme kopma sınırını aştığı esnada 'talaş' adı verilen bir yüzey tabakası iş parçası malzemesinden uzaklaşır. Kesici takımın kesici ucunda aşınma gerçekleşmesi, iş parçasının işlem gören yüzeyinde deformasyon sertleşmesinin meydana gelmesi, iş parçası malzemesinin elastik ve plastik şekil değişimi, sürtünme, ısı oluşumu ve talaşın kırılması gibi olaylar bir bütün olarak gözlemlendiğinde talaş kaldırma işleminin kompleks fiziksel bir kavram olduğu görülmektedir (Çakır, 2000).

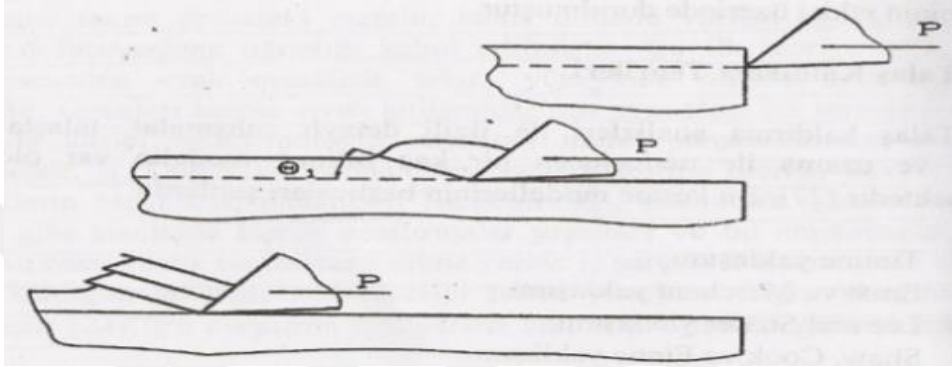
3.1. Talaş Kaldırma Teorileri

Talaş kaldırma mekaniği konusunda yapılan analizler ve çalışmalar, talaş oluşumu sırasında çeşitli gerilmelerin ve uzamaların oluştuğunu ve bunun sonucunda farklı modellerin ortaya çıktığını gösterir. Bu modeller incelenirse;

- Timme yaklaşımı
- Ernst, Merchant ve Pispaeen yaklaşımı
- Lee and Shafer yaklaşımı
- Shaw, Cook ve Finne yaklaşımı
- Okushima ve Hitami yaklaşımı
- Hill yaklaşımı
- Zorev yaklaşımı

3.1.1. Timme Yaklaşımı

Timme yaklaşımı, talaş oluşumunu Şekil 3.1.' de gösterildiği gibi, model bileşenleri olarak; kesici takım, iş parçası ve talaşın etkileşimini dikkate alır. Timme yaklaşımı talaşın oluşma işlemini matematiksel yöntemlerle kontrolünü sağlayacak bir yaklaşım olmamakla birlikte, talaş oluşum işleminin gerilme deformasyonlarıyla oluştuğunu açıklar.



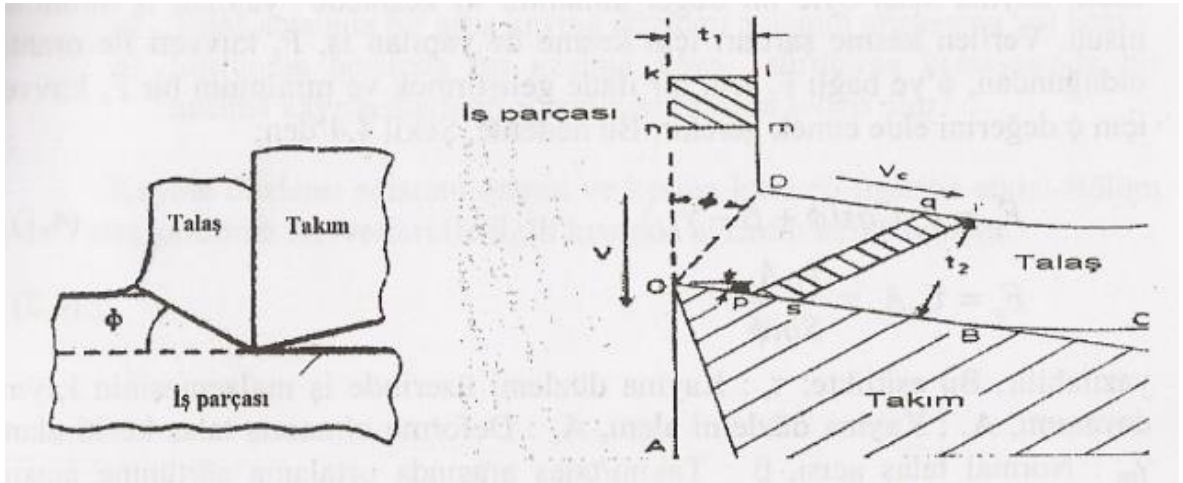
Şekil 3.1. Timme yaklaşımı ile talaş oluşum model

Timme yaklaşımı kesici ucun iş parçası malzemesinin içerisine nüfuz etmeye ve iş parçası direncini yenmeye başladığını kabul eder. Oluşan batma direnci sonucu iş parçası malzemesi büyür ve bu durum batma kuvvetinde artmaya neden olur. Kuvvet kayma açısında düzlem boyunca hareket eden iş parçası malzemesinden küçük parçalar çıkarıp kırarak şekilde yeterli büyüklükte oluncaya kadar devam eder. Batma kuvveti ani olarak azalır ve bu işlemler bir çevrim olarak devam eder. Kesme elamanlarının birbirine göre hareketi kesme işlemi için temel şarttır.

3.1.2. Ernst, Merchant ve Pispaen Yaklaşımı

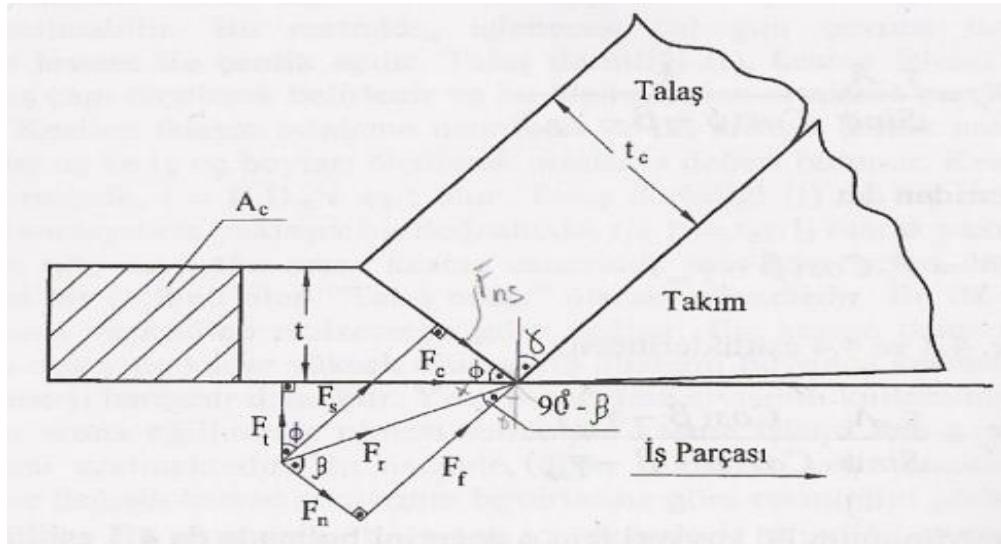
Bu yaklaşımlar, talaş kesici takım önünde kesici kenardan iş parçası yüzeyine uzanan yaklaşık tek bir düzlem ile sınırlanan kayma işlemi ile oluşacağını dikkate alır. Kayma düzlemi ve takım ile talaş ara yüzeyi boyunca kuvvetlerin etkisi ile dengede kalan talaş, rijit olarak kabul görür. Kayma düzlemi boyunca plastik kayma ile kırılmaya sebep olur. Uygun şartlar altında kayma düzlemi boyunca sürekli veya sabit

bir deformasyon miktarı meydana gelir. Talaş açısı γ kesme hareketinde oldukça önemlidir. Merchant'ın ideal talaş oluşum modeli Şekil 3.2.'de gösterilmektedir.



Şekil 3.2. Merchant'ın ideal talaş oluşum modeli

Kayma düzlemi açısı ile verilen belli düzlem boyunca kesme oluşur. Burada, t_1 ve γ bilindiğinden sabit şartlar altında talaş derinliği için t_2 ölçülebilir. Kayma açısı ϕ basit bir kesme deneyi ile de bulunabilir. Ancak t_2 'nin doğrudan doğruya ölçülmesi ise kesilen talaşın üst kısmının pürüzlülüğü nedeniyle pratik değildir (Şahin, 2003).



Şekil 3.3. Ortogonal kesmede kuvvet diyagramı

Şekil 3.3' de verilen ortogonal kesme kuvvet diyagramında incelendiğinde; F_r takımın kesme kenarına etkiyen bileşke kuvvet, F_{ns} bileşke kuvvetin kayma düzlemi boyunca bileşeni, F_s bileşke kuvvetin kayma düzlemine dik doğrultudaki bileşeni, F_n bileşke kuvvetin takım yüzeyi boyunca bileşeni, F_f bileşke kuvvetin takım yüzeyine dik doğrultudaki bileşeni, F_c bileşke kuvvetin esas kesme kuvveti, F_t bileşke kuvvetin esas itme kuvveti olarak karşımıza çıkmaktadır.

Merchant' in geliştirdiği bu teori plastiklerle uyumlu sonuçlar vermiştir, fakat karbürlü takımlarla yapılan çelik işleme prosesleriyle örtüşmemektedir. Sunduğu eşitlikle takım ve talaş arasında oluşan sürtünmeyle kayma düzlemi açısının arasındaki genel ilişkiyi açıklar. Bu ilişki; talaş açısının artışıyla kayma düzlemi açısı da artacak ve sürtünme açısındaki azalma ya da sürtünme katsayısında artış olması da kayma düzlemi açısının artışına neden olacaktır.

Pispaen' in geliştirdiği modele göre malzeme kayma açısına karşılık serbest yüzeye eğik olarak tutulan iskambil kağıdı grubu şeklinde kesilmektedir. Kesici takım iş parçasına göre hareket ettiğinde zamanla bir kartın veya katmanın devreye girmesi ve bunların birbiri üzerine kaymasına neden olmasından kaynaklanmaktadır. Pispaen modeli incelendiğinde;

- Takım yüzeyinde oluşan sürtünme elastik deformasyon şeklinde gerçekleşmektedir.
- Mükemmel bir düzlem üzerinde kayma gerçekleşir.
- Talaş sıvanması göz ardı edilir.
- Kayma açısı serbest seçilmelidir.

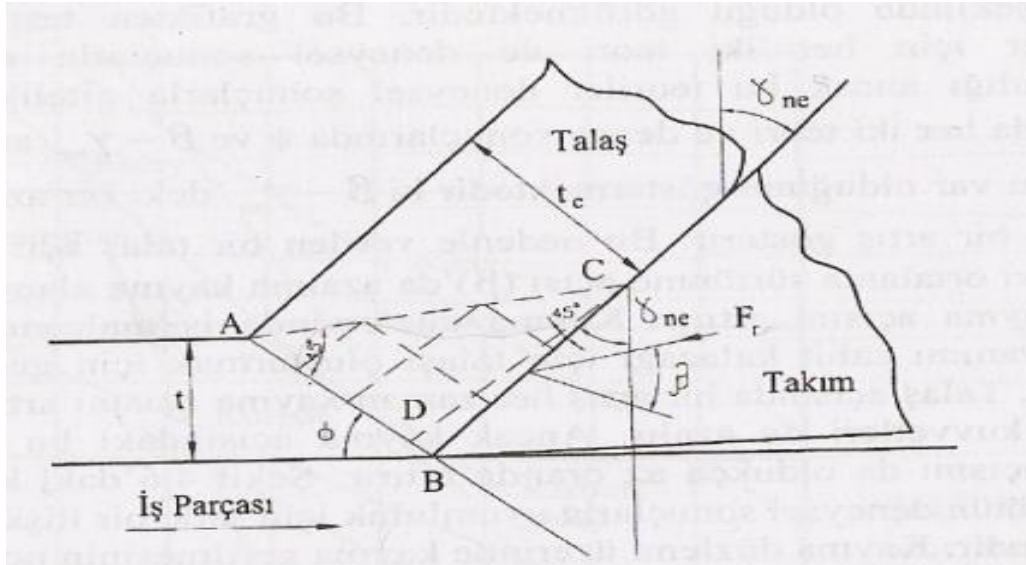
3.1.3. Lee ve Shafer Yaklaşımı

Lee ve Shafer yaklaşımında, ortogonal kesme işlemine plastisite teorisi uygulanmıştır. Plastisite teoremini kullanarak kesme probleminin incelenmesinde gerilme altındaki iş malzemesinin davranışları ile ilgili varsayımlar şu şekilde özetlenebilir:

- Malzeme rijit plastiktir. Elastik uzamanın göz ardı edildiği akma noktası geçtikten sonra deformasyon sabit bir gerilmede gerçekleşmektedir, malzemenin gerilme-uzama eğrisi düz doğru biçimindedir.
- Malzeme davranışı deformasyon miktarına bağımlı değildir.
- Deformasyon esnasında gerçekleşen sıcaklık artışı ve atalet etkisi göz ardı edilir.

Lee ve Shafer yaklaşımıyla, talaş kaldırma esnasında iş parçası malzemesinin gerçek yaklaşımlarına yakın sonuçlar elde edilmiştir, bunun nedeni kesme işlemi esnasında çok yüksek uzamaların ve uzama miktarlarının oluşmasıdır. Bir çok metalde deformasyon sertleşmesi oranının artan uzama miktarı ile hızla azaldığı bilinmekte ve yüksek uzama etkisi de maksimum gerilmeye bağlı olarak metalin akma dayanımını artırmaktadır. Plastisite teorisiyle çözümden kayma hattı alanı oluşmalıdır. Bu alan iki ortogonal çizgi ailesinden oluşmakta ve maksimum kayma gerilmesi de iki ortogonal doğrultuda plastik bölge içerisinde yer almaktadır.

Şekil 3.4.'te gösterildiği gibi, plastik bölge ABC üçgeni içerisinde oluşmakta ve iki doğru ailesinden meydana gelmektedir. Uniform gerilme plastik bölgede oluşur. Kayma gerilmesi ve maksimum değeri AC doğrusu boyuncaadır. AB doğrusu boyunca talaşa etki eden kuvvet yoktur. Talaş kaldırma işleminde iş parçası malzemesinin fiziksel özelliklerinde değişme olmaz.



Şekil 3.4. Ortogonal kesme için Lee ve Shafer'ın kayma hattı alanı teorisi

Kesici takımın uyguladığı kesme kuvvetlerinin kayma düzlemine iletimi talaş vasıtasıyla gerçekleşir. Kesme kuvvetlerinin varlığıyla ABC üçgeni plastik bölge oluşturur ve malzeme akma sınırına kadar zorlanır. AC sınırının aşılmasıyla oluşan talaşın üzerine hiçbir kuvvet etkimeyeceğinden bu sınır boyunca gerilme aktarılmaz (Metals Handbook, 1986).

3.1.4. Shaw, Cook ve Finne Yaklaşımı

Bu yaklaşımda kayma düzleminin maksimum kayma gerilimi doğrultusunda olmadığı varsayılmaktadır. Bu nedenle kayma hattı doğrusu çözümlenmektedir ve modellemede mükemmel plastik katı kullanılır. Bunun sonucunda talaş, yönlenmiş kalıcı kayma gerilmesine ve kayma uzamasına sahip kırılmaya sebep olmadığından dolayı sonsuz olarak sürekli dir.

Bu modelde; kayma dayanımı, sıcaklık, kayma bölgesine etki eden basma gerilimi, uzama miktarı, kayma oranı ve uzama arasında oluşturulmuş fonksiyonel ilişkinin mevcut olduğu gösterilmiştir. Ancak bu değişkenlerle oynandığı ve polinom içerisinde bunlar düzenlendiğinde pratikte yapılan deneyler bu modelle zıt sonuçlar vermektedir (Beer ve Johnston, 1985).

3.1.5. Okushima ve Hitomi Yaklaşımı

Okushima ve Hitomi yaklaşımında, kesmenin tek bir kayma düzlemi boyunca olmadığı, üçgen biçiminde belirli bir akma bölgesi içerisinde gerçekleştiği varsayılmaktadır. İlk önce kesme teorisi ve oluşum mekaniği analizinde, kesikli talaşın mevcut olduğu varsayılmıştır.

Talaş içerisindeki gerilme ve uzama durumları diğer yaklaşımlardan çok daha güvenilir kayma gerilmesi ve kayma uzaması talaşta yine sadece kalıcı deformasyon ve kalıcı gerilme oluşturur (Zorev, 1963).

3.1.6. Hill Yaklaşımı

Hill yaklaşımına göre, kesme işleminde sabit-durum şekli için aranan şartların tek bir çözüm sağlaması gerekmemektedir. Gerçekte de tek çözümden ziyade tolere edilebilir sabit-durum çözümleri vardır. Bu modelde, kayma dayanımı, sıcaklık, kayma

bölgesine etki eden basma gerilimi, uzama miktarı, kayma oranı ve uzamanın fonksiyonel ilişkilerinin bulunduğu belirtilmiştir.

3.1.7. Zorev Yaklaşımı

Sünek malzemelerin kesilmesi için bir model ilk defa Zorev tarafından amaçlanmıştır. Bu model diğer talaş kaldırma modellerine göre mantıksal olarak farklılık göstermektedir ve plastisite teorisi ile uyumludur.



4. TALAŞ OLUŞUMU VE TALAŞ ÇEŞİTLERİ

Talaşlı imalat işlemlerinde, iş parçası malzemesi kayma gerilmesine maruz kalmakta ve plastik deformasyona uğramaktadır. Bu olayın sonucunda talaş oluşumu gerçekleşmektedir. Talaş kaldırma mekaniği, talaş kaldırma işleminin ortogonal kesme koşullarında gerçekleştiği kabulüne dayanır. Kesici takımın kesici kenarı ve kesme hızının birbirlerine dik olduğu, özel bir talaş kaldırma metodu olan ortogonal kesme, geometrik kompleks durumların çoğunu göz ardı etmektedir, fakat yine de talaş kaldırma mekaniği tanımı için önemli ölçüde yeterli olmaktadır.

Kayma gerilmesinin etkileriyle talaş oluşumu olayı gerçekleşmektedir. Takım kesici kenarının yeterli bir kuvvetle iş parçası malzemesinin yüzeyine bastırılmasıyla kayma düzleminde, iş parçası malzemesinin kayma gerilmesinin etkisi sonucu deformasyon meydana gelmekte ve talaş oluşumu gerçekleşmektedir. Talaş oluşumu, takım kesici kenarının ön kısmındaki iş parçası malzemesinin plastik deformasyon sonucu ana iş parçası malzemesinden ayrılmasıyla gerçekleşir. İşleme maliyetleri ve pratiklik açısından talaş oluşumu kavramı iyi analiz edilmelidir. Talaş oluşumunda etkili olan kesme koşulları: kullanılan kesici takımın tipi, tezgah şartları ve kesme sıvısı kullanılıp kullanılmamasıdır. Oluşan talaş sürekli olabildiği gibi kısa talaşlar şeklinde de oluşabilmektedir (Çakır, 2000).

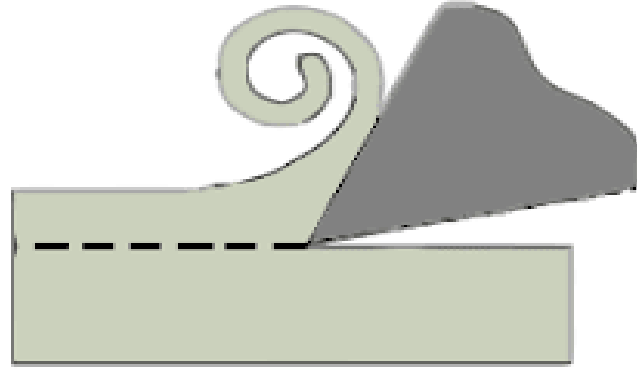
4.1. Talaş Çeşitleri

Talaşlı imalat proseslerinde talaş kaldırma işlemi sırasında çeşitli şekillerde talaş oluşmaktadır. Karşılaşılan bu çok çeşitli talaş tiplerinden en sık karşılaşılanları; sürekli talaş, süreksiz talaş ve yığma talaş olarak sıralamak mümkündür.

4.1.1. Sürekli Talaş

Akma talaş olarak da adlandırılan sürekli talaş tipinde, metalin akması takım yüzeyine yakın olduğu, takım/talaş ara yüzeyindeki sürtünme ya da talaş sıvanmasıyla daha çok ertelenmediğinde oluşmaktadır. Sünek malzemelerin yüksek kesme hızlarında, düşük ilerleme miktarı ve düşük kesme derinliklerinde işlendiğinde, keskin kesici uçlu takımlar kullanıldığında, büyük talaş açılı kesici uçlar kullanıldığında, kesme sıvısı kullanılarak kesici uç ve iş parçasının soğuk tutulması sağlandığında ve talaş akma

direncinin en az olduğu şartlarda uzun ve sürekli talaş elde edilir. Sürekli talaş tipi iş parçası yüzey kalitesini olumlu etkiler. Sürekli talaş ile oldukça iyi yüzey kaliteleri elde edildiğinden verimli kesme işlemi için ideal sayılmaktadır. Sürekli talaş oluşumu görseli Şekil 4.1.'de ve kesme deneyleri sonrasında elde edilen sürekli talaş fotoğrafı Şekil 4.2.'de verilmiştir.



Şekil 4.1. Sürekli talaş oluşumu



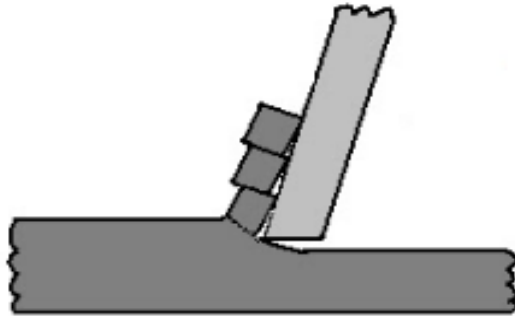
Şekil 4.2. Sürekli talaş

Kesici takım kesici kenarının keskinliğinin iyi olması ve takım-talaş ara yüzeyindeki sürtünmenin az olması sürekli talaş oluşumunu ilerletir. Kesme işlemi yapılırken kristal yapının deformasyonundan dolayı uzaması ile kesici takım önündeki metal derhal basma kuvvetine maruz kalmaktadır. Bu kristallerin uzaması kayma düzlemi doğrultusunda meydana gelmez. Bu basma uzama işlemi devam ederken kesici uç üzerindeki malzeme talaş/takım ara yüzeyi boyunca zorlanır ve iş parçasından uzaklaşır. Genellikle imalat çeliği, sinterlenmiş karbür veya yüksek hız çeliği kullanıldığında ve kesme sıvısıyla işlendiğinde sürekli talaş oluşur (Jawahir, 1990).

Sürekli talaş büyük bir talaş kütlesi oluşturmaktadır. Bu durum hem tezgah hem de operatör açısından sorun teşkil edebilmektedir. Bu nedenle kesici takımlar üzerinde genellikle talaş kırıcılar yer almaktadır. Sürekli talaş oluşumunda, aynı zamanda çıkan talaşın işlenen yüzeyi çizmesi ve yüzey kalitesini olumsuz etkileyebileceği durumlarda söz konusu olabilmektedir.

4.1.2. Süreksiz Talaş

Süreksiz talaş tipi kesikli talaş olarak da adlandırılmaktadır. Süreksiz talaşlar, dökme demir ve sert bronz gibi gevrek malzemeler ve bazı sünek malzemelerin kötü kesme şartlarında işlenmesi sonucunda oluşmaktadır. Kesici takım uç noktasının malzeme ile temasta olduğu anda malzemede basma meydana gelmektedir. Talaş takım-talaş ara yüzeyi boyunca akmaya başlar. Kesme hareketiyle gevrek malzemeye daha fazla gerilim uygulandığında, metal kırılmanın olduğu noktaya ulaşıncaya kadar basma gerilmesine maruz kalmakta ve talaş işlenmemiş kısımdan kopmaktadır. Bu çevrim, kesme işlemi esnasında kayma düzlemi ya da kayma açısı üzerinde oluşan her parçanın kırılmasıyla sınır olarak tekrarlanır. Bu çevrim sonucunda talaşların birbiri ardından kırılmaları sonucu, kötü bir iş parçası yüzey kalitesi elde edilecektir (Nakayama, 1984)



Şekil 4.3. Süreksiz talaş oluşumu



Şekil 4.4. Süreksiz talaş

Kesikli talaşlar; gevrek iş malzemelerinin işlenmesinde, küçük talaş açılı kesici takımlar ile yapılan talaşlı imalat proseslerinde, fazla talaş derinliklerinde, yüksek ilerleme miktarlarında ve düşük kesme hızlarında oluşan talaş çeşitleridir. Süreksiz talaş oluşumu görseli Şekil 4.3.' da ve kesme deneyleri sonrasında oluşan süreksiz talaşlara ait fotoğraf Şekil 4.4.' da verilmiştir.

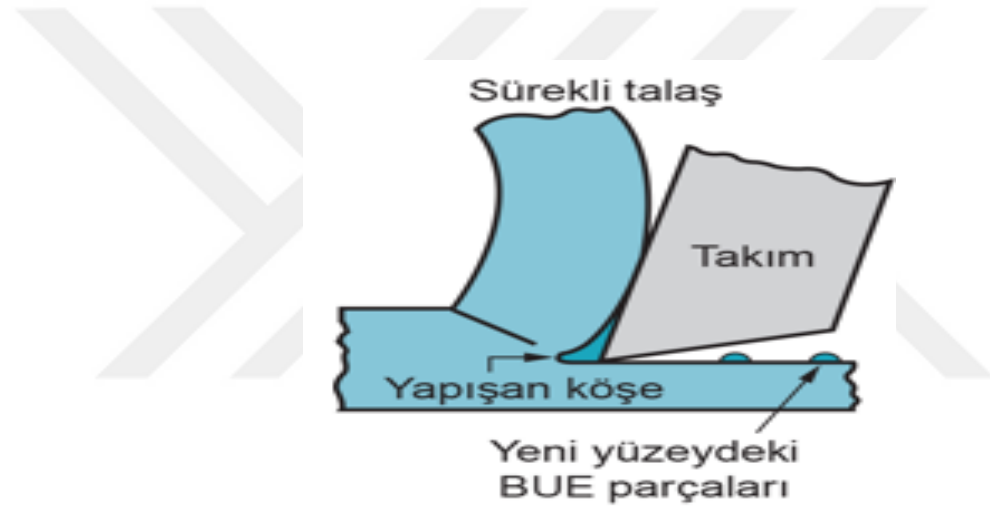
Tezgah titreşiminin aşırı olduğu durumlarda, düşük hızlarda ya da otomat çeliklerinde manganez sülfid artıkları ya da grafit lamelli dökme demirler gibi gerilim konsentrasyonu barındıran malzemeler işlenirken de süreksiz talaşlar oluşmaktadır. Şekil değiştirme yeteneği düşük olan veya hiç olmayan malzemelerin işlenmesinde kayma bölgesinde, kesme koşullarına neden olduğu yüklenmede oluşan çatlak ilerleyerek küçük parçacıkların kopmasına neden olmaktadır. Kesikli talaş tipi genellikle dökme demir benzeri gevrek malzemelerin işlenmesi esnasında görülmekte ve yüzey kalitesine olumsuz etki etmektedir.

4.1.3. Yığılma Talaş

Takım-iş parçası ara yüzeyindeki sıcaklığın düşük olduğu kesme hızlarında, kesme düzlemine dik açıdaki bir düzlem boyunca talaştan kopmalar oluşabilir. Takım yüzeyine yapışan kopmuş talaş parçacıkları talaştan ayrılır. Kesici takıma sinterlenerek yığılan parçalar kaleme yapışan talaş olarak adlandırılır. Kritik bir boyuta ulaşıncaya kadar büyüyen bu yığıntı daha sonra talaşla birlikte ayrılır. Kesme hızındaki artışla birlikte takım-iş parçası ara yüzeyindeki sıcaklık artışı, yapışan talaşın boyutunu küçültür. Talaş gövdesinden ara yüzeye iletilen ısının, akma gerilmesinde azalışa sebep olacak ısı yumuşamayı sağladığı anda yapışma kaybolur. Yapışma kesici takım ucunda

kayma gerilmesinin ve etkin talaş açısının artmasına sebep olur. Bununla birlikte, temiz olmayan iş yüzeyleri, hatalı işleme ölçüleri, yapışık talaşın kopması esnasında kesici kenarın fazla yüklenmesi ve takımın yapışmasıyla aşınmasına sebep olur (Fang ve Dewhurts, 2005).

Sünek iş parçası malzemelerinin işlenmesi esnasında düşük veya orta kesme hızları uygulandığında kesici takımla talaş ara yüzeyinde sürtünme oluşmaktadır. Bu durum iş parçası malzemesinin talaş yüzeyinin kesici kenara yakın olan kısımlarına yapışmasına sebep olur. Bu yapışma olayına yığma kenar(BUE) ismi verilir. Yığma talaş oluşumuyla ilgili görsel Şekil 4.5.' da verilmiştir. Yığma kenar oluşumu, kendini tekrarlayan ve yığma kenarın talaşla beraber ortamdan uzaklaşmasına neden olan bir çevrim şeklinde gerçekleşmektedir.



Şekil 4.5. Yığma talaş oluşumu

Yığma kenarın koptuğu bazı durumlarda, kesici kenardan da malzeme kopması gerçekleşebilir. Bu durum ise takımın körelerek ömrünün azalmasına neden olur. Bu durumun diğer bir olumsuz etkisi de, yığma kenarın belirli kısmının iş parçası malzeme yüzeyine yapışmasıyla, malzeme yüzey kalitesinin olumsuz etkilenmesidir. Yığma talaş oluşumu talaşlı imalatta genellikle istenmeyen bir talaş çeşididir. (Ramaswami, 1971).

5. TALAŞ KALDIRMA OLAYINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Talaş kaldırma işleminde, kesme hızı, kesme derinliği ve ilerleme miktarı takım ömrüne ve talaş kaldırma miktarına önemli ölçüde etki etmektedir. Kesici takımın kesici kenarında aşınma ve kırılma, sürtünme ve ısı oluşumu, talaş oluşumu ve talaş kırılması, iş parçası malzemesinin yüzeyinin sertleştirilmesi gibi fiziksel olayların meydana gelmesine talaş kaldırma işlemi adı verilir. Kesici takım olarak nitelendirilen bir kalemin iş parçası yüzey tabakasından belli bir miktar malzeme tabakası kaldırması için o iş parçası malzemesinin içine batması gerekmektedir. Talaş kaldırma olayının gerçekleşebilmesi için kesici takımın, iş parçası malzemesine oranla daha sert ve dayanıklı olması, kesici takımın belli bir takım geometrisinin olması, kesici takıma yeterli seviyede bir kuvvet uygulanması ve çeşitli kesme şartlarının sağlanması gerekmektedir.

5.1. Kesme Hızı

Kesme hızı, talaş kaldırma sırasında kesici takımın dönen iş parçası yüzeyinden dakikadaki metre cinsinden aldığı yol olarak tanımlanmaktadır. Tornalama ile talaş kaldırmada kesme hızı $V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}$ (m/dak) olarak ifade edilmektedir. V: kesme hızı(m/dak), D: iş parçası çapı(mm), n: iş parçasını işlemek için kullanılan tezgaha verilmesi gereken devir sayısı(dev/dak) ' nı belirtmektedir.

Talaş kaldırma işleminde uygulanması gereken kesme hızı; işlenecek malzeme, kesici takım malzemesi, talaş derinliği, ilerleme miktarı, soğutma sıvısı, tezgah rijitliği, tezgah tipi gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir.

5.2. Takım Geometrisi

Takım geometrisi α , β , γ gibi temel açılar ve takım kesici ucunun yuvarlatma yarıçapı (r) gibi faktörlerle tayin edilmektedir. Parçanın işlenmiş yüzeyi ve ona dik doğru, koordinat sistemi olarak seçilirse, bu koordinat sistemine göre takımın kesme özelliğini belirleyen açılar meydana gelmektedir. Bu açılar, dikey doğru ile talaş yüzeyi arasında talaş açısı (γ), kesici kısmının kama açısı (β) ve serbest yüzey ile parçanın

işlenmiş yüzeyi arasında serbest açı (α) dır. Bu açılar arasında $\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$ bağıntısı vardır (Akkurt, 2000).

Eğik kesmede takım ağzının kesme takım ağzının kesme hızı doğrultusu ile yaptığı ve eğim açısı (λ) olarak adlandırılan bir açı daha vardır. Bu açı dik ortogonal kesmede sıfırdır. Takım ile işlenen yüzey arasında sürtünmeyi önlemek için ortalama 6° 'lik bir açı gereklidir.

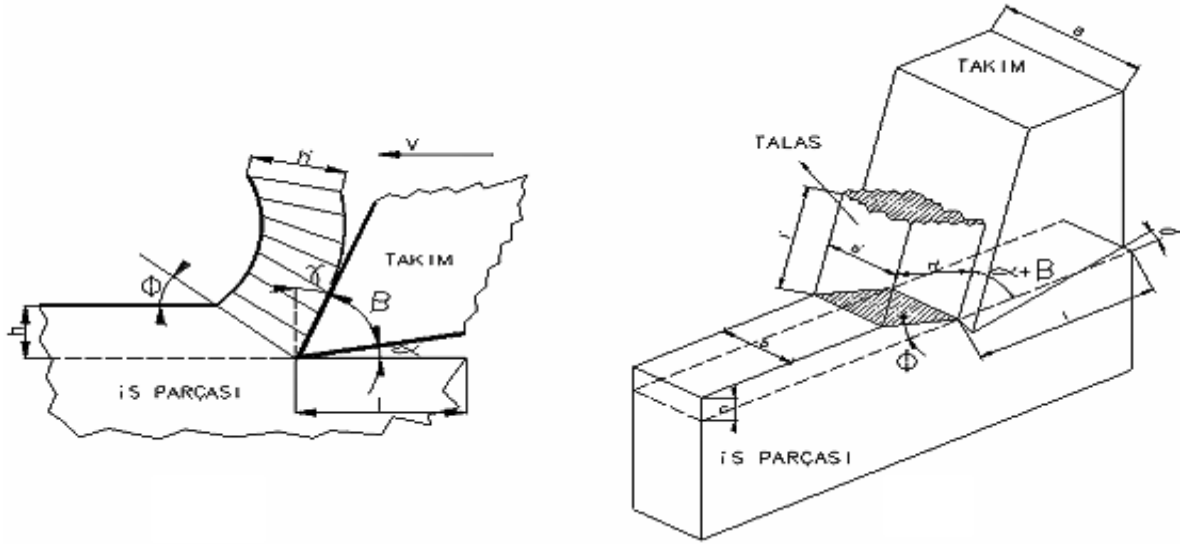
Talaş açısı (γ), küçük ve kama açısı (β) büyük ise, takımın ucu kötü olduğundan malzemenin işlenmesi zorlaşmaktadır. Bu durumda ısı oluşumu artmakta, kesme kuvvetleri büyümekte ve takımın ucu kısa zaman içerisinde körelmektedir. Ancak takım kuvvetlere karşı dayanıklı olur, iş parçasıyla takım yan boşluk yüzeyi arasında talaşın sıkışma riski ortaya çıkar.

Talaş açısı (γ), büyük ve kama açısı (β) küçük ise, takım ucu ince olduğundan malzemenin işlenmesi kolaylaşır. Daha düşük kesme kuvvetleri oluşmakta, talaş kolayca akmakta ve takım yüksek kesme hızlarında kullanılabilir. Fakat takım ucu ince olduğu için takımın kuvvetlere karşı mukavemeti azalmakta ve kırılma olasılığı artmaktadır.

5.3. Talaş Geometrisi

Talaşlı imalat işlemlerinden iş parçası üzerinden kaldıran malzeme tabakasının talaşa dönüşmesi kesme bölgesi olarak adlandırılan bir bölgede meydana gelmektedir. Fakat basitleştirmek amacıyla bu bölge yerine kesme düzlemi denilen bir düzlem kullanılmaktadır. Kesme bölgesine dayanan talaş kaldırma teorisine kalın bölge teorisi, kesme düzlemine dayanan talaş kaldırma teorisine ise ince bölge teorisi denilmektedir.

İnce bölge teorisine göre kesici takım iş parçası üzerinden kesme yönü denilen belirli bir doğrultuda talaş kaldırmaktadır. Talaşın iş parçası üzerinden ayrıldığı yüzeye kesme yüzeyi denir. Kesme yüzeyi kesme yönü ile kesme açısını (ϕ) meydana getirir. Kesme yüzeyi boyunca parçadan ayrılacak talaşın boyutları, genişliği (b) ve kalınlığı (h) ile ifade edilir. Talaş geometrisinin ve talaş kaldırma işleminde oluşan açıların görseli Şekil 5.1.' de verilmiştir.

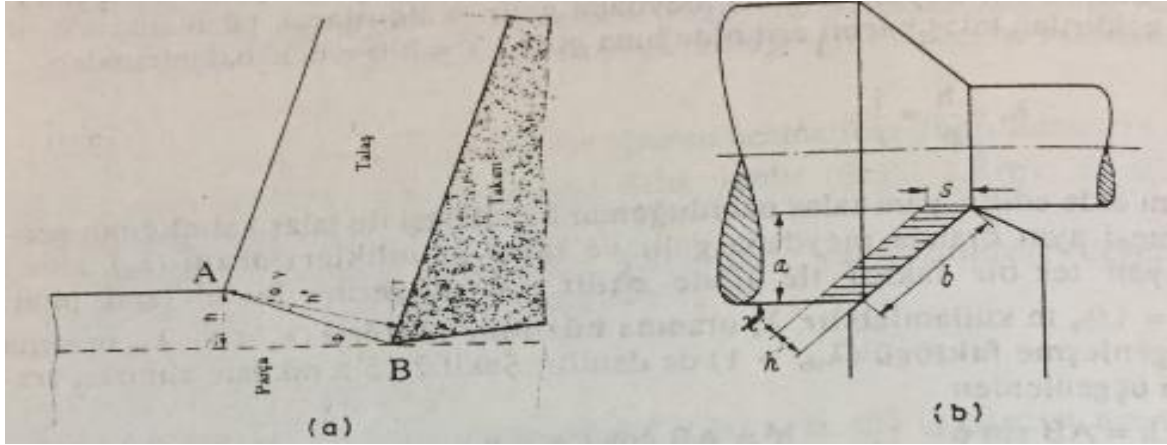


Şekil 5.1. Talaş geometrisi ve talaş kaldırmada açılar

Kesme açısı, talaş kaldırma koşulları hakkında fikir veren bir faktördür. Pratik ve teorik hesaplarda talaş boyutları h (kalınlık) ve b (genişlik) ile ifade edilmektedir. Bu boyutlar henüz talaş dönüşmemiş iş parçası üzerinden kaldırılacak tabakaya aittir.

Gerçek talaş kaldırma yöntemlerinde talaşın b ve h boyutları değişik bir şekilde ifade edilir. Bu durumda talaş boyutları $h \times b$ veya $s \times a$ ile ifade edilmektedir. Burada s ilerleme ve a kaldırılan tabaka kalınlığı veya paso kalınlığıdır. İlerleme (s), ilerleme hızı (u)'ya bağlıdır. İlerleme hızı takımın bir yüzeyi işlemesi için o yüzey boyunca yaptığı hareketin hızıdır ve genellikle (mm/dak) olarak ifade edilir. Şekil 5.2.'de talaş kaldırma modeli ve tornalamada talaş boyutları gösterilmektedir.

İlerleme ve paso arasındaki farklılığa dikkat etmek gerekmektedir. Bir yüzeyin işlenmesi için kaldırılması gereken tabaka; tabakanın kalınlığı işlenecek yüzeyin kalitesi, tezgah gücü gibi faktörlere bağlı olarak birkaç geçişte alınabilir. Takımın, bir geçişte iş parçası üzerinden kaldırdığı malzeme tabakasına paso denilmektedir (Şahin, 2003).



Şekil 5.2. Talaş kaldırma modeli (a) ve tornalamada talaş boyutları (b)

5.4. Malzeme

Talaş kaldırma işlemine malzemenin etkisi incelendiğinde işlenebilirlik kavramı ile karşılaşılmaktadır. İşlenebilirlik malzeme türüne bağlı olarak, iş parçasının işlenmeye karşı gösterdiği dirençtir ve malzeme türüne göre farklı olarak artmakta ya da azalmaktadır. İş parçası zor işleniyorsa işlenebilirliği düşük olarak adlandırılır.

Sünek malzemeler işlenirken, takımın kesme ağzının önünde, bir plastik şekil değiştirme bölgesi meydana gelmektedir. Bu bölgede malzeme talaş şeklinde sürekli olarak iş parçasından ayrılmakta, fakat bazen akışında bir kopma oluşmamaktadır. Sünek malzemelerde sürekli talaş tipinin elde edilmesi, kesme şartlarının ve işlenen yüzey kalitesinin iyi olduğuna işarettir. Gevrek malzemeler işlenirken 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 (Yeyen, 2006).

5.5. Kesme Kuvveti ve Kesme Gücü

Talaş kaldırma olayının gerçekleşmesi için kesici takıma, kesme düzleminde oluşan dirençlere karşı talaş kaldırma kuvveti (F_z) uygulanmalıdır. Talaş kaldırma işleminde kesme düzlemindeki kuvvetler kesme kuvveti, takım ile talaş ve takım ile parça arasındaki sürtünme kuvvetlerinden oluşmaktadır. Bu kuvvetler, düzlem boyunca yayılmış durumdadır ve kesme düzleminin ortasında veya Merchant' in varsayımına göre takımın ucuna uygulanan tek bir kuvvet ile gösterilebilir.

Kesici takımın ucuna uygulanan kuvvet talaş kaldırma kuvveti F_z , kesme yönünde kesme kuvveti F_s , bu yöne dik yönde radyal kuvvet F_r , kesme düzlemde makaslama kuvveti F_k ve bu yöne dik yönde basma kuvveti F_b , sürtünme kuvveti F_f ve bunu meydana getiren kuvvet F_n ' dir. F_n ile F_z arasında p açısı sürtünme açısı ve μ sürtünme katsayısını ifade etmektedir.

$$\mu = \frac{F_f}{F_n} = \tan p \quad (5.1)$$

$$p = \arctan \mu \quad (5.2)$$

Talaş kaldırma işlemi için harcanan güç için önemli olan F_s kesme kuvveti; malzemenin kesme kopma mukavemetine, talaşın boyutlarına, talaş açısı, kesme açısı ve sürtünme açısına bağlıdır. Talaş kaldırma işlemi esnasında önem taşıyan kuvvetlerden biri ise radyal kuvvettir. Kesme düzleminde, kesme direnç kuvvetinin yanı sıra takımın parçadan ayırmaya çalışan bir radyal direnç meydana gelmektedir. Bu nedenle takımı parça üzerinde tutmak için takıma radyal bir kuvvet uygulanmalıdır. Bu ise takımın takım tutturma tertibatına bağlanması ile gerçekleştirilmektedir (Krar ve Oswald, 1990).

İş parçası malzeme mukavemetinin artması, kesme kuvvetinin artmasına sebep olmaktadır. İş parçasından kopan talaşın kalınlığının, takım eğim açısının ve talaş açısının artması, kesme kuvvetinin azalmasına işaret eder. Kesme hızı arttıkça kesme kuvveti de artar.

Kesme açısı optimum kesme açısı olduğu durumda belirli bir malzeme ve talaş boyutları için en düşük kesme kuvveti dolayısıyla en düşük talaş kaldırma gücü elde edilir. Kesme kuvveti (F_s) ve kesme hızı (v), tezgah motorunun verdiği enerji ile sağlanır. Bu enerji tezgahın kinematik sisteminden ana mile ulaşır. Bu faktörlere bağlı olarak talaş kaldırmak için gereken kesme gücü,

$$P_s = F_s \times V \quad (5.3)$$

ve kinematik sistemin verimi η ile ifade edilirse, tezgah motorunun gücü,

$$P_m = \frac{P_s}{\eta} \quad (5.4)$$

bağıntıları ile elde edilmektedir.

5.6. Takım Ömrü

Takım ömrü, belirli bir kritere ulaşmak için gerekli etkili kesme zamanı veya pratik olarak, takımın iki bileme arasında geçen çalışma zamanı olarak tanımlanır. Planyalama-vargelleme gibi talaşlı imalat türlerinde işleme uzunluğu ve delik delme işleminde delme uzunluğu takım ömrü olarak tanımlanabilirken, frezeleme işleminde ise kaldırılan talaş hacmi dikkate alınarak ifade edilebilir.

Takım ömrü, aşınma olayına bağlı olması sebebiyle takım aşınması olayına etki eden; takım malzemesi, iş malzemesi, takım ve talaş geometrisi, kesme hızı ve soğutma sıvısı gibi faktörler takım ömrünü de etkilemektedir. Bu faktör arasında en önemli faktör kesme hızıdır.

Kesme işleminin optimizasyonu için kesme hızı (V) ve takım ömrü (T) arasında ki ilişki şu formül ile ifade edilmektedir.

$$V \times T^n = C = \text{Sabit} \quad (5.5)$$

Bu eşitlikte; n: takım üssünü göstermektedir ve takım malzemesi, iş parçası malzemesi, işleme şartları, ilerleme miktarı, talaş derinliği, takım geometrisi ve soğutma sıvısı gibi faktörlere bağlıdır. V: kesme hızı, T: takım ömrü ve n üssü olup $-1/k$ değerine eşit alınabilir. Sabit ise C ile gösterilirse;

$$T \times V^k = C \quad (5.6)$$

eşitliği yazılabilir.

5.7. Aşınma

Talaş kaldırma işlemleri esnasında takım ve talaş veya takım ile işlenen iş parçası yüzeyi arasında oluşan sürtünmeler, ısı oluşumuna ve takımın aşınmasına sebep olmaktadır. Bu sürtünmeler takımın aşınmasında en önemli rolü almaktadır. Ortaya çıkan sıcaklık ise takımın aşınmaya karşı mukavemetini azaltmakta ve aşınma olayını daha da hızlandırmaktadır. Sürtünme sonucu oluşan aşınma sadece talaş yüzeyinde, sadece serbest yüzeyinde ya da her iki yüzeyde de meydana gelebilmektedir.

Takım aşınması genel ifade ile kesici takım malzemesinin kaybı şeklinde tanımlanabilir. Bu kayıp çeşitli şekillerde oluşabilir:

- Mikroskobik büyüklükteki küçük aşınmış partiküller vasıtasıyla takım malzemesinin tedrici olarak kaybı şeklinde,
- Metal kesmede yüzey üzerine gömülmüş sert partiküllerin takıma sürtünmesi nedeniyle,
- Takımın mikroskobik parçalar halinde ufalanması şeklinde,
- Kesme sıvısı içinde fazla aktif malzemeler bulunması nedeniyle kesici takımın korozyonu ile, bu durum en çok kobalt bağlayıcı kullanılmış sert metal takımların kükürt içeren soğutma sıvısı kullanılması halinde görülür.

İlk iki madde de belirtilen unsurlar diğerlerine nazaran daha önemlidir. Takım tedrici aşınması 'metal transferi' adı verilen fizyo-kimyasal bünyeye haiz bir aşınma tipi ile ortaya çıkar.

Çok yüksek mekanik ve termik yüklerin altında kesici takımda çok hızlı bir körlenme meydana gelmektedir. Aşınma kavramı için; termik ve mekanik aşırı yükler nedeniyle kesici kenarın tahrip olması, metal transferi, difüzyon, mekaniksel aşınma, tufalleşme oksidasyon gibi nedenleri sıralamak mümkündür.

5.8. Isı Oluşumu ve Soğutma Sıvısı

Takım/talaş ara yüzeyinde oluşan ısı; iş parçası, takım veya talaşla dışarı çıkmalıdır. İş parçası fazla ısı alırsa parçanın boyutu değişerek iş parçası ısı ile genleşeceğinden konik bir yüzey elde edilebilir. Oluşan bu fazla ısı iş parçası yüzeyine ısıl olarak da zarar verebilir. Kesici takım fazla ısı alırsa kesici uç aniden bozulabilir ve takım ömrünü azaltabilir. Bu noktada ideal kesici takım kesici uç bölgesinden hızlı bir şekilde ısıyı transfer eden takım olarak kabul görmektedir.

Talaşlı işlemede transfer edilen ısı, talaşın oksitlenmesine sebep olmaktadır, bu durum talaş renginin değişmesinin de göstergesidir. Düşük ilerleme miktarı ve düşük talaş derinliği ile iş parçasının işlendiği durumlarda, oldukça küçük talaş oluşacağından ısı bu oluşan küçük talaş parçaları tarafından absorbe edilemeyecektir. Bu durumda ise depolanamayan ısı kesici takıma ve iş parçası içine nüfuz edecektir.

Soğutma sıvısı kullanıldığı takdirde talaş ve takım ara yüzeyinde oluşan ısının yaklaşık %50 'si işleme esnasında talaşla birlikte dışarıya tahliye edilecektir. Literatürde yapılan deneylerle diğer kesme faktörleri sabit kalmak şartıyla soğutma sıvısının takım ömrüne olumlu etkisi görülmektedir.

5.9. Titreşim

Titreşim, iş parçasının yüzey pürüzlülük değerlerine ve kesici takımın ömrüne olumsuz etki etmektedir. Titreşimin bu olumsuz etkilerinin nedeni kesici takım ve iş parçası arasında sürekli oluşan bağıntılı bir titreşimin olmasıdır. Talaş kaldırma sırasında iki çeşit titreşim türü oluşmaktadır, bunlar, zorlanmış titreşim ve kendiliğinden oluşan titreşimdir.

Zorlanmış titreşim, tezgahın mekanik hareketlerinden dolayı ortaya çıkarken, kendiliğinden oluşan titreşim ise talaş kaldırma olayından dolayı meydana gelmektedir. Genellikle kendiliğinden oluşan titreşim, kesme hızı arttığında kesme kuvvetlerinin azalmasından kaynaklanmaktadır. Bu titreşim çeşitlerinden en kötü etkiyi gösteren, işlenen yüzeyde titreşimden oluşan takım izleri bırakacak derecede büyük olan ve 'tırlama, otlama' olarak adlandırılan titreşimin türüdür. Bu titreşim doğrudan yüzey kalitesine olumsuz etki yapmaktadır.

5.10. Talaş Kırıcı Formu

Kesici takımlar üzerinde yer alan talaş kırıcı formlar, kesici takımın talaş yüzeyindeki engelleyici bir faktör ya da farklı geometrilerde kesici takım yüzeyinde oluşturulan bir kanal olarak nitelendirilir. Talaş kırıcı, talaş büküm yarıçapını azaltmakta ve bunun sonucu olarak talaş kırılabilirliğinin iyileştirilmesine yol açmakta, etkin talaş kontrolüne olanak sağlayarak verimliliği artırmaktadır. Bu avantajlarının yanı sıra kesme direncinin azaltılmasında etkin rol oynamakta, kesici takım ömrü ve iş parçasının yüzey kalitesinin iyileşmesine olanak sağlamaktadır. Talaş kırıcının konumu, kesici kenardan uzaklaştıkça talaş büküm yarıçapı, takım-talaş temas uzunluğu, özgül kesme enerjisi, kesme oranı ve talaştaki toplam gerinim artmakta, kırılma gerinimi ve ikinci deformasyon bölgesinde ki gerinim azalmaktadır. Kesici kenarından talaş kırıcıya olan mesafe arttığı ve talaş açısının azaldığı durumda kesme kuvveti artmaktadır. (Tekauit, Günay ve Şeker, 2011)

6. KESİCİ TAKIM MALZEMELERİ VE KESİCİ TAKIM TİPLERİ

Kesici takımlar, iş parçası malzemelerine şekil verilmesi veya şeklinin değiştirilmesi, kesme, koparma veya iş parçası malzemesinin istenen tolerans ölçüsüne getirilmesi gibi işlemler sırasında farklı zorlanmalarla karşı karşıya kalırlar. Maliyetlerin yanı sıra makina veya makina parçalarının üretimini gerçekleştirmek amacıyla kullanılmakta olan kesici takımların talaş kaldırma sırasında ortaya çıkan yüksek zorlamalara dayanım sağlaması gerekmektedir. Talaş kaldırma işlemlerinde çeşitli ve farklı yöntemler mevcuttur. Bu çeşitlilik ve farklılıklar farklı özelliklerde kesici takımlara ihtiyaç duyulmasına neden olmuş, artan ihtiyaç talepleri sonucunda ise metalik ve metalik olmayan çok sayıda kesici takım malzemesinin gelişimi gerçekleştirilmiştir (Habalı, 2003).

İş parçası malzemesinin cinsi, işleme operasyonu, istenen ölçü ve yüzey hassasiyeti gibi kriterlere göre farklı kesici takımlara ihtiyaç duyulmaktadır. Talaş kaldırma işlemi esnasında oluşan basınç, kuvvet, darbe, ısı oluşumu, aşınma gibi olaylar, iş parçası malzemesine nüfuz edebilme ve ekonomik kriterler değerlendirildiğinde, takım malzemesinde olması beklenen özellikler şu şekilde sıralanabilir:

- Uzun ömürlü dayanım sağlaması
- İstenen işleme kalitesi ve ölçüsünü sağlayabilir olması
- Parça başına takım maliyetlerinin uygunluğu
- Temin edilebilirliğinin kolay olması
- Yüksek sıcaklığa ve aşınmaya karşı dayanıklı olması
- Yüksek sertlik ve yüksek eğilme mukavemetine sahip olması
- Basma mukavemeti ve tokluk

Günümüzde tüm bu özellikleri karşılayan bir takım malzemesi yoktur. Yüksek sertlik, yüksek sıcaklık ve aşınma dayanımı gibi özelliklere sahip kesici takım malzemelerinin basınca ve maruz kaldıkları darbelere karşı dayanımları düşüktür, bu tür kesici takımlar işlenebilirliği zor ve pahalı malzemelerdir. Kesici takım malzemesi seçiminde dikkat edilmesi gereken husus, iş parçası malzemesine göre gerekli teknik ve

ekonomik şartları sağlayabilen en elverişli takım malzemesinin seçilmesidir (Şahin, 2003).

Kesici takım malzemeleri şu faktörlere göre gruplandırılabilir.

Kimyasal bileşimine göre: Karbon çelikleri, az alaşımlı çelikler, hız çelikleri(yüksek alaşımlı çelikler), demir olmayan metalik alaşımlar(stelitler), sinterlenmiş karbürler(sert metallere), seramikler, elmaslar ve abrazifler olarak ayrılmaktadır. Karbon çelikleri, az alaşımlı çelikler ve hız çelikleri takım çelikleri grubunu oluşturmaktadır.

Cinsine göre: Takım çelikleri, stelitler ve sert metallere metalik takım malzemeleri, seramikler, elmaslar, abrazifler metalik olmayan takım malzemeleri grubunda yer almaktadır. Metalik gruptan takım çelikleri demir esasından, stelitler ve sert metallere ise demir esasından olmayan malzemelerdir. Ayrıca takım çelikleri ve stelitler dökme, sert metallere ise sinterleme yoluyla elde edilirler.

Sertliğe göre: Takım çelikleri sertleştirme yolu ile sertlik kazanan malzemeler sınıfında, stelitler, sert metallere, seramikler, elmaslar ve abrazifler ise doğal sertliğe sahip takım malzemeleri sınıfında yer almaktadır.

Mekanik özelliklerine göre: Yüksek sertliğe sahip, yüksek sıcaklığa ve aşınmaya dayanıklı olanlar ve eğilme, basma ve darbelere karşı mukavemetli olanlar olarak ayrılmaktadır. Sertliği dolayısıyla aşınma mukavemeti en yüksek fakat tokluğu en düşük olan takım malzemesi seramiklerdir, onları sırasıyla karbürler ve hız çelikleri izler. En düşük sertliğe fakat yüksek bir tokluğa sahip olan karbonlu ve az alaşımlı çeliklerdir.

İmalat şekline göre: Karbon çelikleri, az alaşımlı çelikler ve kısmen hız çelikleri yekpare (kesici uç ve sap kısmı ile birlikte) olarak, kısmen hız çelikleri kaynaklı (kesici uç sapa kaynak ile bağlanmış) olarak, kısmen hız çelikleri, stelitler, sert metallere, seramikler ve kısmen elmaslar uç şeklinde, kısmen elmaslar ve abrazifler ise tane şeklinde olarak imalat şekillerine göre sınıflandırılabilir (Akkurt, 1992).

Uygun takım seçimi, talaşlı imalat işlemlerinde belirli bir malzeme için bunların mekanik özellikleriyle belirlenir. Takımın kesme işlemi ve fonksiyonu üzerine nasıl etkide bulunacağını belirlemek için takım malzemelerinin mekanik ve fiziksel özelliklerinin araştırılması gerekir. Fiziksel ve mekanik özellikler, malzeme karakteristikleri olup belirli kesme şartlarında kesici malzemenin nasıl performans göstereceğini belirler.

Talaşlı imalat işlemlerinde uygun kesici takım malzemesinin yanında, iş parçası malzemesinin sertliği, mukavemeti, malzeme mikro yapısı ve malzeme yapısında bulunan sert parçacıkların oranı da büyük öneme sahiptir. Talaş kaldırma operasyonları ekonomik açıdan değerlendirildiğinde, doğru seçilen kesici takım malzemesi talaş kaldırma işlemi için büyük önem taşımaktadır. Günümüz endüstrisinde daha da önemli hale gelen verimlilik kavramı, kırılan ya da aşınan kesici takımların sebep olduğu tezgah duruş süreleri dikkate alındığında sınırlanmış olacaktır. Bu gibi durumlar kesici takım malzemesinin önemini ifade etmektedir.

Takım malzemeleri, iç yapı, mekanik özellikler, takım ömrü, imalat yöntemleri gibi kriterlere göre;

- Takım çelikleri
- Yüksek hız çelikleri
- Sinterlenmiş karbürler
- Kaplamalı sinterlenmiş karbürler
- Sermetler
- Kübik kristal bornitrür
- Seramikler
- Siyalonlar
- Elmaslar

olarak sınıflandırılabilir.

6.1.Kesici Takım Tipleri

6.1.1.Takım Çelikleri

Takım çelikleri endüstride il olarak kullanılan kesici takım malzemeleridir. Sertliklerini ısıtma işlemi sağlarlar. Takım çelikleri alaşımlı ve alaşımsız olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Alaşımsız takım çelikleri %1.25 C ve az miktarda Si ve Mn içerirler. Alaşımlı hız çelikleri ise %1.25 C ve %1.5 Cr, %1.2 W, %0.5 Mo, %1.2 V içermektedirler.

Alaşımsız takım çeliklerinin sertlik ve aşınma mukavemeti martenzit yapının oluşmasına bağlıdır. Alaşımsız takım çeliklerinin sertlikleri yüzeyden kerne doğru bir düşüş gösterir. Bu çeliklerin kullanımı esnasında 200 °C sıcaklığın üzerine çıkılması

tavsiye edilmediği için, ege, kalem gibi el aletleri ve ahşap işleme takımlarında kullanılması ile sınırlıdır. Cr, W, Mo ve V alaşımlı çeliklerin, alaşımsız olanlara karşı avantajları karbür oluşturan elementler sayesinde aşınma mukavemetinin artması ve yüksek sıcaklıklarda sertliğini muhafaza edebilmesidir. Ayrıca ısıl işlemde soğutma hızının azalması ve böylece tüm kesitin sertleşmesi alaşım elemanları ile sağlanır (Avuncan, 1998).

6.1.2. Yüksek Hız Çelikleri

Hız çelikleri, yüksek alaşımlı asal çelikler olup 600 °C sıcaklığa kadar sertliklerini muhafaza ettiklerinden yüksek kesme hızları için talaşlı imalatta kullanılan kesici takımlardır. Yüksek hız çelikleri konvensiyonel ergitme yöntemi ile üretilmektedir.

Genellikle yeterli oranda karbon ve yüksek oranda alaşım elementlerinden oluşan yüksek hız çeliklerinde, bu alaşım elementlerinin büyük bir çoğunluğu karbür halinde malzeme bünyesinden dağılmış durumda bulunmaktadır. Bu karbürlerin bir kısmı yüksek sıcaklıkta çözünmezler ve çalışma sıcaklıklarında sertliklerini kaybetmezler.

Yüksek hız çelikleri, takım çeliklerine göre yüksek ısıya dayanabilme(600 °C) ve daha yüksek sertliğe ulaşabilme (62/67 HRC) özelliklerine sahiptir. Bu özellikler ana yapıda ki karbürlerin sayısına ve dağılımına bağlıdır (Wright ve Trent, 2003)

Wolfram içeren yüksek hız çelikleri, molibden içeren yüksek hız çelikleri, wolfram ve molibden içeren yüksek hız çelikleri olmak üzere yüksek hız çeliklerini üç ana grupta sınıflandırmak mümkündür. Yüksek karbon ve vanadyum içeren hız çelikleri süper hız çelikleri sınıfına girmektedir.

Yüksek hız çelikleri içerisinde bulunan alaşım elemanlarının çeliğe etkisi incelendiğinde;

Karbon: Hız çeliklerinin karbon oranına bağlı olarak sertlikleri artar. Karbon içeriğinin artmasıyla, kararlı kompleks karbür sayısı da artacak, darbe mukavemeti düşecek, kesme özelliği ve aşınma direnci de artacaktır.

Krom: Hız çeliklerinin tamamında % 3-5 arasında bulunmaktadır. Sertlik ve kesme verimini artırır. Buna ilave olarak oksitlenmeyi ve termal çatlamayı azaltır.

Wolfram: Yüksek hız çeliklerinin ana alaşım elementidir. % 20 ' ye kadar ilave edilebilir. Yüksek hız çeliklerinden temperleme direncini artırır, sıcak sertliğin artması ince taneli bir iç yapı oluşturması nedeniyle önemli bir alaşım elemanıdır.

Molibden: Yüksek hız çeliklerinde wolfram yerine kullanılan bir alaşım elementidir. Molibdenin ergime sıcaklığı wolframın ergime sıcaklığına göre daha düşük olduğundan molibden içerikli hız çelikleri, wolfram içerikli hız çeliklerine göre daha düşük sıcaklıkta sertleştirilmelidir.

Kobalt: Sıcak sertliği ve dolayısıyla yüksek sıcaklıkta kesme verimliliğini artırmaktadır. Isıl davranış sıcaklığını yükseltmekte ve yüksek hız çeliğinin kırılabilirliğini az oranda artırmaktadır.

Vanadyum: Yüksek hız çeliklerinde kesme verimini artırır. Çelik üretimi esnasında curufların çelik bünyesinden ayrılması ve bünyedeki azot gazının giderilmesi için önemli rol oynar. Aynı zamandan dökme demir gibi kesik talaş veren malzemelerin işlenmesinden iyi performans gösterirler.

6.1.3. Sinterlenmiş Karbürler

Sert metal adını da taşıyan sinterlenmiş karbürler, bağlayıcı malzemeleri kobalt (Co) olan, tungsten (WC), titan (TiC) ve tantal (TaC) karbürlerinden sinterleme yoluyla elde edilen malzemelerdir. Aşınmaya dirençli, yüksek sıcaklığa dayanıklı malzeme sınıfından olup, sert karbür parçacıkların yumuşak ve sünek metallerle birleştirilmesiyle üretilir.

Sıcaklığa ve aşınmaya karşı mukavemetli olan bu malzemelerin eğilme ve darbe mukavemetleri oldukça düşüktür. Bu nedenle kesme özellikleri ile birlikte eğilme ve darbe mukavemetini de iyileştirmek için, 5 mm kalınlıkta sinterlenmiş karbürle kaplanmış çeliklerden çok iyi sonuçlar veren takımlar yapılmıştır. Sert metaller gerek içerdikleri malzemelerden gerekse imalat yönteminden dolayı oldukça pahalı malzemelerdir (Yalçın, 2002).

Sert metallerin komponentleri ve özellikleri incelendiğinde;

WC-Co: Wc, Co içinde çözünür, bu nedenle yüksek bağlanma özelliği ve kenar mukavemeti kazanılır. Aynı zamanda yüksek ısılarda çözülme ve difüzyon kabiliyetinden dolayı kesme hızları sınırlıdır.

TiC: Az bir difüzyon eğilimine sahiptir. Bu nedenle sert metaller yüksek ısılarda daha yüksek aşınma mukavemetine sahiptir, bağlayıcı özellikleri karışım oluşturur. Yüksek TiC içeren sert metaller daha gevrek ve kırılgan olurlar, TiC, çeliklerin yüksek kesme hızlarında işlenmesinde tercih edilir.

TaC: Sünekliği ve kenar mukavemetini artırır. İç bağlayıcı özellik TiC ' de olduğu gibi büyük oranda düşmez.

6.1.4. Kaplamalı Sinterlenmiş Karbürler

Kaplamalı karbürlerin bulunmasıyla tokluğun artması sonucu aşınma direncinin düşmesi gerektiği düşüncesi ortandan kalkmış ve değişik kalitelerde ideal takım malzemelerine yakın malzemeler elde edilmiştir. Kaplamalı karbür malzemelerde elde edilen iyileştirmeler sonucu bu malzemeler talaşlı imalatta en fazla kullanılan takım malzemeleri haline gelmiştir.

Alaşımli elemanların avantajını artırmak için, kaplamalı sert metaller geliştirilmiştir. Bu tip sert metaller yumuşak sert metal gövdeden ve bunun üzerine kaplanan sert ve aşınmaya mukavemetli olan TiC, TiN, TiCN ve Al₂O₃ kaplama yüzeylerinde oluşur. Bu tip sert metaller özellikle tornalama ve frezelemede kullanılır. Burada en önemli özellik yüksek aşınma mukavemetidir. Uygun kesme şartlarında bu özellik takım ömrünü artırır. Takım ömrü kaplamasız tiplere göre birkaç kat daha yükselir (Kandemir, 1998).

Kesici uçlarda tabaka kalınlığındaki artışın negatif bir etkisinin olduğunun gözlemlenmesinden dolayı çok nadiren toplam 12 mikrondan daha kalın bir tabaka ile kaplanırlar. Aşınma direnci tabaka kalınlığı arttıkça artar, fakat bu durumda kırılganlık ortaya çıkar ve kaplama tabakasının soyulması problem teşkil etmeye başlar. Daha ince bir kaplama ise daha yüksek bir tokluk sağlar.

6.1.5. Sermetler

Sermetler, genellikle toz metalurjisi tekniği ile metal ve seramik tozların bir araya getirilmesi ile üretilir. Bu bileşenlerden metalik bileşenler kesme esnasında termal şok direnci ve sünekliği artırırken, seramik bileşeni ise sıcak sertlik ve oksidasyon direnci sağlamaktadır. Metallerle seramik bileşenlerin bağlanması, karmaşık bir

işlemdir ve bu işlem ıslanma özelliklerine, çözünebilirliğe ve seçilen malzemelerin faz ilişkilerine oldukça bağlıdır (Çakır, 2000).

Bu takımlar yüksek verimlilik nedeniyle düz karbür ve kaplamalı karbür veya seramik uçlardan daha ekonomiktir. Bu durum ise; iyi aşınma direnci nedeniyle daha uzun takım ömrüne sahip olmaları, minimum talaş sıvanması ve iyi yüzey kalitesi sağlamaları, daha yüksek kesme hızlarında aşınma direnci gibi özelliklere sahip olmalarından kaynaklanmaktadır.

Sermetli takımlar, hafif ve orta ilerleme miktarlarında ve yüksek kesme hızlarında çeliklerin bitirme ve hassas işlenmesinde yaygın olarak kullanılır. Bu takımlarla farklı çeliklerin ve dökme demirlerin bitirme işlemlerinde yüksek aşınma direnci, daha uzun takım ömrü ve iyi son bitirme yüzeyi elde edilebilir (Şahin, 2003)

Sermetli takımlarda aşırı yana kenar oluşması nedeniyle, dökme demirin kaba işlenmesinde tercih edilmez. Bu takımlarla sert dökme demirler, grafit, yüksek sıcaklık alaşımlarının yanında çoğu demir içermeyen alaşımların işlenmesi için veya abrasiv yüzeyli parçaların işlenmesinde tercih edilmez.

6.1.6. Kübik Kristal Bornitrür

Bornitrür sentetik bir malzemedir ve doğal elmastan sonra günümüzde en sert ikinci madde olma özelliğine sahiptir. Bor halojenlerin amonyak ile reaksiyonlarından elde edilmektedir. Kafes yapısı ile elmasa olan benzerliğine rağmen kübik kristal bornitrür altı ayrışım düzlemine sahiptir ve geometrik ölçüleri itibarıyla kesici takımlarda önem kazanmıştır. Bornitrür, elmas gibi kimyasal bir element olmayıp, bir bileşendir. Bu nedenle elmasın sertlik değerine ulaşamaz.

Bu takımlarla, alevle toz püskürtme yöntemiyle dolgu yapılmış iş parçaları ve yüksek WC' lü veya Cr-Ni bazlı dolgu kaynaklarının talaşlı işlenmesi de mümkün olmaktadır. İş parçasından elde edilen yüzey kalitesinin artması, işleme zamanının kısalması konvensiyonel talaşlı imalatta kullanılan diğer kesici malzemelere nazaran ömrünün yüksek olması nedeniyle, özellikle zor talaş kaldırılabilen malzemelerde kullanımı tercih edilmektedir (Aykut, 1999).

6.1.7. Seramikler

Seramikler, ana malzemesi alüminyum oksiti olan ve sinterleme yolu ile imal edilen malzemelerdir. İçerdiği alüminyum oksitin saflığı % 99,7 civarında, en yüksek sertliğe sahip, yüksek sıcaklığa ve aşınmaya karşı çok dayanıklı olan ve yüksek kesme hızlarında kullanılabilen seramiklerin darbe ve eğilme mukavemetleri düşüktür.

Seramik takımlar gevrek oldukları için kolaylıkla talaşlama eğilimine sahiptir. Darbeli kesme için sadece ideal şartlar altında tatmin edicidir. Seramiklerin ilk maliyeti karbürü takımlardan daha yüksektir. Diğer kesici takımlardan daha rijit ve güçlü tezgahlara gereksinim vardır. Bununla birlikte bunlarda daha yüksek kesme hızları gereklidir. Bu ve benzer nedenler seramiklerin kesici takım malzemesi olarak kullanılmasına sınırlama getirmektedir (Basmacı, 2002).

Seramik, kullanımı ve üretimi esnasında 540 °C yukarısında sıcaklığa maruz bırakılan, inorganik metal dışı, metal oksitler, borürler, karbürler veya nitrürler ile bu bileşiklerin karışımlarını içeren ürün sınıfıdır. Seramik plakelerin baz malzemesi (Al_2O_3) alüminyum oksittir. Gevrekliği azaltmak için, ek alaşım elemanları olarak türlerine göre; SiO_2 , Mo, Mo_2 , C, WC ve TiC' de eklenir. Bu malzemelerin tozları yüksek basınçlarda preslenir ve 1500 °C' de sinterlenerek elde edilir.

6.1.8. Siyalonlar

Siyalonlar, silisyum-alüminyum-oksijen-azot (Si-Al-O-N) bileşiminden oluşan silisyum nitrür esaslı kesici takım malzemeleridir. Bunların üretiminde yaklaşık %88 alüminyum nitrür (AlN) ve %13 alumina (Al_2O_3) ile birlikte %10 yitrium oksid (Y_2O_3) tozları karıştırılarak ve öğütülerek kurutulmaktadır. İstenilen şekil ve boyutta izostatik yaklaşık 1800 °C da 1 saat süreyle sinterlenerek preslenir.

Siyalonlar, değişik yükler altında kesici takımda oluşan kopmalarda kompozit seramiklere oranla daha mukavemettir. Bu türde ki kesiciler ısıl şoklara daha fazla dayanabildiklerinden sulu ortamlarda kullanılabilir. Siyalon kesicilerin yüksek sıcaklıklardaki sertlik değerleri diğer ticari takımlardan daha yüksektir. Siyalon tek bir malzeme olmayıp, değişik yapı ve özellikler gösteren bir malzeme grubunun genel adıdır. Nikel esaslı alaşımların kaba talaş kaldırmasında siyalonlar, karbürler veya alüminyum oksit içeren seramiklere göre çok daha iyi performans gösterirler (Şahin, 2003).

6.1.9.Elmaslar

En sert malzeme olan elmaslar, sıcaklığa ve aşınmaya karşı çok dayanıklı fakat çok kırılğan ve pahalı bir malzemedir. Kırılğan oldukları için ince veya çok ince talaş kaldırma işlemlerinde kullanılır. Elmas ile işlenerek elde edilen yüzeylerin pürüzlülüğü 0,1 µm civarındadır. Normal işlemlerde 100 ila 500 m/dak arasında olan kesme hızı değerlerine, özel hallerde 3000 m/dak gibi kesme hızı değerlerine çıkabilir. İşleme sıcaklığı 1500 °C kadardır.

Elmas kübik kristal yapıda atomların bağlanması ile oluşur. Bu kristal yapının yüksek bağlanma enerjisi sayesinde, tüm maddelerin en sert olanıdır. Elmaslar günümüzde artan bir şekilde geometrisi belli olan takımların üretiminde kullanılmaktadır.

Elmaslar, doğal ve yapay olarak mono ve polikristal şeklinde görülür.

Doğal elmaslar; geometrik formu belli olan kesici takımlar için doğal elmas monokristal formda önem kazanır. Monokristal yapıda doğal elmasların en önemli özelliği anizotropik(yöne bağımlı olmama durumu) olarak sertlik, mukavemet, elastik modülünde görülür.

Yapay elmaslar; yapay elmasın üretim prosesinde oluşumu için, gerekli basınç ve ısı ortamında bir katalizör çözelti kullanılır. Hedeflenen basınç ve ısı seçimi ile, kristalin gelişimi mikro seviyesinden milimetre ölçüsüne erişir ve hassas bir yapı ve porizite özellikleri kazanır.

Elmas uçlu takımlar, çok yakın toleranslı ve yüksek hassasiyet gereken metal olmayan ve demirsiz malzemeleri işlemek için kullanılır. Bunlar, gevrek olduğundan şoka ve kesme basıncına karşı karbürlü kesiciler kadar dirençli değildir, bu nedenler bu malzemeler son bitirme yüzeylerinin işlenmesinde kullanılan takımlardır.

Diğer kesici takımlarda olduğu gibi elmas takımlarında belli bir geometriye sahip olması gerekir. Ancak bu takımlar özellikle çok az talaş derinliklerinde be çok yüksek kesme hızlarında, demir dışı malzemelerin işlenmesinde tercih edilir. Fakat üretiminin pahalı olmasından dolayı bu takımlar başlangıçta pahalıdır. Ancak toleransın ve tamlığın önemli ve gerekli olduğu durumlarda bu takımların kullanılması büyük avantaj sağlayacaktır (Şahin, 2003).

Alüminyum ve alaşımları, bakır ve alaşımları, bronz, pirinç, platin, altın, gümüş, sert ve yumuşak lastik, teflon, bakalit, sert kağıt gibi malzemeler elmaslar ile işlenen başlıca malzemelerdir.

6.2. Kesici Takım Kaplamaları

Günümüzde kaplanmış uçlarla ilgili çalışmalar devam etmekte ve bu alanda önemli gelişmeler kaydedilmektedir. Bu durumla birlikte yeni nesil kaplanmış uçlar geliştirilmektedir. Tornalama işlemlerinin %75' den fazlası ve frezeleme işlemlerinin %40'dan fazlası kaplanmış uçlarla gerçekleştirilmektedir. Değiştirilebilir uçların büyük kısmı bu tip uçlardır ve kesici takım kaplama çalışmalarındaki gelişmeler devam ettikçe kaplamalı uçlar geniş uygulama alanları bulmaktadır.

6.2.1. Temel Kaplama Maddeleri

Titanyum Karbür (TiC) : Isıya karşı az duyarlı bir kaplama maddesidir, bu avantajı frezeleme işleminde tercih edilmesini sağlar. Kimyasal olarak stabildir ve metale oranla difüzyon özelliği daha azdır. Talaşlı imalat işlemlerinde krater aşınmasına karşı daha dayanıklı olmasını sağlar. Oldukça sert bir kaplamadır ve ilk kullanılan kaplama malzemesidir.

Titanyum Nitrür (TiN) : Altın sarısı bir renge sahiptir. Kesici takımlara daha düşük sıcaklıklarda uygulanabilir. Kaplama kalınlığı 5-7 µm arasındadır. İyi korozyon ve aşınma dayanımı ile geniş bir uygulama alanına sahiptir. Talaş ile sert metal uç arasında sürtünmeyi önleyici bir ara tabaka gibi rol oynar. Demir esaslı malzemelerde sertleştirilmiş çeliklerde ve paslanmaz çeliklerde kullanılır.

Titanyum Karbonitrür (TiCN) : Çelik, çelik döküm pik ve temper döküm, sert malzemelerde yüksek kesme hızları gibi kullanım alanları vardır. Ana matris üzerine ilk önce TiC kaplanır, bunun üzerine homojen olarak TiC TiN' e dönüştürülür. Kırmızımtırak-siyah renktedir. Yapışma özellikleri oldukça iyidir ve aşınma dirençleri yüksektir. Bu avantajı nedeniyle çok katlı kaplamalarda ara kaplama tabakası olarak kullanılır.

Alüminyum Oksit (Al_2O_3) : Şeffaf renktedir. Yüksek aşınma direncine sahip fakat kırılğan bir yapısı vardır. Tok bir yapı üzerine uygulanır ve kesici uç yapısını güçlendirir. Bu nedenle ısı zorlanmalardan gelen aşınmaları geciktirir. Al_2O_3

kaplamada ana malzemeye bağlamada problem olduğundan, TiC ile önceden kaplama yapmak gerekmektedir. Bununla kaplamalı sert metallerin kullanım alanları; döküm, çelik malzemelerdir.

Elmas Kaplama: Bu kaplama ile ileri seviyede sertlik, oldukça yüksek aşınma dayanımı ve yüksek ısı iletkenlik sağlanmaktadır. Elmas kaplamalar aşırı derecede sert kaplamalardır. Elmas kaplamalar yaklaşık 1 – 10 µm ya da 50 – 200 µm kalınlığında ve genellikle 500 – 1000 °C arasında sıcaklıkta yapılmaktadır.

Krom Karbür (Crc) : Yapışkan malzemelerin işlenmesinde, takımların kesici kenarında korozyon dayanımını ve oksidasyon dayanımını muhafaza etmek gibi avantajlara sahiptirler. Bakır, zirkonyum, nikel ve titanyum alaşımlarını işlemede yaygın olarak kullanılmaktadırlar.

6.2.2. Kaplama Yöntemleri

6.2.2.1. Kimyasal Buhar Çökertme (CVD)

CVD yöntemi her hangi bir çekirdek uç üzerine kaplama yapılmasına olanak tanıyan oldukça geniş kullanım alanlarına sahip otomatik olarak yapılabilen bir kaplama yöntemidir. Bu yöntemle yapılan kaplama uniform ve homojendir, kaplama ile alt katman arasında oluşan yapışma çok iyidir. Daha tok bir çekirdek üzerine yapılacak bir Al₂O₃ kaplama ile oldukça yüksek performans ve güvenilirliğe sahip uçlar elde etmek mümkündür. Al₂O₃ ve TiN kaplamada benzer yollarla alüminyum klorid ya da azot gibi farklı gazlar kullanılarak yapılır. Kimyasal buhar çökertme yöntemi çok katlı kaplamalarda uygun gazların birbirlerine göre düzenlenmesi ile kolay bir biçimde gerçekleşir (Konyashin, 1995).

CVD kaplama günümüzde neredeyse tüm kesici uç malzemeleri için yaygın olarak kullanabilinen bir yöntem olma özelliği taşımaktadır. Bu yöntemle, genellikle TiN ve TiCN kaplama malzemeleri kullanılarak çok katlı kaplama yapılır. Orta sıcaklıklarda yapılan kaplamalar ise tokluğu daha çok iyileştirmekte ve bu nedenle kesintili talaş kaldırma işlemlerinde kullanılan kesici takımlar için uygun olmaktadır.

İlk kaplama tekniği olan CVD kaplama yönteminde, yüksek sıcaklık 1000 °C, orta sıcaklık 700 °C – 900 °C ve düşük sıcaklık 500 °C olmak üzere üç farklı sıcaklık uygulanır. Yüksek sıcaklıklarda takımlara oldukça kalın (10-13 µm) kaplamalar yapılmaktadır.

CVD kaplama yöntemi buhar aşamalarında ortaya çıkan katı malzemenin çeşitli kimyasal reaksiyonlar ile malzeme üzerine biriktirilmesidir. Kaplama tabakası işleme sırasında yağlayıcı madde görevindedir. Bu yöntemde çok üstün aşınma direncinin sağlanmasıyla birlikte kenarın tokluğunun korunması da sağlanmaktadır.

6.2.2.2. Fiziksel Buhar Çökertme (PVD)

Fiziksel buhar çökertme yöntemi çoğunlukla yüksek hız çeliklerinin kaplanmasında kullanılmaktadır, bununla beraber sert metal uçların kaplanması işlemlerinde de kullanılırlar. PVD yöntemi özellikle çevresel kaplama ve çok keskin takımların kaplanması için iyi bir metottur. Bu metotla kaplama işlemi, kaplama yapılacak malzemede kaynağından kaplama malzemesinin uzaklaştırılarak üzerinde buharlaştırılması ya da çökertilmesi esasına dayanmaktadır. Yaklaşık 500 °C’ de yapılır. Parmak frezeler, matkaplar, kılavuzlar fiziksel buhar biriktirme yöntemi ile kaplanır.

PVD kaplama prosesinden sonra takımların tokluğu artmakta ve bu durum ağır kesintili kesmeler için avantajlı olmaktadır. Bunun nedeni kaplama sırasında kaplama işlemi uygulanırken kaplama altındaki tabakaların kaplama işleminden çok az etkilenmeleridir. PVD kaplamalar oldukça düşük kaplama kalınlıklarına(3-5 µm) sahiptir.

PVD kaplamalar, CVD kaplamalara nazaran özellikle sürekli kesme işlemlerinde daha çabuk aşınmaktadır. Bunun sonucu olarak CVD sürekli talaş kaldırma işlemlerinde, PVD kesintili talaş kaldırma işlemlerinde daha elverişli olmaktadır. Talaş kalınlığı arttıkça PVD kaplamaların kesme kabiliyeti azalmakta, CVD kaplamalarının ise artmaktadır.

PVD kaplama yöntemi ile yapılan kaplama CVD kaplama yöntemi ile yapılan kaplama ile kıyaslandığında daha incedir. CVD ile yapılan daha kalın bir kaplama, kaplama yapılan kesici takımın aşınma direncini artıracaktır (Konyashin, 1995)

7. PASLANMAZ ÇELİKLER

Endüstriyel faaliyetler için paslanmaz çelikler önemli kullanım alanlarına sahiptir ve bu kullanım alanları gün geçtikçe artmaktadır. Bu durumun temel sebebi ise paslanmaz çeliklerin atmosferik koşullar dahil tüm korozif ortamlarda mekanik özelliklerini kaybetmeksizin yüksek korozyon direnci gösterebilmeleridir. Çelikte korozyon ve oksidasyona karşı mukavemeti artıran ve katılması kesin olarak gereken alaşım elementi kromdur. Paslanmaz çelik alaşım elementlerinden olan krom, çelik yapısının ince taneli olmasına yol açar ve kritik soğuma hızını yavaşlatarak şiddetli sertleştirici etkisinde bulunur. Paslanmaz çelikler %12 üzerinde krom oranı ihtiva etmelidir. Paslanmaz çeliklerin, paslanmaz özelliği bu oran sonucunda ortaya çıkmaktadır, içerdikleri krom oranı yüksek sıcaklıklarda oksidasyon dirençlerini belirleyen önemli etkenlerin başında gelmektedir. (Kaluç ve Taban, 2007).

Korozyon etkilerinin fazla olduğu ortamlarda, alaşımsız ve az alaşımlı çelikler korozif etkiler karşısında yeterli dayanımı sağlayamamaktadır, bu nedenle bu uygulama alanlarında öncelikli tercih paslanmaz çelikler olmalıdır. Paslanmaz çeliklerin korozif etkilere karşı dayanımları oldukça yüksektir, bu özelliklerinin yanı sıra, düşük ya da yüksek sıcaklıklarda kullanılabilirlik, kolay şekil verilebilir olmaları, estetik görünüme sahip olmaları ve çeşitli mekanik özellikler taşıyan türlerinin olması gibi avantajları vardır. Tüketimi hızla artan paslanmaz çelikler, toplumlarda refah seviyesinin bir göstergesi olarak görülmektedir. Tahminen dünyada yaklaşık 20 milyon/ton paslanmaz çelik tüketildiği bilinmektedir. Bunların büyük çoğunluğu yassı ürün biçiminde olup daha az miktarlarda ise; çubuk, tel, boru, dövme parça ve döküm parça olarak üretilerek kullanılmaktadır. Paslanmaz çelikler diğer çeliklere oranla fiyat bakımından daha pahalıdır, fakat oluşturulan yapıların bakımlarının ucuz ve kolay olması, uzun ömürlü olmaları, tümüyle geri kazanılabilmeleri ve çevre dostu bir malzeme olmaları çok büyük üstünlük sağlamaktadır. Bu nedenle, parçanın tüm ömrü dikkate alınarak yapılacak fiyat analizlerinde, tasarımlarda paslanmaz çeliklerin kullanımının daha ekonomik olduğu görülür.(Aran ve Temel, 2004).

Paslanmaz çelikler içeriklerinde alaşım elementi olarak %12'den fazla oranda krom bulundurmaktadır, bu ise paslanmaz çeliklerin atmosferin olumsuz korozif etkilerinden korunmasının yanı sıra, HNO₃ gibi oksitleyici etkisi olan asitlere karşıda korumaktadır. Ancak sadece krom ihtiva eden paslanmaz çelikler HCl ve H₂SO₄ gibi asitlere karşı direnç gösterememektedir. Paslanmaz çeliklerin bu asitlere karşı dirençli

olamamalarının nedeni bu asitlerin malzeme yüzeyine koruyucu etkide bulunan krom oksit tabakasını ortadan kaldırarak, çeliği korumasız bırakmasıdır. Bugün ki endüstride, nikel ve molibden gibi alaşım elementleri içeren ve redükleyici etkiye sahip asitlere karşı da oldukça iyi direnç gösterebilen paslanmaz çeliklerin üretimi gerçekleştirilebilmektedir. Kromun yanı sıra yüksek oranlarda nikel ve molibden gibi alaşım elementleri de içeren paslanmaz çeliklerin mikroyapıları etkin bir şekilde değişebilir, bu durum paslanmaz çeliklerin kategorizasyonu için de fayda sağlamaktadır.

Günümüz endüstrisinde uygulama sahası bulunan 200'den çok paslanmaz çelik çeşidi olduğu bilinmektedir. Bu çelik türlerinin yanı sıra farklı özelliklere sahip bir çok yeni alaşım elementi üretilmektedir ve mevcut alaşımlarda modifiye edilerek bir takım yeni özellikler eklenmektedir. Bazı paslanmaz çelik türlerinde krom oranı %30'a ulaşmaktadır ve bazı türlere de yeni alaşım elementler eklenerek farklı özellikler elde edilmesi ve talaşlı imalat işlemlerinden işlenebilirliklerin kolaylaştırılması amaçlanmaktadır. Bu alaşım elementlerine örnek verilecek olursa, molibden ve nikel gibi alaşım elementleri korozif direnci artırmakta, karbon, molibden, titanyum, alüminyum ve bakır gibi alaşım elementleri mukavemet dayanımını artırıcı yönde etki etmektedir, selenyum ve kükürt gibi alaşım elementleri ise paslanmaz çeliklerin işlenebilir kabiliyetlerini artırmaktadır. Teknolojideki gelişmeler neticesinde geliştirilen ergitme ve saflaştırma teknikleri ile %0,01'den daha az karbon oranı içeren ve metal dışı katkılardan arındırılmış paslanmaz çelik üretimi mümkün hale gelmiştir.

Demir alaşımlarının büyük çoğunluğu atmosfer ortamında oksitlenir, çeliklerde bu tür demir alaşımlarıyla benzerlik gösterir ve atmosferde oksitlenmeleri sonucu, malzeme yüzeyinde 'pas' diye tabir edilen bir oksit tabakası meydana gelir. Alüminyum ve çinko gibi malzemelerin sahip olduğu yüzeylerde bulunan koruyucu oksit, pas ve oksitlenmenin malzemenin iç kısımlarına ilerlemesine engel olur, fakat bu durum çelikler için geçerli değildir. Paslanmaz çeliklerin korozif direnci, ihtiva ettikleri krom oranıyla orantılı olarak artar. Çeliklerin paslanmazlığı hususunda çeşitli araştırma ve çalışmalar yapılmış, bunların sonucu olarak ise çok farklı görüşler ortaya atılmıştır. Bu görüşlerden en çok kabul gören, paslanmaz çelik yüzeyinde sıkı ve ince bir yapıya sahip krom-oksit tabakasının oluştuğu ve oluşan bu tabakanın, çeliğin yapısını oksidasyon ve korozyon gibi olumsuz etkenlerin ilerlemesine karşı engel olduğu görüşüdür. Elektrokimyasal gerilim serisi incelendiğinde kromun, demire nazaran daha az asal bir metal olduğu görülür. Krom ve oksijen arasındaki ilişki çeliğin içeriğinde bulunan kromun koruyucu etkisinin de temel nedenidir. Çeliklerin yüzeyleri bir krom-oksit tabakası ile

korunmuyor ise çelikler krom dahi içerse, korozyon ve oksidasyona karşı hassas yapıdadır, bu hal 'aktif' olarak adlandırılır. Ancak bu koruyucu tabaka oluşturulduğunda metal korozyon ve oksidasyona karşı dirençli hale gelir, dolayısıyla da çelik 'pasifleşmiş' olur. Paslanmaz çeliğin tür bileşimi ve ortamın aktivitesi pasivite sınırlarını belirleyici etkenlerdir. Şartların uygunluğu durumunda pasivite kalıcıdır ve paslanmaz çelikte çok yavaş bir korozyon hızı görülür. Pasivite sonucu oluşan koruyucu tabaka kaybolduğunda ve yeniden oluşturulması sağlanamadığında paslanmaz çeliklerde aynı normal karbonlu ve az alaşımlı çelikler gibi korozyonun etkisinde kalabilir.(Kaluç ve Taban, 2007).

Paslanmaz çelikler; sahip oldukları özellikler ve bileşimleri açısından beş ana gruba ayrılırlar.

- Martenzitik paslanmaz çelikler
- Ferritik paslanmaz çelikler
- Östenitik paslanmaz çelikler
- Çift fazlı (dubleks) paslanmaz çelikler
- Çökeltme sertleşmesi uygulanabilir paslanmaz çelikler

7.1. Paslanmaz Çelik Grupları:

7.1.1. Martenzitik Paslanmaz Çelikler

%12-%20 Cr içeren paslanmaz çelik türüdür. AISI 403, AISI 410, AISI 414, AISI 416 gibi çelik türleri martenzitik paslanmaz çelikler grubuna girmektedir. Martenzitik paslanmaz çeliklerde su verme gibi işlemler sonrasında martenzit oluşur ve sertleşme gerçekleşir. Martenzitik paslanmaz çelikler ısıl işleme sertleştirilebilme özelliğine sahip çelik türlerindedir. Bu grupta yer alan çelikler üstün korozyon direncine sahiptir ve sahip oldukları çeşitli mekanik özellikler sayesinde de sıklıkla tercih edilmektedir. Martenzitik paslanmaz çelikler diğer paslanmaz çelik türleriyle kıyaslandığında mukavemet değerleri diğer türlere göre çok daha iyidir, fakat korozyon dayanımları ve paslanmazlık özellikleri daha düşüktür. Sertleştirilebilirlik özellikleri ve yüksek mukavemetleri nedeniyle çeşitli alanlarda kullanım alanı bulurlar. Korozyon dayanımları alaşımsız ya da düşük alaşımlı paslanmaz çeliklere nazaran daha iyi ancak

östenitik paslanmaz çeliklere göre düşüktür. 650 °C' a kadar oksitlenme dirençleri iyidir.

Martenzitik paslanmaz çelikler, yüksek sıcaklık değerlerinde yüzey merkezli kübik kafese sahip östenit yapıdadır. Bu östenit yapı hızlı soğutma sonucunda hacim merkezli tetragonal kafese sahip martenzit yapıya dönüşmektedir. Martenzitik paslanmaz çeliklerde bu dönüşüm sonucunda elde edilir. Bu çelikler iç yapılarında tavllanmış halde yumuşak ferritik faz da ihtiva etmektedir. Martenzit yapı oluşumu için krom ve karbon oranları dengelenmelidir. Martenzitik paslanmaz çeliklerin bileşimine niyobyum, silikon, vanadyum ve volfram gibi alaşım elementleri temperleme özelliklerini ayarlamak için eklenebilir. Çeşitli ortamlarda korozyon dirençlerini ve tokluklarını güçlendirmek amacıyla az miktarlarda nikel ilavesi yapılabilir. Bileşimlerinde nikel barındıran martenzitik paslanmaz çeliklerde nikel, karbonun görevini üstlenmektedir. Nikelin üstlendiği bu rol sonucunda karbür çökeltileri, aşırı sertlik gibi karbonun neden olduğu olumsuz etkiler saf dışı bırakılabilir. Nikelin sağladığı avantajlardan bir diğeri ise kromun yüksek oranlarda bulunduğu durumlardaki etkisini dengelemek ve iç yapıyı serbest ferritlerden korumaktır. Bunların yanı sıra sertleşme yeteneği ve su verme derinliği artacağından, büyük parçalara da ıslah yapılabilir (Güventürk, 1990).

Martenzitik paslanmaz çelikler ürün çeşidine göre tavllanmış ya da ıslah edilmiş olarak piyasaya sürülmektedir. Tavlanmış şekilde tercih edilen paslanmaz çeliklere şekil verme işleminden sonra ısıl işlemlerde uygulanmalıdır. Farklı özellikler elde edilmesi temperleme sıcaklığının değiştirilmesi ile mümkündür. Önerilen ısıl işlem sıcaklık değerlerine tam olarak uyulması maksimum korozyon direnci sağlamak için oldukça önemlidir.

7.1.2. Ferritik Paslanmaz Çelikler

%14-%30 Cr oranı ihtiva eden ferritik paslanmaz çelikler, kübik hacim merkezli kafes yapıya sahip olmaları ve faz dönüşümü göstermemeleri nedeniyle sertleştirme işlemi uygulanamayan paslanmaz çelik türüdür. Ferritik paslanmaz çeliklerin, AISI 405, AISI 430, AISI 446 gibi türleri vardır. Bileşimlerinde buldukları yüksek oranda krom miktarı sayesinde oksidasyon dirençleri yüksektir. İçerdikleri krom, azot ve karbon miktarı, korozyon dayanımlarını ve sahip oldukları mekanik özellikleri etkileyen en önemli alaşım elementleridir. Bu alaşım elementlerinden karbon ve azot belirli

seviyelerin üstünde ise paslanmaz çeliğin tokluğu, soğuk şekil verilebilme ve kaynak yapılabilme özellikleri olumsuz etkilenmekte, krom oranının yüksek olması ise korozyon dayanımı artırmaktadır. Mutfak gereçleri, dekoratif uygulamalar, otomobil şasi parçaları, türbin kanatları, kazan boruları, depolama ve taşıma tankları gibi kullanım alanları mevcuttur.

Ferritik paslanmaz çelikler manyetik özelliğe sahiptir, mekanik özellikleri ısı işlemlerle değiştirilemediği için iyi bir dayanıma sahip olmaları istendiğinde ince taneli bir yapı gerekmektedir. Ferritik paslanmaz çelikler, sıcaklık değerleri düşük olduğunda, hacim merkezli kübik bir kafes yapıları olduğundan gevrek davranış göstermektedir. Bunun yanı sıra yüksek sıcaklık değerlerinde tutma süresine de bağlı olarak aşağıdaki gevrekleşme olayları görülebilir:

- 475 °C gevrekleşmesi, %15'den daha çok miktarda krom ihtiva eden paslanmaz çeliklerin 400-455 °C aralığında fazla kalması ya da yüksek sıcaklık değerlerinden yavaşça soğutulması sonucu gerçekleşebilir. Bunun giderilmesi için gevrekleşen çeliğin 650-750 °C aralığındaki bir sıcaklık değerine kadar ısıtılması, sonra hızlıca soğutulması gerekir.
- Yüksek krom içeren ferritik ve bazı östenitik çelik türleri 600-800 °C aralığında fazla kalırsa, bu çeliklerde sigma fazı oluşabilmektedir. Bu durumun önlenmesi için sigma fazı 950 °C değeri üstünde gerçekleştirilecek bir tavlama ve bu tavlamaı takip eden su verme işlemi gerekir.

7.1.3. Östenitik Paslanmaz Çelikler

Bileşiminde %12-%15 krom ve %8-%25 nikel içeren paslanmaz çelikler, östenitik paslanmaz çelikler olarak tanımlanır. Bu paslanmaz çelik türü, paslanmaz çelikler arasında en çok kullanım alanı olan çelik türüdür. Yüksek korozyon dirençleri ve şekillendirilebilirliklerinden dolayı pek çok mühendislik uygulamaları için tercih edilmektedir. Mekanik özellikleri, korozyon dirençleri, kolay şekil verilebilir olmaları östenitik paslanmaz çeliklerin uygun bir kombinasyon sunmasını sağlar. Düşük sıcaklık değerlerinde dahi süneklik, tokluk ve biçimlendirilebilirlikleri oldukça iyidir.

Östenitik paslanmaz çelikler kullanım ve sahip olduğu alaşım kalitelerinin çok olması nedeniyle en zengin paslanmaz çelik grubu olarak nitelendirilir. Östenitik paslanmaz çelikler manyetik değildir, bu çeliklere normalleştirme ve sertleştirme işlemi,

oda sıcaklıklarında ve yüksek sıcaklıklarda yüzey merkezli kübik kafes taşıyan östenitik iç yapılarını korudukları için yapılamamaktadır. Tavlanmış halde süneklik, tokluk ve şekil verilebilme kabiliyetleri düşük sıcaklık değerlerinde oldukça iyidir. Mukavemetleri sadece soğuk şekillendirme işlemiyle artırılabilir. Östenitik paslanmaz çeliklerin bileşiminde %16-%26 Cr, %35'e kadar Ni ve %20'ye kadar Mn alaşım elementleri bulunmaktadır. Temel östenit oluşumunu Ni ve Mn üstlenmektedir. Östenitik paslanmaz çelik kalitelerinden AISI 301 ve AISI 304 en az alaşım içeren çelik türleridir. AISI 304 kalite paslanmaz çelik, işlenebilirliğinin mükemmel olması, süneklik ve korozyon dirençlerinin iyi olması gibi özellikleriyle kendisine en çok kullanım alanı bulan paslanmaz çelik türüdür.

Östenitik paslanmaz çelik grubunda yer alan AISI 316 ve AISI 317 gibi paslanmaz çelik türleri, östenit yapıcı etkisi olan alaşım elementlerinin katılmasıyla, korozyon dayanımı için ihtiyaç duyulan ferrit yapıcı etki elde edilerek üretilir. Bu çelik türleri klorür içeren ortamlarda noktasal korozif direnç sağlamaktadır. AISI 309 ve AISI 310 gibi paslanmaz çelik kaliteleri yüksek krom içermektedir, sıcaklık değerlerinin yüksek olduğu ve oksitleyici etkilerin görüldüğü ortamlarda kullanılmaktadır. Nikel alaşımı yüksek olan türler ise indirgeyici asidik ortamlarda tercih edilmektedir. Fakat bu doğrultuda, karbon elementi miktarı, karbür oluşumuna etki ettiği ve korozyon direncini azalttığı için, kuvvetli bir östenit yapıcı olduğu bilinse dahi artırılmaz. Karbon elementi yerine gerek oksitleyici gerekse indirgeyici özellik taşıyan asitlere karşı dayanıklı olan nikel tercih edilir. Karbon stabilizasyonu ve bunun sonucu olarak oluşacak, yüksek sıcaklık değerlerinde taneler arası korozyonu engellemek için AISI 321 ve AISI 347 gibi türlere titanyum ve niyobyum gibi alaşım elementleri ilave edilir. 304S, 316L gibi 'S ve L' uzantısı taşıyan paslanmaz çelik kalitelerinde taneler arası korozyonu engellemek için karbon miktarı düşük tutulmuştur (Kaluç ve Taban, 2007).

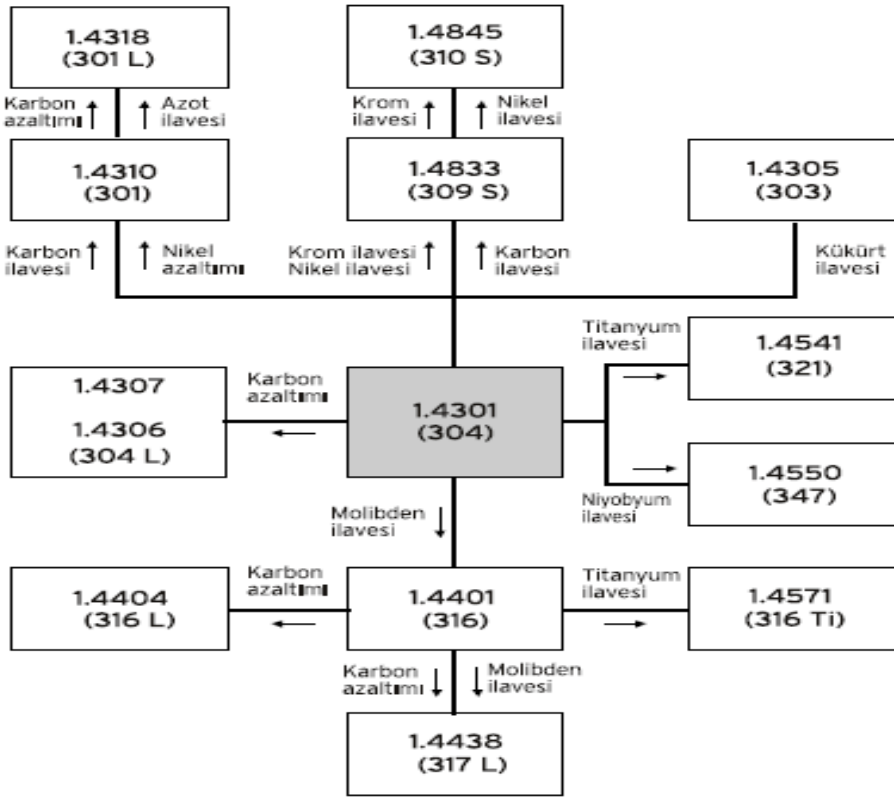
Östenitik paslanmaz çeliklerin mukavemetini artırmak için, genellikle soğuk şekillendirme yöntemi uygulanır. Bu tür çeliklerde pekleşme, ferritik paslanmaz çeliklere oranla daha çoktur. Bu arada şekil değiştirme martenziti oluşabilmekte ve çelik manyetik özellik kazanabilmektedir. Alaşımlama yöntemi mukavemet artımı için uygulanabilecek bir diğer yoldur. Bu noktada C ve N en etkin alaşım elementleri olma özelliğine sahiptir. Östenitik paslanmaz çelikler kükürtsüz korozyon ortamlarında, ferritik paslanmaz çeliklere oranla daha iyi sonuçlar vermektedir. Östenitik paslanmaz çeliklerin bileşimine molibden ilavesiyle organik ve çeşitli mineral asitlere karşı dayanımları artırılmış olur. Östenitik paslanmaz çelikler, yüksek sıcaklığa, ısı ve asidik

ortamlara karşı dayanıklıdır. Fakat sıcak yırtılma eğilimi gösterebilirler.

Östenitik paslanmaz çelikler süneklik ve tokluk özelliklerine sahiptir, bu özelliklerinin yanı sıra ısının etkisi sonucu sertleşmediklerinden, kaynaklı bağlantılar için tercih edilebilirler, fakat ısıma ve soğumanın gerçekleştiği bölgelerde karbür çökmesi olayının gerçekleşmemesi için stabilize edilen türlerin seçilmesinde fayda vardır. Bu çelikler, düşük ısı iletimi ve yüksek genleşme özellikleri taşıdığından kaynak işlemi sırasında çarpılma oluşumunu engellemek adına ısı girişi alçak seviyelerde seçilmelidir. Çeliğin bileşiminde kromun karbür bünyesine geçmesiyle, krom oranını, korozyon dayanım sınırı olan %12'nin altına düşer. Bu durumun sonucu olarak 400 °C - 850 °C sıcaklık değerlerinde, yüksek enerji taşıyan tane sınırları boyunca ayrışan ve yan yana dizilen yüksek krom içeren karbürler, malzemenin korzif yerlerde bulunduğu takdirde taneler arası korozyon oluşumuna ve tanelerin ayrılmasına neden olur. Bu durumun önlenmesi için;

- Karbona ilgisi kromdan çok olan titanyum, tantal ve niyobyum gibi elementler(stabilizatör) çeliğin bileşimine eklendiğinde kararlı bir iç yapı oluşacaktır. Bunun sonucu olarak sıcaklığın yüksek olduğu değerlerde bile karbon, krom-karbür oluşacak şekilde bağlanamaz.
- Karbon miktarı çok düşük çelikler tercih edilebilir. 650 °C sıcaklık değerinde, östenitik paslanmaz çelikler için karbon miktarı yaklaşık olarak % 0,005 oranındadır. Bu oranın altında karbon miktarı kullanılırsa karbür oluşumu gerçekleşmez.
- Çözme tavı tercih edilebilir. 1050 °C - 1150 °C değerleri arasında tavlama yapılarak çöken karbürlerin çözülmesi sağlanır. Hızlı soğutma işlemiyle de tekrar çökme olması engellenir.

Östenitik paslanmaz çeliklere eklenen ilave alaşım elementleri ve oluşan östenitik paslanmaz çelik türlerinin yer aldığı görsel Şekil 7.1.' de verilmiştir.



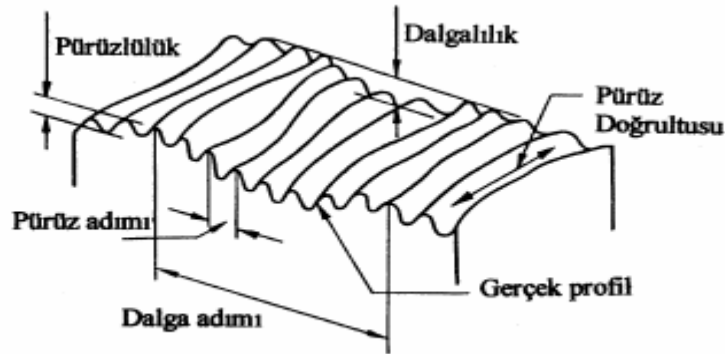
Şekil 7.1. Östenitik paslanmaz çelikler

8. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ

Talaşlı imalat işlemlerinde, kesici takım malzemesi cinsi ve iş parçası malzemesine bağlı olarak, işleme esnasında fiziksel, kimyasal ve termal faktörler sonucunda kesici takım ile iş parçası arasında gerçekleşen mekanik hareketler sonucu iş parçasının işlenmiş yüzeylerinde, istenmemesine rağmen doğal olarak çeşitli izler oluşmaktadır. Nominal yüzey çizgisinin altında ve üzerinde düzenli olmayan sapsmaların gerçekleşmesi durumuna yüzey pürüzlülüğü adı verilir (Kwon, 2000).

Çoğu kesme işlemleri normal işlem kontrolü ve minimum kalite kontrol ile genel yüzey yapısal özelliklerini karşılayabilir. Yüzey pürüzlülüğü gereksinimi yaklaşık olarak Ra değerinin $1.6 \mu\text{m}$ ' yi geçtiği durumlarda bir çok işletme pürüzlülük profilini ölçmeyerek görsel kontrolü kullanır. Görsel kontrol genellikle bir grup pürüzlü iş parçası kullanılarak gerçekleştirilir. Yüzey pürüzlülüğün çok önemli olduğu durumlarda yüzey pürüzlülüğü kalite kontrolü gerekir. Bunun için ise uluslararası yüzey pürüzlülük standartları belirlenmiştir.

Yüzey kalitesi, kabalık, dalgalık, izler ve hatalar olmak üzere dört temel bileşenden oluşmaktadır. Pürüzlülük(kabalık), imalat işlemlerinden kaynaklanan genellikle daha ince düzensizliklerden oluşmaktadır. Dalgalık, iş parçası defleksiyonu, otlama, titreşim, ısıl davranış, kesici takım aşınması gibi nedenler sonucunda oluşabilir. Hatalar, çatlaklar, delikler, artıklar, menteşeler ve çizgiler şeklinde olup bütün bunları kapsamaktadır. Aksi belirtilmediği durumlarda hataların etkisi yüzey pürüzlülük ölçüsüne dahil edilmemektedir. İşlenmiş yüzeyde yüzey karakterine ait görsel Şekil 8.1.' de verilmiştir.



Şekil 8.1. İşlenmiş yüzeyde yüzey karakteri

Korozyon direnci, temizlik, yorulma dayanımı, görsellik, kaplanabilirlik gibi kriterleri iyileştirmek için; sürtünmeli yataklar, boyanmış veya kaplanmış yüzeyler, yuvarlanmalı yataklar, korozyon ortamında çalışan parçalar, sürtünen baskılı montajlar, mastarlar, plastik enjeksiyon kalıp yüzeyleri, sızdırmazlık yüzeyleri gibi parçalarda yüzey pürüzlülüğü büyük önem taşımaktadır.

Uluslararası benimsenmiş bir sembol olan R_a , pürüzlülük değerini göstermektedir. R_t , değerlendirme uzunluğu içinde maksimum tepe- çukur yüksekliğini gösterir. R_z , on nokta yüksekliği olup örnekleme uzunluğu içerisinde beş derin çukur ve beş en yüksek tepe noktası arasında ki ortalama mesafeyi gösterir. R_p , ise örnekleme uzunluğu içinde ortalama doğrudan maksimum profil yüksekliğidir (Scarr, 1991).

Çeşitli talaşlı imalat işlemleri sonucu oluşan yüzey pürüzlülük değerlerini belirlemek için çeşitli metotlar mevcuttur. Talaşlı imalat yöntemleriyle elde edilen yüzeylerin pürüzlülük değerlerinin belirlenmesinde izleyici uca sahip cihazlar kullanılır. Oldukça sivri bir izleyici ucun parça üzerinde değerlendirme uzunluğu boyunca hareket ettirilmesi ve hareket esnasında oluşan titreşimlerin büyütülerek hareketli bir şerit üzerine aktarılması veya elektronik cihazlar yardımıyla yorumlanması esasına dayanan cihazlara izleyici uçlu cihazlar adı verilir. Yüzey pürüzlülüğü ölçümünde kullanımı en kolay ve en ideal ölçüm sistemidir.

Yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazları yüzeyin profilini grafik olarak çizerler. Yüzeyin uzun dalga boylarından, yüzey pürüzlülüğü ölçme parametre değerini etkiler. Bu nedenle çok uzun dalga boylarının etkisi engellenmelidir.

Takım tezgahının yeterli rijitlikte olmaması, tezgahın kinematik mekanizması, takım tutucu ve katerin rijit olmaması ve imalat hataları, takım konumlama ve bağlama hataları, yataklama sisteminden kaynaklanan tezgah hataları, takım aşınmasında kaynaklanan hatalar, çevrenin etkisi ile oluşabilecek hatalar gibi etkenler yüzey kalitesine etki eden faktörler olarak sıralanabilir.

Genellikle pratik kesme işlemlerinde kullanılan takımların ucu yuvarlatılmıştır. İdeal şartlarda bu tür takımlarla işlenen yüzey için matematiksel ortalama pürüzlülük değerini veren teorik esası, uç kavis yarıçapı ve ilerleme miktarı ile yakından bağlantılıdır. Uç kavis yarıçapı r_z olarak alındığında,

$$R_a = \frac{0.00321 * f^2}{r_z} \quad (8.1)$$

eşitliği yazılabilir.

Talaş kaldırma proseslerinin tamamında öncelikli amaç istenilen geometri ve hassas bir bitirme yüzeyi elde etmektir. Talaşlı imalat işlemlerinde iki kalite faktörü, geometri ve yüzey pürüzlülüğü ön plana çıkmaktadır. Talaş akışı ve malzeme taşınımının kompleks olması sonucu matematiksel modelleme için çoklu değişkene gereksinim duyulmaktadır. Bu kompleks yapıya rağmen, yüzey pürüzlülüğün kısmen kontrolü; kesme hızı, ilerleme miktarı, talaş derinliği olmak üzere üç önemli talaş kaldırma değişkeninin değerlerinin uygun seçilmesiyle sağlanabilir (Galyer ve Shotbolt, 1993).

Talaş kaldırma işlemleri ile üretilen yüzey kalitesi, bütün diğer yüzey yapısı faktörleri ve yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesinden oluşur. Tarihsel olarak yüzey pürüzlülüğü ve kabul edilebilir yorulma dayanımına rehberlik etmesi yüzey kalitesi için en önemli kriterdir. Son yıllarda ki veriler bazı alaşımlar için yüzey pürüzlülüğün yüksek çevrimli yorulma dayanımı için kritik kriter olmadığını göstermektedir.

9. KESME KUVVETLERİ

Talaşlı imalat işlemlerinde talaş kaldırma işlemi sırasında, kesme kuvvetlerinin, ısı oluşumuna, takım aşınmasına, kesici takım ömrüne, yüzey pürüzlülük değerlerine, iş parçasının tolerans ve boyutlarına büyük ölçüde etkisi vardır. Çeşitli işleme tezgahlarının, kesici takımların ve bağlama aparatlarının tasarlanmasında da kesme kuvvetleri dikkate alınmaktadır.

Talaş kaldırma olayını gerçekleştirmek için takıma, talaş kaldırma kuvveti olarak nitelendirilen bir kuvvet uygulanır. Talaş kaldırma işlemi esnasında kesme yüzeyinde oluşan kuvvetler, kesme kuvveti, takımla talaş ve takımla parça arasındaki sürtünme kuvvetlerinden oluşur. Düzlem boyunca yayılmış bu kuvvet kesme düzleminin ortasında ya da takımın ucuna uygulanan tek bir kuvvet ile gösterilebilir.

Kesme kuvvetleri ile talaş kaldırmak için gerekli olan güç arasında belirli bir ilişki mevcuttur. Kesme kuvvetleri teorik olarak hesaplanabilir, bunun yanı sıra dinamometre yardımıyla da ölçülebilir. Talaş kaldırma işlemi esnasında oluşan yüksek basınç ve sürtünme, çeşitli yönlerden kesici takım ucu üzerine etkiyen kuvvetlerin ortaya çıkmasına neden olur. Kesici takım kesici kenarı üzerine kesme işlemi süresince uygulanan gerilme, esas olarak basma gerilmesidir, fakat genellikle bir miktar kayma gerilmesi de söz konusudur. Talaş yüzeyi üzerinde ki en büyük basma gerilmesi kesme kenarı üzerindedir (Çakır, 2000).

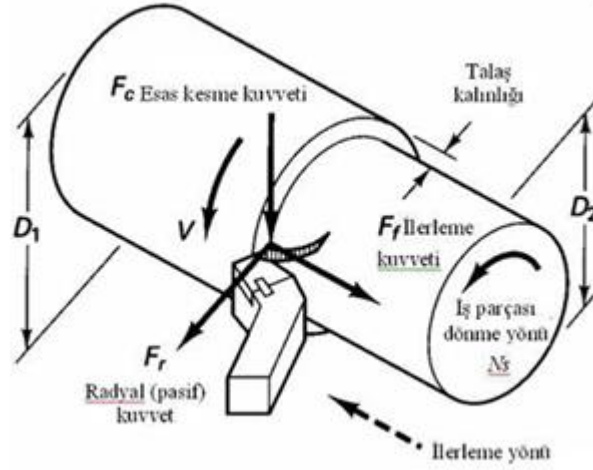
Tornalama işlemi esnasında oluşan kuvvetler;

Esas kesme kuvveti (F_s): Kesme hızı yönünde etki eden kuvvettir. Kesme işlemi esnasında görülen maksimum kuvvet olmakla beraber, kesme işleminde harcanan gücün %99' una karşılık gelmektedir.

İlerleme kuvveti (F_f): Kesici takım ilerleme yönünde etki eden kuvvet olarak tanımlanır. Kesme kuvvetinin yaklaşık % 50' sini oluşturur. Ancak ilerleme hızının kesme kuvvetiyle karşılaştırıldığında çok küçük olmasından dolayı kesme işlemi esnasında gerekli gücün çok az bir kısmına karşılık gelmektedir.

Radyal kuvvet (F_r): Kesme işlemi esnasında işlenen yüzeye dik etki eden kuvvettir. İlerleme kuvvetinin yaklaşık %50' si kadardır.

Tornalama işlemi esnasında oluşan kesme kuvvetlerinin gösterimi Şekil 9.1.' de yer almaktadır.



Şekil 9.1. Tornalama işleminde kesme kuvvetlerinin gösterimi

Bileşke kuvvet; esas kesme kuvveti, ilerleme kuvveti ve radyal kuvvetin vektörel olarak toplanmasıyla elde edilmektedir. Şu eşitlikle hesaplanır;

$$F = \sqrt{F_s^2 + F_r^2 + F_f^2} \quad (10.1)$$

Kesme kuvvetleri kesici takım geometrisinden de etkilenir. Bu noktada talaş açısı önemli bir kriterdir. Talaş açısındaki artış ile kesme ve ilerleme kuvvetleri düşer. Kesme kuvvetleri genellikle takım aşınması ile artar. Kesme sıvılarından kesme kuvvetleri ve temas uzunluğu önemli ölçüde etkilenir. Kesme sıvısı kullanımı durumunda kesme kuvvetleri önemli ölçüde azalır.

Talaş kaldırma işlemlerinde pozitif bir talaş açısına ve iyi bir talaş kırma özelliğine sahip kesici takımlar kullanıldığında, yüksek kesme hızlarının kesme kuvvetleri ve titreşimler üzerine olumlu etkileri olmaktadır. Kesme işlemleri esnasında kesme hızındaki artış ile kesme kuvvetleri azalacak, ilerleme miktarı ve kesme derinliğindeki artış ile kesme kuvvetleri artacaktır (Çakır, 2000).

10. METALLERDE İŞLENEBİLİRLİK

İşlenebilirlik, bir malzemenin işlenmesinde karşılaşılan kolaylık ya da güçlük olarak tanımlanabilir. Bir iş parçasının işlenebilirliği, saat başına üretilen parça sayısı, her parça için işleme maliyeti veya üretilen parçanın son yüzey kalitesi olarak ifade edilebilir.

İş parçası malzemelerin talaşlı işlem kabiliyetini belirlemede kullanılan niceleyici değerlendirme kriterleri, talaşlı işlenebilirlik endeksi, dakika ve saniye cinsinden verilen bir takım ömrü için kesme hız değeri veya işlenen metalin hacmi, takım aşınması, standart kesme ve ilerleme hızlarında elde edilen yüzey tamamlama kalitesidir.

Bir malzemenin işlenebilirliği; takım ömrü, kesme hızı, talaş kaldırma miktarı, kesme kuvveti ve kesme gücü, yüzey kalitesi ve talaş şekli gibi kriterlere göre değerlendirilir. Bu faktörlerden kesme hızının veya takım ömrünün büyük olması, kesme kuvvetinin ya da kesme gücünün düşük olması işlenebilirlik özelliklerinin iyi olduğu anlamına gelir (Akasawa, Sakurari, Nakamura, Tanaka ve Takano, 2003).

Malzemelerin işlenebilirliği, kesme şartları sabit kalmak suretiyle, genellikle, belirli bir takım ömrü için malzemelerin kesme hızlarını karşılaştırarak ölçülür. Karşılaştırma malzemesi olarak ise işlenmesi zor olan, yani belirli bir takım ömrü için, en düşük kesme hızını gerektiren bir malzeme alınır ve diğer malzemelerin de aynı şartlardaki kesme hızları, bu hıza oranlanır, böylelikle relatif işlenme özelliği bulunur.

Malzemelerin işlenebilirliği, işlenebilirlik ile ilgili talaş kaldırma testleri veya işlenmeksizin gerçekleştirilen testlerle yapılabilir. Bu testlerde kısa ve uzun süreli testler olmak üzere ikiye ayrılabilir. Kısa testler, iki ya da daha farklı takım ve iş parçası malzemesinin birbirine göre işlenebilirliğinin karşılaştırılmasını gösterir. Uzun testler ise takım ve iş parçasının farklı bileşimi için beklenen davranışlarının daha detaylı resmini meydana getirir. Ancak uzun testler daha çok zaman kaybına yol açmakta ve bu testlerin yapılması maliyet artışına neden olmaktadır.

11.1 İşlenebilirliği Etkileyen Faktörler

Talaşlı imalat işlemlerinde işlenebilirlik üzerine olumlu ya da olumsuz etkisi olan faktör söz konusudur. İşlenebilirliği etkileyen faktörler incelendiğinde;

Mikro yapının etkisi: Malzemenin mikro yapısında sahip olduğu sert parçacıkların mevcudiyeti kesici takımın ömrünü azaltmakta, mikro yapıdaki kristaller irileştikçe takım ömrü artmaktadır.

Isıl işlemin etkisi: Metallerin ya da alaşımların tavlama işlemi malzemenin mikro yapısını değiştirecektir. Metalin kayma dayanımı ve sünekliği, tavlama, normalleştirme ve gerilim giderme gibi işlemlerle değişebilir. Çelikte belirli kimyasal ve fiziksel değişiklikler işlenebilirliği iyileştirebilir.

Alaşım elementlerinin etkisi: Alaşım elementlerinin işlenebilirliğe etkisi farklıdır. Karbon miktarının azalması işlenebilirlik özelliğini düşürecektir. Karbon miktarının azalmasıyla süneklik artacak ve sünek malzeme takım ucuna yapışarak takım körlenmesini hızlandıracaktır. Karbon miktarının artışı ise malzemenin sertliğini artıracak bu durum ise takım aşınmasına neden olacaktır.

Mekanik özelliklerin etkisi: Bir malzemenin sertliği ve kopma dayanımı arttıkça o malzemenin işlenebilirlik kabiliyeti o derece azalacaktır.

11.2. Paslanmaz Çeliklerin İşlenebilirliği

Paslanmaz çelikler işlenebilirliği zor malzemeler gurunda yer almaktadır. Bunun temel nedeni ise paslanmaz çeliklerin, yüksek çekme mukavemeti ve korozyon direncini sağlamak için gerekli olan alaşım elementlerini buldurmalarıdır. Östenitik paslanmaz çeliklerde krom, nikel ve molibden gibi alaşımlar yüksek gerilmeler altında plastik deformasyona uğramasına neden olmaktadır.

Paslanmaz çeliklerin işlenmesi esnasında yüksek kesme kuvvetlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Yüksek kesme kuvvetleri kesme esnasında oluşan ısı ve takım aşınmasını artırmaktadır. Paslanmaz çeliklerin işlenmesinde karşılaşılan bir diğer sorun ise işleme esnasında paslanmaz çeliğin yığma talaş oluşuma yol açmasıdır. Yığma talaş oluşumu kesici takım uçlarında ki aşınmayı artırmakta ve işlenen parçaların yüzey kalitesini olumsuz olarak etkilemektedir. Paslanmaz çeliklerin işlenmesi esnasında, kayma düzlemleri kaynak olmuş dilimli talaşlar, uzun süreli tiz seslerin çıkmasına neden olmaktadır. Bu sesler ise kesici uçların çatlamasına, kırılmasına sebep olacak yüksek harmonik frekansların habercisidir. Bu nedenle paslanmaz çeliklerin işlenmesinde kesme parametrelerine özenle dikkat ederek işleme prosesleri sürdürülmelidir (Kasap, 2001).

11. MATERYAL VE YÖNTEM

11.1. İş Parçası Malzemesi

Deneylerde iş parçası malzemesi olarak AISI 304 östenitik paslanmaz çelik malzeme kullanılmıştır. Deney malzemesi olarak kullanılan AISI 304 malzemenin kalite sertifikası Valbruna S.P.A firmasından alınmıştır. AISI 304 paslanmaz çelik kimyasal içeriği Çizelge 11.1 de verilmiştir.

İşleme deneyleri için 110 mm çapında 350 mm boyunda silindirik olarak temin edilen AISI 304 östenitik paslanmaz çelik malzemelerin alın yüzeyleri tormalanmış ve tek tarafında punta deliği açılmıştır. Deney öncesinde malzemenin yüzeyi olası dış yüzey sertleştirme ihtimaline ve iş parçasındaki muhtemel eğikliklere karşı 0,5 mm kesme derinliğinde silindir tormalama işlemi uygulanmış, malzemenin dış yüzeyinde ki olası eğiklikler ve düzensizlikler giderilmiştir.

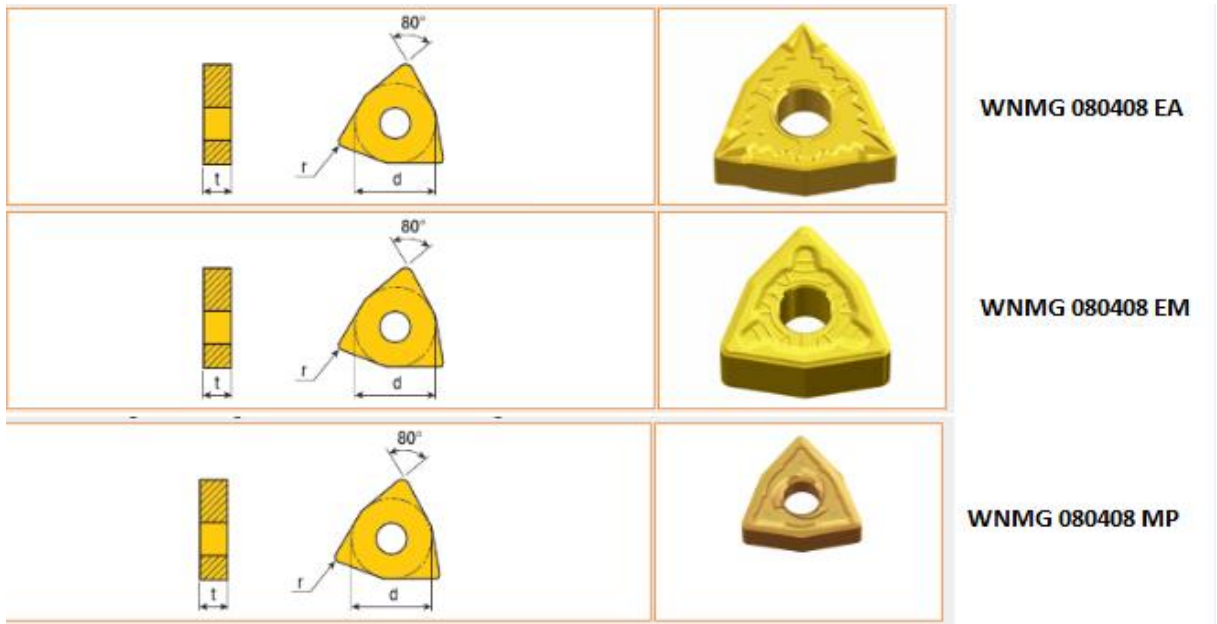
Çizelge 11.1 AISI 304 Paslanmaz Çelik Kimyasal İçerik Tablosu

AISI	C %	Si %	Mn %	Cr %	Mo %	Cu %	Ni %	Co %	P %	S %	N %
304	0,017	0,54	1,78	18,40	0,48	0,46	8,14	0,100	0,029	0,029	0,086

11.2. Kesici Takım ve Tutucu

İşleme deneylerinde WNMG 080408 formunda kesici takımlar ve bu kesici takımlara uygun MWLNL 2525 M08 formunda kesici takım tutucu kullanılmıştır.

Deneylerde TaeguTec firmasının farklı talaş kırıcı formlara sahip WNMG 080408 MP TT9225, WNMG 080408 EM TT9215 ve WNMG 080408 EA TT9225 kesici takımlar kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan TT9215 ve TT9225 takımlar CVD kaplama olup, yüksek aşınma direncine sahiptir. Bu takımlar paslanmaz çeliklerin yüksek hızlarda işlenebilirlikleri için uygun ve oldukça iyi bir aşınma direncine sahiptir.



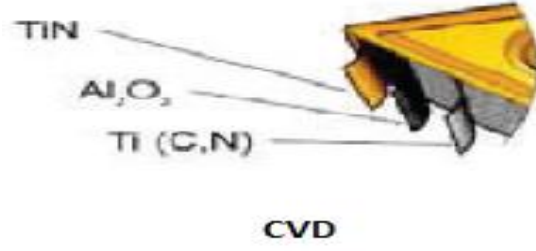
Şekil 11.1. Deneylerde kullanılan kesici takımlar

İşleme deneyleri esnasında kullanılan kesici takımlara ait görseller Şekil 11.1.'de gösterilmektedir. Kullanılan kesici takımlara ait geometrik özelliklerin yer aldığı bilgiler Çizelge 11.2.' de gösterilmektedir.

Çizelge 11.2 .Kesici takımların geometrik özellikleri

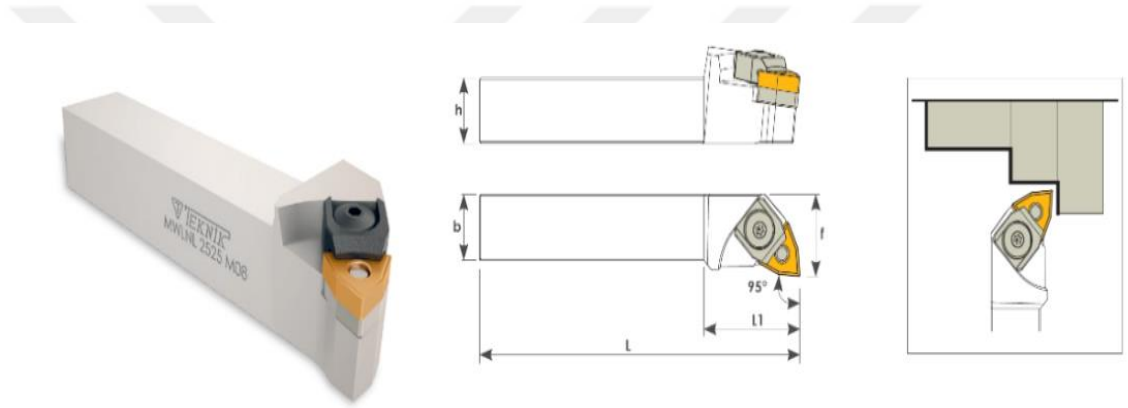
	d(mm)	t(mm)	r(mm)
WNUMG 080408 EA	12,70	4,76	0,80
WNUMG 080408 EM	12,70	4,76	0,80
WNUMG 080408 MP	12,70	4,76	0,80

CVD kaplama metodu ile kesici takımlarda kesme kenarında kırılma, yığılma ağız oluşumu ve talaş ile temas yüzeyi arasındaki sürtünme gibi olumsuzlukların azaltılması sağlanmıştır. CVD kaplam katmanlarının yer aldığı görsel Şekil 11.2.' de verilmiştir.



Şekil 11.2. CVD kaplama katmanları

İşleme deneylerinde kullanılan kesici takımlarla birlikte Teknik Cutting Tools firmasına ait MWLNL 2525 M08 takım tutucu kullanılmıştır.



Şekil 11.3. Takım tutucu

İşleme deneyleri esnasında kullanılan takım tutucuya ait görsel Şekil 11.3.' de, kesici takım tutucunun geometrik özelliklerinin yer aldığı bilgiler ise Çizelge 11.3.' de gösterilmektedir.

Çizelge 11.3. Kesici takım tutucu geometrik özellikleri

	L(mm)	L1(mm)	h(mm)	f(mm)	b(mm)
MWLNL 2525 M08	150	32	25	32	25

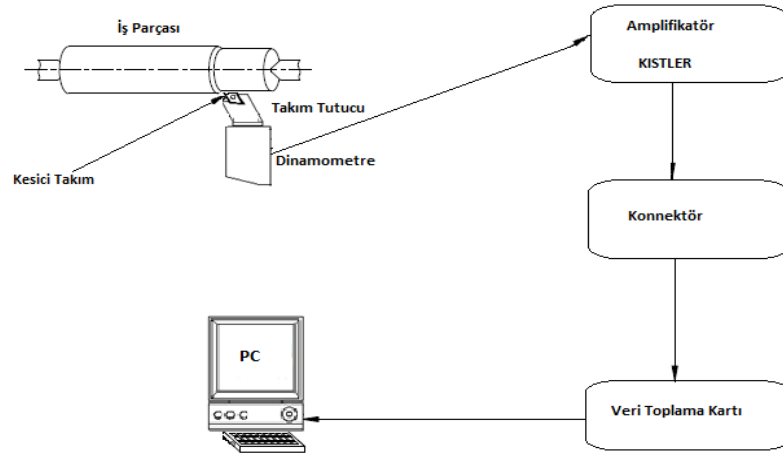
11.3. CNC Torna Tezgahı ve Veri Alma Ekipmanları

İşleme deneyleri HYUNDAI-WIA L210LA model CNC torna tezgahında gerçekleştirilmiştir. İşleme deneylerinde kullanılan CNC torna tezgahı Fanuc kontrol paneline ve 10 " inç torna aynasına sahip olup, x-z olmak üzere iki eksenlidir. Şekil 11.3.' de deneyler esnasında kullanılan CNC torna tezgahına ait görsel verilmiştir.



Şekil 11.4. HYUNDAI WIA L210LA CNC torna tezgahı

Yapılan işleme deneylerinde talaş kaldırma esnasında oluşan üç kuvvet bileşeni olan esas kesme kuvveti $F_z (F_s)$, ilerleme kuvveti $F_x (F_f)$ ve radyal kuvvet $F_y (F_r)$ dinamometre ile ölçülmüştür. Dinamometrenin tezgah taretine bağlantısı için bir aparat tasarlanmış, aparat, dinamometre ve takım tutucunun tezgah taretine bağlanması Şekil 12.6 da gösterilmiştir. Bu dinamometre bir sinyal yükleyiciye (Kistler Type 9257B) bağlanmış ve kesme kuvvetleri sinyalleri RS-232C ara kablo ile bilgisayara gönderilerek Dynoware programında grafikler elde edilmiştir. Kuvvetlere ait elde edilen grafiklerden esas kesme kuvveti $F_z (F_s)$, ilerleme kuvveti $F_x (F_f)$ ve radyal kuvvet $F_y (F_r)$ belirlenmiştir. İşleme deneyleri sonrasında yüzey pürüzlülükleri Mitutoyo marka yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı ile ölçülmüş ve değerler kaydedilmiştir.



Şekil 11.5. Deneysel setinin şematik gösterimi

Deneysel esnasında kullanılan deneysel setinin şematik gösterimi Şekil 11.5.'de gösterilmektedir. Şekil 11.6.'da dinamometrenin aparat yardımıyla CNC torna tezgahının taretine bağlanmasına ait görsel verilmiştir.



Şekil 11.6. Dinamometrenin aparat ile tezgah taretine bağlanması

11.4. Kesme Koşulları

Tez çalışması doğrultusunda yapılacak deneylerde kullanılacak kesme parametreleri Çizelge 11.4' de gösterilmektedir. Deneylerde kullanılan kesme parametreleri iki farklı kesme hızı, iki farklı ilerleme miktarı ve iki farklı kesme

derinliği olacak şekilde belirlenmiştir. Deneyler sırasında soğutma sıvısı kullanılmamıştır.

Çizelge 11.4. Deneylerde kullanılan kesme parametreleri

Kesme Hızı v (m/dak)	İlerleme Miktarı f (mm/dev)	Kesme Derinliği a (mm)
100	0,1	1
200	0,3	2

11.5. Deneyin Yapısı

Bu tez çalışmasında farklı talaş kırıcı forma sahip kesici takımlar CNC torna tezgahında farklı kesme hızları, ilerleme miktarları ve kesme derinliklerinden işleme tabi tutulmuştur. İşleme esnasında kesme kuvvetleri ve işlenmiş parçalar üzerindeki yüzey pürüzlülükleri ölçülerek, bu değişkenlerin kesme kuvvetlerine ve yüzey pürüzlülük değerlerine etkileri ölçülerek yorumlanmıştır.

Deney tasarımı oluşturulurken tam faktoriyel tasarım esas alınmıştır. Tam faktoriyel tasarımda farklı talaş kırıcı formlara sahip her bir kesici takım için (WNMG 080408 MP TT9225, WNMG 080408 EM TT9215, WNMG 080408 EA TT9225) 8 adet, toplamda 24 adet deney yapılmıştır.

Yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetlerinin tespiti için deneysel planın oluşturulmasında kesme parametreleri; kesme hızı, ilerleme miktarı ve kesme derinliği (v, f,a) kullanılarak faktoriyel deneysel işleme planı oluşturulmuştur.

Tam faktoriyel deneysel işleme planı Çizelge 11.5' de gösterilmiştir. Çizelgede belirtilen her bir kesme parametresi, farklı talaş kırıcı formlara sahip her bir kesici takım için uygulanmıştır.

Çizelge 11.5. Tam Faktoriyel Deneysel İşleme Planı

Kesici Takım Kodu	Deney Sıra No	v(m/dak)	f(mm/dev)	a(mm)
EA	1	100	0,1	1
EA	2	200	0,1	1
EA	3	100	0,3	1
EA	4	200	0,3	1
EA	5	200	0,3	2
EA	6	100	0,3	2
EA	7	200	0,1	2
EA	8	100	0,1	2
EM	9	100	0,1	1
EM	10	200	0,1	1
EM	11	100	0,3	1
EM	12	200	0,3	1
EM	13	200	0,3	2
EM	14	100	0,3	2
EM	15	200	0,1	2
EM	16	100	0,1	2
MP	17	100	0,1	1
MP	18	200	0,1	1
MP	19	100	0,3	1
MP	20	200	0,3	1
MP	21	200	0,3	2
MP	22	100	0,3	2
MP	23	200	0,1	2
MP	24	100	0,1	2

12.DENEY SONUÇLARI

12.1. Kesme Kuvvetleri

Yapılan deneyler neticesinde elde edilen asıl kesme kuvveti değerleri, farklı kesme parametreleri(kesme hızı, ilerleme miktarı, kesme derinliği) ve farklı talaş kırıcı forma sahip her bir kesici takım(EA, EM, MP) için Çizelge.12.1-3' de verilmiştir. Burada belirtilen kesme kuvveti değerlerine ulaşıldıktan sonra asıl kesme kuvveti ve kesme hızı grafikleri, yine her bir farklı talaş kırıcı forma sahip kesici takım için farklı ilerleme miktarı ve kesme derinliği değerlerine göre oluşturulmuştur.

Çizelge 12.1. EA TT9225 kesici takım, asıl kesme kuvveti değerleri

	Asıl Kesme Kuvveti	Kesme Hızı	İlerleme Miktarı	Kesme Derinliği
Deney No	$F_c(N)$	$v(m/dak)$	$f(mm/dev)$	$a(mm)$
1	535,8	100	0,1	1
2	457,7	200	0,1	1
3	782,4	100	0,3	1
4	664	200	0,3	1
5	1893	200	0,3	2
6	2337	100	0,3	2
7	1184	200	0,1	2
8	1431	100	0,1	2

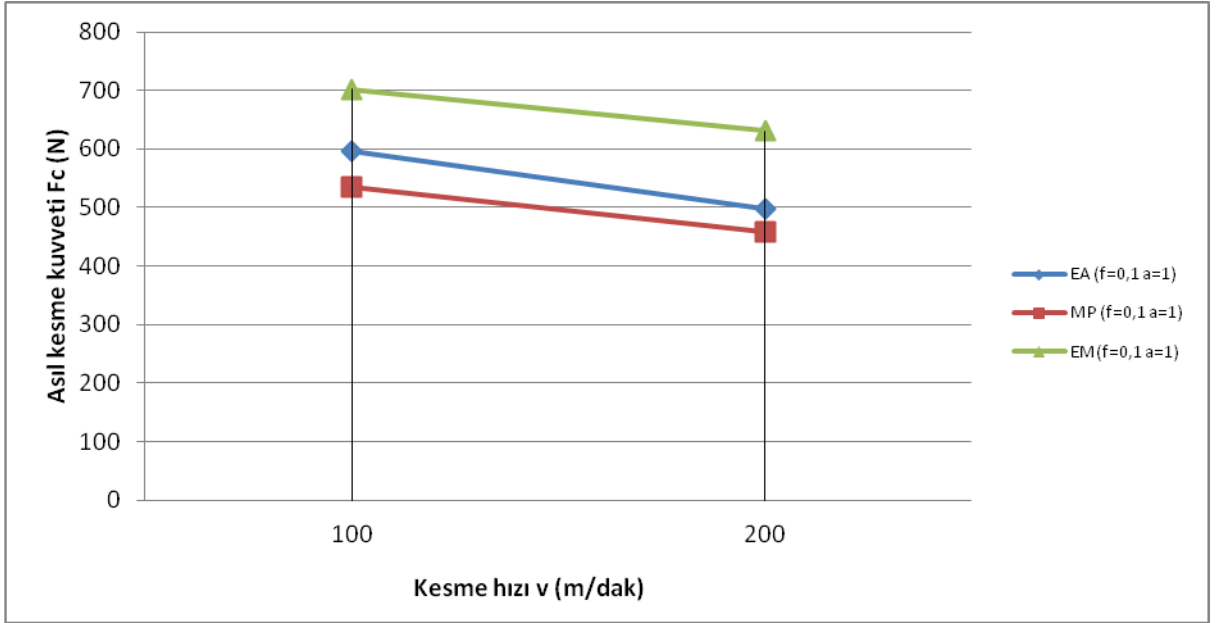
Çizelge 12.2. EM TT9215 kesici takım, asıl kesme kuvveti değerleri

	Asıl Kesme Kuvveti	Kesme Hızı	İlerleme Miktarı	Kesme Derinliği
Deney No	$F_c(N)$	$v(m/dak)$	$f(mm/dev)$	$a(mm)$
1	701,76	100	0,1	1
2	630,45	200	0,1	1
3	836,11	100	0,3	1
4	758,8	200	0,3	1
5	1716	200	0,3	2
6	2096	100	0,3	2
7	1264	200	0,1	2
8	1460	100	0,1	2

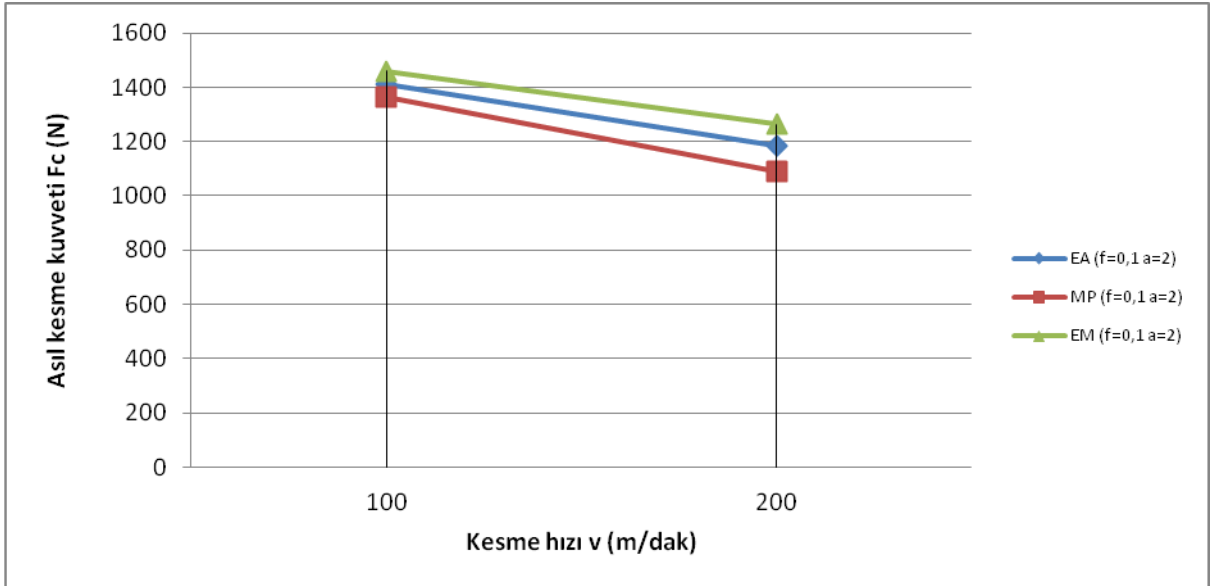
Çizelge 12.3. MP TT9225 kesici takım, asıl kesme kuvveti değerleri

	Asıl Kesme Kuvveti	Kesme Hızı	İlerleme Miktarı	Kesme Derinliği
Deney No	$F_c(N)$	$v(m/dak)$	$f(mm/dev)$	$a(mm)$
1	596,8	100	0,1	1
2	497,1	200	0,1	1
3	749,3	100	0,3	1
4	616,1	200	0,3	1
5	1498	200	0,3	2
6	1965	100	0,3	2
7	1090	200	0,1	2
8	1363	100	0,1	2

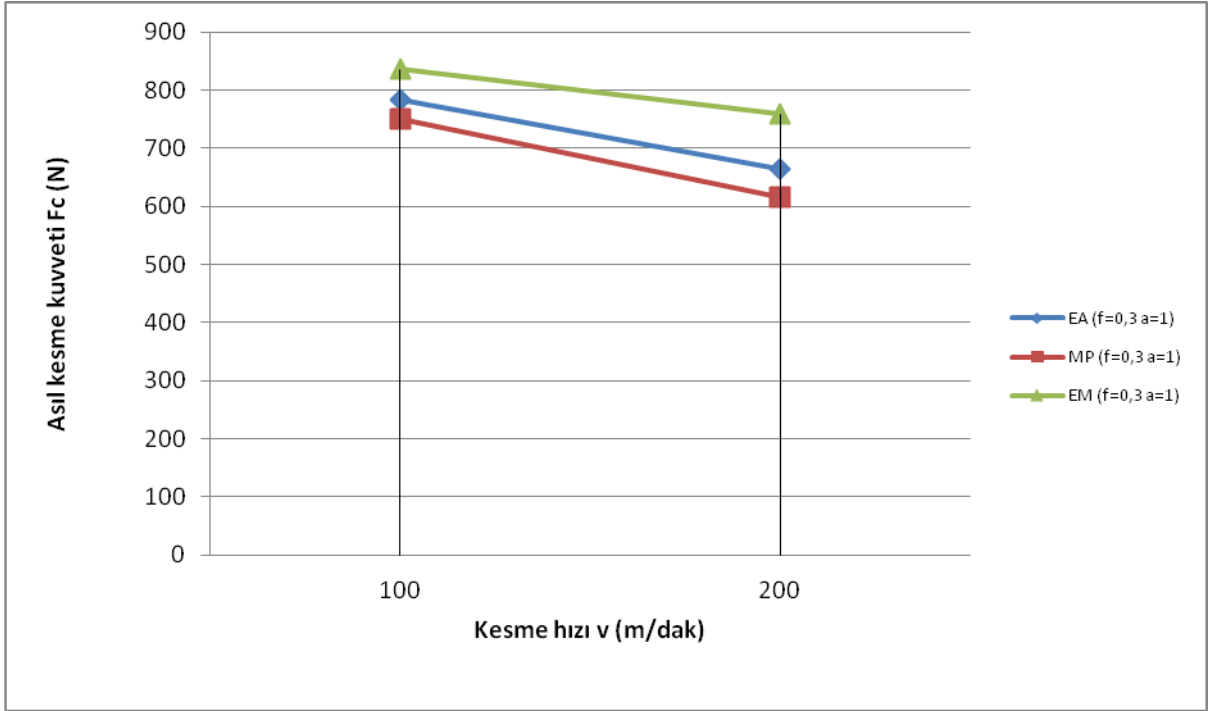
Yapılan deneylerde; kesme hızı, ilerleme miktarı ve kesme derinliğindeki değişimlerin asıl kesme kuvveti(F_c) üzerine etkisi farklı talaş kırıcı formlara sahip her bir kesici takım (EA, EM, MP) için asıl kesme kuvveti-kesme hızı grafiklerinde gösterilmiştir.



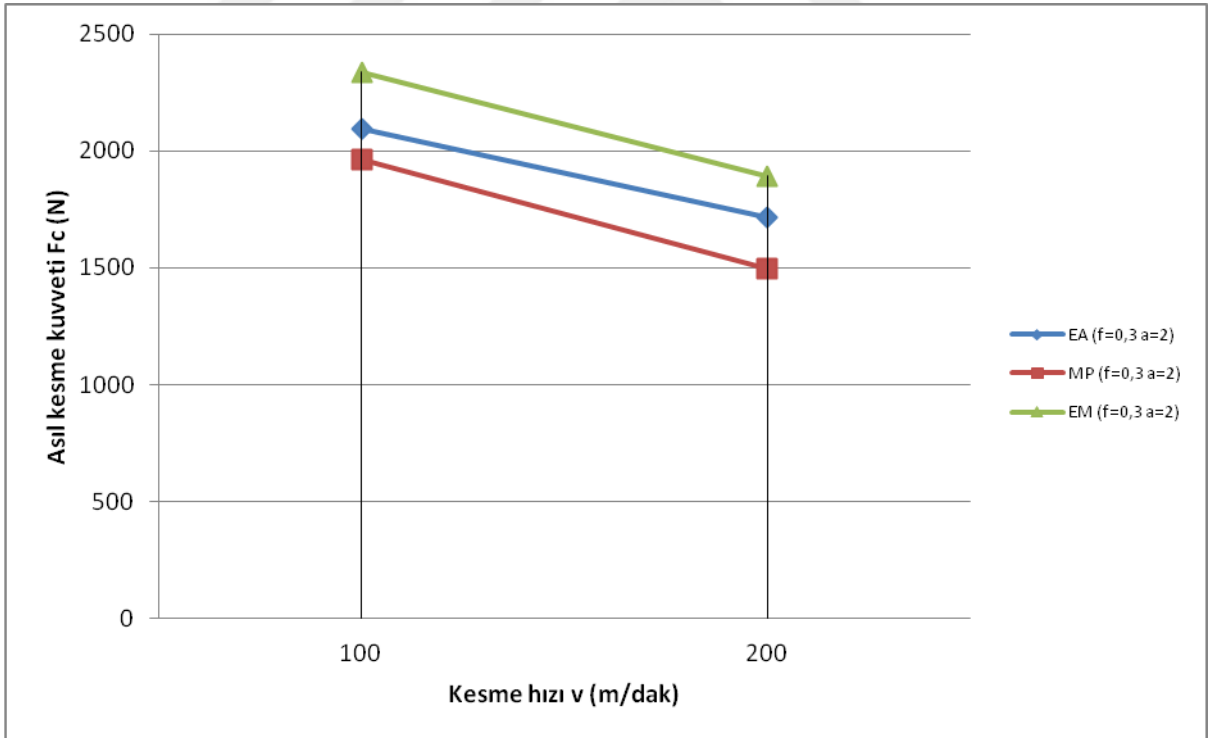
Şekil 12.1. Asıl kesme kuvveti-Kesme hızı grafiği ($f=0,1$ mm/dev, $a=1$ mm)



Şekil 12.2. Asıl kesme kuvveti-Kesme hızı grafiği ($f=0,1$ mm/dev, $a=2$ mm)



Şekil 12.3. Asıl kesme kuvveti-Kesme hızı grafiği ($f=0,3$ mm/dev, $a=1$ mm)



Şekil 12.4. Asıl kesme kuvveti-Kesme hızı grafiği ($f=0,3$ mm/dev, $a=2$ mm)

Grafikler incelendiğinde kesme hızında ki artışla kesme kuvvetlerinin azaldığı, ilerleme miktarında ki artışla kesme kuvvetlerinin arttığı ve kesme derinliğindeki artışla kesme kuvvetlerinin arttığı gözlemlenmektedir. Bu durum farklı talaş kırıcı forma sahip tüm kesici takımlar (EA,MP,EM) için aynıdır ve literatürle de paralellik göstermektedir. Kesme hızındaki artış ile kesme kuvvetlerindeki düşüş sıcaklık artışından kaynaklanan kesici takım talaş yüzeyindeki temas alanının azalması ve kısmen akma bölgesinde kayma dayanımının azalması ile açıklanmaktadır. İlerleme miktarı ve kesme derinliğinin artması ile kesme kuvvetlerinin de artması Kienzle eşitliği ile açıklanabilmektedir. Bu eşitlikte;

$$F_c = A \times k_s \quad (12.1)$$

Asıl kesme kuvveti (F_c), talaş kesit alanı(A), özgül kesme direnci (k_s) talaş kesiti ‘ilerleme miktarı x kesme derinliği’ olmak üzere ilerleme miktarı ve kesme derinliğinin artmasına bağlı olarak artan, talaş kesit alanı (A) kesme kuvvetlerinin de artmasına neden olmaktadır.

EA, MP ve EM talaş kırıcı formlarında ki kesici takımlara ait kesme kuvveti grafikleri incelendiğinde, asıl kesme kuvvetinin EM talaş kırıcı formunda en yüksek daha sonra sırasıyla EA talaş kırıcı formu ve MP talaş kırıcı formu olduğu görülmektedir.

13.2. Yüzey Pürüzlülüğü

Yapılan deneyler neticesinde elde edilen yüzey pürüzlülüğü değerleri, farklı kesme parametreleri(kesme hızı, ilerleme miktarı, kesme derinliği) ve farklı talaş kırıcı forma sahip her bir kesici takım(EA, EM, MP) için Çizelge.12.4-6’ da verilmiştir.

Çizelge 12.4. EA TT9225 kesici takım, yüzey pürüzlülük değerleri

Deney No	Ölçüm No	Ra	v(m/dak)	f(mm/dev)	a(mm)
1	1. ölçüm	0,74	100	0,1	1
	2.ölçüm	0,72			
2	1. ölçüm	0,70	200	0,1	1
	2.ölçüm	0,77			
3	1. ölçüm	3,22	100	0,3	1
	2.ölçüm	3,17			
4	1. ölçüm	3,17	200	0,3	1
	2.ölçüm	3,24			
5	1. ölçüm	3,36	200	0,3	2
	2.ölçüm	3,28			
6	1. ölçüm	3,37	100	0,3	2
	2.ölçüm	3,45			
7	1. ölçüm	0,82	200	0,1	2
	2.ölçüm	0,89			
8	1. ölçüm	0,80	100	0,1	2
	2.ölçüm	0,82			

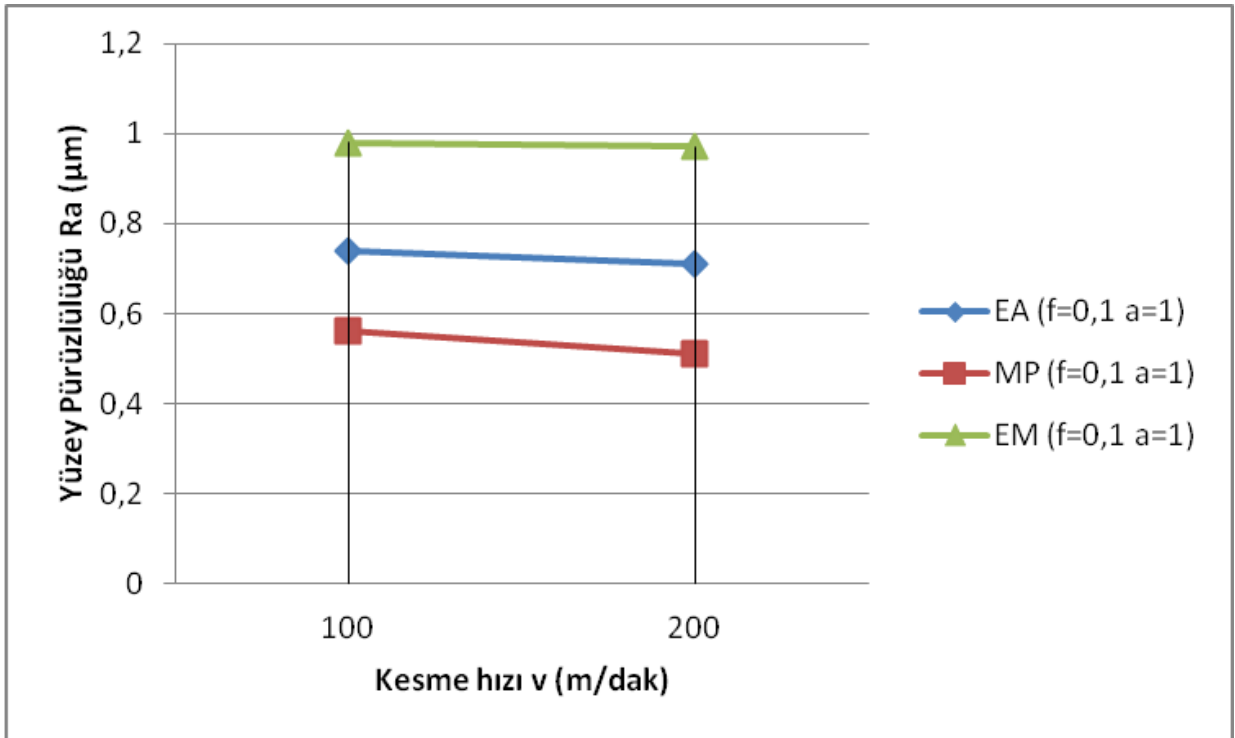
Çizelge 12.5. EM TT9215 kesici takım, yüzey pürüzlülük değerleri

Deney No	Ölçüm No	Ra	v(m/dak)	f(mm/dev)	a(mm)
1	1. ölçüm	0,98	100	0,1	1
	2.ölçüm	1,02			
2	1. ölçüm	0,97	200	0,1	1
	2.ölçüm	1,00			
3	1. ölçüm	2,73	100	0,3	1
	2.ölçüm	2,75			
4	1. ölçüm	2,77	200	0,3	1
	2.ölçüm	2,84			
5	1. ölçüm	3,06	200	0,3	2
	2.ölçüm	3,03			
6	1. ölçüm	2,89	100	0,3	2
	2.ölçüm	2,88			
7	1. ölçüm	0,85	200	0,1	2
	2.ölçüm	0,88			
8	1. ölçüm	0,99	100	0,1	2
	2.ölçüm	0,96			

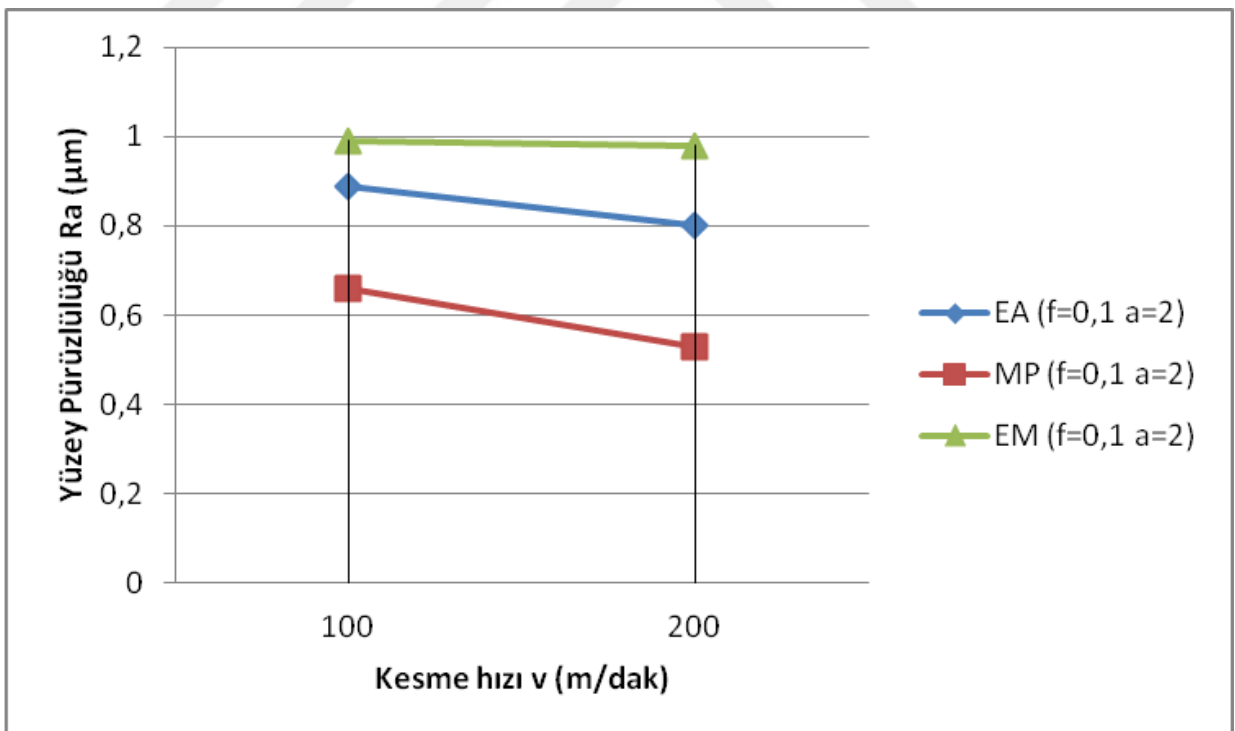
Çizelge 12.6. MP TT9225 kesici takım, yüzey pürüzlülük değerleri

Deney No	Ölçüm No	Ra	v(m/dak)	f(mm/dev)	a(mm)
1	1. ölçüm	0,57	100	0,1	1
	2. ölçüm	0,55			
2	1. ölçüm	0,51	200	0,1	1
	2. ölçüm	0,52			
3	1. ölçüm	2,72	100	0,3	1
	2. ölçüm	2,69			
4	1. ölçüm	2,85	200	0,3	1
	2. ölçüm	2,79			
5	1. ölçüm	2,86	200	0,3	2
	2. ölçüm	2,89			
6	1. ölçüm	2,83	100	0,3	2
	2. ölçüm	2,83			
7	1. ölçüm	0,56	200	0,1	2
	2. ölçüm	0,51			
8	1. ölçüm	0,65	100	0,1	2
	2. ölçüm	0,67			

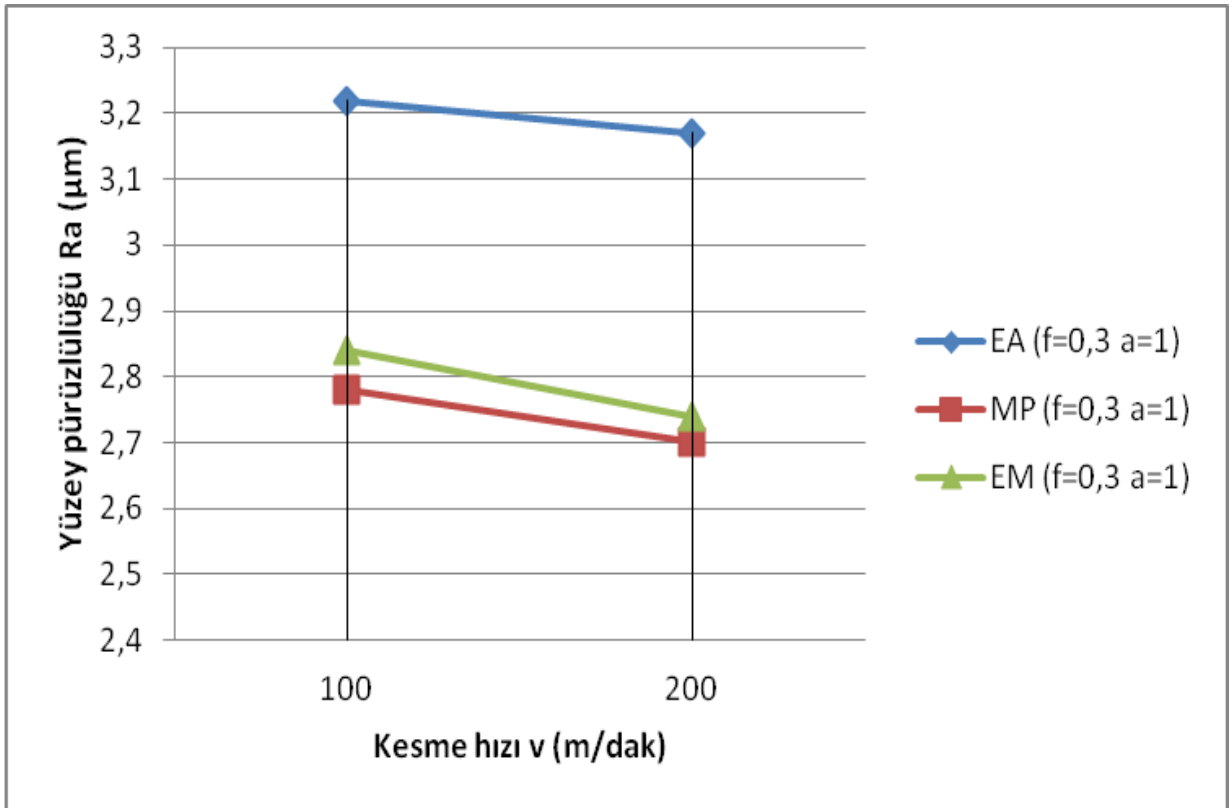
Yapılan deneylerde yüzey pürüzlük değerlerinde yapılan ölçümler sonucunda, kesme hızında ki artışın yüzey pürüzlülük değerlerini düşürdüğü, ilerleme miktarındaki ve kesme derinliğindeki artışın ise yüzey pürüzlülük değerlerini olumsuz etkilediği gözlemlenmiştir. Bu durum farklı talaş kırıcı formlara sahip kesici takımların tamamı için aynıdır. Yüzey pürüzlülüğü düşürmek için kesme hızını artırmak talaşlı imalat işlemlerinde uygulanan yaygın yöntemlerin başında gelmektedir. Yine yapılan deneyler sonucunda ki ölçümlere ve literatürdeki çalışmalara göre de daha iyi bir yüzey kalitesi elde etmek için düşük ilerleme miktarlarında ve düşük kesme derinliklerinde çalışmak doğru bir yöntem olacaktır.



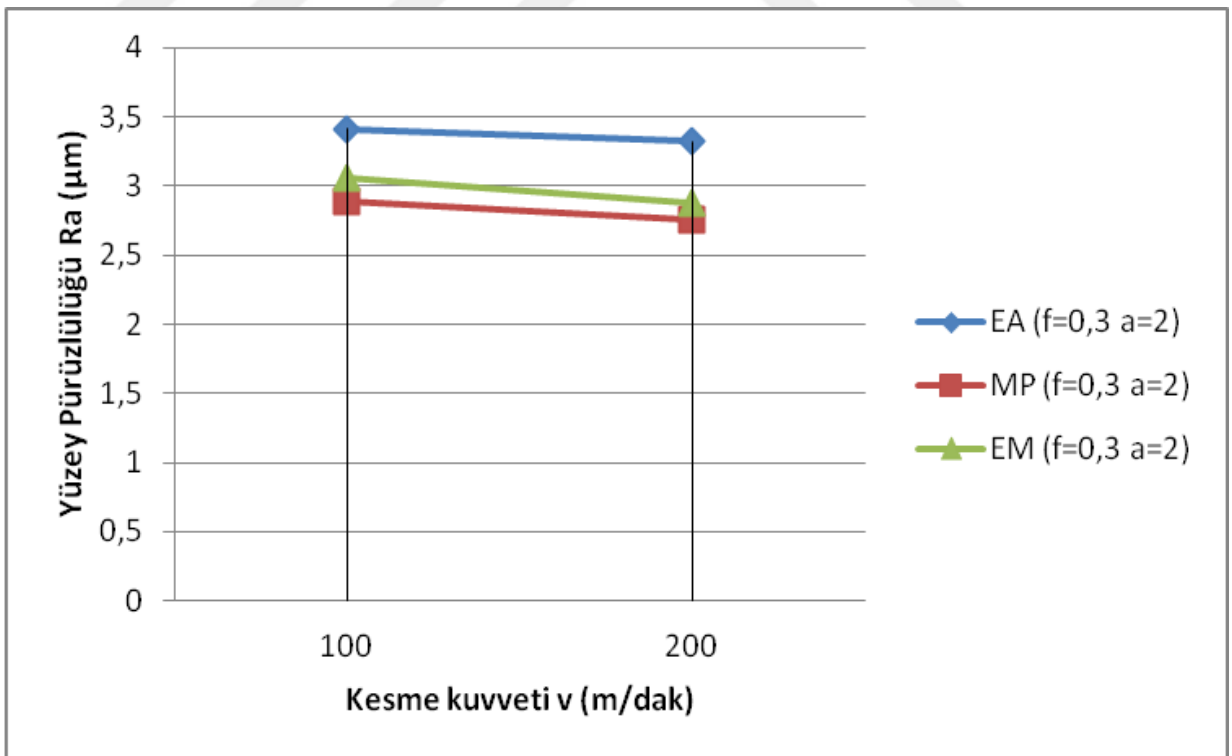
Şekil 12.5. Yüzey pürüzlülüğü-kesme hızı grafiği (f=0,1 mm/dev, a=1 mm)



Şekil 12.6. Yüzey pürüzlülüğü-kesme hızı grafiği (f=0,1 mm/dev, a=2 mm)



Şekil 12.7. Yüzey pürüzlülüğü-kesme hızı grafiği (f=0,3 mm/dev, a=1 mm)






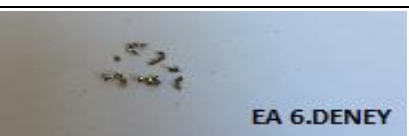

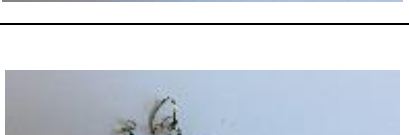


Şekil 12.8. Yüzey pürüzlülüğü-kesme hızı grafiği (f=0,3 mm/dev, a=2 mm)








Yüzey pürüzlülüğü-kesme hızı grafikleri incelendiğinde en iyi yüzey kalitesinin MP talaş kırıcı formuna sahip kesici takımla elde edildiği görülmektedir. Daha düşük ilerleme miktarlarında ve kesme derinliklerinde EA talaş kırıcı formuna sahip kesici takımla daha iyi yüzey kalitesi elde edilirken, ilerleme miktarı ve kesme derinliği arttığında EM talaş kırıcı formuna sahip kesici takım EA talaş kırıcı formuna sahip kesici takıma nazaran daha iyi sonuçlar vermiştir. Üretici firmada EA talaş kırıcı formunun düşük kesme derinlikleri ve ilerlemeler için daha iyi sonuçlar vereceğini belirtmektedir. Talaş kırıcı deseni talaşı ne kadar çabuk uzaklaştırırsa, ısınmada o derecede azalacak, bunun sonucunda aşınma gecikecek, takım ömrü uzayacak ve yüzey kalitesine de olumlu etki edecektir.

Talaşlı imalat işlemlerinde, talaş kaldırma esnasında sürekli talaş, süreksiz talaş, yağma kenar oluşumu gibi çeşitli talaş tipleri ve farklı şekillerde talaş oluşumu gerçekleşmektedir. Oluşan talaş tiplerinin yüzey pürüzlülük değerlerine önemli ölçüde etkisi bulunmaktadır. Literatürde yapılan çalışmalar da incelendiğinde sürekli talaşla oldukça iyi yüzey kaliteleri elde edildiği ancak süreksiz talaş oluşumunda birbiri ardına gerçekleşen kırılmalar sonucu kötü bir iş parçası yüzey kalitesi elde edildiği görülmektedir. İşlenen yüzeylerin yüzey pürüzlülük değerleri ölçülerek kaydedilen değerlerle oluşturan tablolar ve Çizelge 12.7-9'da verilen talaş görselleri incelendiğinde bu durumun deneyler sonrasında da gözlemlendiği görülecektir.









Çizelge 12.7. EA TT9225 kesici takım, talaş görselleri

Deney No	Talaş Görselleri	Kesme Hızı	İlerleme Miktarı	Kesme Derinliği	Yüzey Pürüzlülüğü
		v(m/dak)	f(mm/dev)	a(mm)	Ra(μ m)
1		100	0,1	1	0,74
2		200	0,1	1	0,71
3		100	0,3	1	3,22
4		200	0,3	1	3,17
5		200	0,3	2	3,32
6		100	0,3	2	3,41
7		200	0,1	2	0,80
8		100	0,1	2	0,89

Çizelge 12.8. EM TT9215 kesici takım, talaş görselleri

Deney No	Talaş Görselleri	Kesme Hızı	İlerleme Miktarı	Kesme Derinliği	Yüzey Pürüzlülüğü
		v(m/dak)	f(mm/dev)	a(mm)	Ra(μ m)
1		100	0,1	1	0,98
2		200	0,1	1	0,97
3		100	0,3	1	2,84
4		200	0,3	1	2,74
5		200	0,3	2	2,88
6		100	0,3	2	3,06
7		200	0,1	2	0,98
8		100	0,1	2	0,99

Çizelge 12.9. MP TT9225 kesici takım, talaş görselleri

Deney No	Talaş Görselleri	Kesme Hızı	İlerleme Miktarı	Kesme Derinliği	Yüzey Pürüzlülüğü
		v(m/dak)	f(mm/dev)	a(mm)	Ra(μ m)
1		100	0,1	1	0,56
2		200	0,1	1	0,51
3		100	0,3	1	2,78
4		200	0,3	1	2,70
5		200	0,3	2	2,76
6		100	0,3	2	2,89
7		200	0,1	2	0,53
8		100	0,1	2	0,66

13.DENEY SONUÇLARININ REGRESYON VE VARYANS ANALİZİ

Yapılan deneyler sonucunda elde edilen kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülük değerlerinin, kesme parametrelerinin(kesme hızı, ilerleme miktarı ve kesme derinliği) matematiksel denklemler ile temsili için regresyon analizi metodu kullanılmıştır. Regresyon analizinin uygulanması için Minitab programı kullanılmış ve kesme hızı, ilerleme miktarı, kesme derinliği parametrelerinin deneysel ölçüm değerlerine etkileri analiz edilmiştir.

Asıl kesme kuvveti(F_c) için denklemsel model ve analiz sonuçları;



Çizelge 13.1. Fc Asıl Kesme kuvveti değerleri sonuçları

Regression Analysis: Fc versus v; f; a					
Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	3	6681240	2227080	69,89	0,000
v	1	278430	278430	8,74	0,008
f	1	920456	920456	28,89	0,000
a	1	5482354	5482354	172,06	0,000
Error	20	637274	31864		
Lack-of-Fit	4	422771	105693	7,88	0,001
Pure Error	16	214503	13406		
Total	23	7318514			
Model Summary					
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)		
178,504	91,29%	89,99%	87,46%		
Coefficients					
Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	-372	175	-2,13	0,046	
v	-2,154	0,729	-2,96	0,008	1,00
f	1958	364	5,37	0,000	1,00
a	955,9	72,9	13,12	0,000	1,00
Regression Equation					
Fc	=	-372 - 2,154 v + 1958 f + 955,9 a			
Fits and Diagnostics for Unusual Observations					
Obs	Fc	Fit	Resid	Std Resid	
6	2337,0	1911,6	425,4	2,61	R
<i>R Large residual</i>					

Aritmetik ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra) için denklemsel model ve analiz sonuçları;

Çizelge 13.2. Ra yüzey pürüzlülük değerleri sonuçları

Regression Analysis: Ra versus v; f; a					
Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	3	29,2528	9,7509	208,08	0,000
v	1	0,0376	0,0376	0,80	0,381
f	1	29,1501	29,1501	622,03	0,000
a	1	0,0651	0,0651	1,39	0,252
Error	20	0,9372	0,0469		
Lack-of-Fit	4	0,0180	0,0045	0,08	0,988
Pure Error	16	0,9192	0,0575		
Total	23	30,1901			
Model Summary					
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)		
0,216477	96,90%	96,43%	95,53%		
Coefficients					
Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	-0,363	0,212	-1,71	0,102	
v	-0,000792	0,000884	-0,90	0,381	1,00
f	11,021	0,442	24,94	0,000	1,00
a	0,1042	0,0884	1,18	0,252	1,00
Regression Equation					
Ra	=	-0,363 - 0,000792 v + 11,021 f + 0,1042 a			

Deneylerde uygulanan kesme hızı, ilerleme miktarı, kesme derinliği gibi kesme parametrelerinin ve farklı talaş kırıcı forma sahip kesici takımların, asıl kesme kuvvetlerine ve yüzey pürüzlülük değerlerine etkilerini tespit etmek amacıyla yine Minitab programında Genaral Linear Model (genel lineer model-çok değişkenli model) kullanılarak varyans analizi(ANOVA) uygulanmıştır. Burada elde edilen sonuçlara Çizelge 13.3 ve Çizelge 13.4'de yer verilmiştir.

Aritmetik ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra) için analiz sonuçları;

Çizelge 13.3. Ra yüzey pürüzlülük değerleri varyans analizi

General Linear Model: Ra versus takım; v; f; a					
Method					
Factor coding	(-1; 0; +1)				
Factor Information					
Factor	Type	Levels	Values		
takım	Fixed	3	EA; EM; MP		
v	Fixed	2	100; 200		
f	Fixed	2	0,1; 0,3		
a	Fixed	2	1; 2		
Analysis of Variance					
D					
Source	F	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
takım	2	0,5463	0,2732	12,58	0,000
v	1	0,0376	0,0376	1,73	0,205
f	1	29,1501	29,1501	1342,21	0,000
a	1	0,0651	0,0651	3,00	0,100
Error	18	0,3909	0,0217		
Total	23	30,1901			
Model Summary					
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)		
0,147370	98,71%	98,35%	97,70%		
Coefficients					
Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	1,8787	0,0301	62,45	0,000	
takım					
EA	0,1538	0,0425	3,61	0,002	1,33
EM	0,0512	0,0425	1,20	0,244	1,33
v					
100	0,0396	0,0301	1,32	0,205	1,00
f					
0,1	-1,1021	0,0301	-36,64	0,000	1,00
a					

1	-0,0521	0,0301	-1,73	0,100	1,00
R	=	1,8787 + 0,1538 takım_EA + 0,0512 takım_EM - 0,2050 takım_MP + 0,0396 v_100			
a	=	- 0,0396 v_200 - 1,1021 f_0,1 + 1,1021 f_0,3 - 0,0521 a_1 + 0,0521 a_2			
Regression Equation					

Asıl kesme kuvveti(Fc) için analiz sonuçları;

Çizelge 13.4. Fc Asıl Kesme kuvveti değerleri varyans analizi

General Linear Model: Fc versus takım; v; f; a						
Method						
Factor coding	(-1; 0; +1)					
Factor Information						
Factor	Type	Levels	Values			
takım	Fixed	3	EA; EM; MP			
v	Fixed	2	100; 200			
f	Fixed	2	0,1; 0,3			
a	Fixed	2	1; 2			
Analysis of Variance						
Source	D	F	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
takım	2		85104	42552	1,39	0,275
v	1		278430	278430	9,08	0,007
f	1		920456	920456	30,01	0,000
a	1		548235	548235	178,72	0,000
			4	4		
Error	1		552170	30676		
	8					
Total	2		731851			
	3		4			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
175,146	92,46%	90,36%	86,59%

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	1130,1	35,8	31,61	0,000	
takim_EA	30,5	50,6	0,60	0,554	1,33
takim_EM	52,8	50,6	1,04	0,311	1,33
v_100	107,7	35,8	3,01	0,007	1,00
f_0,1	-195,8	35,8	-5,48	0,000	1,00
a_1	-477,9	35,8	-13,37	0,000	1,00

Regression Equation

$$Fc = 1130,1 + 30,5 \text{ takim_EA} + 52,8 \text{ takim_EM} - 83,2 \text{ takim_MP} + 107,7 \text{ v_100} - 107,7 \text{ v_200} - 195,8 \text{ f_0,1} + 195,8 \text{ f_0,3} - 477,9 \text{ a_1} + 477,9 \text{ a_2}$$

Fits and Diagnostics for Unusual Observations

Obs	Obs	Std
s	Fc	Fit Resid
6	2337,0	1942,1 394,9 2,60 R

R Large residual

Yapılan varyans analizleri %5 önem ve %95 güven seviyesi için uygulanmıştır, varyans analizi sonuçları incelendiğinde Çizelge 13.2. ve Çizelge 13.3.'de ortalama yüzey pürüzlülüğü Ra değerleri için en etkin faktörlerin ilerleme miktarı ve kesici takım tipi olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Her iki faktör içinde (ilerleme miktarı, kesici takım tipi) P-Value (0,000) olduğu görülmektedir ve bu değer 0,05'den küçük olması bu durumu doğrulamaktadır. İlerleme miktarı ve kesici takım tipi için varyans analizi ile bulunan diğer değerler kıyaslandığında yüzey pürüzlülük değeri için en etkin faktörün ilerleme miktarı olduğu, kesici takım tipinin ise ilerleme miktarından sonra en etkin faktör olduğu görülmektedir.

Kesme parametrelerinin ve kesici takım tipinin(farklı talaş kırıcı forma sahip) asıl kesme kuvveti değerlerine etkisi Çizelge 13.1. ve Çizelge 13.4.'deki varyans analiz tablosu incelendiğinde görülmektedir. Kesme kuvveti değerleri için en etkin faktörlerin kesme derinliği ve ilerleme miktarı olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Her iki faktör içinde (kesme derinliği, ilerleme miktarı) P-Value (0,000) olduğu görülmektedir ve bu değer 0,05'den küçük olması bu durumu doğrulamaktadır. Kesme derinliği ve ilerleme miktarı için varyans analizi ile bulunan diğer değerler kıyaslandığında kesme kuvvetleri için en etkin faktörün kesme derinliği olduğu, ilerleme miktarının ise kesme derinliğinden sonra en etkin faktör olduğu görülmektedir.

14.DEĞERLENDİRME

Yapılan deneyler sonucunda talaş kaldırma esnasında aynı kesici ucun farklı talaş kırıcı formlarının yüzey pürüzlülük ve esas kesme kuvveti değerlerine etkileri incelenmiştir. Bu deneylerin sonuçlarının değerlendirilmesi talaş kırıcı formlarının işlenebilirlik üzerindeki etkileri ve AISI 304 paslanmaz çeliğin ideal işlenebilirlik koşulları hakkında bilgi verebilir.

İşleme deneyleri esnasında farklı talaş kırıcı forma sahip(EA, EM, MP) kesici takımların her biri için farklı kesme parametreleri uygulanarak, kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülük değerleri ölçülerek kaydedilmiştir. Kaydedilen değerler doğrultusunda gerekli karşılaştırma tablo ve grafikleri oluşturulmuştur. Deneyler esnasında oluşan talaşlar her bir farklı talaş kırıcı forma sahip kesici takım için, oluşan talaş tipi ve yüzey pürüzlüğü değerlerini kıyaslamak adına fotoğraflanmıştır.

Yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetlerinin tespiti için deneysel planın oluşturulmasında kesme parametreleri; kesme hızı, ilerleme miktarı ve kesme derinliği (v, f,a) kullanılarak tam faktoriyel deneysel işleme planı oluşturulmuştur. Hazırlanan deneysel işleme planı doğrultusunda farklı talaş kırıcı forma sahip kesici takımlar için 24 adet işleme deneyi gerçekleştirilmiştir.

Yapılan ölçümler sonucu elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerine ve kesme kuvvetlerine Minitab programıyla regrasyon analizi ve çok değişkenli varyans analizi uygulanmıştır. Yapılan analizler sonucunda kesici takım tipinin, kesme hızının, ilerleme miktarının ve kesme derinliğinin yüzey pürüzlülük değerlerine ve kesme kuvvetlerine etkileri incelenmiştir.

İşleme deneyleri esnasında oluşan talaş numuneleri gözlemlendiğinde, deneylerde kullanılan kesici takımların tümü için sürekli talaş oluşumunda daha iyi yüzey kaliteleri, süreksiz talaş oluşumunun gerçekleştiği durumlarda ise daha yüksek yüzey pürüzlülük değerleri yani daha düşük yüzey kaliteleri elde edilmiştir.

İlerleme miktarı ve kesme derinliğinin sabit tutulmasıyla, kesme hızındaki artış sonucu kesme kuvvetlerinin azaldığı, yine ilerleme miktarı ve kesme derinliğinin sabit tutularak kesme hızının artırılması sonucu yüzey pürüzlülük değerlerinin azaldığı yani daha iyi yüzey kalitelerinin elde edildiği gözlemlenmiştir.

Kesme hızı ve kesme derinliğinin sabit tutulmasıyla, ilerleme miktarının artırılması neticesinde kesme kuvvetlerinde de artış olduğu, kesme hızı ve kesme

derinliği sabit tutulup ilerleme miktarının artırılması sonucunda yüzey pürüzlülük değerlerinin arttığı ve kötü yüzey kalitesi elde edildiği görölmüştür.

Kesme hızı ve ilerleme miktarının sabit kalması koşuluyla, kesme derinliği artırıldığı takdirde kesme kuvvetlerinin arttığı, kesme hızı ve ilerleme miktarının sabit tutularak kesme derinliğinin artırılması sonucunda yüzey pürüzlülük değerlerinin artarak yüzey kalitesinin olumsuz etkilendiği gözlemlenmiştir.

EA, EM, MP kodlu farklı talaş kırıcı forma sahip kesici takımlarla yapılan işleme deneyleri esnasında kullanılan aynı kesme parametre değerlerine karşın gerek kesme kuvvetleri gerekse yüzey pürüzlülük değerleri için farklı kesici takımlarla farklı sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar üretici firmanın farklı kesme parametreleri için kesici takım talaş kırıcı formu seçiminde sunduğu önerilerle ve literatürde karşılaşılan benzeri çalışmaların sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.

16.SONUÇLAR

Bu çalışmada AISI 304 kalite paslanmaz çelik malzemenin tornalanması işlemlerinde farklı talaş kırıcı formlara sahip WNMG 080408 MP TT9225, WNMG 080408 EM TT9215 ve WNMG 080408 EA TT9225 kesici takımlar kullanılmış, bu kesici takımların kesme kuvvetlerine ve yüzey pürüzlülük değerlerine etkileri farklı kesme parametreleri uygulanarak incelenmiştir.

Talaşlı imalat işlemlerinde kesici takım geometrisinin, talaş kırıcı formunun, kesme parametrelerinde ki değişimlerin işleme esnasında oluşan kesme kuvvetlerine ve işlenen parçaların yüzey kalitesine doğrudan etkisi vardır. Bu durum gerek deneysel veriler sonucu oluşturulan grafik ve tablolarda gerekse yapılan varyans analizi uygulamalarında görülmektedir.

Kesme hızında ki artışın (EA, EM, MP) kesici takımlarının tümünde yüzey pürüzlülüğü değerlerine olumlu etki ettiği görülmüştür. Kesme hızında ki artışla daha düşük yüzey pürüzlülük değerlerinin elde edilmesi, pratikte de daha iyi yüzey kalitesi elde etmek için yaygın olarak kullanılan bir metottür. Yüzey pürüzlülük değerlerinin tespiti için kesme hızı ve ilerleme miktarının yüzey kalitesine etkisi incelendiğinde kesme hızının ilerleme miktarına göre etkisinin daha az olduğu görülmüştür.

İlerleme miktarı ve kesme derinliğinde ki artışa bağlı olarak (EA, EM, MP) kodlu kesici takımları için yüzey pürüzlülüğü değerlerinin arttığı ve yüzey kalitesini olumsuz etkilediği gözlemlenmiştir. Varyans analizi sonuçları da incelendiğinde yüzey pürüzlülük değerleri için en etkin faktörün % 96'lık etkiyle ilerleme miktarı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. İlerleme miktarındaki artış kesme bölgesindeki yükün artmasına neden olacak ve daha fazla ısı artışıyla, kesici takımında daha kolay deforme olması gibi sonuçlar gözlemlenecektir. Analiz sonuçlarına göre kaliteli bir yüzeye ulaşmak için ilerleme miktarından sonra en etkin faktörün kesici takım tipi olduğu görülmüştür. Deneylerde kullanılan kesici takımların talaş kırıcı formlarının farklı olması sebebiyle kesici takım talaş kırıcı formunun iş parçası yüzey pürüzlülüğü değerlerinde etkin bir rolünün olduğu görülmektedir.

Farklı talaş kırıcı forma sahip üç kesici takım içinde kesme derinliği ve ilerleme miktarı arttıkça kesme kuvvetlerinin arttığı, kesme hızında ki artışla kesme kuvvetlerinin azaldığı gözlemlenmiştir. Varyans analizi sonuçları değerlendirildiğinde kesme kuvvetleri için en etkin faktörün % 74'lük etkiyle kesme derinliği olduğu, kesme derinliğinden sonraki en etkin faktörün ise ilerleme miktarı olduğu sonucuna varılmıştır.

İlerleme miktarları ve kesme derinlikleri sabit tutularak hazırlanan kesme kuvveti-kesme hızı grafikleri incelendiğinde, farklı talaş kırıcı formlarına (EA, EM, MP) bağlı olarak elde edilen en yüksek kesme kuvvetleri EM kodlu kesici takımında, en düşük kesme kuvvetleri ise MP kodlu kesici takımında gözlemlenmiştir.

Deneyler sonucunda hazırlanan grafikler incelendiğinde değişken kesme parametrelerinin tümünde en iyi yüzey kalitesi değerleri MP talaş kırıcı formuna sahip kesici takım ile elde edilmiştir. Düşük ilerleme miktarları ve kesme derinliklerinde EA kodlu kesici takım ile daha iyi yüzey kalitesi elde edilirken, ilerleme miktarı ve kesme derinliği arttığında EM kodlu kesici takım EA kodlu kesici takıma nazaran daha iyi sonuçlar vermiştir.

Yapılan işleme deneyleri sonucunda gözlemlenen, kesme derinliği ve ilerleme miktarında ki artışın kesme kuvvetlerini ve yüzey pürüzlülük değerlerini artırdığı, kesme hızında ki artışın ise kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülük değerlerinin azalttığı tespitleri literatürde yapılan çalışmalarla da paralellik göstermektedir, aynı tespitler literatürdeki farklı malzeme ve farklı kesici takımlar kullanılarak yapılan çalışmalarda da elde edilmiştir.

İmalat endüstrisinde verimlilik, maliyetler, kaliteli ürün, yüzey kalitesi, işlenen ve üretilen parçaların tasarıma uygunluğu, müşteri taleplerinin karşılanabilmesi gibi kavramlar büyük önem taşımaktadır. Bu kavramların istenilen düzeyde olabilmesi için talaşlı imalat işlemlerinde uygulanan yöntem, kullanılan tezgah, kullanılan kesici takım ve kesme parametreleri gibi faktörlerin seçiminde dikkatli olunması gerekmektedir.

Yapılan bu deneysel çalışmayla kesici takım seçiminin talaşlı imalat işlemlerindeki öneminin yanı sıra kesici takım talaş kırıcı formunun da kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülük değerlerine etkileri incelenerek ve yorumlanarak talaş kırıcı formunda önemi ve etkileri vurgulanmaya çalışılmıştır.

KAYNAKLAR

- A.M.A. Al-Ahmari, 2007, "Predictive Machinability Models for a Selected Hard Material in Turning Operations", Industrial Engineering Department, College of Engineering, King Saud University, *Journal of Materials Processing Technology* 190 (2007) 305–311.
- Ahilan C., Kumanan S., Sivakumaran N., Dhas J., 2013. "Modeling and prediction of machining quality in CNC turning process using intelligent hybrid decision making tools" *Applied Soft Computing*, Volume 13, Issue 3, Pages 1543-1551.
- Akasawa T., Sakurai H., Nakamura M., Tanaka T., Takano K., 2003, Effects of free-cutting additives on the machinability of austenitic stainless steels, *Journal of Materials Processing Technology*, Volumes 143-144, 66-71.
- Akkurt M., 1992. Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları, *Birsen Yayınevi*, İstanbul.
- Akkurt M., 2000. "Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları", İstanbul, sf.104-105.
- Altınkaya E, Güllü A, 2008. AISI 316 Östenitik Paslanmaz Çeliğin İşlenmesinde Talaş Kırıcı Formunun Takım Aşınmasına ve Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi. *Politeknik Dergisi*, 11(1), 13-17.
- Aran A., Temel M.A., 2004, "Paslanmaz Çelik, Üretimi, Kullanımı, Standartları", *Sarıtaş Teknik Yayın*, No:1, İstanbul.
- Asiltürk İ., Neşeli S., 2012. "Multi response optimisation of CNC turning parameters via Taguchi method-based response surface analysis" *Measurement*, Volume 45, Issue 4, Pages 785-794.
- Avuncan, G., 1998, "Talaş kaldırma ekonomisi ve kesici takımlar", *Makine Takım A.Ş.*, İstanbul, 120-280.
- Aykut, S., 1999, "CNC tezgahlarında kullanılan kesici takımların tasarım esasları", Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 30-42.
- Basmacı, G., 2002, "Nikel esaslı süper alaşım malzemelerin CNC freze tezgahlarında işlenmesinde kesme parametrelerinin incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 1-8.
- Beer F.P., Johnston E.R., 1985, *Mechanics of Material*, McGraw-Hill Ryerson, Toronto.
- Bhattacharya, D., 1987. "Machinability of Steel", *Journal of Metals*, March.
- Çakır M. C., 2000, Modern talaşlı imalat yöntemleri, *Uludağ Üniversitesi Yayınları*, Bursa, 1-210.
- Çakır M.C., 1997. Zor malzemelerin işlenebilirliği, *Denizli Malzeme Sempozyumu*, 162-169, Denizli.

- Çiftçi İ., 2004, AISI 304 östenitik paslanmaz çeliğin kaplanmış sementit karbür kesici takım ile işlenmesi esnasında oluşan takım aşınması, *Teknoloji*, Cilt. 7, Sayı, 3, 489-495.
- Çiftçi, İ., 2005, “Östenitik Paslanmaz Çeliklerin İşlenmesinde Kesici Takım Kaplamasının ve Kesme Hızının Kesme Kuvvetleri ve Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi”, *Gazi Üni. Müh. Mim. Fak. Der.*, Cilt 20, No 2, 205-209.
- Develi, K., 2003, "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.
- Fang N., 1988. Influence of the geometrical parameters of the chip Groove on chip breaking performance using new-style chip formers, *Journal of Materials Processing Technology*, 74 (1-3): 268-275.
- Fang N., Dewhurst P., 2005, Slip-line modeling of built-up edge formation in machining, *International Journal of Mechanical Sciences*, Vol. 47, Issue 7, 1079-1098.
- Galyer J.F.W., Shotbolt C.R., 1993, Metrology for engineers, Cassel Publishers Limited, London, Vol., pp. 191-194.
- Gürbüz H, Kafkas F, Şeker U, 2012. AISI 316L Çeliğin İşlenmesinde Kesici Takım Kesici Kenar Formu ve Talaş Kırıcı Formlarının Kesme Kuvvetleri ve Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi. *Batman University Journal of Life Sciences* 1(2), 173-184.
- Güventürk, F., 1990, "Çelik El Kitabı", *Güven Çelik San. ve Tic. Ltd. Şti. Yayınları*, İzmir, 35-41.
- Habalı, K., 2003, “Kesici takım kaplama malzemesinin takım-talaş ara yüzey sıcaklığı üzerindeki etkisinin deneysel olarak araştırılması”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 50-96.
- Jawahir I.S., 1990, On the controllability of chip breaking cycles and modes of chip breaking in metal machining, *CIRP Annals*, Vol. 39/1, 47-51.
- Kaluç E., Taban E., 2007, “Paslanmaz Çelikler, Geliştirilen Yeni Türleri ve Kaynak Edilebilirlikleri”, TMMOB, *Makine Mühendisleri Odası*.
- Kandemir, K., 1998, “Kesici takım malzemesi olarak kullanılan seramikler”, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Denizli, 1-3.
- Karayel B., Nalbant M., 2014, “Ç4140 malzemesinin tornalanmasında ilerleme, kesme hızı ve kesici takımın yüzey pürüzlülüğü, takım ömrü ve aşınmaya etkileri”, *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, Cilt:11, No:3, (11-26).
- Kasap, M., 2001, “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.

- Kim H.G., Sim J.H., Kweon H.J., 2009. Performance evaluation of chip breaker utilizing neural network, *Journal of Materials Processing Technology* A209(2): 647-656.
- Konyashin, I.Y., 1995, PVD/CVD technology for coating cemented carbides, *Surface and Coatings Tecnology*, Vol. 71, Issue. 3, 277-283.
- Krar S.F., Oswald J.W., 1990, *Technology of Machine Tools, Fourth Edition*, McMillan/McGraw-Hill.
- Kulkarni A., Sargade V., More C., 2018. Machinability Investigation of AISI 304 Austenitic Stainless Steels Using Multilayer AlTiN/TiAlN Coated Carbide Inserts, *Procedia Manufacturing*, Volume 20, 548-553.
- Kuram E., 2016. “AISI 304 Paslanmaz Çeliğin Frezelenmesinde Farklı Kaplama Malzemelerinin Takım Aşınmasına, Kesme Kuvvetlerine ve Yüzey Pürüzlülüğüne Etkileri” *Journal of Polytechnic*, 2016; 19(4) :433-443.
- Kurt A., Şeker U., 2005. “ The effect of champer angle of polycrystalline cubic boron nitride cutting tool on the cutting forces and the tool stresses in finishing hard turning of AISI 52100 steel”, *Material and Design*, Volume 26, Issue 4, Pages:351-356.
- Kwon Y., 2000, Robust control of surface roughness in a turning operation, *Bell and Howell Information and Learning Company*, The University of Iowa.
- M. Anthony Xavior, M. Adithan, 2009, “Determining The Influence of Cutting Fluids on Tool Wear and Surface Roughness During Turning of AISI 304 Austenitic Stainless Steel”, Mechanical Engineering, VIT University, Vellore 632014, *Journal of Materials Processing Technology* 209, 900–909.
- Metals Handbook, 1986, 9th Edition, Vol 15, Machining, ASM, *Metals Park*, OH.
- Nakayama K., 1984, Chip control in metal cutting, *Bull. J. Soc. Prec. Engng*, Vol. 18, 97-103.
- Özçatalbaş Y., 2002. Kesici takım aşınması ve iş malzemesi mekanik özelliklerinin yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetlerine etkisi. *Politeknik Dergisi*, 4(1), 47-52.
- Özbek N., Çiçek A., Gülesin M., Özbek Ö., 2017. “AISI 304 ve AISI 316 Östenitik Palanmaz Çeliklerin İşlenebilirliğinin Değerlendirilmesi”, *Journal of Polytechnic*, 20(1): 43-49.
- Ramaswami R., 1971, The effect of the built-up edge(BUE) on the wear of cutting tools, *Wear*, Volume 18, Issue 1, 1-10.
- Sandvik Coromant, 2005. Talaşlı İmalat Teknik Kılavuzu, *SE-81181 AB Sandvik coromant*, İsveç.
- Sarıtaş Çelik Sanayi ve Ticaret A.Ş., 2004, “*Sarıtaş Teknik Yayın*”, No:1, 2.Baskı, İstanbul.

- Sasahara H., 2005. The effect on fatigue life of residual stress and surface hardness resulting from different cutting conditions of 0,45 % C steel, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 45, 131-136.
- Scarr A.J.T., 1991, Metrology and precision engineering, *Mc. Graw-Hill Publishing Company Limited*, New York.
- Sivaraman V., Sankaran S., Vijayaraghavan L., 2012. The Effect of Cutting Parameters on Cutting Force During Turning Multiphase Microalloyed Steel. *Procedia CIRP*, 4, 157-160.
- Şahin Y., 2000. Talaş Kaldırma Prensipleri I, *Nobel Yayın Evi*, Ankara.
- Şahin Y., 2003, Talaş Kaldırma Prensipleri, Cilt 1., *Gazi Kitapevi*, Ankara.
- TaeguTec, 2018. *Kesici Takımlar Kataloğu*, <http://www.taegutec.com.tr/>
- Tekaüt İ., Günay M., Şeker U., 2011. Tornalama İşlemlerinde Talaş Kırıcı Formunun ve Kesme Parametrelerinin Taguchi Yöntemiyle Optimizasyonu, *IATS'11*, Elazığ.
- Teknik Cutting Tools, 2019. *Teknik Kılavuz*, Konya
- Wright P.K., Trent E.M., 2003. Metallurgical appraisals of wear mechanisms and processes on high-speed-steel cutting tools, *Metals Technology*, vol.1, Issue 1, 13-23.
- Yalçın B., 2002, *Yüksek hız çeliği kesici takım üzerine yapılan titanyum nitrür kaplamanın kesici takım performansına etkilerinin incelenmesi*, Isparta.
- Yeyen H. E., 2006. AISI 303 Östenitik paslanmaz çeliklerin işlenebilirliğinin deneysel olarak araştırılması, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Zeyveli M, Demir H, 2009. AISI 01 Soğuk İş Takım Çeliğinin İşlenebilirliğinin Kesme Kuvvetleri ve Yüzey Pürüzlülüğü Açısından Araştırılması. *e-Journal of New World Sciences Academy*, Vol 4, (2), 323-331.
- Zerti A., Yallase M., Meddour I., Belhadi S., Haddad A., Mabrouki T., 2019. Modelling and multi-objective optimization for minimizing surface roughness, cutting force, and power, and maximizing productivity for tempered stainless steel AISI 420 in turning operations, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 102, Issue 1-4, 135-157.
- Zorev N., 1963, Int. Research in Production Engineering, *Pittsburg*, pp 42.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Buğra ARSLAN
Uyruğu : T.C
Doğum Yeri ve Tarihi : Tokat – 29.03.1988
Telefon : 0536 472 33 33
Faks : -
E-Posta : arslanbugra@yahoo.com

EĞİTİM

Derece	Adı	İlçe	İl	Bitirme Yılı
Lise	: Tokat Anadolu Lisesi	Merkez	Tokat	2006
Üniversite	: Cumhuriyet Üniversitesi	Merkez	Sivas	2012
Yüksek Lisans	: Konya Teknik Üniversitesi	Selçuklu	Konya	
Doktora	:			

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2013-2014	UDEM BELGELENDİRME	Makine Mühendisi
2014-2015	GENMOT CRANKSHAFT END.	Üretim Şefi
2015-2018	KURŞUNEL KALIP MAK. SAN.	Üretim Müdürü

UZMANLIK ALANI

Makine Mühendisliği

YABANCI DİLLER

İngilizce

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

YAYINLAR