

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ETİAL 180 ALÜMİNYUM ALAŞIMININ İŞLENMESİNDE
KESİCİ TAKIM GEOMETRİSİ VE KESME
PARAMETRELERİNİN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNE ETKİLERİ**

Ekrem YILMAZ

Danışman: Prof. Dr. Abdullah ÖZSOY

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
ISPARTA-2010**

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	4
2.1. Talaşlı İmalat.....	14
2.2. Talaş Oluşumu.....	15
2.3. Talaş Tipleri.....	17
2.3.1. Sürekli talaş.....	17
2.3.2. Kesikli talaş.....	18
2.3.3. Sıvanmalı sürekli talaş.....	19
2.4. Talaş Biçimleri.....	20
2.5. Kesici Takım Malzemeleri.....	21
2.5.1. Karbon ve alaşımlı takım çelikleri.....	23
2.5.2. Yüksek hız çelikleri.....	24
2.5.3. Stelitler.....	26
2.5.4. Sert metaller.....	26
2.5.5. Seramikler.....	28
2.5.6. Elmaslar.....	29
2.5.7. Kübik bor nitrürler.....	31
2.5.8. Kesici takım geometrisi.....	33
2.6. İmalatta Yüzey Pürüzlülüğü.....	36
2.7. Yüzey Pürüzlülüğü.....	37
2.7.1. Yüzey kalitesinin sayısal olarak değerlendirilmesi.....	39
2.7.1.1. Ortalama çizgi (M) sistemi.....	39
2.7.1.2. Zarf (E) sistemi.....	40

2.7.2. Yüzey pürüzlülüğü ölçme teknikleri.....	41
2.7.3. Yüzey pürüzlülük parametreleri.....	43
2.7.3.1. Örnekleme uzunluğu (ln) ve örnekleme sayısı (n).....	43
2.7.3.2. Ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra).....	43
2.7.3.3. Profilin maksimum yüksekliği (Rz) ve maksimum tepe yüksekliği (Rp).....	44
2.7.3.4. Profilin karelerinin ortalamasının karekökü (Rq).....	45
2.7.3.5. Maksimum profil yüksekliği (Rmax).....	45
2.7.3.6. Genlik dağılım eğrisi (Rsk).....	46
2.7.3.7. Profil elemanlarının genişliğinin ortalaması (Rsm)	47
2.7.4. Yüzey pürüzlülüğünde kullanılan standartlar	47
2.8. İşlenebilirlik.....	49
2.8.1. İş parçası malzeme özelliklerinin işlenebilirliğe etkisi	51
2.8.1.1. Sertlik ve mukavemet	51
2.8.1.2. Süneklik	51
2.8.1.3. Isıl iletkenlik	52
2.8.1.4. Deformasyon sertleşmesi	52
2.8.1.5. Kalıntılar	53
2.8.1.6. İşlemeyi kolaylaştıran katkı malzemeleri	53
2.8.1.7. Malzeme yapısı	54
2.8.1.8. İş parçası durumu.....	54
2.8.1.9. Yüzey durumu	55
2.8.1.10. Alaşım elementleri	56
2.8.2. Alüminyum ve alaşımlarının talaşlı işlenebilirliği.....	56
2.9. Frezeleme	58
2.9.1. Alın frezeleme	59
2.9.1.1. Simetrik frezeleme yöntemi	60
2.9.1.2. Asimetrik frezeleme yöntemi	61
2.9.2. Çevresel frezeleme	61
2.9.2.1. Aynı yönlü frezeleme	62
2.9.2.2. Karşıt yönlü frezeleme	63
2.9.3. Frezelemede kesme parametreleri	64

2.9.3.1. Kesme hızı	64
2.9.3.2. İlerleme	65
2.9.3.3. Talaş derinliği	66
2.10. Alüminyum	67
2.10.1. Alüminyum ve genel özellikleri	67
2.10.2. Alaşım elementleri ve etkisi.....	69
2.10.2.1. Bakırın etkisi.....	70
2.10.2.2. Silisyumun etkisi.....	71
2.10.2.3. Çinkonun etkisi.....	71
2.10.2.4. Magnezyumun etkisi	71
2.10.2.5. Manganın etkisi	72
2.10.2.6. Demirin etkisi	72
2.10.2.7. Geçiş metallerinin etkisi	72
2.10.3. Alüminyum alaşımlarının sınıflandırılması	73
2.10.3.1. Alüminyum dövme alaşımları	73
2.10.3.2. Alüminyum döküm alaşımları	75
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	76
3.1. Materyal.....	76
3.1.1. Deney malzemesi.....	76
3.1.2. Deney numunelerinin hazırlanması.....	76
3.1.3. Takım tutucu (kesici takım) ve kesici uçlar.....	77
3.1.4. Takım tezgâhı.....	78
3.2. Yöntem.....	78
3.2.1. Deneylerin yapılışı.....	78
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	81
4.1. İlerleme Miktarının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi.....	82
4.2. Kesici Uç Yarıçapının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi.....	86
4.3. Kesme Hızının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi.....	90
4.4. Talaş Derinliğinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi.....	95
5. SONUÇ.....	97
6. KAYNAKLAR.....	99
ÖZGEÇMİŞ.....	104

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ETİAL 180 ALÜMİNYUM ALAŞIMININ İŞLENMESİNDE KESİCİ TAKIM GEOMETRİSİ VE KESME PARAMETRELERİNİN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNE ETKİLERİ

Ekrem YILMAZ

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Eğitimi Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Abdullah ÖZSOY

Bu çalışmada, ETİAL 180 alüminyum alaşımının CNC dikey işleme merkezinde, kaplamasız karbür kesici takımlarla işlenmesinde, ilerleme miktarı, kesici uç yarıçapı, kesme hızı ve talaş derinliğinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Kesici uç olarak ISCAR şirketine ait, 0,4-0,8-1,6 mm yarıçaplı kaplamasız tungsten karbür kesici uçlar kullanılmıştır. Deneylerde kesme parametreleri olarak ilerleme miktarı 0,10-0,15-0,20 mm/diş, kesme hızı 300-450-600 m/dak ve talaş derinliği 0,8-1,6 mm seçilmiştir.

Deney sonuçlarına göre kesici takım uç yarıçapının artmasıyla, yüzey pürüzlülüğü azalmıştır. Deneylerde ilerleme miktarı ve talaş derinliği arttıkça yüzey pürüzlülüğünün arttığı fakat kesme hızı arttıkça yüzey pürüzlülüğünün azaldığı tespit edilmiştir. Yüzey pürüzlülüğü üzerinde en etkili parametreler sırasıyla ilerleme miktarı, kesici takım uç yarıçapı, kesme hızı ve talaş derinliği olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Alüminyum alaşımı, yüzey pürüzlülüğü, kesici takım uç yarıçapı, frezeleme

2010, 104 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

THE EFFECTS OF CUTTING TOOL GEOMETRY AND CUTTING PARAMETERS TO SURFACE ROUGHNESS IN MACHINING ETİAL 180 ALUMINUM ALLOY

Ekrem YILMAZ

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Machine Education Department**

Supervisor: Prof. Dr. Abdullah ÖZSOY

In this study, effect of feed rate, cutting tool nose radius, cutting speed and cutting depth on surface roughness was aimed to investigate when ETİAL 180 aluminum alloy was machined with uncoated carbide cutting tools on a CNC vertical machining center.

Uncoated tungsten carbide cutting tools of 0,4-0,8-1,6 mm nose radius, companies belonging to ISCAR were used in experiments. Cutting parameters as feed rate of 0,10-0,15-0,20 mm/z, cutting speed of 300-450-600 m/min, cutting depth of 0,8-1,6 mm in experiments were selected.

In the result of experiments, surface roughness is decreased with increasing the nose radius. In experiments, it is determined that the surface roughness was increased when feed rate and cutting depth was increased but the surface roughness was decreased when the cutting speed was increased. The most effective parameters on surface roughness are respectively feed rate, cutting tool nose radius, cutting speed and cutting depth.

Key Words: Aluminum alloy, surface roughness, cutting tool nose radius, milling

2010, 104 pages

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Prof. Dr. Abdullah ÖZSOY'a teşekkürlerimi sunarım.

Deneyleerin yapılmasında büyük katkı sağlayan Fen İş Limitet Şirketi personeline, yüzey pürüzlülük ölçümlerinde yardımcı olan hocam Yrd. Doç. Dr. Hakan DİLİPAK ve Yrd. Doç. Dr. Abdulmecit GÜLDAŞ'a, çalışmamın her aşamasında yardım ve desteğini esirgemeyen JANTSA Jant Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi Kalite Güvence Müdürü Levent KORAN ve öğretmen arkadaşım Ramazan OKTAR'a teşekkür ederim.

Ayrıca manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Ekrem YILMAZ
ISPARTA, 2010

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Uç 1 ve Uç 2' nin kesme parametrelerine göre yüzey pürüzlülük değişimleri	7
Şekil 2.2. Yuvarlak uçlu kesici takımlarla yüzey frezeleme operasyonlarında radyal (ϵ_{ai}) ve aksenal (ϵ_{ri}) kaçıklıklar.....	9
Şekil 2.3. Matkap geometrisi.....	12
Şekil 2.4. Yüzey pürüzlülüğünün kesme hızına göre değişimi.....	13
Şekil 2.5. Gerçek talaş oluşumu.....	16
Şekil 2.6. Sürekli talaş.....	17
Şekil 2.7. Kesikli talaş.....	18
Şekil 2.8. Sıvanmalı sürekli talaş.....	19
Şekil 2.9. Talaş biçimleri ve uygunluk durumları.....	20
Şekil 2.10. Takım seçimini etkileyen faktörler.....	22
Şekil 2.11. Karbon çeliğinin mikro yapısı.....	23
Şekil 2.12. YHÇ'nin mikro yapısı.....	25
Şekil 2.13. Çeşitli sinterlenmiş karbür yapıları.....	27
Şekil 2.14. Saf alüminyum oksit seramiğin yapısı.....	29
Şekil 2.15. Çok kristalli elmas.....	31
Şekil 2.16. Kübik bor nitrür.....	32
Şekil 2.17. Takım açılarının etkisi.....	33
Şekil 2.18. Uç açıları.....	34
Şekil 2.19. Yüzey kalitesi ve köşe radyüsü ilişkisi.....	35
Şekil 2.20. Yüzey pürüzlülüğünün üç boyutlu gösterimi ve yüzey profili.....	38
Şekil 2.21. Ortalama çizgi konumunun belirlenmesi.....	39
Şekil 2.22. Zarf eğrisinin elde edilişi.....	40
Şekil 2.23. Ortalama zarf eğrisi.....	41
Şekil 2.24. Örnekleme uzunluğu ve sayısı ile ölçüm uzunluğu.....	43
Şekil 2.25. Ortalama yüzey pürüzlülüğü.....	44
Şekil 2.26. Profilin karelerinin ortalamasının karekökü.....	45
Şekil 2.27. R_v , R_p , R_t - R_{max} yüzey pürüzlülük parametreleri.....	46
Şekil 2.28. Profil ve genlik dağılım eğrisi.....	46

Şekil 2.29. Profil elemanlarının genişliğinin ortalaması.....	47
Şekil 2.30. Çekme dayanımı (TS) ile sertlik (HB) ve süneklik (D) arasındaki ilişki.....	51
Şekil 2.31. Termal iletkenlik (TC) ile işlenebilirlik değeri (M) arasındaki ilişki...	52
Şekil 2.32. Alın frezeleme işlemi.....	59
Şekil 2.33. Simetrik frezeleme işlemi.....	60
Şekil 2.34. Asimetrik frezeleme işlemi.....	61
Şekil 2.35. Aynı yönlü frezeleme işlemi.....	62
Şekil 2.36. Karşıt yönlü frezeleme işlemi.....	63
Şekil 2.37. Kesme hızı.....	64
Şekil 2.38. Alüminyum alaşım elementleri ile çeşitli kombinasyonlarda yapılan alaşımların şematik gösterimi.....	70
Şekil 3.1. Takang Co VMC-1000 CNC dikey işleme merkezi.....	78
Şekil 3.2. İşleme esnasında iş parçası ve kesici takımın durumu.....	79
Şekil 3.3. MAHR-Perthometer-M1 yüzey pürüzlülük cihazı.....	80
Şekil 4.1. 1,6 mm talaş derinliği ve 300 m/dak kesme hızında, ilerleme miktarına bağlı olarak elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değişimleri.....	82
Şekil 4.2. 1,6 mm talaş derinliği ve 450 m/dak kesme hızında, ilerleme miktarına bağlı olarak elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değişimleri.....	83
Şekil 4.3. 1,6 mm talaş derinliği ve 600 m/dak kesme hızında, ilerleme miktarına bağlı olarak elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değişimleri.....	83
Şekil 4.4. 0,8 mm talaş derinliği ve 300 m/dak kesme hızında, ilerleme miktarına bağlı olarak elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değişimleri.....	84
Şekil 4.5. 0,8 mm talaş derinliği ve 450 m/dak kesme hızında, ilerleme miktarına bağlı olarak elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değişimleri.....	84
Şekil 4.6. 0,8 mm talaş derinliği ve 600 m/dak kesme hızında, ilerleme miktarına bağlı olarak elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değişimleri.....	85
Şekil 4.7. 300 m/dak kesme hızı ve 0,8 mm talaş derinliğinde, kesici uç yarıçapına bağlı olarak elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değişimleri.....	86
Şekil 4.8. 450 m/dak kesme hızı ve 0,8 mm talaş derinliğinde, kesici uç	

yarıçapına bağlı olarak elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değişimleri.....	87
Şekil 4.9. 600 m/dak kesme hızı ve 0,8 mm talaş derinliğinde, kesici uç yarıçapına bağlı olarak elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değişimleri.....	87
Şekil 4.10. 300 m/dak kesme hızı ve 1,6 mm talaş derinliğinde, kesici uç yarıçapına bağlı olarak elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değişimleri.....	88
Şekil 4.11. 450 m/dak kesme hızı ve 1,6 mm talaş derinliğinde, kesici uç yarıçapına bağlı olarak elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değişimleri.....	88
Şekil 4.12. 600 m/dak kesme hızı ve 1,6 mm talaş derinliğinde, kesici uç yarıçapına bağlı olarak elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değişimleri.....	89
Şekil 4.13. 0,10 mm/diş ilerleme miktarı ve 0,8 mm talaş derinliğinde, kesme hızına bağlı olarak elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değişimleri.....	91
Şekil 4.14. 0,15 mm/diş ilerleme miktarı ve 0,8 mm talaş derinliğinde, kesme hızına bağlı olarak elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değişimleri.....	91
Şekil 4.15. 0,20 mm/diş ilerleme miktarı ve 0,8 mm talaş derinliğinde, kesme hızına bağlı olarak elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değişimleri.....	92
Şekil 4.16. 0,10 mm/diş ilerleme miktarı ve 1,6 mm talaş derinliğinde, kesme hızına bağlı olarak elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değişimleri.....	92
Şekil 4.17. 0,15 mm/diş ilerleme miktarı ve 1,6 mm talaş derinliğinde, kesme hızına bağlı olarak elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değişimleri.....	93
Şekil 4.18. 0,20 mm/diş ilerleme miktarı ve 1,6 mm talaş derinliğinde, kesme hızına bağlı olarak elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değişimleri.....	93
Şekil 4.19. 0,15 mm/diş ilerleme miktarı ve 300 m/dak kesme hızında, talaş derinliğine bağlı olarak elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değişimleri.....	96

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Rsm için standart örnekleme ve değerlendirme uzunlukları.....	48
Çizelge 2.2. Ra ve Rq için standart örnekleme ve değerlendirme uzunlukları.....	48
Çizelge 2.3. Rz, Rt ve Rp için standart örnekleme ve değerlendirme uzunlukları...	48
Çizelge 2.4. Sertliği 50-150 BHN olan Al alaşımlarının işlenmesi.....	58
Çizelge 2.5. Katı alüminyum metalinin 20 °C’de ki yoğunluk değerleri.....	67
Çizelge 2.6. Alüminyumun bazı özelliklerinin diğer metallerle karşılaştırılması...	68
Çizelge 2.7. Alüminyum işlem alaşımlarında simgeleme dizisi.....	74
Çizelge 2.8. Alüminyum döküm alaşımlarında simgeleme dizisi.....	75
Çizelge 3.1. Etial 180 alüminyum alaşımının kimyasal bileşimi.....	76
Çizelge 3.2. Kesici takım ve teknik özellikleri.....	77
Çizelge 3.3. Kesici uçlar ve teknik özellikleri.....	77
Çizelge 3.4. Takang Co VMC-1000 CNC dikey işleme merkezi teknik bilgileri...	78
Çizelge 3.5. Yüzey pürüzlülük deneyleri için belirlenen parametreler.....	79
Çizelge 3.6. Ortalama yüzey pürüzlülüğü sonuçları.....	81

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AISI	Amerika Demir ve Çelik Enstitüsü
Al	Alüminyum
Al ₂ O ₃	Alüminyum oksit
ASA	Amerikan Standartlar Birliği
BUE	Talaş sıvanması ve yapışması
BSD (BHN)	Brinell sertlik değeri
BSI	İngiliz Standartlar Kurumu
CNC	Bilgisayar sayısal kontrollü
CVD	Kimyasal buharlaştırma metodu
ÇKE (PCD)	Çok kristalli elmas
ÇKKBN	Çok kristalli kübik bor nitrür
PVD	Fiziksel buharlaştırma metodu
Ra	Ortalama yüzey pürüzlülük değeri
Rt	Maksimum yüzey pürüzlülüğü değeri
MSS	Minimum soğutma sıvısı
TiC	Titanyum karbür
TiN	Titanyum nitrür
WC	Tungsten karbür
YHÇ	Yüksek hız çeliği
YT	Yığıntı talaş

1. GİRİŞ

Günümüzde gelişen teknolojiyle birlikte çok çeşitli talaşlı ve talaşsız imalat yöntemleri mevcuttur. Talaşsız imalat yöntemlerinde kısa sürede ve düşük maliyetle çok sayıda parça üretilmektedir. Fakat üretilen parçaların istenilen yüzey, boyut ve şekil kalitesinde olması için; yüzeylerinin bir kısmı veya tamamının talaşlı imalat yöntemleriyle tekrar işlenmesi gerekir.

Talaşlı imalat; takım tezgâhları kullanarak kesici vasıtasıyla malzemelerin talaş kaldırılarak istenilen ölçülerde imal edilmesidir. Talaşlı imalatta tornalama, frezeleme, delme, vargelleme, broşlama, honlama ve taşlama gibi, her biri çok farklı amaca sahip, çok çeşitli talaş kaldırma yöntemleri mevcuttur. Talaşlı üretim yöntemlerinden biri olan frezeleme makine, otomotiv ve uçak endüstrisinde çok önemlidir. Frezeleme yöntemiyle düzlem ve eğik yüzeyler ile kanal, vida ve dişli çarklar işlenebilir. Frezeleme işlemi bir bitirme işlemi olmasa da diğer işlemlere geçiş işlemi olduğundan; imal edilen parçaların yüzey kalitesine dikkat edilmesi gerekir. Hangi üretim yöntemi olursa olsun parçaların, deformasyona uğratılmadan kısa sürede, en az maliyetle üretilmesi istenir.

Her işleme tekniğinin doğrudan veya dolaylı olarak etkilendiği işleme parametreleri vardır. Bu parametrelerin işleme sırasında her birinin ayrı ayrı etkilerinin yanısıra, birbiriyle de etkileşimi söz konusudur. Eğer bu parametrelerin ilişkileri iyi bilinmez ve büyüklükleri doğru seçilmezse, yapılacak işlemin sonucu önceden tahmin edilemeyecektir. El yordamına ve göz kararına bırakılacak parametre seçimi, bir önceki ve bir sonraki işleme göre aynı değerde olmayacağından, genellikle farklı sonuçlar elde edilecektir. Bu durum ise; çözülmesi gereken bir problem olarak ortaya çıkmaktadır (Güllü, 1995).

Tornalama işleminde olduğu gibi verimli bir frezeleme işlemine etki eden en önemli faktörler; kesme hızı, ilerleme miktarı ve talaş derinliğidir. Kesici çok düşük hızda çalıştırılırsa çok zaman kaybolurken aşırı hızda çabuk aşınmadan dolayı çakının yeniden bilenmesi ve takılması da zaman kaybına yol açar. Bu şartlarda kesilen

malzemeler için uygun kesme hızının seçimi gereklidir. Buna ilaveten, ilerleme miktarı da önemli olup, iş parçası çok yavaş ilerlese frezeleme işlemi çok geç bitecek, kesici otlaması oluşacak ve çakının ömrü azalabilecektir. İş parçası çok hızlı ilerlese çakı kırılabilir veya yeterli talaş derinliği verilmezse işlemi tamamlamak için birkaç paso gerekecek, bu da daha çok zaman kaybettirecektir. Bu nedenle kesme hızı, ilerleme miktarı ve talaş derinliği her frezeleme işleminde dikkate alınması gereken en önemli üç faktördür (Şahin, 2000).

Talaşlı imalatta amaç parçalara belirli bir şekli vermenin yanında, aynı zamanda parçayı önceden belirlenen boyut ve yüzey kalitesinde üretmektir. Üretimi yapılan parçanın istenen yüzey kalitesinde olmaması parçanın hurdaya gitmesine sebep olmakla beraber; işçilik, enerji, kesici takım giderlerinin artması ve zaman kayıplarına neden olmaktadır. Böylelikle işlem maliyeti artmaktadır. Bunun yanında üretilen parçaların gereğinden fazla yüzey kalitesine sahip olması da istenilen bir durum değildir. Çünkü yüzey kalitesi arttıkça işlem maliyeti de artmaktadır. İmal edilen parçaların kullanım amacına göre yeteri kadar yüzey pürüzlülüğüne sahip olması gerekir. İstenen yüzey kalitesine hangi geometriye sahip takım ve parametrelerin seçimi ile ulaşılabileceğinin önceden bilinmesi gereklidir. İşlem sonunda düşük yüzey pürüzlülük değerleri elde etmek için genel olarak yüksek kesme hızı, düşük ilerleme miktarı ve talaş derinliği ile büyük uç yarıçapına sahip takım seçilmelidir.

İyi seçilmeyen parametreler kesicilerin kırılması, hızlı aşınması ve yanması gibi ekonomik kayıpların yanında, iş parçasının bozulması veya yeni bir işlem gerektirecek derecede iş parçası yüzey kalitesinin yetersizliği gibi yine ekonomik kayba ve zaman israfına sebep olacaktır (Güllü, 1995).

Günümüzde artık uzay, uçak, otomotiv, silah, inşaat, eşya, ısıtma-soğutma vb. sanayinin birçok alanında alüminyum alaşımları kullanılmaktadır. Dünyada ve ülkemizde birçok üstün özelliğinden dolayı alüminyum kullanımı giderek artmaktadır. Artık sanayide alüminyum alaşımlarının kullanımı demir-çelik kullanımıyla yarışır hale gelmiştir.

Alüminyum endüstrisindeki hızlı büyüme bu metalin eşsiz özellik kombinasyonuna atfedilmektedir. Bu özellikler alüminyumu çok yönlü yapı ve mühendislik malzemelerinden biri yapmaktadır. Alüminyum ağırlıkça hafiftir ve alaşımları yapı çeliklerinden daha fazla mukavemetlendirilmiştir. Alüminyum iyi bir elektriksel ve ısıl iletkenlik ile yüksek bir ısı ve ışık yansıtmasına sahiptir. Pek çok hizmet şartlarında korozyon direnci oldukça iyidir. Alüminyum dökülebilir ve pek çok şekle getirilebilir. Geniş bir aralıkta iyi yüzey kalitesi verir. Alüminyum bu üstün özellikleriyle mühendislik malzemesi olarak büyük önem kazanması şaşırtıcı değildir (Smith, 2001).

Yapılan literatür taramasında alüminyum alaşımlarının frezeleme yöntemiyle talaşlı olarak işlenmesi üzerine detaylı çalışmaların olmadığı görülmüştür. Gerçekleştirilen bu çalışmanın amacı, alüminyum alaşımının talaşlı olarak işlenmesinde kesici takım geometrisi ve kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkilerini araştırmaktır. Deneysel malzemesi olarak 50x50x150 mm ölçülerinde ETİAL 180 alüminyum alaşımı seçilmiş ve çalışmalar CNC dikey işleme merkezinde yüzey frezeleme yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Çalışmada üç değişik uç geometrisine sahip kesici uçlar kullanılmıştır. Kesme parametreleri için; kesici takım firmasının tavsiye ettiği ideal kesme şartları, daha önce yapılmış deneysel çalışmalar ve tezgâh teknik bilgileri de dikkate alınarak, üç farklı kesme hızı ve ilerleme miktarı ile iki farklı talaş derinliği seçilmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Bu bölümde önce, alüminyum alaşımları dışındaki malzemeler üzerine yapılan çalışmalar, daha sonra da alüminyum alaşımları ile ilgili yapılan çalışmalar sunulmuştur.

Güllü ve Özdemir (2003), prizmatik parçaların frezelenmesinde kesme parametreleri ile yüzey pürüzlülüğü arasındaki ilişkiyi deneysel olarak belirlemek için yaptıkları çalışmada, beş farklı kesme hızı, dört farklı ilerleme ve üç farklı kesme derinliği kullanmışlardır. Çalışma sonunda 0,8 mm kesme derinliğinde, ilerleme arttıkça pürüzlülük değerinin de arttığını, 0,6 mm kesme derinliği ve yüksek ilerlemelerde 0,8 mm'nin tersine pürüzlülükte iyileşme görüldüğünü, 0,4 mm'de ise yüzey pürüzlülük değerinin daha da iyileştiğini belirlemişlerdir.

Işık ve Çakır (2001), çalışmalarında hız çeliği takımlar için kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkilerini deneysel olarak incelemişlerdir. Bu çalışmada talaş kaldırma işlemlerinde yüzey pürüzlülüğünün önceden tahmini için bir model geliştirilmiştir. Teorik olarak bulunan yüzey pürüzlülüğü değerleri deneysel sonuçlar ile karşılaştırılmış ve ikisi arasında uygunluk olduğu görülmüştür. Yapılan deneyler sonunda, ilerleme ve talaş derinliğinin yüzey pürüzlülüğünü arttırdığı, köşe radyüsünün artmasının ise pürüzlülüğü azalttığı görülmüştür. Hız çeliği için belirlenen kesme hızlarının yüzey pürüzlülüğü üzerinde herhangi bir etkisi tespit edilmemiştir.

Gökkaya vd. (2004), AISI 1030 çeliğini PVD ve CVD kaplamalı sementit karbür kesici takımlarla, 2 mm sabit kesme derinliğinde işleyerek, kesme hızı ve ilerleme miktarının yüzey pürüzlülüğüne etkisini araştırmışlardır. Deneylerde, 0,25-0,45 mm/dev arasında beş farklı ilerleme ile 100, 200 ve 300 m/dak olmak üzere üç farklı kesme hızı kullanmışlardır. İlerleme miktarının % 80 azaltılmasıyla % 176, kesme hızının % 200 arttırılması ile de % 13 yüzey pürüzlülüğünde iyileşme sağlanmıştır. En düşük yüzey pürüzlülüğünü TiN kaplı kesici takımla elde etmişlerdir. Ayrıca Gökkaya vd. (2006), aynı malzeme ve kesme parametreleri, fakat kaplamasız

sementit karbür kesici takım kullanarak yaptıkları bir başka çalışmada ise, en düşük yüzey pürüzlülüğünü 100 m/dak kesme hızında elde etmişlerdir. Yüzey pürüzlülüğünde, ilerleme değerinin % 80 azaltılmasıyla % 215, kesme hızının % 200 azaltılmasıyla % 13 iyileşme olduğu görülmüştür.

Çoğun ve Özses (2002), bilgisayar sayısal denetimli takım tezgâhlarında değişik işleme koşullarının yüzey pürüzlülüğüne etkisini araştırmışlardır. Bu çalışmada dört değişik takım tezgâhı kullanılmış ve takım ilerleme hızı, iş parçası dönme hızı, tabla ilerlemesi ile paso derinliği işleme parametresi olarak alınmıştır. Fener mili/iş mili dönme hızı arttırıldığında yüzey pürüzlülüğünün iyileştiğini, takım ilerlemesi/tabla ilerlemesi arttırıldığında yüzey pürüzlülüğünün kötüleştiğini tespit etmişlerdir. Ayrıca büyük uç yarıçaplı kesiciler kullanıldığında, yüzey pürüzlülüğünde azalma olmuştur. Bunun yanında paso derinliğinin artmasıyla yüzey pürüzlülüğü de artmıştır.

Çiftçi (2005), yaptığı çalışmada östenitik paslanmaz çeliklerin işlenmesinde kesici takım kaplamasının ve kesme hızının kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğüne etkisini araştırmıştır. Bu çalışmada iki farklı östenitik paslanmaz çelik (AISI 304 ve AISI 316) soğutma sıvısı kullanılmadan tornalama metoduyla, TiC/TiCN/TiN ve TiCN/TiC/Al₂O₃ katmanlarıyla çok katlı kaplanmış seimentit karbür kesici takım kullanarak işlenmiştir. Deneyler dört farklı kesme hızında (120, 150, 180 ve 210 m/dak), ilerleme hızı 0,16 mm/dev ve talaş derinliği 1,6 mm sabit tutularak yapılmıştır. Kesme hızının kesme kuvvetlerini önemli derecede etkilemediği ancak yüzey pürüzlülüğüne etkisinin önemli olduğu görülmüştür. 180 m/dak kesme hızına kadar yüzey pürüzlülük değerinde azalma olmuş, bu değerden sonra yüzey pürüzlülüğünde artış görülmüştür. Bu durum yüksek kesme hızlarında kesici takım ucundaki muhtemel küçük kırılmalarla açıklanmıştır.

Gadelmawla vd. (2002), ise yüzey pürüzlülüğü ölçüm teknikleri ile matematiksel ve istatistiksel ifadeler konusunda çalışmalar yapmışlardır. Daha önceden bilinen klasik pürüzlülük parametrelerinin yanında yeni parametreler geliştirmişlerdir. Bunun için geliştirilen bilgisayar paket programında 59 adet yüzey pürüzlülük parametresi ve

bunlara ait matematiksel ifadeler tanımlanmıştır. Bu yüzey pürüzlülük parametrelerinin hangi durumlarda önem arz ettiği konusunda önermeler yapmışlardır.

Kopac ve Bahor (1999) tarafından yapılan diğer çalışmada ise, sanayide çok kullanılan temperlenmiş Ç106 ve Ç4140 çeliklerinde, işleme parametrelerinin rastgele seçimi ile ne tür durumlarla karşılaşılacağı üzerinde durulmuştur. Çalışmalarında her iki çelik malzeme için büyük uç yarıçaplı takım kullanıldığında, düşük yüzey pürüzlülüğü elde edildiği sonucuna ulaşılmıştır.

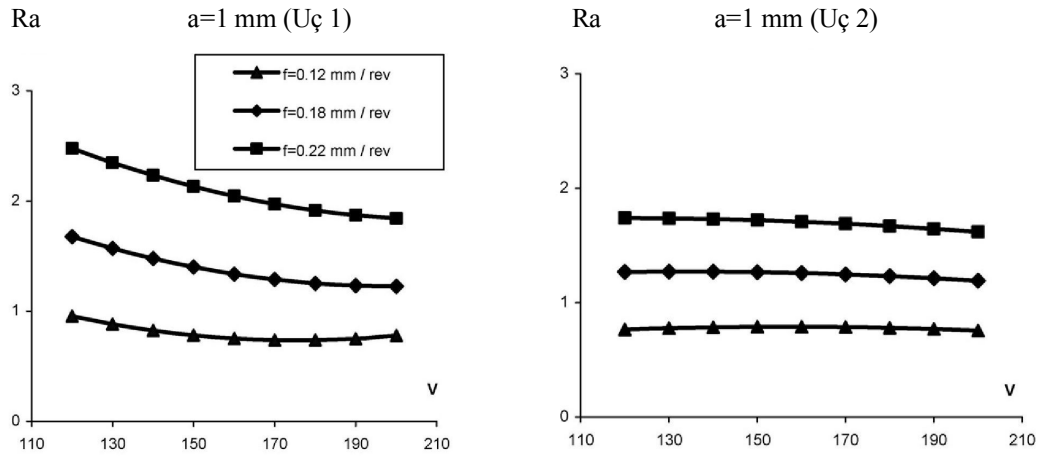
Eriksen (1999) “İmalat parametrelerinin, kısa fiberlerle güçlendirilmiş termoplastikler üzerindeki etkileri” adlı çalışmada, kısa fiberlerle güçlendirilmiş termoplastiklerin torna ile işlenmesinde kesme hızı, ilerleme hızı, kesici takım yarıçapı ve fiber doğrultusunun yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisini incelemiştir. İlerleme hızının 0,1 mm/dev değerinin üzerinde olduğu durumlarda yüzey pürüzlülüğünün arttığı, takım uç yarıçapı büyüdüğünde yüzey pürüzlülüğünün azaldığı görülmüştür. Ayrıca kesme hızı 500 m/dak’ya ulaştığında yüzey pürüzlülüğünün arttığı, 1500 m/dak’ya varan yüksek kesme hızı değerlerinde ise; yüzey pürüzlülüğünün kesme hızından etkilenmediği belirtilmiştir.

Korkut ve Dönertaş (2007) AISI 1020 ve AISI 1040 çeliklerini kullanarak yaptıkları çalışmada, yüzey frezelemede kesme hızı ve ilerleme miktarının kesme kuvveti, yüzey pürüzlülüğü ve takım-talaş temas uzunluğu üzerine etkilerini araştırmışlardır. Aynı kesme şartlarında AISI 1020 çeliğinde, AISI 1040 çeliğine göre daha düşük yüzey pürüzlülüğü elde edilmiş ve kesme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülük değerlerinin azaldığı rapor edilmiştir.

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

Ghani ve Choudhury (2002) çalışmalarında, kesme hızı, ilerleme hızı ile talaş derinliği gibi kesme parametrelerinin ve takım üzerindeki titreşimin yan kenar aşınması ve yüzey pürüzlülüğüne etkisini deneysel olarak incelemişlerdir. Kesme hızı, ilerleme hızı ve talaş derinliğinin artırılmasıyla yan kenar aşınması hızlanmıştır. Yan kenar aşınmasının artışıyla yüzey pürüzlülüğü ile takım üzerinde oluşan titreşim genliği ve ivmesi de artmıştır.

Çakır vd. (2009) ise yaptıkları çalışmada, soğuk iş takım çeliğinin tornada işlenmesinde kaplama malzemesi ve kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkilerini değerlendirmek için matematiksel bir model oluşturmuşlardır. Kesici takım olarak aynı geometriye sahip (CNMG 120408) CVD yöntemiyle kaplanmış, TiCN, Al₂O₃ ve TiN katmanlarına sahip “Uç 1” ile PVD yöntemiyle kaplanmış, TiAIN katmanına sahip “Uç 2” kullanılmıştır. Benzer çalışmalarda olduğu gibi ilerleme miktarının artmasıyla yüzey pürüzlülüğü artmış, kesme hızının artmasıyla azalmıştır. Kesme derinliğinin pürüzlülüğe önemli bir etkisi olmamıştır. Uç 1’in kullanıldığı deneylerde Uç 2’nin kullanıldığı deneylere göre genel olarak daha düşük yüzey pürüzlülük değerleri elde edilmiştir. Şekil 2.1.’de Uç 1 ve Uç 2’nin kesme parametrelerine göre yüzey pürüzlülük değişimleri görülmektedir.



Şekil 2.1. Uç 1 ve Uç 2’nin kesme parametrelerine göre yüzey pürüzlülük değişimleri (Çakır vd., 2009)

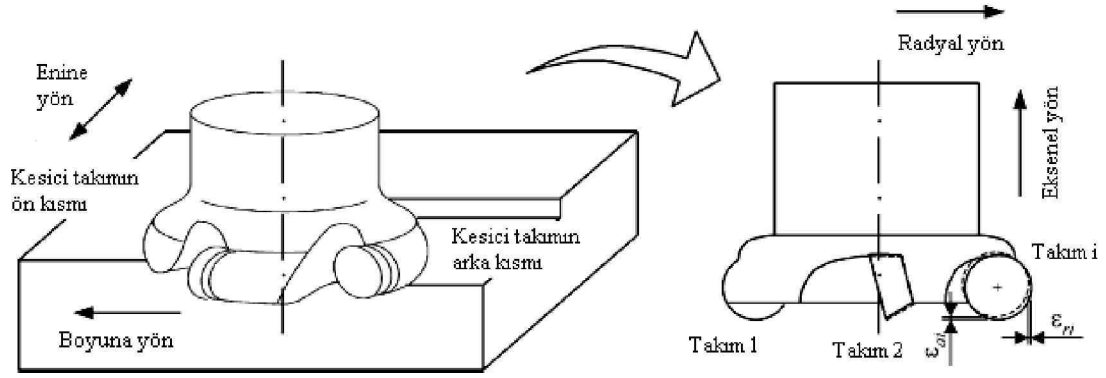
Sai vd. (2001) karbon ve paslanmaz çeliği kullandıkları çalışmada ise, bitirme yüzeyi frezelemede, işlenebilirlik parametrelerinin yüzey oluşumları üzerine etkilerini

incelemişlerdir. Her iki deney malzemesi içinde, Ra pürüzlülük değeri ilerleme miktarının artmasıyla artmış, kesme hızının artmasıyla azalmıştır. Araştırmacılar artan kesme hızıyla yüzey pürüzlülük değerinin azalmasını, hız artışıyla birlikte takım talaş temas uzunluğunun kısılmasına ve kesme kuvvetlerinin azalmasına, bu yüzden de deformasyonların küçülmesine bağlamışlardır. Araştırmacılar ayrıca; düşük kesme hızlarında BUE oluştuğunu ve yüzey pürüzlülüğünün arttığını belirtmişlerdir. Bunu yanında paslanmaz çelikteki yüzey kalitesinin, malzemeler arasındaki sertlik ve makro yapının farklı olmasından dolayı, karbon çeliğinden daha kötü olduğu rapor edilmiştir.

Gezgin (2007) AISI D3 soğuk iş takım çeliğinin CNC dikey işleme merkezinde kaplamalı karbür takımlarla işlenmesinde, kesici uç sayısı, kesme hızı ve ilerleme miktarının, takım ömrü, kaldırılan talaş hacmi ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerini incelemiştir. Yapılan deneyler sonunda kesici uç sayısı, kesme hızı ve ilerleme miktarının artmasıyla takım ömrünün azaldığı belirtilmiştir. Ayrıca yüzey pürüzlülük değerlerine, kesme hızının önemli bir etkisi olmazken, kesici uç sayısı ve ilerleme miktarının artmasıyla yüzey pürüzlülük değerleri artmıştır.

Baek vd. (2001) düzlem yüzey frezeleme işleminde dinamik bir model üzerinde çalışmışlardır. Yüzey pürüzlülüğünü analitik olarak hesap edebilmek için matematiksel bir model geliştirmişlerdir. Deneylerde yüzey düzgünlüğü ve kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkileri incelenmiştir.

Franco vd. (2004) yaptıkları çalışmada, yuvarlak uçlu kesici takımların yüzey pürüzlülüğüne etkisini araştırmışlardır. Çalışmada 0,5 mm talaş derinliği, 120 m/min kesme hızı ve 0,4-1,4 mm/z ilerleme miktarı kullanılmıştır. Yüzey pürüzlülüğünü tahmin etmek için model oluşturulmuştur. Radyal (ϵ_{ai}) ve aksel (ϵ_{ri}) kaçıklık değerlerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi teorik olarak değerlendirilmiş ve sonuçlar deneysel yöntemlerle karşılaştırılmıştır. Radyal ve aksel kaçıklık değerlerinin artmasıyla yüzey kalitesinin kötüleştiği belirtilmiştir. Şekil 2.2.'de yüzey frezeleme işlemlerinde, kesici takımdaki radyal (ϵ_{ai}) ve aksel (ϵ_{ri}) kaçıklıklar gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Yuvarlak uçlu kesici takımlarla yüzey frezeleme operasyonlarında radyal (ϵ_{ai}) ve aksel (ϵ_{ri}) kaçıklıklar (Franco vd., 2004)

Dhar vd. (2002) yaptıkları çalışmada AISI 4140 çeliklerinde, soğutma faktörlerinin yüzey pürüzlülüğü, takım aşınması ve ölçüsel sapmalara etkisini incelemiştir. Deneysel talaş kırıcılığı ve kırıcısız olmak üzere iki tip kesici takım kullanılmıştır. Takım aşınması, yüzey pürüzlülüğü ve ölçüsel sapmaları, soğutma sistemi kullanıp kullanmama durumuna göre karşılaştırmışlardır. Sıvı nitrojen püskürtülerek yapılan çalışmalarda, ön ve yan kenar aşınması ile ölçüsel sapmaların azaldığı, yüzey pürüzlülüğünün iyileştiği tespit edilmiştir.

Sağlam (2001) "Frezelemede kesme parametreleri ile kesme kuvvetlerinin değişimi ve bunların takım aşınması ile yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerinin deneysel incelenmesi" adlı çalışmasında, kesme parametreleri, kesme kuvvetleri, serbest yüzey aşınması ve yüzey pürüzlülüğü arasındaki ilişkileri araştırmıştır. Kesme kuvvetleri üzerinde talaş derinliği ve ilerlemenin daha etkili olduğunu belirtmiştir. Ayrıca aşınmadan dolayı takım uç kavisinin artmasıyla, aşınmanın belli bir değere kadar yüzey pürüzlülüğü değerinin azaldığı, bu değerden sonra yükseldiği ve takım ömrünü tamamladıktan sonra ise aşırı arttığı rapor edilmiştir.

Özçelik ve Bayramoğlu (2006) yaptıkları çalışmada ise, düzlem yüzeylerin yüksek hızda en son frezelenmesinde, yüzey pürüzlülüğünün önceden tahmini için bir model geliştirmişlerdir. Çalışmada modeli geliştirmek için kesme hızı, ilerleme oranı, kesme derinliği ve kesici takımın iş parçası üzerine basma miktarı değişken olarak kullanılmıştır. Testler ve analizler sonucunda modelin başarı oranı % 87,9

bulunmuş, toplam işleme zamanının dâhil edilmesiyle de başarı oranı % 94'e yükselmiştir.

Benzer bir çalışma da Reddy ve Rao (2005) tarafından yapılmıştır. Çalışmada orta karbonlu çeliklerin frezelenmesinde yüzey pürüzlülüğünün önceden tahmini için uygun kesici takım geometrisi ve kesme parametrelerinin seçimiyle ilgili bir model geliştirmişlerdir. Yüzey pürüzlülüğü modelini optimize etmek için genetik algoritmalar kullanılarak bir de deneme yapılmıştır. Araştırma sonunda kesme hızı, ilerleme, radyal uç açısı ve kesici takım burun yarıçapının yüzey pürüzlülüğünü etkileyen en önemli faktörler olduğu belirtilmiştir.

Benardos ve Vosniakos (2002) ise; CNC yüzey frezelemede yapay sinir ağlarını kullanarak Taguchi metoduyla yüzey pürüzlülüğünün tahmini için bir model geliştirmişlerdir. Çalışmada faktör olarak kesme hızı, ilerleme, kesme derinliği, kesici takım kaplaması, kesme kuvvetleri ve kesme sıvısı kullanımı ele alınmıştır. Modelin yüzey pürüzlülüğü tahmininde hata oranı % 1,86 olarak bulunmuş ve başarılı olduğu bildirilmiştir. Çalışma sonunda yüzey pürüzlülüğünde sırasıyla ilerleme, kesme kuvvetleri, kesme derinliği, kesici takım kaplaması ve kesme sıvısı kullanımı en etkili faktörler olarak rapor edilmiştir.

Nalbant vd. (2007) Inconel 718 süper alaşımının CNC tornada işlenmesinde, kaplama malzemesi, kesici takım geometrisi ve kesme hızının işlenebilme özelliklerine etkisini incelemiştir. İlerleme miktarı ve talaş derinliği sabit tutularak, beş farklı kesme hızı uygulanmıştır. Kesme hızı artınca kesme kuvveti azalmış, fakat yüzey pürüzlülüğü artmıştır. En az yüzey pürüzlülüğü tek katmanlı (TiN) sinterlenmiş karbür uçlarla elde edilmiştir. Minimum kesme kuvveti çok katmanlı (Al₂O₃) karbür takımla elde edilirken; maksimum kesme kuvveti tek katmanlı (TiN) karbür takımla sağlanmıştır. Ayrıca; yüzey pürüzlülüğünün azaltılması açısından yuvarlak burunlu takımların uygun olduğu tespit edilmiştir.

Yuan vd. (1996) tornalama ile ilgili yaptıkları çalışmada, baklava şeklindeki kesici takımın keskinliğinin, işleme deformasyonları ve işlenmiş yüzeyin pürüzlülüğünü

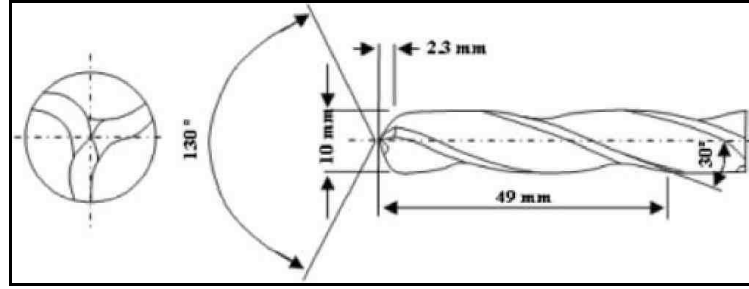
etkileyen ana faktörlerden biri olduğu ortaya konmuştur. Alüminyum alaşımından oluşan deney parçalarını değişik keskinlikteki, farklı kesici kenar yarıçapına sahip, baklava şekilli takımlarla işleyerek, kesici kenar yarıçapı ile minimum paso derinliği arasındaki ilişkiyi analiz etmişlerdir. Deney sonuçları, yüzey pürüzlüğünün takım uç yarıçapıyla değiştiğini göstermiştir. Kesici takımın keskinliği arttıkça yüzey pürüzlülüğü de artmıştır. Körelmiş takım ile işlenen yüzeyin, keskin takım ile işlenen yüzeye göre daha sert olduğu görülmüştür.

Reis ve Abrao (2005), 6351-T6 alüminyum alaşımının tornada işlenmesinde, elmas kaplı karbür, sementit karbür ve çok kristalli elmas (PCD) olmak üzere üç farklı kesici takım kullanarak, kesme kuvvetleri, bitirme yüzeyi kalitesi ve işleme sıcaklığını araştırmışlardır. Deneyler sonunda, kesme hızının artmasıyla kesme kuvvetinin düştüğü, ilerleme oranı ve kesme derinliğinin artmasıyla yükseldiğini tespit etmişlerdir. Çok kristalli elmas kesici takımı en düşük teğetsel ve eksenel kuvvetler ile en yüksek radyal kuvveti ortaya koymuş ve bu takımla en iyi yüzey kalitesi elde edilmiştir. Yüzey pürüzlülüğü en fazla ilerleme miktarından etkilenmiştir. Kesici takım-talaş ara yüzey sıcaklığı; kesme hızı, ilerleme miktarı ve kesme derinliğinin üçünden de doğrusal olarak etkilenmesine rağmen, en fazla kesme hızından etkilenmiştir.

Lamikiz vd. (2001) alüminyum-silisyum alaşımlarının yüksek hızda frezelenmesi üzerine yaptıkları araştırmada ise; değişik kesici takımların performansını ve minimum soğutma sıvısı (MSS) kullanımını değerlendirmişlerdir. Çalışma sonunda MSS kullanımı talaşların uzaklaştırılmasına yardım ettiği ve işlem maliyetini düşürdüğü için tavsiye edilmiştir.

Rivero vd. (2006), 7075-T6 alüminyum alaşımlarının kuru delme performansı üzerine kesici takım kaplamasının ve kesme parametrelerinin etkisini deneysel olarak araştırmışlardır. Çalışmada üç farklı kesme hızı (150-200 ve 250 m/dak), beş farklı ilerleme oranı (0,2-0,3-0,4-0,5 ve 0,6 mm/dev) ile kaplamalı ve kaplamasız olmak üzere 10 mm çapında matkaplar kullanılmıştır. Kullanılan matkap geometrisi Şekil 2.3.'te görülmektedir. Deneyler sonunda araştırmacılar, kesme alanının sıcaklığı,

kuru delme işleminin performansını fazlasıyla etkilediği için, düşük işlem sıcaklıklarına erişmeyi hedeflemişlerdir. Bütün ilerleme oranları için 200 m/dak kesme hızında, kesici takım sıcaklığı en aza düşürülmüştür. Alüminyum alaşımlarının etkin bir şekilde kuru olarak delinmesinin mümkün olduğunu tespit etmişlerdir.



Şekil 2.3. Matkap geometrisi (Rivero vd., 2006)

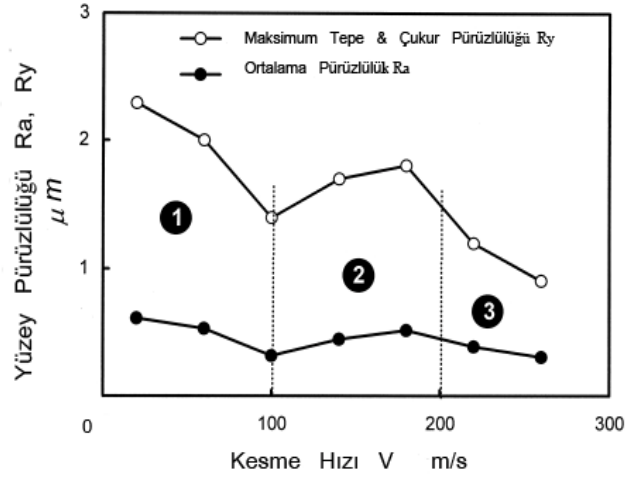
Benzer bir başka çalışmada Nouari vd. (2005) tarafından yapılmıştır. AA 2024 alüminyum alaşımının kuru olarak tornada delme işleminde, işleme parametreleri ve kesici takım çeşidinin aşınma mekanizmalarına etkisini incelemişlerdir. Çalışmalar sinterlenmiş tungsten karbür ile HSS kesici takımlar kullanılarak, 0,04 mm/dev sabit ilerleme miktarı ve üç değişik kesme hızında (25-65 ve 165 m/dak) yapılmıştır. Deneyle sonunda sinterlenmiş tungsten karbür takımın HSS takımına göre; kuru delme şartlarında delik çapında sapma ve yüzey pürüzlülüğü açısından daha uygun olduğu belirtilmiştir.

Lahres vd. (1997) tarafından yapılan çalışmada, alüminyum alaşımlarının (AlZnMgCu1.5 ve AlSi10Mg) kuru frezelenmesinde farklı kaplamaya sahip kesici takımların kullanılabilirliği incelenmiştir. Çalışma sonunda alüminyum alaşımlarının frezelenmesinde, WC/C, CrC/C, Tin+ MoS₂ ve elmas kaplamalı kesici takımların kullanılabilceğini rapor etmişlerdir.

Arumugam vd. (2006) alüminyum-silikon alaşımlarının (A390) kuru olarak tornalanmasında, polisajlı ve polisajsız CVD elmas kaplı karbür ve çok kristalli elmas (PCD) kullanmanın, takım ömrü, kesme kuvvetleri ve yüzey kalitesi açısından

değerlendirmesini yapmışlardır. Çalışma sonunda polisajlı CVD elmas kaplı karbür takımın iyi yüzey kalitesi, uzun takım ömrü ve kesme kuvvetlerinin azaltılması açısından avantaj sağladığı bildirilmiştir.

Yousefi ve Ichida (2000) yaptıkları çalışmada ise; alüminyum alaşımlarının yüksek hızda torna tezgâhında işlenmesinde kesme hızının yüzey pürüzlülüğü, kesme kuvvetleri, talaş tipi ve talaş genişliğine olan etkilerini araştırmışlardır. 20-260 m/s arasında kesme hızları uygulanmıştır. Tüm deneylerde genel olarak kesme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülüğü azalmaya yönelmiştir. Fakat 100-200 m/s hız aralığında takım kesme kenarında meydana gelen talaş yapışması yüzey pürüzlülüğünde artışa neden olmuştur. Şekil 2.4. kesme hızına göre; yüzey pürüzlülüğü değişimini göstermektedir. 20-260 m/s hız aralığında sürekli talaş tipi görülmüş olup; 100-200 m/s hız aralığında talaş genişliği azalmıştır. Kesme kuvvetlerinin ise; 100 m/s' ye kadar hızın artmasıyla azaldığı fakat 100 m/s' den sonra kesme kuvvetlerinin biraz artış eğilimi gösterdiği tespit edilmiştir.



Şekil 2.4. Yüzey pürüzlülüğünün kesme hızına göre değişimi (Yousefi ve Ichida 2000)

Hüseyinoğlu (2008) “7075 Alüminyum alaşımının freze ile işlenmesinde minimum soğutma sıvısı kullanmanın performans karakteristiklerine etkisi” adlı çalışmasında, minimum soğutma sıvısı ve geleneksel soğutma tekniği kullanarak frezeleme işleminde kesme parametreleri ile kesici takım çeşidinin çapak oluşumu ve yüzey

pürüzlülüğüne etkilerini araştırmıştır. Deneylede üç farklı kesici takım (HSS, TİN ve Karbür), devir sayısı (260, 780 ve 1330 dev/dak) ve ilerleme hızı (20, 40 ve 80 mm/dak) kullanılmıştır. İlerleme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülüğünün arttığı fakat devir sayısı arttıkça yüzey pürüzlülüğünün azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca karbür takımlarla yapılan deneylede TİN ve HSS takımlara göre daha düşük yüzey pürüzlülük değerlerine ulaşıldığı bildirilmiştir.

2.1. Talaşlı İmalat

Günümüzde birçok parçanın imal edilmesinde talaşlı imalat yöntemleri kullanılmaktadır. Takım tezgâhları kullanılarak bir kesici yardımıyla talaş kaldırılarak, parçaların önceden belirlenen boyut, geometri ve yüzey kalitesinde imal edilmesi işlemine talaşlı imalat denir. Boyut, geometri ve yüzey kalitelerindeki üstünlüklerden dolayı birçok parçanın üretiminde talaşlı imalat tercih edilmektedir.

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

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

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

1. Çok çeşitli malzemeler talaşlı imalat yöntemiyle şekillendirilebilir. Gerçekte bütün

katı malzemeler işlenebilir. Polimer ve polimer esaslı kompozitler de talaşlı imalat yöntemleriyle işlenebilir.

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

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

Talaşlı imalat bir talaş oluşturma işlemidir. İşlemin amacı metali belirli bir şekil ve boyuta getirmekse de bu işlemin uygun talaş oluşumunu sağlayacak şekilde yapılması zorunludur. Talaşlı imalat bir talaş oluşturma ve gerekirse talaş kırma işlemidir. Talaş kırma işleminin nedeni sadece işlem sırasında oluşacak talaşın taşınma ve depolanma kolaylığı değil, aynı zamanda kesme bölgesinden uzaklaşan talaşın kontrolü ve işlem sırasında oluşan ısının büyük bir bölümünün bu talaşlarla uzaklaştırılması zorunluluğudur (Çakır, 2006).

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

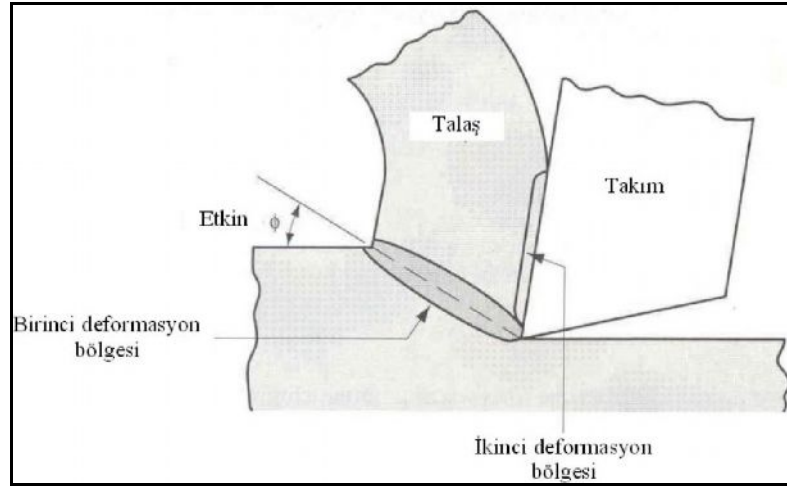
2.2. Talaş Oluşumu

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

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

- Kesici olarak kullanılan bir takımın iş parçasından daha sert ve aşınmaya karşı daha dirençli olması,
- Talaş derinliği ve ilerlemeyle birlikte iş parçası ve takım arasında dalmayı sağlayan kesici uç geometrisine sahip olması,
- İş parçası malzemesinin direncini yeterli kuvvetle yenmesi için iş parçası ve takım arasında bir kesme hızı veya nispi hareketin oluşmasıdır.

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



Şekil 2.5. Gerçek talaş oluşumu (Groover, 2007)

Talaş oluşumu plastik deformasyonun önemli derecede rol oynadığı bir işlemdir. Talaşlı imalat işleminde talaş oluşumu, iş parçasının kesici takım önündeki bölgesel deformasyonu ile gerçekleşir. İş parçası ve kesici takım arasındaki nispi hareket sonucu iş parçasında oluşan gerilme, iş parçasının birinci deformasyon bölgesinde plastik deformasyon meydana getirerek talaş oluşumunu gerçekleştirir (Şekil 2.5.). Oluşan talaş, kesici takımın talaş yüzeyi üzerinden geçerek atılır. Birinci kayma (deformasyon) düzleminde oluşan talaş, kesici takımın talaş yüzeyi üzerinden geçerken kayma veya yapışma sonucu ikinci defa deformasyona uğrar ve kesme bölgesinden atılır (Groover, 2007).

2.3. Talaş Tipleri

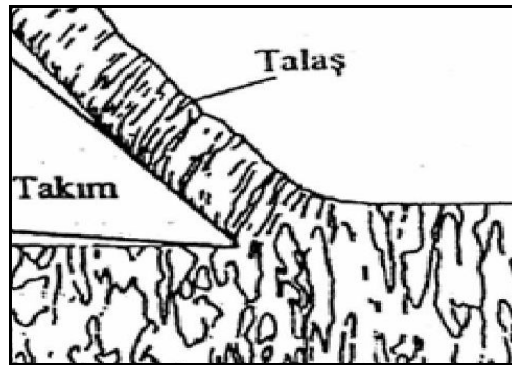
Talaşlı üretim işleminde talaşlar, işlenen malzemenin cinsi, kesme hızı, ilerleme miktarı, talaş derinliği, kesici takım geometrisi ve uygulanan talaşlı üretim yöntemine göre çok değişik tiplerde oluşur.

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

Oluşum mekanizmasına göre genel olarak sürekli, kesikli ve sıvanmalı sürekli talaş olmak üzere üç farklı talaş tipi mevcuttur.

2.3.1. Sürekli talaş

Bu talaş tipi genellikle sünek malzemelerin yüksek hızlarda işlenmesi sonucunda oluşur. Sürekli talaş, kesici takımın önünde talaş kaldırılan malzemenin sürekli deformasyonu ile makro düzeyde çatlaksız olarak meydana gelir. Talaş, yüksek deformasyondan dolayı sertleşir ve sertliğin artması ile kesici takım aşınmasını artırır. Sürekli talaşlar bant, spiral veya değişik helisel şekillerde olabilirler. Sürekli talaş tipi Şekil 2.6.'da görülmektedir (Aydın, 2002).



Şekil 2.6. Sürekli talaş (Aydın, 2002)

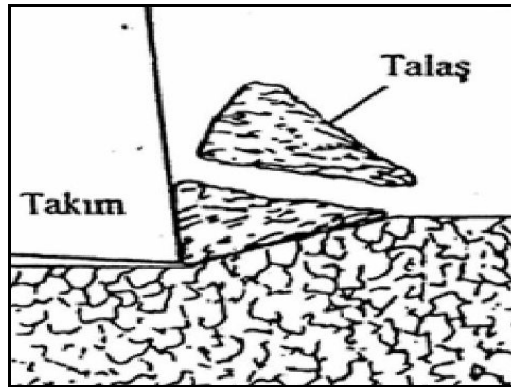
Sürekli talaş şu şartlar altında ortaya çıkmaktadır:

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

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

2.3.2. Kesikli talaş

Kesikli talaşlar, dökme demir ve sert bronz gibi gevrek malzemeler ile bazı sünek malzemelerin uygun olmayan (düşük kesme hızı ve fazla paso derinliğinin olması) kesme şartlarında işlenmesi durumunda oluşur (Şekil 2.7.). Talaş işleme esnasında aşırı plastik deformasyona uğrar. Malzeme gevrek ise kısmen şekillenen talaş birincil deformasyon bölgesinde kırılır (Aydın, 2002).



Şekil 2.7. Kesikli talaş (Aydın, 2002)

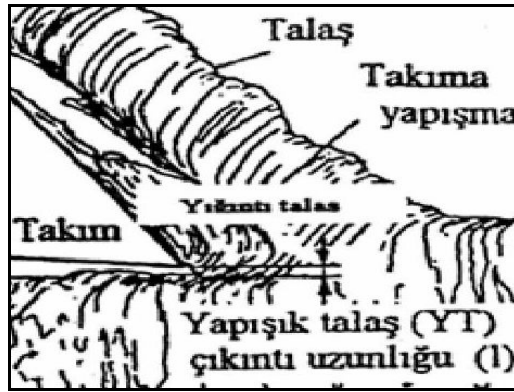
Sünek malzemeler işlendiğinde tezgâh titreşimi veya takım otlaması mevcutsa yine kesikli talaşlar oluşur. Bunlara ilaveten kesikli talaşlar;

- Gevrek iş malzemelerinde,
- Küçük talaş açılı kesici takım ile kesme yapıldığında,
- Fazla talaş derinliklerinde ve kaba ilerleme miktarlarında,
- Düşük kesme hızlarında,
- Aşırı tezgâh titreşimi ve takım otlaması mevcut olduğunda oluşur.

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

2.3.3. Sıvanmalı sürekli talaş

İşlenen yüzey boyunca devamlı olarak çıkan talaşın kesici takım yüzeyine yapışmasıyla oluşan talaş tipidir (Şekil 2.8.). Sıcaklığın düşük olduğu kesme hızlarında, soğutma sıvısı kullanılmadığı durumlarda, kesici takım önündeki metale uygulanan basma kuvveti ve aşırı sürtünmeden dolayı talaşın sürekli deformasyona uğramasıyla, kesme düzlemine dik açıdaki bir düzlem boyunca talaştan kopmalar olur. Talaştan ayrılan küçük parçacıklar takıma yapışır. Kesici takıma sinterlenerek yığılan bu parçacıklar yığıntı talaş (YT) olarak isimlendirilir (Aydın, 2002).



Şekil 2.8. Sıvanmalı sürekli talaş (Aydın, 2002)


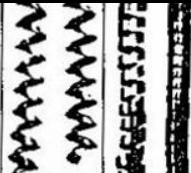

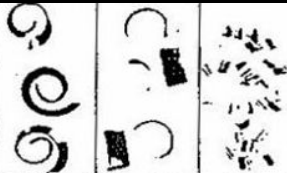
Kesme işlemi devam ettiği sürece kesici takıma daha fazla parçacık yapışır ve daha büyük talaş sıvanmasının oluşması da kesme işlemi etkiler (Şekil 2.8). Daha sonra bu yığılmış parçalar belirli bir noktaya ulaştığında kopar. Bu kopan ufak parçaların bir kısmı hem talaş hem de iş parçasına yapışır. Kesme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

- Kesme hızı arttırılarak,
- Pozitif talaş açısı kullanılarak,
- Talaş derinliği azaltılarak,
- Soğutma sıvısı kullanılarak vb.

uygulamalarla kontrol altına alınabilir (Şahin, 2000).

2.4. Talaş Biçimleri

Oluşum mekanizmasına göre sürekli, kesikli veya sıvanmalı-sürekli olarak meydana gelen talaşlar kesme parametreleri, iş parçası malzemesi, işleme tekniği ve kesici takım geometrisi gibi faktörlere bağlı olarak değişik biçimlere sahiptirler (Şekil 2.9.).

			
Sürekli, Karmaşık ve Yassı Helisel Talaşlar	Uzun Helisel	Kısa Helisel Talaşlar	Çok Kısa Talaşlar
		İYİ	
KABUL EDİLEBİLİR			
OLUMSUZ			

Şekil 2.9. Talaş biçimleri ve uygunluk durumları (Altıntaş, 2000)

Belirli bir uzunluğa kadar dairesel şekilli veya helisel talaşlar en uygun talaş kesitleridir. Ancak çok iyi tasarlanmış bir kesici geometrisi ile elde edilirler. Eğriliği, yönü ve talaşın şeklini belirleyen kesici takım kenarıdır.

2.5. Kesici Takım Malzemeleri

Talaş kaldırma yöntemlerinin çeşitliliği ve farklılığı, takımların kullanılmasında gerekli olan farklılıklar ve aşırı artan ihtiyaçlar nedeniyle teknolojik rekabet ortaya çıkmış, metalik ve metalik olmayan çok sayıda takım malzemesinin geliştirilmesini sağlamıştır. Takımlar bir takım tezgâhına tespit edilerek iş malzemesine şekil veren aletler olduklarından, bu şekil verme işlemi genellikle malzemedan talaş kaldırılarak gerçekleştirilir. Talaş kaldırma işlemlerinde, ya tornalama ve delme işleminde olduğu gibi tek noktali takımlarla sürekli kesme işlemi, ya da frezeleme işleminde olduğu gibi çok uçlu takımlarla fasıllalı kesme yapılır. Sürekli kesme işleminde kesici uçta yüksek sıcaklıklar oluşurken, süreksiz kesme işleminde ise kesici uçlar darbeli yüklere maruz kaldığından daha büyük kuvvet ve sıcaklık değişimleri meydana gelir (Şahin, 2000).

Kesici takım malzemelerinden istenen ortak özellikler sertlik, sıcak sertlik, aşınma direnci, tokluk ve ekonomiktir. İşlenen malzemeye uygun takım malzemesinin seçimi ile kesici takım-iş parçası malzemeleri arasında sürtünme sonucu oluşan yüksek sıcaklık aşınma mekanizmalarının (difüzyon, oksidasyon vb.) yok edilmesi ile yüksek kesme hızlarına ulaşılır. Böylece takım ömrü ve üretim hızı arttırılarak ekonomiklik sağlanır. Takım malzemeleri üç ana grupta toplanabilir:

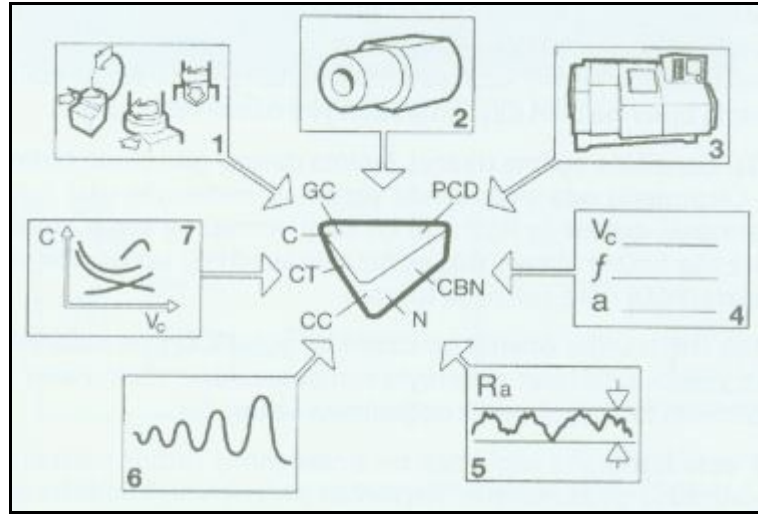
1. Metal esaslı takımlar,
2. Karbür esaslı takımlar,
3. Seramik esaslı takımlar.

Günümüzde yaygın olarak kullanılan takım malzemeleri yüksek hız çelikleri ve sementit karbürlerdir. Yüzey kalitesinin iyileştirilmesi ve takım ömrünün

arttırılmasına yönelik çalışmalar sonucunda, kübik bor nitrür ve elmas kaplanmış takımlar da kullanılmaya başlanmıştır (Özdemir vd., 2000).

Bir işlem için uygun kesici takımın seçimi, takım malzemesi ve geometrisinin yanı sıra aşağıdaki faktörlerden de etkilenir (Şekil 2.10.).

1. İşlemin tipi, 2. İş parçasının şekli ve malzemesi, 3. Takım tezgâhı, 4. Kesme verileri, 5. Arzu edilen yüzey kalitesi, 6. Genel rijitlik, 7. İşleme maliyetleri (Çakır,2006).



Şekil 2.10. Takım seçimini etkileyen faktörler (Çakır, 2006)

Talaş kaldırma esnasında oluşan kuvvetler, basınç, sürtünme, ısı oluşumu ve aşınma vb. olaylar ve ekonomiklik dikkate alınır, genellikle bir kesici takımında bulunması gereken özellikler şöyle özetlenebilir:

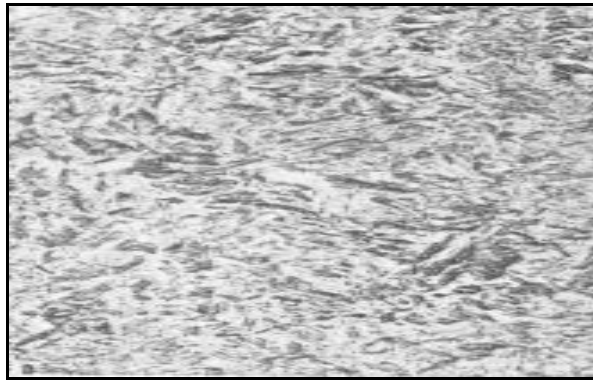
- Yüksek basma ve eğilme mukavemeti,
- Yüksek sertlik ve abrasyon direnci,
- Yüksek sıcaklıkta aşınmaya karşı dayanıklılık ve iyi kimyasal karalılığa sahip olması,
- Isı birikiminin önlenmesi için yüksek ısı iletim yeteneğine sahip olması, ucuz olması yanında darbe etkisine karşı yeterli derecede tok olmasıdır.

Ancak bütün bu özelliklere sahip bir kesici takım malzemesi yoktur, çünkü bu özellikler birbiri ile ters düşebilmektedir. Yüksek sıcaklık ve aşınmaya karşı dirençli olan takım malzemelerinin eğilme ve darbelere karşı dayanımları düşüktür. Burada önemli olan işlenecek iş parçasına göre teknik ve ekonomik koşulları bağdaştıracak en uygun takım malzemesinin seçimidir. Bu takım malzemeleri; içyapıları, ömürleri, imalat şekilleri ve mekanik özelliklerine göre 8 grupta incelenebilir:

- Karbon çelikleri ve takım çelikleri,
- Hız çelikleri
- Stelitler (Kobalt esaslı döküm alaşımları),
- Sert metaller,
- Seramikler,
- Elmaslar,
- Kübik bor nitrürlerdir (Şahin, 2000).

2.5.1. Karbon ve alaşımlı takım çelikleri

Karbon çelikleri, kesici takım malzemesi olarak kullanılan en eski tip çeliklerdir. Karbonlu ve alaşımlı takım çelikleri; temel olarak % 0,8-2 oranında karbon içeren demir alaşımıdır. (Şekil 2.11.).



Şekil 2.11. Karbon çeliğinin mikro yapısı (Trent, 1984)

Düşük alaşımli çeliklerde, kesme özelliklerini iyileştirmek amacıyla az miktarda krom (Cr), vanadyum (V), tungsten (W), molibden (Mo), mangan (Mn) gibi alaşım elementleri bulunmaktadır. Çelikler, tavlama şartlarında kolayca şekillendirilebilir ve takiben su verme ve temperleme ile yüzeyi sertleştirilir. Takım kesitinin tamamı martenzite dönüşmez, iç kısım tok ve yüksek şok direncine sahip olur (Trent, 1984).

Karbon çeliklerinin sertliği martenzitik yapısından ileri gelir (58-64 Rc). 250 °C üzerindeki sıcaklıklarda temperleme sonucu martenzit yumuşar; bu nedenle karbon çelikleri sadece ahşap gibi yumuşak malzemelerin işlenmesi için uygundur ve sadece düşük kesme hızlarında (10 m/min) kullanılırlar. Karbon çeliklerinin en önemli avantajı, kolay işlenmesi ve ucuz olmasıdır. Ayrıca çalışma sıcaklıklarında (maksimum 200-250 °C) sertliklerini ve keskinliklerini korurlar.

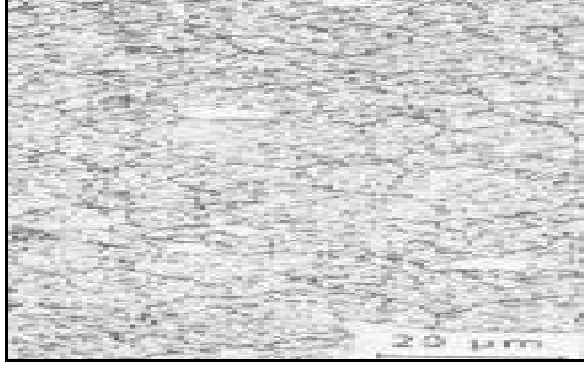
Düşük alaşımli çeliklerin sertliği, su verme ve temperlemeden sonra yaklaşık 700 HV'dir. Temperlenmiş çeliğin mukavemeti, ince demir karbür partiküllerinden ileri gelmektedir. 350 °C'nin üzerinde demir karbür partikülleri hızla kabalaşarak çelik yumuşar ve aşınma direnci giderek azalır. Bu nedenle düşük kesme hızlarında kullanılmaktadır. Düşük alaşımli çelikler hızlı aşınır, çünkü sert partiküllerin hacmi sadece % 5 civarındadır. Genellikle bu sert partiküller en yumuşak karbürlerden biri olan Fe₃C esastır. Bütün bu dezavantajlarından dolayı metallerin işlenmesinde sınırlı kullanım alanına sahiptir. Bununla birlikte ucuz olmalarından dolayı, karbon çeliklerinde olduğu gibi ağaç işleme takımlarında kullanılırlar (Özdemir vd., 2000).

2.5.2. Yüksek hız çelikleri

20. yüzyılın başından beri bilinen ve sürekli geliştirilen kesici takım malzemesi grubu olup, diğer takım malzemelerine oranla düşük maliyeti ve işlenebilme kabiliyeti nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır (Trent, 1984). Şekil 2.12.'de yüksek hız çeliklerinin (YHÇ) mikro yapısı görülmektedir.

Yüksek hız çelikleri, oda ve yüksek sıcaklıklarda yüksek sertliği ve yüksek şok direnci sayesinde iyi performansıyla kesici takım malzemesi olarak kullanılmaktadır.

Yüksek hız çelikleri önemli miktarda W, Mo, V ve Cr gibi karbür yapıcı elementlerle alaşımlandırılmıştır (Özdemir vd., 2000).



Şekil 2.12. YHC'nin mikro yapısı (Trent, 1984)

Esas itibarıyla yüksek hız çelikleri T ve M olmak üzere iki gruptan oluşmaktadır. Bunlar ilk alaşım elementi olarak tungstene (T) sahip ve diğer öncelikli element ise molibden (M) dir. Bu nedenle yüksek hız çelikleri M1, M2, M41, T1, T2, T15 gibi işaretlerle gösterilir. Bunlar kullanıcı takım seçimini kolaylaştırır ve istenilen cinsi ayırt etmeyi sağlar. M ve T türüne bakılmaksızın yüksek hız çeliklerinde fiziksel olarak fazla benzerliklere sahiptirler. Bunlar şöyle sıralanabilir:

- Hepsi yüksek alaşım içeriğine sahiptir,
- Genellikle 64 RC sertliğine müsaade etmesi için yeterli oranda karbon içermektedir,
- Merkezden yüzeye uniform sertliğe sahiptir,
- Hepsi yüksek sıcaklıkta sertleştirilebilir.

Temel olarak, bir YHC'nin en önemli özelliği kesme yeteneği olup bu özellik şu dört önemli özelliğin bileşimine bağlıdır. Bunlar; sertlik, yüksek sıcaklık sertliği, aşınma direnci ve tokluk olarak ifade edilebilir. Bu özellikler her uygulamaya bağlı olarak değişebilir. Yüksek hızlarda kesme, yüksek hız ve yüksek sıcaklıklarda maksimum yumuşama direncinin birleşimini gerektirir. Belirli malzemeler kesici takım ucunu aşırı şekilde aşındırır. Bu nedenle, takım aşınma direnci onun yüksek sıcaklıklara karşı direncinden daha önemlidir. Sertlik, sert malzemelerin kesilmesi için gerekli ve genellikle takım ömrünü artırır; fakat bu uygulama için gerekli tokluğa karşı

dengelenmelidir. Bir YHÇ’de istenilen kombinasyon özellikler, ilk önce uygun kaliteyi belirleme ve ikinci olarak da ısıt işlemleri seçmekle elde edilir (Şahin, 2000).

2.5.3. Stellite

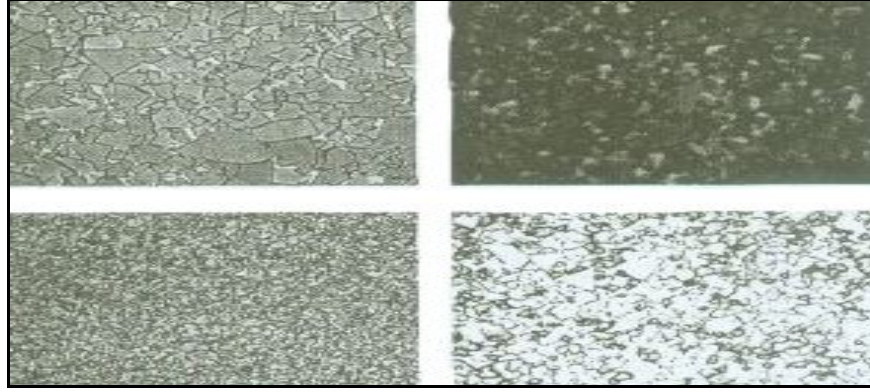
Sert alaşımlar, tungsten, krom ve kobalt alaşımı olup ticari olarak “Stellite” olarak adlandırılır ve döküm veya kaynak ile imal edilirler (Şahin, 2000). İstenilen özelliğe bağlı olarak, alaşımların genel bileşimi; % 38-46 Co, % 25-35 Cr, % 4-25 W ve % 1-3 C şeklindedir. Isıt işlem uygulanmasına gerek yoktur. Mikroskopik olarak alaşım, tungsten esaslı bileşikler ve toplam miktarı % 45 mertebesinde karbürlerden ibarettir.

Bu alaşımın özelliği; yüksek sertliği, yüksek aşınma, oksidasyon ve korozyon direnci ile mükemmel kızıl sertliğidir. Bu özelliklerin kombinasyonu, bu alaşımı kesme uygulamaları için uygun kılmaktadır. Dökme alaşımlar, kesici uçta hasar olmaksızın yüksek hız çeliklerinden daha yüksek hızlarda çalışabilmektedir. Stellite kesici takım olarak uygulanabilirliği YHÇ’nden daha sınırlıdır. Zira döküm alaşımları daha gevrek ve takım tasarımı sınırlıdır. Ayrıca maliyeti de daha yüksektir. Stellite metal kesme takımları yaygın olarak çelik, pirinç ve bazı diğer işlenebilir malzemelerin işlenmesinde kullanılır. Çoğunlukla tek noktalı torna tezgâhlarında, şekillendirici takımlarda ve freze bıçağında kullanılmaktadır (Özdemir vd., 2000).

2.5.4. Sinterlenmiş karbürler

Adından da anlaşılacağı gibi sinterlenmiş karbür, sert karbür parçacıklarının ve parçacıklar arasında bulunan bir bağlayıcının sinterleme yoluyla bir araya getirilmesi sonucu elde edilir. Sinterlenmiş karbür bir bağlayıcı içerisindeki farklı karbürlerden oluşmuş bir toz metalürjisi ürünüdür (Şekil 2.13.).

İdeal bir takım malzemesinin sahip olması gereken özellikler sinterlenmiş karbürün özellikleri ile karşılaştırıldığında sinterlenmiş karbürün hala vazgeçilmez bir takım malzemesi olmasının nedeni kolaylıkla anlaşılabilir (Çakır, 2006).



Şekil 2.13. Çeşitli sinterlenmiş karbür yapıları (Çakır, 2006)

Karbür üretiminin yaklaşık % 50'si talaş kaldırma işlemlerinde kullanılmaktadır. Talaş kaldırma işlemlerinin dışında madencilik, inşaat, kaya delme ve metal şekillendirme gibi aşınmaya dirençli yerlerde geniş bir uygulama alanı bulmuştur. Bunlar iyi aşınma direnci gösterdiklerinden sanayi tarafından kabul görmüş ve 40 m/dak'dan 350 m/dak kesme hızına kadar sertliğini ve kesiciliğini kaybetmeden etkili şekilde kullanılabilir (Şahin, 2000).

Üretimde kullanılan karbürler çok sert olan tungsten karbür (WC), titanyum karbür (TiC), tantal karbür (TaC) ve niyobyum karbür (NbC)'dür. Bağlayıcı olarak genellikle kobalt kullanılır. Sert parçacıkların büyüklükleri 1-10 mikron arasında değişir ve bu parçacıklar toplam hacmin % 60 - % 95'ini kaplarlar. Sinterlenmiş karbür son derece kontrollü bir işlem sonucunda üretilirler. Sinterlenmiş karbür üretimi beş ana aşamada gerçekleştirilir (Çakır, 2006).

1. Toz üretimi
2. Presleme
3. Sinterleme
4. Kesici uç üzerindeki işlemler
5. Kaplama

Daha iyi kesme işlemi için yapılan araştırmalar, sinterlenmiş karbürü takımların TiC, TiN ve Al₂O₃ gibi malzemelerle değişik metotlarla kaplanmasına yöneliktir. Kaplanmış karbür uçlar daha uzun takım ömrü, daha fazla üretim, daha kolay talaş akmasını sağlamaktadır. Kaplama; kesme kuvvetini, kullanılan sıvıyı ve aşınmayı büyük oranda azaltarak geçici bir yağlayıcı görevi yapmaktadır. Kaplamanın

yağlayıcı ve talaş yapışmasını önleme özelliği talaş kaldırmada oluşan gerilim ve ısı miktarını büyük oranda azaltır, dolayısıyla takım ömrünü hayli arttırmaktadır. Tabakalı bu uçların kullanımıyla klasik sinterlenmiş karbürlere göre hem çelik hem de dökme demirin işlenmesinde, daha yüksek kesme hızıyla daha az aşınma miktarı sağlanmaktadır (Şahin, 2000).

2.5.5. Seramikler

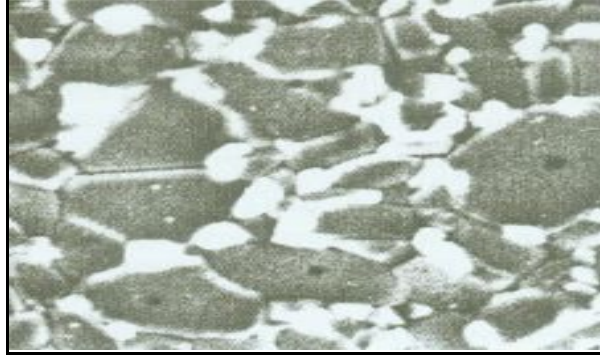
Metal işleme teknolojisinin gelişmesi, işleme hızlarının artması, daha uzun ömürlü, yüksek hızlarda çalışan ve iş parçası ile etkileşmesi minimize edilmiş takım malzemesi arayışlarını hızlandırmıştır. Seramik malzemeler, tokluk dezavantajlarına karşılık yüksek sıcaklıklardaki mekanik ve kimyasal kararlılıkları ile özellikle sürekli çalışan takımlar olarak kullanım alanı bulmaktadır (Özdemir vd., 2000).

Sinterlenmiş tungsten karbür esaslı kesici uçlar 800 °C sıcaklıklara kadar yüksek performans göstermektedir. Fakat daha fazla sıcaklık yükselmelerinde sertlik düşmektedir. Yüksek sıcaklıklara karşı dayanma direnci dikkate alındığında seramikler, çok daha iyi performans göstermektedirler. Çünkü bu kesiciler sertliklerini 1200 °C'ye kadar koruyabilmektedir. Fakat bununla birlikte seramik kesiciler, diğer kesicilere oranla daha sert ve dolayısıyla da daha kırılabilir bir yapıya sahiptir. Bu nedenle bu kesiciler, sürekli bir talaş kaldırma işleminin olduğu yerlerde ve sert metallerin son bitirme pasolarında tercih edilmektedir. Son bitirme pasolarında yüksek kesme hızlarında kullanılabilen seramik kesicilerle, taşlama kalitesinde yüzeyler elde edilmektedir. Fakat seramik kesicilerin kullanılabilmesinde daha yüksek devir sayılarına sahip rijit takım tezgâhları ve yüksek güçlere ihtiyaç duyulmaktadır (Şahin, 2000).

Seramiğin esası alüminyum oksittir (Al_2O_3). İki temel seramik tipi mevcuttur:

1. Alüminyum oksit esaslı (Al_2O_3)
2. Silisyum nitrür esaslı (Si_3N_4)

Şekil 2.14.'te saf alüminyum oksit seramiğin yapısı görülmektedir. Silisyum nitrür esaslı seramik tamamıyla farklı bir malzeme olup ısıl şoklara dayanım ve tokluk açısından alüminyum oksit esaslı seramiklerden daha iyidir (Çakır, 2006).



Şekil 2.14. Saf alüminyum oksit seramiğin yapısı (Çakır, 2006)

Alüminyum oksit esaslı seramikler soğuk ve sıcak presleme olmak üzere iki farklı teknikle üretilirken, silisyum nitrür esaslı seramikler, sadece sıcak presleme ve kimyasal bağ oluşturma teknikleriyle üretilmektedir. Silisyum nitrür seramikleri ile 1500 m/dak kesme hızında, özellikle dökme demirler işlenebilmektedir.

2.5.6. Elmaslar

Elmas, karbonun tetrahedral formu olup, en sert ve çizilme direnci en yüksek malzeme olarak bilinir. Mohs ölçeğinde sertlik numarası 10'dur. Bu özellikler elması takım malzemesi olarak çekici kılar. Ne var ki, endüstriyel alanda kullanılan doğal tek kristal elmasın küçük miktarları bile oldukça pahalıdır. Ayrıca elmas çok gevrekler. Elmas 650 °C'de hızla okside olmaya başlar ve atmosferik basınçta 1500 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda tekrar grafit dönüşür(Özdemir vd., 2000).

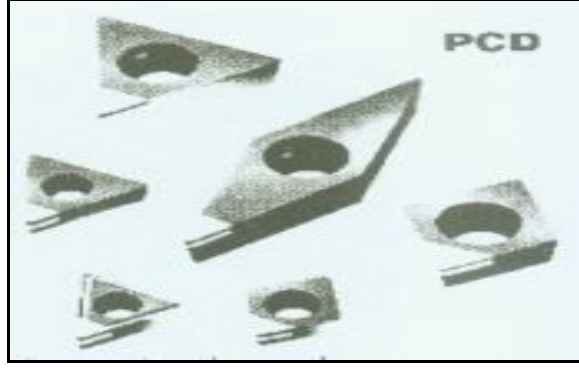
Elmasın, endüstride kullanılan tabii ve yapay olmak üzere iki çeşidi bulunmaktadır. Doğal elmaslar, metal olmayan veya demirsiz metallerin işlenmesinde yaygın olarak kullanılarak süper performans göstermektedirler. Fakat yapay elmas bunların yerini çoğu yerde almaktadır. Bu elmaslar işlenmesi zor olan malzemeleri kesmek için kullanılarak mükemmel son bitirme yüzeyi meydana getirirler. Bu tek noktalı elmas

uçlu kesicilerin tornalama, delik büyütme, kanal açma ve özel profil oluşturmada kullanılan değişik şekilleri mevcuttur. Bu kesicilerin avantajları şöyle sıralanabilir:

- Yüksek kesme hızlarında kesme yapabilmesi ve diğer takımlara göre üretimi 10-15 kat arttırabilmesi,
- 0,128 µm ve daha az yüzey hassasiyeti kolaylıkla elde edilebilmesi ve çoğu zaman iş parçası üzerinde gerekli diğer yüzey bitirme işlemi elimine edebilmesi,
- Çok sert ve abrasyona dirençli olduğundan, abrasive malzemelerin işlenmesinde daha uzun takım ömrü elde edilmesi,
- 0,012 mm'ye kadar düşük talaş derinliğinde hem iç hem de dış yüzey tornalaması yapabilmesi,
- Daha yakın toleranslı parçalar üretilmesi ve kesici uç üzerinde metalik parçaların kaynak olması veya yapışmasının önlenmesidir.

Elmas kesiciler genellikle demir içermeyen metaller ve metal olmayan malzemelerin işlenmesinde başarılı olarak kullanılmaktadır. Metalik malzemeler olarak; alüminyum, duraluminyum, magnezyum gibi hafif metaller; bakır, çinko, çinko alaşımları gibi yumuşak malzemeler, bronz ve kurşun alaşımları ile beyaz metal olarak adlandırılan yatak malzemeleri sayılabilir. Bu metalik malzemelerin üretimi, elmasla bitirme işleminde diğer takımlara göre 10-15 kat artabilmektedir. Elmasla işlenen metal olmayan malzemelerin bazıları ise sert ve yumuşak kauçuk, her çeşit plâstik, grafit, karbon ve seramik malzemelerdir (Şahin, 2000) .

Doğal tek kristalli elmas kadar sert bir malzeme ise sentetik çok kristalli elmadır (PCD) (Şekil 2.15.). Çok yüksek sertliği, çok yüksek aşınma direncine sahip olmasını sağlar ve bu özelliğinden dolayı taşlama işleminde kullanılan taşların üst yüzeyinde kullanılır. İnce elmas kristallerinin yüksek basınç ve sıcaklık altında bir araya getirilmesi ile oluşturulmuştur. Herhangi bir yöndeki çatlağın yayılmasının önüne geçebilmek için kristaller yapı içerisinde gelişigüzel dağıtılmıştır. Bu durum sertliğin ve aşınma direncinin her yönde yüksek olmasını sağlar. Takım ömrü sinterlenmiş karbür bir kesici ucun ömrünü hemen hemen yüz katıdır.



Şekil 2.15.Çok kristalli elmas (Çakır, 2006)

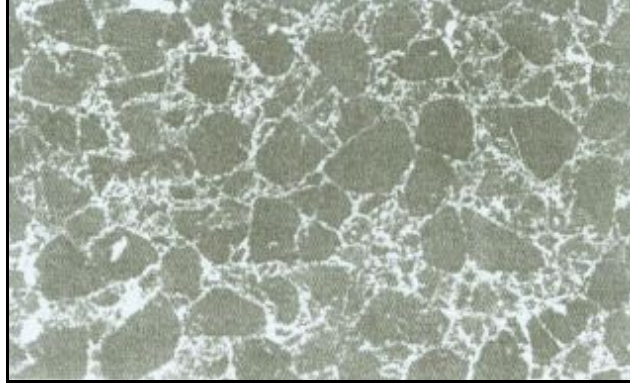
PCD'nin çok kırılğan yapısından dolayı PCD ile yapılan işlemler çok kararlı koşullar, rijit tezgâh ve takımlar ile çok yüksek kesme hızları gerektirir. Soğutma sıvısı genellikle soğutma amacıyla kullanılabilir. İnce ve yarı ince tornalama ve delik işleme tipik PCD işlemleridir. Alın frezeleme işleminde PCD uçlu takımlar kesici uç veya silici uç olarak kullanılabilir. Düşük ilerlemeler, düşük talaş derinlikleri, darbeli talaş kaldırma işlemlerinden ve şoklardan kaçınılması son derece önemlidir (Çakır, 2006).

2.5.7. Kübik bor nitrürler

Kübik bor nitrür (CBN) elmastan sonra ikinci en sert kesici takım malzemesidir (Şekil 2.16.). Çok yüksek sertlik, çok yüksek kızıl sertlik (2000 °C), mükemmel aşınma direnci ve işleme esnasında genellikle iyi kimyasal kararlılık gibi özellikleri sayesinde mükemmel bir kesici takım malzemesidir. Kırılğan bir malzeme olmasına karşın seramiğe göre daha toktur. Seramikle karşılaştırıldığında daha sert, ancak daha kötü ısı ve kimyasal dirence sahip bir malzemedir. Dövme çelik, serleştirilmiş çelik ve dökme demir, yüzeyi sertleştirilmiş iş parçaları, kobalt ve demir esaslı toz metallere, perlitik dökme demir ve ısı dirençli alaşımlar CBN takımların yaygın olarak kullanıldığı iş parçası malzemeleridir.

CBN sertlikleri 48 HRC'nin üzerinde olan sert iş parçası malzemelerine uygulanmalıdır. İş parçaları çok yumuşaksa takım aşırı derecede aşınır. Malzeme ne

kadar sertse takım aşınması da o derece azdır. CBN kesici kenarlar sağladıkları mükemmel yüzey kaliteleri sayesinde tornalama işlemlerini taşlama işlemlerine alternatif haline getirmişlerdir (Çakır, 2006)



Şekil 2.16. Kübik bor nitrür (Çakır, 2006)

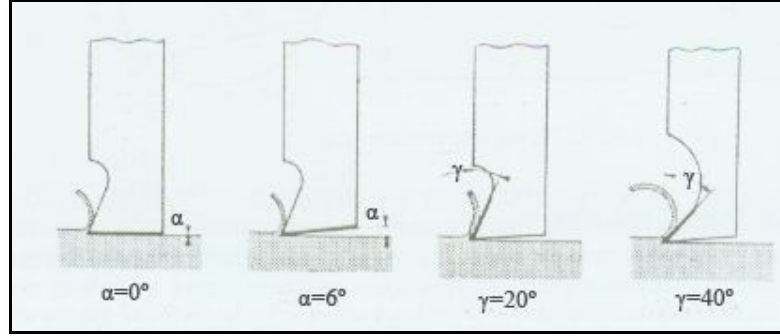
Çok kristalli kübik bor nitrür (ÇKKBN) yönlü olmayan bütün doğrultularda uniform sertlik ve abrasive direnci sağlayan yapısı, çatlama karşıda uygun özelliklere sahiptir. ÇKKBN kesici takımlar yüksek talaş kaldırma miktarında, abrasive malzemeleri ve aşırı sert malzemeleri kesmek için dört temel özelliğe sahiptir. Temel özellikler şöyle özetlenebilir:

- Yüksek sertlik,
- Yüksek abrasyon direnci,
- İyi basma dayanımı,
- Yüksek termal iletkenliktir.

Bu özellikleri sayesinde ÇKKBN uçlar ile daha yüksek kesme hızlarında, daha fazla talaş derinliğinde kesme yapılabilir ve sertleştirilmiş çeliklerin ve sertliği 35 RC ve daha yukarı olan sert Ni, Cr-Ni alaşımlı Inconel, Rene, Waspalay, Stellite gibi yüksek sıcaklık alaşımlarının işlenmesinde kullanılabilir (Şahin, 2000).

2.4.8. Kesici takım geometrisi

Takım geometrisini tayin eden faktörler α , β , γ gibi ana açılar ve takım ucunun r yuvarlatma yarıçapıdır. Şekil 2.17.'de talaş kaldırma olayına takım açılarının etkisi görülmektedir.



Şekil 2.17. Takım açılarının etkisi (Akkurt, 2004)

Ana açıların yanı sıra, kesici takımlarda başka açılar da vardır. Genellikle talaş açısı γ talaşın parçadan uzaklaşmasını, kama açısı β takımın parçaya nüfuz etmesini ve serbest açı α' da takımın işlenen yüzeye sürtünmemesini sağlar. Pratikte α açısı, takım ve parça malzemesine bağlı olarak genellikle $\alpha = 3^\circ \dots 7^\circ$ arasında alınır. Dolayısıyla talaş kaldırma olayını esas olarak β ve γ açıları etkiler.

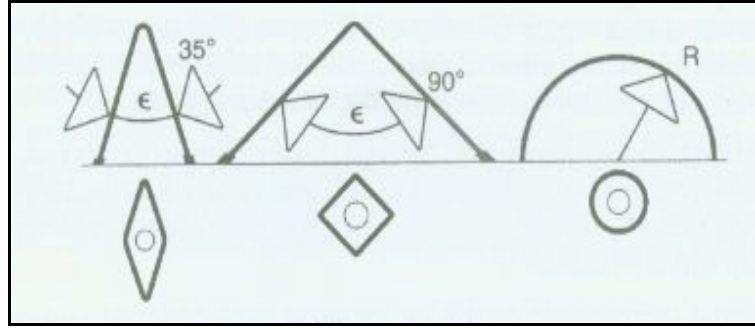
$$\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ \quad (2.1)$$

bağıntısı göz önüne alınırsa, iki durum ortaya çıkabilir:

1. α açısı küçük, β açısı büyük ise; takımın ucu küt olduğundan malzemeye nüfuz etmesi zorlaşır. Kesme kuvvetleri büyür, ısı oluşumu artar ve takımın ucu kısa zamanda bozulur. Buna karşın takım kuvvetlere karşı daha dayanıklıdır.
2. α açısı büyük, β açısı küçük ise; takım ucu ince olduğundan malzemeye daha kolay bir şekilde nüfuz eder, daha düşük kesme kuvvetleri ile talaş kaldırılır, talaş kolaylıkla akar ve takım daha büyük kesme hızlarında kullanılabilir. Ancak uç ince olduğundan takımın kuvvetlere karşı mukavemeti azalır ve kırılma olasılığı artar.

Yukarıdaki açıklamaların ışığı altında genellikle gevrek malzemeler için α açısı küçük, β açısı büyük; sünek malzemeler için α açısı büyük, β açısı küçük seçilmelidir (Akkurt, 2004).

İki kesici kenarın birleştiği köşe noktası keskin ancak zayıf bir noktadır. Talaş kaldırma işleminin küçük bir kesit alanıyla gerçekleştirilmesi nedeniyle köşe noktası kesici kenarın en zayıf noktasıdır. Talaş kaldırma esnasında iş parçasına önce bu kısım temas etmekte, dolayısıyla malzeme deformasyonundan dolayı ortaya çıkan gerilmeleri önce bu kısım karşılamak zorunda kalmaktadır. Kesici uca ait uç açısı ucun mukavemetini belirler. Genellikle bu açı 35-90° arasında değişir, ancak yuvarlak kesici uçlarda kesici kenar çok daha büyük bir kesit alanına sahiptir (Şekil 2.18.).



Şekil 2.18. Uç açıları (Çakır, 2006)

Fonksiyonel açıdan ucun yuvarlatılması keskinliği, dolayısıyla ucun zayıflığını azaltır. Daha büyük bir köşe radyüsü kesmeyi daha uzun bir kenar boyunca dağıtır ve böylelikle daha iyi bir takım ömrü sağlar. Büyük köşe radyüsü ile ısının sistemden uzaklaştırılması çok daha kolay, böylelikle ısıl gerilmeden ortaya çıkan tahribat çok daha azdır. İş parçasının yüzey kalitesi köşe radyüsünün büyüklüğünden etkilenir (Şekil 2.19.).

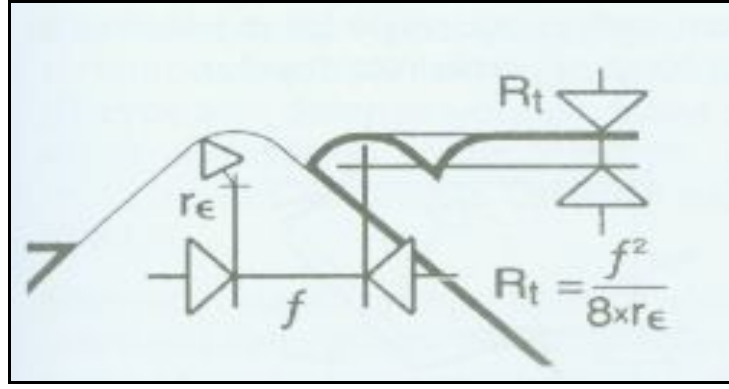
Köşe radyüsü:

- Kaba işlemlerde mukavemeti,
- İnce işlemlerde ise yüzey pürüzlülüğünü

belirlemede temel faktördür. Teorik maksimum yüzey pürüzlülüğü değeri (R_t) daha yüksek kesme hızları ve daha pozitif bir kesme geometrisi kullanılarak attırılabilir. Teorik olarak yüzey pürüzlülüğü

$$R_t = \left(\frac{f^2}{8 \cdot r_\epsilon}\right) \cdot 10 \quad (2.2)$$

bağıntısı ile bulunur. Yüzey kalitesi ilerleme ile köşe radyüsünün bir fonksiyonudur.



Şekil 2.19. Yüzey kalitesi ve köşe radyüsü ilişkisi (Çakır, 2006)

Aynı talaş derinliği için büyük köşe radyüsüne sahip takımın kesmeye katılan uzunluğu küçük köşe radyüsüne sahip takıma göre daha büyüktür. Büyük köşe radyüsünün kullanımıyla ucun güçlendiği, daha iyi yüzey kalitesinin elde edildiği ve kesici kenar üzerinde daha iyi bir basınç dağılımının olduğu gözlenmektedir. Ancak keskin bir uca göre büyük köşe radyüsüne sahip takımlar talaş kaldırmada daha büyük bir güce gereksinim gösterirler ve doğal olarak köşe radyüsü arttıkça güç gereksinimi artar. Köşe radyüsüne göre radyal ve aksenal yöndeki kuvvet dağılımları da farklılık gösterir. Büyük köşe radyüsü büyük radyal kuvvetlerin oluşumuna neden olur. Buda ince cidarlı parçaların işlenmesinde ve delik işleme işlemlerinde talaş kaldırma işleminin rijitliğine olumsuz etkide bulunur. Köşe radyüsünün artması titreşim eğilimini de artırır. Tırlama riski olduğunda köşe radyüsünün seçiminde son derece dikkatli olunmalıdır (Çakır, 2006).

2.6. İmalatta Yüzey Pürüzlülüğü

Talaş kaldırma işleminde, tezgâha girişlerin ve tezgâha dâhil diğer önemli işlemlerle birlikte çıkışların da dikkate alınması gerekir. Bunlar arasında kesici takım malzemeleri, işlenecek iş parçası, tezgâhın kinematığı, stabil olması ve ekonomikliği sayılabilir. Bunlara ilaveten, gerekli hassasiyet ve yüzey pürüzlülüğü son amacı belirlediğinden en önemli çıkış parametresidir. İmalatta işlenmiş yüzey hassasiyetinin elde edilmesi her zaman önemli çıkış parametrelerinden biri olmaktadır. Yüzey hassasiyeti pek çok parametreyi içine alan bir terim olup, bunlar özetle yüzey bitimi ve çatlaklardan arınma, kimyasal değişme, yanma, dönüşme ve aşırı temperleme şeklinde termal hasar ve kalıcı çekme gerilmesi olarak sayılabilir. Son yüzeylerin çok önemli olduğu yerlerde özellikle makine imalatında bitirme işlemi tamlığının her zaman dikkatle tasarlanması gerekir (Şahin, 2001).

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

Talaşlı imalat esnasında yüzey pürüzlülüğüne etki eden parametreler olarak;

- Takım tezgâhının rijitlik durumu,
- Yataklama sisteminden kaynaklanan hatalar,
- Takım tutucu rijitlik durumu,
- Takım aşınmasının etkileri,
- Takım geometrisi,

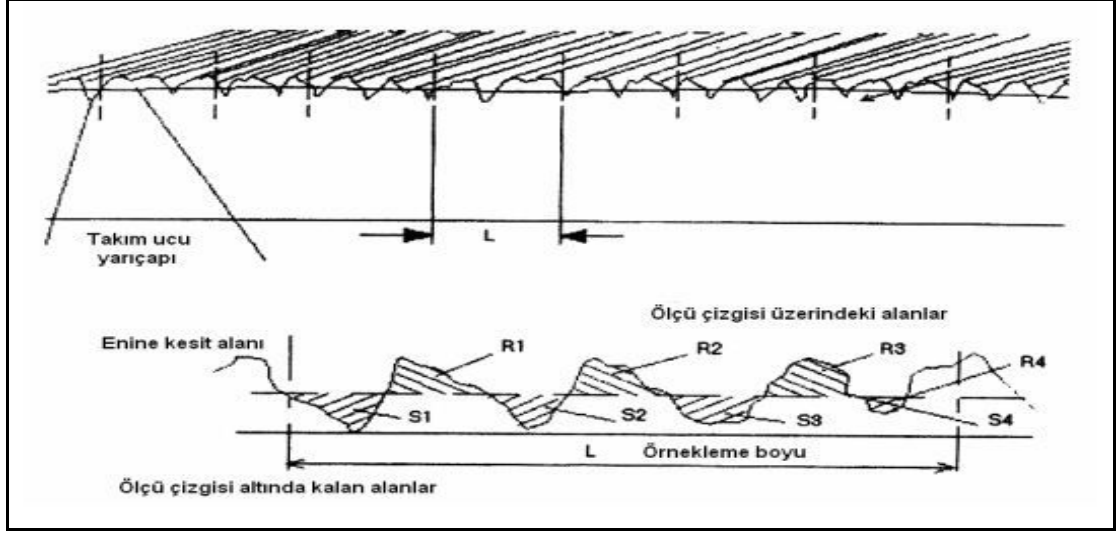
- Kesme parametreleri,
- Malzemenin mekanik özellikleri,
- Soğutma sıvısının etkileri sayılabilir (Balcı, 2008).

2.7. Yüzey Pürüzlülüğü

İşlenmiş yüzeylerde, işleme metodu ne olursa olsun (örnek: lepleme, taşlama, tornalama vb.) yüzey pürüzlülüğünün oluşması kaçınılmazdır. İşleme metodu, kesicinin cinsi ve işlenen malzemeye bağlı olarak, işleme sırasında fiziksel, kimyasal ve ısı faktörlerle, kesen ve kesilen arasındaki mekanik hareketlerin de etkisiyle işlenmiş yüzeylerde, genellikle istenmediği halde bazı izler oluşur. Nominal yüzey çizgisinin altında ve üstünde düzensiz sapmalar meydana getiren bu duruma yüzey pürüzlülüğü denir (Güllü, 1995).

Yüzey pürüzlülüğü gereksinimi yaklaşık olarak, $Ra=1,6 \mu m$ değerini geçtiği zaman çoğu şirketler pürüzlülük profilini ölçmeden ziyade görsel kontrolü kullanırlar. Mühendislik parçaları fazla stresli veya alışılmadık dışında çevresel etkilere sahip parçalar daha spesifik ve daha detaylı yüzey kalitesi özelliğine sahiptir. Bu parçalar için tolerans gereksinimleri keza müsaade edilen yüzey pürüzlülüğüne yakın olma ihtiyacındadır. Bu parçaların yüzey yapısını ölçmek için kalite kontrolü gerekir. Yorulma dayanımı, korozyon direnci, temizlik, görünüm, kaplanabilirlik, koruma veya ürün performansını iyileştirmek için aşağıda gösterilen önemli parçalarda yüzey yapısı özelliklerini iyileştirmek gerekir.

1. Sürtünmeli yataklar,
2. Korozyon ortamında çalışan nesnelere,
3. Yiyecek hazırlayan aygıtlar,
4. Teleskop lensleri,
5. Yuvarlanmalı yataklar,
6. Boyanmış veya kaplanmış yüzeyler,
7. Sızdırmazlık yüzeyler veya sürtünen baskı montajlar vb. parçalardır.



Şekil 2.20. Yüzey pürüzlülüğünün üç boyutlu gösterimi ve yüzey profili (Şahin, 2001)

Yüzey pürüzlülüğünün üç boyutlu gösterimi ve yüzey profili Şekil 2.20.'de görülmektedir. Gerek ANSI gerekse ISO standardına göre yüzey kalitesi, kabalık, dalgalık, izler ve hatalar olmak üzere 4 elemandan oluşmaktadır. Yüzey yapısı ile ilgili olan bu dört bileşenin tanımları şöyle özetlenebilir:

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

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

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

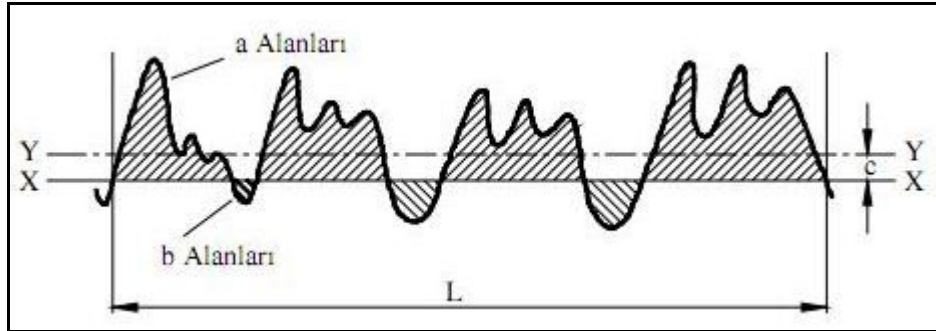
Bitirme yüzeyi: Bir yüzeyin genel kalitesini göstermek için kullanılan geniş bir terimdir. Ancak "İyi bir bitirme yüzeyi" düşük pürüzlülük değerlerini ve tersi de her zaman "yüksek pürüzlülük" değerlerini gösterir (Şahin, 2001).

2.7.1. Yüzey kalitesinin sayısal olarak değerlendirilmesi

Yüzey kalitesi ölçme problemini çözmek için, üç boyuttan iki boyuta indirgemek ve grafik ortalamalarıyla sonucu göstermek mümkün olmasına rağmen, tasarımcının bu şekilde gerekli olan yüzey kalitesini açıkça belirleyebilmesi pratik bir metot değildir. Grafik metodunu, ne üretim mühendisi, ne de kalite kontrol elemanı kolayca yorumlayamaz. Bu yüzden ihtiyaç duyulan şey, yüzeyin fonksiyonel özelliklerine ait bazı ilişkilerin yer alması ve sayısal olarak yorumlanabilmesidir. Otoritelerce yüzey kalitesinin sayısal değerlerinin belirlenebileceği iki metot kabul edilmiştir. Bunlar, genellikle ortalama çizgi (M) ve zarf sistemi (E) olarak bilinir (Neşel, 2006).

2.7.1.1. Ortalama çizgi (M) sistemi

Ortalama çizgi elde edilen geometrik profili tasdik eden bir çizgi olarak tanımlanabilir. Bu ortalama çizgi öyle bir yere yerleştirilmiştir ki, bu çizgi ile profil arasındaki ordinatların karelerinin toplamı minimum olmalıdır. Dolayısıyla ortalama veya merkez çizgisi pratikte profilin genel yönüne paralel bir çizgi olarak belirlenebilir ve bu çizginin altında ve üstündeki profili oluşturan alanlar (a ve b) birbirlerine eşittir.



Şekil 2.21. Ortalama çizgi konumunun belirlenmesi (Neşel, 2006)

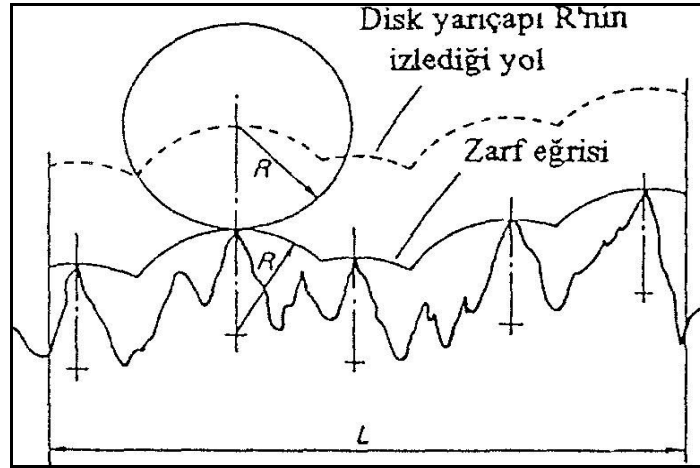
Verilmiş olan bir profil için ortalama çizginin konumu, aşağıda açıklanan yöntemle belirlenebilir. Şekil 2.21.'de gösterildiği gibi bir XX doğrusu çizilir. Bu çizgi uygun örnekleme uzunluğu (L)'nin üzerindeki profilin genel yönüne paraleldir. Bir

planimetre veya ordinat metodu kullanılarak a ve b alanları ölçülür. Sonra XX ve istenen ortalama çizgi YY arasındaki c mesafesi şu şekilde verilir (Neşel, 2006).

$$c = \frac{\sum Alan(a) - \sum Alan(b)}{L} \quad (2.3)$$

2.7.1.2. Zarf (E) sistemi

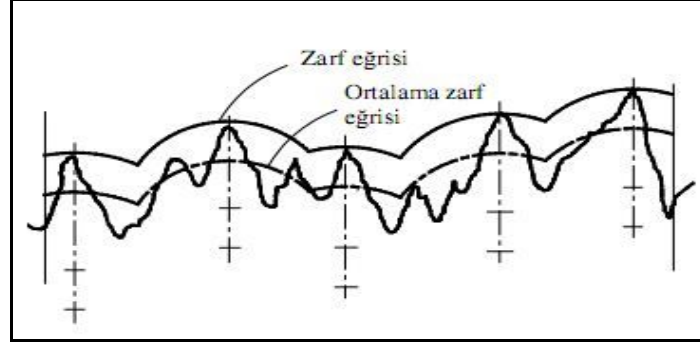
Zarf sistemi, izlere karşı yuvarlanan bir dairenin yarıçapı tarafından üretilen bir çizgi esasına dayanır. Daire merkezinin hareketinden oluşturulan bu eğri R mesafesi tarafından düşey olarak yerleştirilmiştir. Bu çizgi yüzeyin üzerinde yer alır. Şekil 2.22.'de gösterildiği gibi zarf eğrisi, ideal geometrik profile dik açılarda en yüksek profile doğru çizilen ordinatlar tarafından oluşturulur.



Şekil 2.22. Zarf eğrisinin elde edilişi (Neşel, 2006)

Yarıçap R 'nin dairesel yayları ordinatlar üzerindeki merkezleriyle birlikte tepelere doğru çizilerek zarf eğrisini oluşturur. Bu eğrinin oluşumu yüzey kalitesinin grafik çıktısının dikey ve yatay eksenlerde aynı oranda büyütüldüğünü kabul eder. Dikey büyümelerin yataydaki büyümelerden dikkati çekecek kadar fazla olması ve dairesel yayların bozularak eliptik şekil alması olağandır. Eğer V dikey büyüme ve H de grafiğin yatay büyümesi ise zarf profili, dairesel yayların yarıçapının düzeltilmesiyle

yeniden elde edilir. Daha sonra üretilmiş haldeki temas eden zarf çizgisinin altında ve üstünde eşit olan yüzey profili tarafından kapatılmış yayların pozisyonu ile değiştirilebilir. Bu durum Şekil 2.23.'te görülmektedir. Bunun manası, zarf eğrisi M sistemindeki ortalama çizgiyi karşılar (Neşel, 2006).



Şekil 2.23. Ortalama zarf eğrisi (Neşel, 2006)

2.7.2. Yüzey pürüzlülüğü ölçme teknikleri

Çeşitli şekillendirme işlemleri sonucu oluşan yüzey pürüzlülük değerlerini belirlemek için farklı metotlar mevcuttur. Talaşlı imalat metotlarıyla elde edilen yüzeylerin pürüzlülük değerlerinin belirlenmesinde izleyici uca sahip cihazlar kullanılır.

İzleyici uçlu cihazlar: Çok sivri bir izleyici ucun parça üzerinde değerlendirme uzunluğu boyunca hareket ettirilmesi ve hareket esnasında oluşan titreşimlerin büyütülerek hareketli bir şerit üzerine aktarılması veya elektronik cihazlar yardımıyla yorumlanması esasına dayanır. İzleyici ucun inceliği ölçüm esnasında doğruluk açısından önem arz ettiğinden genelde iğne olarak 90° uç açılı ve 4-12 μm yarıçapa sahip iğneler kullanılmaktadır. Kullanımı en kolay ve ideal bir ölçüm sistemidir.

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

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

Mekanik metot: Çelik bilye kullanılarak en düşük 500 g ağırlığın yüzeyde; yüzeyin içine doğru 1 mikronluk yer değiştirmesi ile yapılan yüzey pürüzlülüğü ölçme tekniğidir.

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

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

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

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

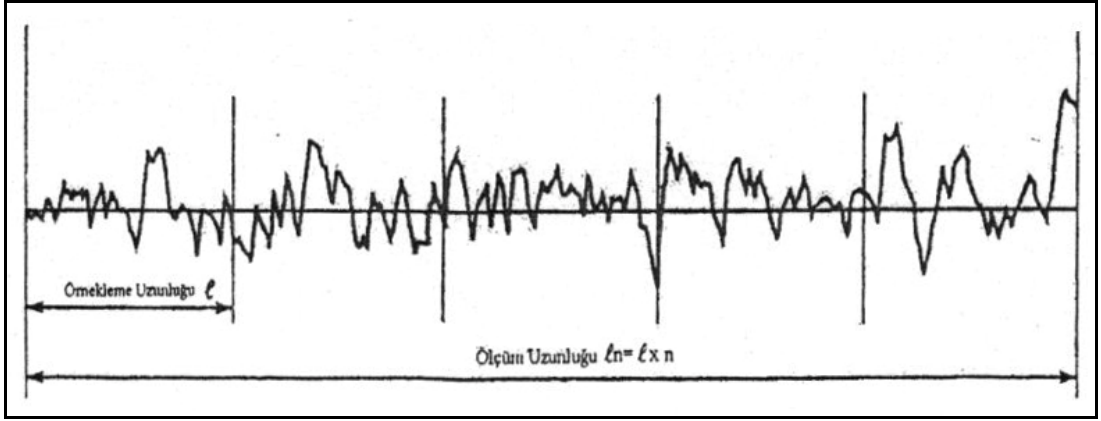
Replika metodu: Parça üzerindeki konumu nedeniyle ölçüm yapılacak yüzeye erişilemediği durumlarda yüzeye selüloz-asetat filmi, asetonla yumuşatılarak sertleşene kadar temizlenmiş yüzeye bastırılırsa elde edilen maske yüzey karakteri hakkında % 80 oranında bilgi verir.

Elektro fiber optik metot: Yüzey pürüzlülüğü ölçülecek malzeme X, Y yönünde hareket edebilen tablaya bağlanarak yatay konuma getirilir. Fiber optik algılayıcı ile parça yüzeyine dik olarak ışın gönderilir. Parça yüzeyinin pürüzlülüğüne göre dağılan ışınlar, foto algılayıcılarla yorumlanarak pürüzlülük değeri bulunur (Balcı, 2008).

2.7.3. Yüzey pürüzlülük parametreleri

2.7.3.1. Örnekleme uzunluğu (l_n) ve örnekleme sayısı (n)

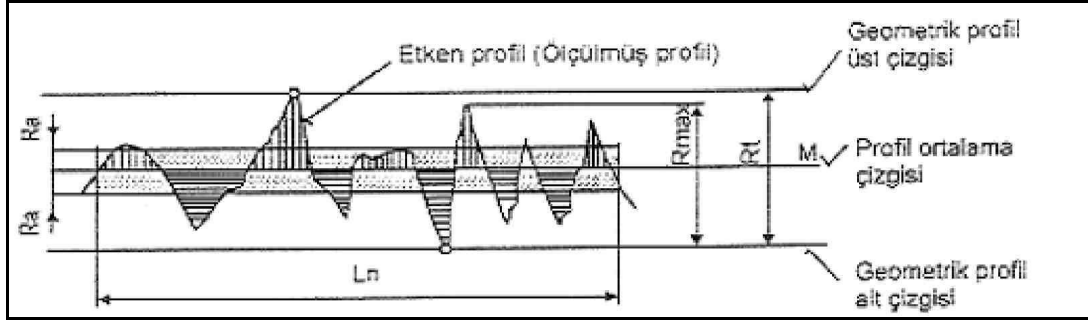
Örnekleme uzunluğu kesicinin ilerlemesini temsil edecek büyüklükte seçilmelidir (Şekil 2.24). Profil üzerinde değerlendirilen bütün örnekleme uzunluklarının bir araya gelmesi ile l_n ile ifade edilen değerlendirme uzunluğu oluşur. l_n uzunluğu $n \geq 5$ olmak üzere, örnekleme uzunluğu (l) ile (n) çarpılarak elde edilir (Gadelmawla vd., 2002).



Şekil 2.24. Örnekleme uzunluğu ve sayısı ile ölçüm uzunluğu (Gadelmawla vd., 2002)

2.7.3.2. Ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_a)

Belirli bir ölçüm uzunluğundaki (l_n) ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_a), merkez çizgisinden ölçüm uzunluğuna kadar olan mesafede ölçülen yükseklik değişimlerinin mutlak değerlerinin aritmetik ortalamasıdır (Şekil 2.25.). Kalite kontrolünde dünya çapında kabul görmüş bir yüzey pürüzlülük parametresidir. Bu parametrenin tanımlanması ve ölçülmesi kolaydır. Yükseklik dağılımları hakkında genel bir tanımlama getirdiği için dalga boyu ve profildeki hassas değişimler hakkında yeterli bilgi vermez.



Şekil 2.25. Ortalama yüzey pürüzlülüğü (Bayrak, 2002)

Ra ortalama yüzey pürüzlülüğünün matematiksel tanımı aşağıdaki eşitlikler ile ifade edilmektedir (Gezgin, 2007).

$$R_a = \frac{1}{L} \int_0^L |x| dx \quad (2.4)$$

$$R_a = \frac{|y_1| + |y_2| + \dots + |y_n|}{n} \quad (2.5)$$

2.7.3.3. Profilin maksimum yüksekliği (Rz) ve maksimum tepe yüksekliği (Rp)

Rz, on nokta yüksekliği olup örnekleme uzunluğu içinde 5 derin çukur ve 5 en yüksek tepe noktaları arasında ortalama mesafeyi gösterir, fakat buna dik olarak ölçülür. Rp, ise örnekleme uzunluğu içinde ortalama doğrudan maksimum profil yüksekliğidir. Rpm ise 5 örnekleme uzunluğu üzerinde belirlenen Rp'nin ortalama değeridir. Rz ve Rpm'nin matematiksel olarak ifadesi aşağıdaki şekildedir (Şahin, 2001).

$$R_z = \frac{(R_1 + R_2 + R_4 + R_6 + R_9) - (R_3 + R_5 + R_7 + R_8 + R_{10})}{L} \quad (2.6)$$

$$R_{pm} = \frac{(Rp_1 + Rp_2 + Rp_3 + Rp_4 + Rp_5)}{5} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^{i=5} Rp_i \quad (2.7)$$

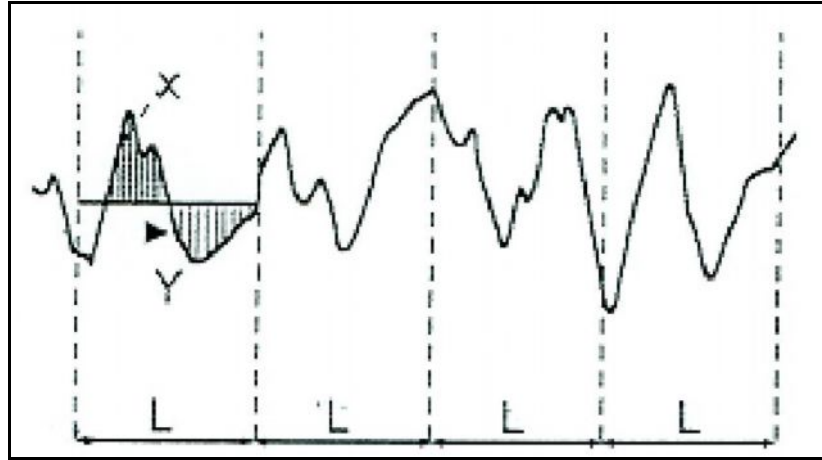
2.7.3.4. Profilin karelerinin ortalamasının karekökü (Rq)

Rq, profil ortalama çizgisi ile oluşturduğu yükseklik değişimlerinin karelerinin ortalamasının karekökü olarak tanımlanmaktadır (Şekil 2.26.). Bu parametre ortalama yüzey pürüzlülüğü Ra'dan daha hassas bilgi vermektedir. Rq yüzey pürüzlülüğünün matematiksel ifadesi;

$$R_q = \left(\frac{1}{N} \sum Y_i^2 \right)^{1/2} \quad (2.8)$$

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{L} \int_0^L x^2 |x| dx} \quad (2.9)$$

eşitlikleri ile ifade edilebilir (Gezgin, 2007).



Şekil 2.26. Profilin karelerinin ortalamasının karekökü (Gezgin, 2007)

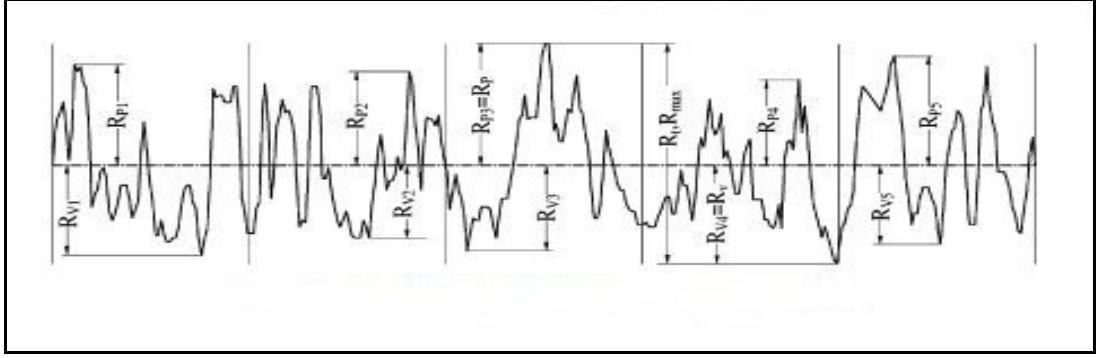
2.7.3.5. Maksimum profil yüksekliği (Rmax)

Maksimum tepe yüksekliği (Rp); ortalama çizgi üstünde oluşan en uzun tepe yüksekliğidir. Maksimum çukur derinliği (Rv); ortalama çizgisi altında oluşan en

derin çukurdur. Maksimum profil yüksekliği (R_t-R_{max}); en büyük tepe yüksekliği ile en derin girintinin mutlak olarak toplamıdır (Şekil 2.27.). Matematiksel olarak

$$R_{max} = R_p + R_v \quad (2.10)$$

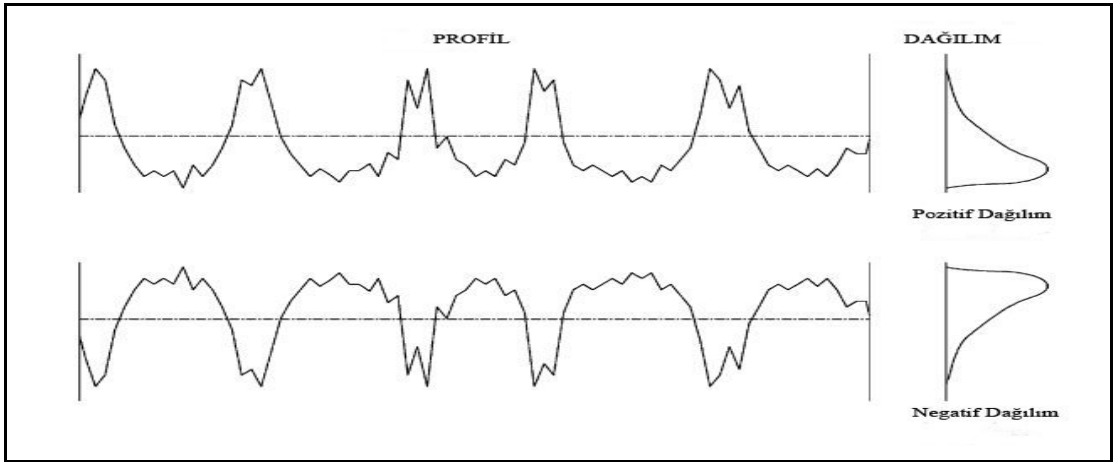
şeklinde ifade edilir.



Şekil 2.27. R_v , R_p , R_t-R_{max} yüzey pürüzlülük parametreleri (Gadelmawla vd., 2002)

2.7.3.6. Genlik dağılım eğrisi (R_{sk})

Şekil 2.28.'de gösterildiği gibi bu parametre profil genlik yoğunluğunun ortalama çizgiye simetrisini belirten dağılım eğrisidir.



Şekil 2.28. Profil ve genlik dağılım eğrisi (Gadelmawla vd., 2002)

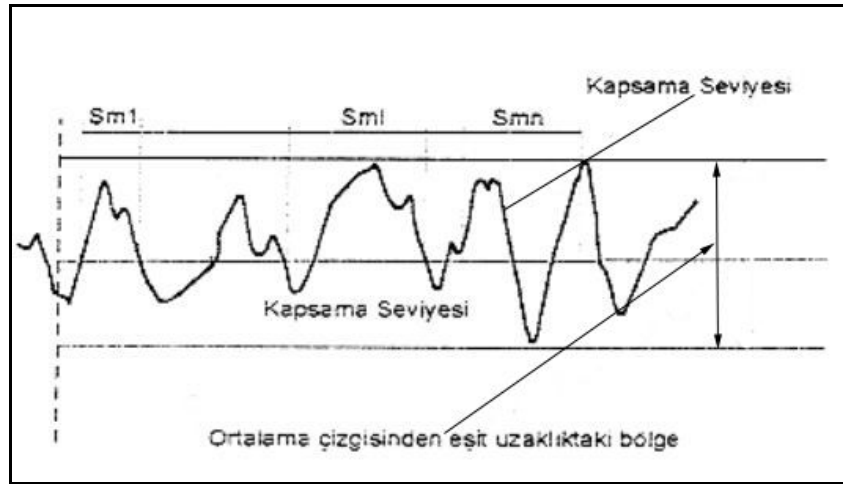
Aynı R_a ve R_q değerine sahip profilleri ayırt etmeye yarayan bir değişkendir. Matematiksel olarak ifadesi aşağıdaki gibidir (Gadelmawla vd., 2002).

$$R_{sk} = \frac{1}{R_q^3} \int_{-\infty}^{\infty} y^3 p(y) dy \quad (2.11)$$

$$R_{sk} = \frac{1}{NR_q^3} \left(\sum_{i=1}^N Y_i^3 \right) \quad (2.12)$$

2.7.3.7. Profil elemanlarının genişliğinin ortalaması (R_{sm})

Tepe profili ve buna komşu olan vadi profiline profil elemanları denir. Örnekleme uzunluğunda yer alan profil elemanlarının genişliği S_m ile ifade edilmektedir (Şekil 2.29.) (Bayrak 2002).



Şekil 2.29. Profil elemanlarının genişliğinin ortalaması (Bayrak, 2002)

2.7.4. Yüzey pürüzlülüğünde kullanılan standartlar

JIS B0601–1982, JIS B0601–1994, AISI, DIN ve ISO gibi oldukça yaygın ulusal ve uluslararası standartlarda, örnekleme sayısı, ölçüm boyu ve toplam kurs boyu

aralıkları tarif edilmiştir. ISO standardına göre değerlendirmeler, Çizelge 2.1.- 2.2. ve 2.3.'te belirtilmiştir (Can, 2003).

Çizelge 2.1. Rsm için standart örnekleme ve değerlendirme uzunlukları (Can, 2003)

Rsm (μm)	Örnekleme uzunluğu, l (mm)	Ölçme uzunluğu, ln (mm)
$0,013 < R_{sm} < 0,04$	0,08	0,4
$0,04 < R_{sm} < 0,13$	0,25	1,25
$0,13 < R_{sm} < 0,4$	0,8	4
$0,4 < R_{sm} < 1,3$	2,5	12,5
$1,3 < R_{sm} < 4$	8	40

Çizelge 2.2. Ra ve Rq için standart örnekleme ve değerlendirme uzunlukları (Can, 2003)

Ra- Rq (μm)	Örnekleme uzunluğu, l (mm)	Ölçme uzunluğu, ln (mm)
$0,006 < R_a < 0,02$	0,08	0,4
$0,02 < R_a < 0,1$	0,25	1,25
$0,1 < R_a < 2$	0,8	4
$2 < R_a < 10$	2,5	12,5
$10 < R_a < 80$	8	40

Çizelge 2.3. Rz, Rt ve Rp için standart örnekleme ve değerlendirme uzunlukları (Can,2003)

Rz-Rt-Rp (μm)	Örnekleme uzunluğu, l (mm)	Ölçme uzunluğu, ln (mm)
$0,025 < R_z < 0,1$	0,08	0,4
$0,1 < R_z < 0,5$	0,25	1,25
$0,5 < R_z < 10$	0,8	4
$10 < R_z < 50$	2,5	12,5
$50 < R_z < 200$	8	40

2.8. İşlenebilirlik

İşlenebilirliğin birkaç değişkene bağlı kalınarak tanımlanması olanaksızdır. Genel anlamda işlenebilirlik, işlenen yüzeyin kalitesi, standart bir talaş kaldırma işlemi için gerekli enerjiyi, takım aşınma miktarı veya kesici takım ömrü gibi talaş kaldırma işlemlerinin bir veya daha fazla karakteristiğini bir noktada odaklamak diye tanımlanabilir. Daha basit bir anlamda işlenebilirlik ise, bir malzemenin istenen biçimde, boyutta veya yüzey kalitesinde işlenebilmesinin kolaylığını veya zorluğunu gösteren bir kavramdır (Aydın, 2002).

Bir malzemenin işlenebilirliği aşağıdaki kriterlerden biri veya birden fazlasına göre değerlendirilir.

- Takım ömrü,
- Kesme hızı,
- Talaş kaldırma miktarı,
- Kesme kuvvetleri ve gücü,
- Yüzey kalitesi ve talaş şeklidir (Şahin 2001).

Talaşlı imalatta işlenebilirlik; tasarım, malzeme seçimi ve işlem aşamalarına ait bütün bilgileri içeren ve her ana başlık altındaki bilgilerin diğerlerine göre uygun ilişkilerde düzenlendiği bir sistematik bir yaklaşımı gerektirir. Bu yaklaşım sonucunda; herhangi bir talaşlı imalat işlemine başlamadan önce saptanan tezgâh tipi, kesme hızı, ilerleme miktarı, talaş derinliği, iş parçasının kimyasal bileşimi, mikro yapısı, ısıl işlem, saflık, kesici takım tipi ve malzemesi, kesme sıvısı gibi değişkenler, işlem sırasında oluşan kesme kuvvetleri, talaş kaldırma sıcaklıkları, talaş özellikleri gibi değerler ve işlem sonucunda ortaya çıkan iş parçası yüzey kalitesi, toplam maliyet ve işlem süresi gibi sonuçların hepsi birden işlenebilirlik verilerini oluşturmaktadır (Aydın, 2002).

Malzemelerin işlenebilirliklerini etkileyen malzeme özellikleri sertlik, süneklik, ısıl iletkenlik, pekleşme, malzeme içindeki inklüzyonlar ve malzemenin kimyasal

bileşimidir. Örnek olarak, sertlik arttıkça kesici takımında abrasif aşınma artar ve dolayısıyla takım ömrü kısalır. Düşük sertlik ve dayanım genelde iyi işlenebilirlik anlamına gelmekle birlikte sertliği az olan çok sünek malzemelerde BUE oluşumu gerçekleştiği için yüzey kalitesi kötüleşir ve takım ömrü kısalır. Çok düşük sertlik talaşlı imalat işleminin performansını kötü yönde etkileyebilir. Düşük süneklik, metal kesme işleminde genelde olumlu bir etki yaparak iyi talaş oluşumuna katkıda bulunur ve metal kesme işlemi için daha az güç gerektirir. Artan iş parçası dayanımı da kesme kuvvetleri, özgül enerji ve kesme sıcaklığını arttıracığı için, artan dayanımla metal kesme işlemi zorlaşır. Bununla birlikte, yüksek ısı iletkenlik kesme bölgesinden, oluşan ısının hızlı olarak uzaklaştırılması demektir. Bu nedenle, yüksek ısı iletkenlik işlenebilirlik yönünden genelde faydalıdır (Kopac ve Bahor, 1999).

Frezeleme işleminde kesici takımlar ile talaş kaldırma esnasında imalatı yapılan malzemenin, kesme kuvvetlerine karşı göstermiş olduğu dirence talaş kaldırma kabiliyeti denir. Talaş kaldırma kabiliyeti; işlenecek malzemenin kimyasal bileşimindeki elementlerin türüne, malzemenin kristal kafes yapısına, kayma düzlemine ve mekanik özelliklerine bağlı olduğu gibi talaş kaldırma işleminde kullanılan kesici takım çeşidine, frezeleme yöntemine, kesme zamanına ve işlenecek yüzeyin kalitesine bağlı olarak değişmektedir. Talaş kaldırma kabiliyetini etkileyen faktörler aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- İşlenecek malzemenin kimyasal ve mekanik özellikleri,
- Kesici takımın kimyasal ve mekanik özellikleri,
- Kesici takım geometrisi,
- Talaş kaldırmada frezeleme yöntemi,
- Kesici takımın ve iş parçasının bağlama rijitliği,
- Talaş kaldırma parametreleri,
- Takım tezgâhının rijitliği (Çiftçi, 2005).

2.8.1. İş parçası malzeme özelliklerinin işlenebilirliğe etkisi

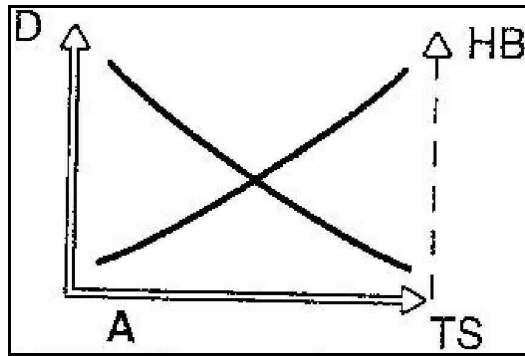
İyi bir işlenebilirliğin sağlanması ve talaş kaldırma koşullarının optimizasyonu amacıyla en yaygın olarak iş parçası malzemeleri araştırılırken malzemeyle ilişkili özelliklere ve bu özelliklerin talaş kaldırma işlemini nasıl etkilediğine özellikle dikkat edilmelidir.

2.8.1.1. Sertlik ve mukavemet

Malzemelerin genellikle düşük sertlik ve mukavemet değerlerine sahip olması arzu edilir. Ancak çok sünek malzemeler BUE oluşumu nedeniyle kötü yüzey kalitelerinin elde edilmesi, çapak oluşumu ve kısa takım ömrü gibi problemler nedeniyle bu kurala istisna teşkil ederler. Bu durumda soğuk çekme ile sertliğin artırılması işleminin olumlu bir etkisi vardır.

2.8.1.2. Süneklik

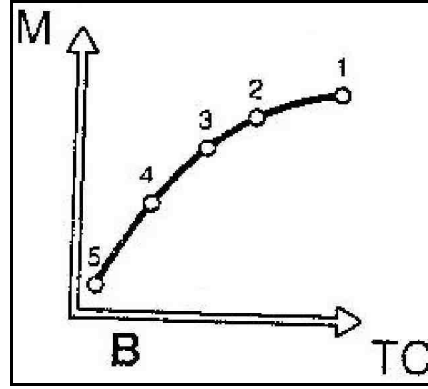
Düşük süneklik değeri genellikle olumludur. Düşük süneklik talaş oluşumu için bir avantajdır ve verimli bir talaş kaldırma söz konusudur. Düşük süneklik, yüksek sertlikle oluşur ve bunun tersi yüksek süneklik, düşük sertlik demektir. İyi işlenebilirlik, genellikle sertlik ve süneklik arasındaki bir uzlaşma noktasındadır. Şekil 2.37.'de çekme dayanımı (TS), sertlik (HB) ve süneklik (D) arasındaki ilişki görülmektedir (Balcı, 2008).



Şekil 2.37. Çekme dayanımı (TS) ile sertlik (HB) ve süneklik (D) arasındaki ilişki (Balcı, 2008)

2.8.1.3. Isıl iletkenlik

Yüksek ısıl iletkenliğin anlamı, talaş kaldırma işleminde oluşan ısının, süratle kesme bölgesinden uzaklaştırılması demektir. İşleme açısından bakıldığında, yukarıdaki sebeple yüksek değerlerde termal iletkenlik genellikle faydalıdır. Termal iletkenlik işlenebilirlik açısından önemli bir rol oynayabilir, fakat maalesef, bazı alaşım grupları için daha fazla iyileştirilmesi mümkün değildir. Şekil 2.38. bazı malzemelerin termal iletkenlikleri (TC) ile yaklaşık işlenebilirlik değerleri (M) arasındaki ilişkiyi göstermektedir: 1- Alüminyum, 2 - Alaşımız Çelik, 3- Alaşım Çelik, 4- Paslanmaz Çelik, 5- HSTR Alaşım (Şan, 2007).



Şekil 2.38. Termal iletkenlik (TC) ile işlenebilirlik değeri (M) arasındaki ilişki (Şan, 2007)

2.8.1.4. Deformasyon sertleşmesi

Plastik deformasyon sırasında metallerin dayanımı değişkendir. Dayanımdaki artış, deformasyon yüzdesine ve malzemenin pekleşme kabiliyetine bağlıdır. Yüksek pekleşme oranı, talaş oluşumu için çok daha fazla enerji ihtiyacı (yüksek özgül kesme kuvveti) demektir. Sertlikteki ciddi bir artış daha sonra, işlenmiş yüzeyde ince bir katman oluşmasına sebep olur. Pekleşmeyle sertleşmiş tabakanın kalınlığı, ilerleme değeri ile aynı olursa, kesici kenar, şiddetli gerilimlere maruz kalacaktır. Pekleşme ile oluşan tabakanın kalınlığı ve sertlik düzeyi kesici kenardaki deformasyon miktarıyla orantılıdır. Büyük talaş açısına sahip keskin bir kesici kenar, deformasyon miktarını azaltır. Bu sebeple, pozitif bir geometri, katmanın

azaltılmasına yardımcı olacak ve bunun sonucu olarak da kesici kenardaki gerilmeler azalacaktır. Bununla beraber pekleşme, BUE oluşumunu engellemek için bir avantaj olabilir (Şan, 2007).

2.8.1.5. Kalıntılar

Makro kalıntılar 150 µm'dan daha büyük boyutlara sahip kalıntılardır. Genellikle çok sert ve aşındırıcıdır, birçok takımın kırılmasına neden olabilirler. Mikro kalıntılar çelik içerisinde her zaman mevcuttur. Bu kalıntıların işlenebilirliğe etkisi şu şekilde sınıflandırılabilir:

- Alümina ve spinel gibi istenmeyen kalıntılar: Bu kalıntılar sert ve aşındırıcıdır.
- Daha az zararlı demir ve mangan oksitleri: Bir önceki gruba göre daha kolay deforme olurlar ve talaş akışına katılırlar.
- Silisyum gibi yüksek kesme hızlarında aranılan kalıntılar: Bunun nedeni silisyum gibi yüksek kesme sıcaklıklarında yumuşaması ve kesme bölgesinde takımın aşınmasını engelleyici bir tabaka oluşturmasıdır (Çakır, 2006).

2.8.1.6. İşlemeyi kolaylaştıran katkı malzemeleri

Çeliğin işlenebilirliğini geliştirmek için kurşun, kükürt, fosfor, silisyum ve mangan ilave edilir. Kolay işlenebilen çeliklerdeki kükürt miktarı işlenebilirliği iyileştirilmiş çeliklerdekine on katıdır. Yeterli miktarda mangan ihtiva eden çelik sağlandığında, kükürt ve mangan, mangan sülfata dönüşecektir. Talaş oluşumu sırasında bu sülfat kalıntıları, düşük dayanımlı düzlemler oluşturacak şekilde plastik deformasyona uğrar ve böylece çatlak oluşumu ve yayılımı için gerekli enerji azalır. Bu birinci kesme bölgesindeki deformasyonu kolaylaştırır. Kayma açısının ve talaş yarıçapının artmasına sebep olurken talaş kalınlığının takım/talaş temas boyunda ve işleme sıcaklığında azalmaya sebep olur. Sülfat, takım/talaş ara yüzeyinde bir yağlayıcı gibi görev yapar. Sülfatların boyutu, biçimi ve dağılımı da işlenebilirliği tayin eden faktörler arasındadır (Şan, 2007).

2.8.1.7. Malzeme yapısı

Malzeme yapısının işlenebilirlik üzerinde etkisi vardır. Bu, bazı malzeme yapılarının aşındırıcı özelliklerinin olması ve malzeme mukavemetinin malzeme yapısına bağlı olarak değişmesi nedeniyle ortaya çıkan bir etkidir. Çeliklerdeki aşındırıcı bileşen karbürlerdir. Bunların miktarı ve biçimi, malzeme özelliklerini doğrudan etkiler.

Oda sıcaklığında ve sertleştirme işlemi uygulanmamış şartlarda çelikte ferrit, perlit ve sementit olmak üzere üç temel yapı vardır. Ferrit yumuşak ve sünek, sementit sert ve aşındırıcıdır. Sementitin çok yüksek aşındırıcı özelliğinden dolayı çok az miktardaki sementitin bile, takım ömrü, dolayısıyla işlenebilirlik üzerinde önemli bir etkisi vardır. Ferritik çelikler genellikle martenzitik çeliklere göre daha iyi bir işlenebilirliğe sahiptirler (Çakır, 2006).

2.8.1.8. İş parçası durumu

İş parçasına ait şartlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Sıcak haddelenmiş,
- Normalize (ıslah) edilmiş,
- Tavlanmış,
- Soğuk çekilmiş.

Sıcak haddelenmiş durumdaki iş parçası genellikle homojen olmayan, kaba bir yapıya sahiptir. İşlenebilirlik açısından bakıldığında, homojen olmayan bu yapı, malzemenin düzgün olmayan dağılım miktarına bağlı olarak, sapmalara/boşluklara sebep olur. Bu da işlenebilirlik açısından olumlu bir özellik değildir.

Normalizasyon işlemi sıcak haddeleme şartlarından daha ince ve homojen bir yapı elde etmek için uygulanır. Normalizasyonun en temel amacı, malzemenin tokluk davranışını iyileştirmektir. Daha düzgün yapıdan dolayı, işlenebilirlik düzeyinde de bir iyileşme sağlanır.

Yumuşatma tavlama durumu, gerçekte malzemeyi yumuşatmak için uygulanan bir işlemdir. Sonuç olarak ferrit matris içinde düzenli dağılmış küresel sementitler oluşur ve sertlik önemli ölçüde düşer. Normalde yumuşatma tavlama, karbon miktarı % 0,5'ten fazla olan çeliklerde uygulanır. Yüksek karbon muhtevalarında, optimum işlenebilirlik elde etmek için tam küreselleştirme yapılmalıdır. Yumuşatma tavlama gerilim giderme tavlama ile karıştırılmaktadır. Gerilim giderme tavlama düşük sıcaklıklarda gerçekleştirilen bir işlem olup yapıyı etkilemez ve dolayısı ile işlenebilirlik üzerinde de etkisi yoktur.

Soğuk şekillendirme, alanda küçülme miktarına (deformasyon yüzdesine) bağlı olarak dayanımı artırır. Soğuk şekillendirme aşağıdaki hususlar açısından, işleme şartları için uygun durumlar sergiler:

- Daha iyi yüzey yapısı,
- Yığıntı talaş oluşumunu azaltma eğilimi,
- Çapak oluşmasını azaltma eğilimi.

İş parçasının sertliği, takım aşınmasının önemli derecede etkiler. Sertlikteki artış aşınmayı önemli derecede artırır. Bununla beraber, nispeten yumuşak malzemeler yığıntı talaş oluşturma eğilimi sergiler ve dolayısıyla nispeten sert malzemelerde olduğu gibi işlenebilirliği olumsuz olarak etkiler (Balcı, 2008).

2.8.1.9. Yüzey durumu

İşlenen malzemenin yüzey dokusu, kötü yüzey kalitesi, takımın ani aşınması veya kırılması gibi olumsuzluklara neden olur. Bir ön işleme yapılmış iş parçaları birçok durumda çok daha iyi sonuç verirler. Kütük malzemede bırakılmış büyük işleme payları ilave talaş kaldırma işlemleri demektir. Büyük işleme payları arzu edilen boyut ve yüzey kalitesinin sağlanması için daha çok çaba gerektirirler (Çakır, 2006).

2.8.1.10. Alaşım elementleri

Malzemedeki alaşım elementleri, malzeme özellikleri üzerinde çok önemli bir etkiye sahiptir. Karbon, çelikteki mekanik ve işlenebilirlik özelliklerini belirleyen en önemli elementtir. Diğer, Nikel (Ni), Cobalt (Co), Mangan (Ma), Vanadyum (V), Molibden (Mo), Niyobyum (Nb), Tungsten (W), Bakır (Cu) gibi alaşım elemanları ise işlenebilirlik üzerinde önemli, olumlu etkiye sahiptir. Talaş oluşumu, genellikle sünekliği azaltan alaşım elementleri ile iyileştirilebilir. İş parçası malzemesinin kimyasal analizi, işlenebilirliği konusunda bize çok Şey söyler (Balcı, 2008).

2.8.2. Alüminyum ve alaşımlarının talaşlı işlenebilirliği

Talaşlı imalat alanında kullanılan alüminyum malzemelerin birçoğu alaşımlıdır. Saf alüminyumun oldukça zayıf ve sünek bir malzeme olmasından dolayı kullanım alanı sınırlıdır (akır, 2006). Genellikle saf alüminyumun işlenmesi, çoğu alüminyum alaşımlarından daha zordur. Saf alüminyumun işlenmesinde uzun tel tel talaşlar çıkar ve onun abrasive özelliği nedeniyle, kesici takım üzerindeki talaştan daha serttir. Çoğu alüminyum alaşımları, yüksek kesme hızlarında işlenerek, iyi yüzey kalitesi ve uzun takım ömrü verirlir. Genellikle, sertleştirilmiş ve temperlenmiş alaşımlar tavlannış alaşımlardan daha kolay işlenir ve daha iyi yüzey meydana getirirler. Silisyum içeren alaşımları işlemek daha zordur, çünkü talaş kaymadan ziyade yırtılır ve bu nedenle kötü yüzey elde edilir (Şahin, 2001).

Alüminyum alaşımları iyi bir işlenebilirliğe sahiptir. Takım mr, yüzey kalitesi ve talaş oluşumuna bağlı olarak işlenebilirlik genellikle iyidir. Kesme kuvvetleri düşüktür. Dövme ve döküm alaşımlar temperlenmiş halde tavlannış hale göre daha iyi işlenirler. İşleme sıcaklıkları genelde düşüktür ve yüksek kesme hızlarının kullanımı söz konusudur. Kesme işlemi keskin, pozitif geometriler gerektirir ve genellikle alüminyum için özel geliştirilmiş takımlarla gerçekleştirilir, ancak alüminyum alaşımlarının birçoğunun modern, genel amaçlı takımlarla uygun Şekilde işlenmesi de mümkündür. Doğru bir kayma işleminin gerçekleştirilmesi ve yığma

kenar oluşumunun önüne geçilebilmesi için büyük talaş açılara gereksinim vardır (Çakır, 2006).

Saf Al işlendiğinde talaş sıvanması oluşmaz. Fakat çok yüksek kesme hızı dışında kötü yüzey kalitesi oluşur. Çoğu Al aşımalarında birden fazla faz ihtiva ettiğinden düşük hızlarda BUE meydana gelir. Yüksek hızlarda, örneğin 60-90 m/dak üzerinde BUE oluşmaz. BUE'nin oluştuğu yerde takım kuvvetleri düşük, talaş ince fakat yüzey pürüzlülüğünün kötü olma ihtimali vardır. BUE elmas takımlar kullanılarak azaltılabilir veya yok edilebilir.

Magnezyum gibi Al ve alaşımlarının ergime noktası (659 °C) düşük ve kesme esnasında oluşan sıcaklıklar ısı-ışlem görmüş YHÇ takımlarında yapışma zarar verecek boyutta yüksek değildir. Pek çok Al ve alaşımları 600 m/dak kesme hızında karbürlü takımlarla ve 300 m/dak kesme hızında da YHÇ takımları ile işlenerek iyi takım ömrü sağlanır. Yüksek takım aşınması sadece birkaç Al alaşımında ciddi problem oluşturur. Örneğin, % 17-23 Si içeren Al-Si alaşımlarında, ötektik yapıda ince dağılmış Si kristallerine ilaveten, 70 µm büyüklüğünde Si taneleri ve kristalleri ihtiva ederler ve bunlar karbürlü takımlarda bile aşınma miktarını hayli arttırlar. % 11-14 Si içeren ötektik alaşımlar, karbürlü takımlarda 300-450 m/dak hızla iyi takım ömrüyle işlenebilir. Fakat Si tanelerinin mevcudiyeti ile kesme hızı 100 m/dak'ya kadar düşer. Büyük Si parçaların kötü etkisi kesici takım üzerinde oluşan gerilme ve sıcaklığın neticesidir.

Alüminyumun işlenebilme problemlerinden birisi de talaşın kontrol edilmesi olup, bu yüzey merkezli kübik yapıya sahip olan alüminyumda kırılma öncesi aşırı plâstik deformasyona maruz kalmasından kaynaklanmaktadır. Al ve alaşımları kesildiğinde talaşlar uzun, oldukça kalın, dayanıklı ve kolaylıkla parçalanmaz. Bu talaş şekli takımlara dolaşabilir ve talaşların temizlenmesi için işlemin durdurulması gerekir. Talaş açısı, yaklaşma açısı veya talaş kırıcılar tasarlanarak kesme işleminde iyileşme sağlanabilir. Diğer bir yaklaşım da, alaşımların bileşiminin ufak talaş oluşması veya daha kolay kırılabilen talaşlar elde etmek için modifiye edilmesidir. Standart Al içine kurşun, bizmut veya kalay ve antimon % 0,5 kadar katılır. Bu alaşım elementleri

talaşların küçük parçacıklar halinde kolayca kırılmasını sağlar. Bu ergime noktası düşük metaller, alüminyum içinde katı çözültü oluşturamaz ve yapıda ince küresel olarak dağılmış durumdadır. Bunlar, talaşı oluşturmak için kayma düzleminden geçerken alüminyumun sünekliğini azaltır. Alüminyum’ a alaşım elementleri katılmasının esas amacı, kaldırılan talaş miktarının artırılmasından veya daha iyi takım ömründen ziyade talaş oluşumunu kolaylaştırmak olmuştur.

Uygulamalarda alüminyum alaşımları, YHÇ, karbürler yanında seramik takımlar ve ÇKE takımlarla işlenmektedir. Ancak daha ekonomik talaş kaldırma işlemini gerçekleştirmek için ÇKE takımların tercih edilmesi gerekir. Örneğin, ÇKE uçlu takımlarla sertliği 50-150 BHN olan Al alaşımları işlendiğinde talaş kaldırma miktarında % 40 artış olduğu Çizelge 2.8.’de gösterilmiştir (Şahin, 2001).

Çizelge 2.8. Sertliği 50-150 BHN olan Al alaşımlarının işlenmesi (Şahin, 2001)

Takım Cinsi	Kesme Hızı (m/dak)	İlerleme Miktarı (mm/dev)	Talaş Derinliği (mm)	Talaş Hacmi (cm ³ /dak)
ÇKE Uçlar TiN (PVD)	762	0,018	3,30	1,149
Kaplamalı Karbürler	549	0,018	3,30	0,827

Alüminyumun frezelenmesinde talaş kalınlığı da önemlidir. Genellikle yüksek kesme hızları söz konusu olduğunda ilerleme hızı düşme eğilimi gösterir ki bu durum kesme işlemi yerine aşırı bir ezme işleminin gerçekleşmesine neden olur. Bunun sonucunda ortaya çıkan aşırı ısınma takım ömrünü azaltır (Çakır, 2000).

2.9. Frezeleme

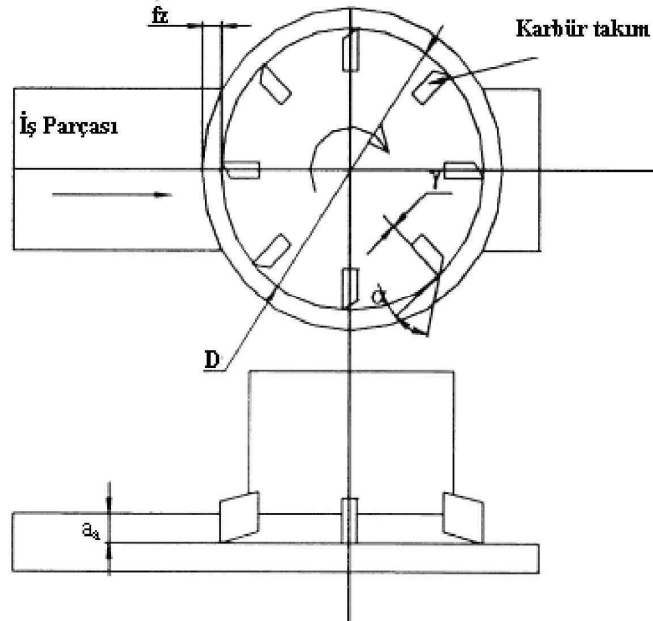
Frezeleme, prensip olarak dönen çok uçlu bir takım ile iş parçasının doğrusal hareketi sonucunda gerçekleştirilen bir talaş kaldırma işlemidir. Günümüzde frezeleme işleminde takım hemen hemen her yönde iş parçasına doğru hareket edebilmektedir. Frezelemede kullanılan kesici takımın birçok kesici kenarı vardır ve

her kenar belirli bir miktar talaş kaldırma kapasitesine sahiptir. Frezelemenin avantajları yüksek işleme verimliliği, iyi yüzey kalitesi, hassasiyet ve şeklin oluşturulmasındaki esnekliktir. Frezeleme genellikle düzlem yüzeylerin, dik köşelerin ve kanalların işlenmesi amacıyla kullanılan bir işlemdir (Çakır, 2000).

Frezeleme takım tezgâhları arasında karmaşık olan en üniversal işleme yöntemlerinden biridir. Frezeleme işlemi, kullanılan tezgâh çeşitliliği, iş parçası hareketleri ve takım tipleri olarak diğer temel işleme yöntemlerinden daha fazla seçeneklere sahiptir. İş parçası ve kesici takım, bağımsız ya da birleşik olarak bir diğerine göre bağıl hareketler yapabildiği için, frezelemede çok değişik hareketler yapılabilir. Frezelemede çevresel frezeleme ve alın frezeleme olmak üzere iki ana yöntem olup bunlara ek olarak iş parçasının ya da kesici takımın tipine göre benzer birçok yöntemler de vardır (Kırıcı, 1998).

2.9.1. Alın frezeleme

Alın (yüzey) frezeleme, frezeleme işlemlerinde en çok kullanıma sahip olanıdır (Şekil 2.31.).



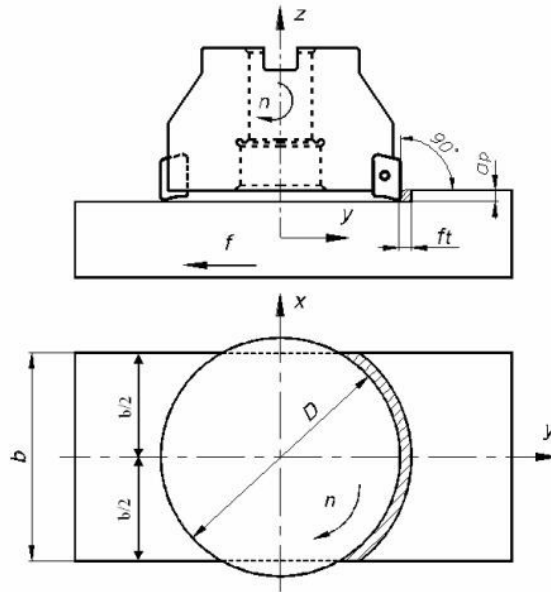
Şekil 2.31. Alın frezeleme işlemi (Sai vd., 2001)

Yüzey frezelemede takım eksenine işlenen malzemeye dik olup, kesme işlemi kesici uçların ucu ve yan kenarı ile yapılır ve iki ardışık eğri ile kuşatılmış bir yay şeklinde teşekkül eder. Bu bakımdan yaklaşım açısı, talaş kaldırma işlemini önemli ölçüde etkiler. Deforme olmamış talaş uzunluğu, takımın parçaya göre konumuna bağlı olarak değişir. Yüzey frezeleme işleminde kesici takımın boyutu önemli bir faktördür.

Günümüzde verimliliği arttırmak ve işlem maliyetini düşürmek amacıyla kesici takım olarak sert maden takma uçlar kullanılmaktadır. Sert maden kesici uçlar tarama kafasına mekanik sıkı malı veya lehimleme yöntemiyle tutturulmaktadır. Kesici takım ile iş parçası boyutu dikkate alınarak simetrik ve asimetrik olmak üzere iki türlü alın frezeleme işlemi yapılabilir (Gezgin, 2007).

2.9.1.1. Simetrik frezeleme yöntemi

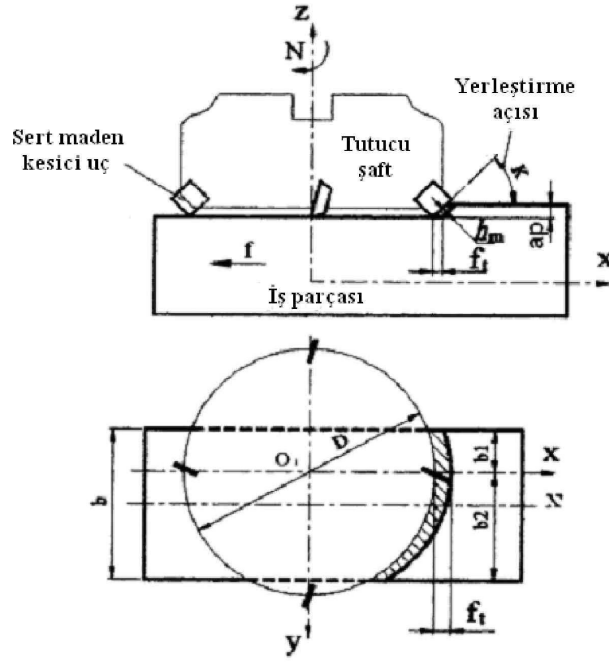
Simetrik frezeleme yöntemi kesici takımın dönme eksenine ile iş parçasının ilerleme yönündeki eksenini çakıştırmak suretiyle talaş kaldırma işlemidir. Yani kesici takım iş parçasının tam ortasından hareket ettirilmelidir. Şekil 2.32.'de simetrik frezeleme işlemi görülmektedir.



Şekil 2.32. Simetrik frezeleme işlemi (Çiftçi, 2005)

2.9.1.2. Asimetrik frezeleme yöntemi

Kesici takımın dönme eksenini iş parçasının ilerleme yönündeki eksenine çakıştırmıyor ise bu frezeleme yöntemine asimetrik frezeleme yöntemi denir. Şekil 2.33.'te asimetrik frezeleme işlemi görülmektedir. Asimetrik frezelemede de simetrik frezelemede olduğu gibi kesici takımın çapı, frezelenen iş parçasının çapından daima büyük olmalıdır (Çiftçi, 2005).



Şekil 2.33. Asimetrik frezeleme işlemi (Çiftçi, 2005)

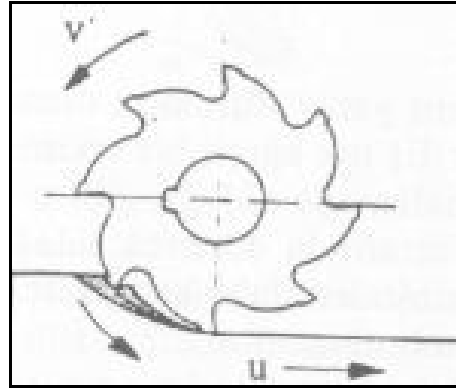
2.9.2. Çevresel frezeleme

Çevresel frezelemede, işlenen yüzey genellikle kesici takım eksenine paralel olup talaş kaldırma işlemi kesici takım çevresindeki dişler ya da takma uçlarla yapılır. Frezeyi oluşturan her diş tek ağızlı bir takım olarak temsil edilirse, ilke olarak frezelemede talaş, tornalamada olduğu gibi oluşur. Ancak burada kesme ağızları bir eksen etrafında dönerek talaş kaldırdıkları için esasen frezeleme işlemi, tornalama işleminden daha karışıktır. Bunun ilk belirtisi, talaş kalınlığının sabit değil değişken olmasıdır. Çevresel frezeleme genellikle yatay freze tezgâhlarında yapılmakla

beraber bazen dik freze tezgâhlarında da yapılabilir. Çevresel frezeleme, alın frezeler ile yapılabilirse de tercih edilmemelidir. Çevresel frezelemede yöntem olarak aynı yönlü ve karşıt yönlü olmak üzere iki frezeleme yöntemi vardır (Kırıcı, 1998).

2.9.2.1. Aynı yönlü frezeleme

Aynı yönlü frezeleme esnasında iş parçasının ilerleme yönü takımın dönüş yönü ile aynıdır (Şekil 2.34.). Kesici uç kesme işlemine büyük talaş kalınlığı ile başlar. Bu tip frezelemede daha az ısı oluşumu ve minimum deformasyon sertleşmesi eğilimi sayesinde ezme etkisi oluşmaz. Büyük talaş kalınlığı avantajlıdır. Kesme kuvvetleri iş parçasını kesici uca doğru çekerek, kesici uç ile iş parçasının sürekli temasta kalmasını sağlar. Bu yöntemle frezeleme işleminde kuvvetler iş parçasını aşağıya bastırırken frezeyi iş parçası boyunca ileri doğru çekerler. Bu tezgâhtaki boşlukların giderilmesini ve tezgâhın ilerlemedeki artışı karşılayabilmesini gerekli kılar. Takım iş parçasına doğru çekilirse ilerleme istem dışı artar ve bu artış talaş kalınlığına ve kesici ucun kırılmasına sebep olabilir (Çakır,2000).



Şekil 2.34. Aynı yönlü frezeleme işlemi (Akkurt, 2004)

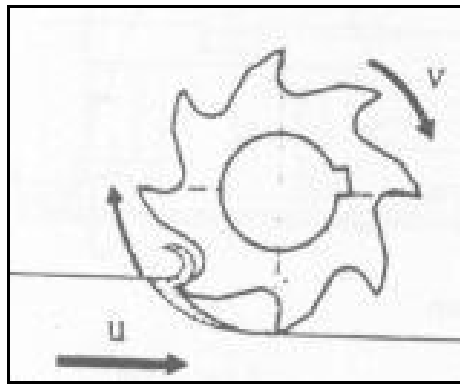
Aynı yönlü frezeleme işleminde kesme kuvvetinin yönü yukarıdan aşağıya doğru olup, maksimum bir değerden sıfır değerine kadar azalmaktadır. Kesme kuvvetini başlangıçta maksimum olması, bu yöntem için bir mahzurdur; parçayı tablaya bastırmaya çalışması ise bir üstünlüktür. Zira kesme kuvvetinin etkime tarzı, tutturma tertibatında mevcut olan boşlukları, bunların neden olduğu titreşimleri

azaltacak ve yüzey kalitesini yükseltecektir. Aynı yönlü frezeleme yönteminde elde edilen yüzey kalitesi, karşıt yönlü frezelemeye göre iki kat daha iyidir. Sonuç olarak sert tabakası olmayan parçalar için aynı yönlü frezeleme yöntemi daha uygundur. Ancak bu yöntemi seçerken, tablanın ilerleme hareketini oluşturan civata somun mekanizmasının buna uygun olup olmadığının bilinmesi gerekir (Akkurt, 2004).

2.9.2.2. Karşıt yönlü frezeleme

Karşıt yönlü frezeleme esnasında iş parçasının ilerleme yönü takımın dönüş yönüne terstir (Şekil 2.35.). Talaş kalınlığı sıfırdan başlar ve kesme işleminin sonuna kadar artar. Sıfır talaş kalınlığından başlayan karşıt yönlü frezeleme işleminde freze ile iş parçasını birbirinden ayırmaya çalışan yüksek kesme kuvvetleri söz konusudur. Sıfır talaş kalınlığı nedeniyle kesici uç parçaya bastırıldığında parçayı kesmez, ezer; dolayısıyla aşırı sürtünmeye ve yüksek sıcaklıklara neden olur. İşlemden önceki işlem nedeniyle deformasyon sertleşmesine uğramış yüzeyle temas eder. Kuvvetler iş parçasını tabladan yukarıya doğru kaldırmaya çalışır, bu ise parça bağlama açısından önlemlerin alınmasını gerektirir.

Frezeleme boyunca, talaşlar bazen kesici kenara kaynak olarak veya yapışarak bir sonraki kesme işleminin başlangıcına taşınırlar. Karşı yönlü frezelemede talaş, kesici uç ile iş parçası arasında sıkışabilir ve bu daha sonra kesici ucun kırılmasına neden olabilir (Çakır,2000).



Şekil 2.35. Karşıt yönlü frezeleme işlemi (Akkurt, 2004)

Karşıt yönlü frezeleme işleminde diş, başlangıçta daha yumuşak olan işlenmiş yüzeye nüfuz edecektir. Ancak, kesme ağzının ucu çok az da olsa yuvarlatılmış olması nedeniyle diş, ilkin kayacak ve daha sonra malzemeye nüfuz edecektir. Bu kayma aşınmaya ve ömrün azalmasına neden olmaktadır. Bu hususta da yapılan incelemeler, aynı kesme koşulları altında aynı yönlü frezelemede takımın ömrü, karşıt yönlü frezelemeye göre daha uzun olduğunu göstermektedir (Akkurt, 2004).

2.9.3. Frezelemede kesme parametreleri

2.9.3.1. Kesme hızı

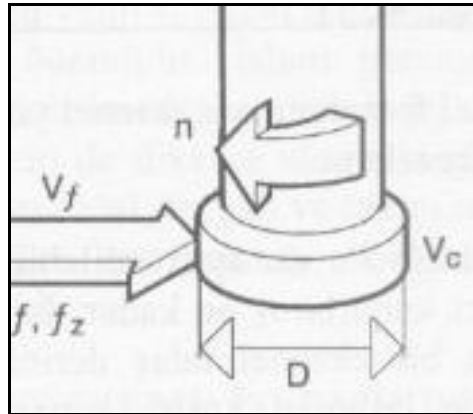
Bir freze takımının, çevresindeki kesen bir dişin (noktanın) bir dakikada metre cinsinden keserek aldığı yol kesme hızıdır (Şekil 2.36.). Kesme hızı aşağıda verilen formül ve birimlerle ifade edilir.

$$V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (2.13)$$

V_c = Kesme hızı, m/dak

n = devir sayısı, dev/dak

D = Freze takımının çapı, mm



Şekil 2.36. Kesme hızı (Çakır, 2000)

Kesme hızı değerleri, genellikle kesici takım firmalarının kataloglarından seçilmektedir. Uygun kesme hızının seçilmesi takım ömrü ve işleme zamanı açısından önemlidir. Kesici takım düşük kesme hızlarında kullanıldığında işleme süresi artacağından dolayı zaman kaybı olmakta, aşırı hızda ise sürtünme ve ısıdan dolayı takım çabuk aşınmakta ve değiştirilmesi de zaman kaybına yol açmaktadır. Bu şartlarda işlenen malzemeler için uygun kesme hızının seçimi gerekir. Farklı metallerin sertliği, yapısı ve işlenebilirliği değiştiğinden, değişik kesici takım ve iş malzemesi için farklı kesme hızları tercih edilmelidir (Gezgin, 2007).

Belli bir malzemeyi işlemek için uygun kesme hızının belirlenmesinde;

- İş parçası malzemesi,
- Kesici takım malzemesi,
- Takım çapı,
- Gerekli bitirme yüzeyi,
- Talaş derinliği,
- Tezgâh ve bağlama elemanlarının rijitliği,

gibi faktörler dikkate alınmalıdır (Şahin, 2000)).

2.9.3.2. İlerleme

Frezeleme işleminde, dakikadaki ilerleme (mm/dak), devir başına ilerleme (mm/dev) ve kesici uç başına ilerleme (mm/z) olmak üzere üç türlü ilerleme vardır.

Dakikadaki ilerleme veya ilerleme hızı (V_f -mm/dak) takımın iş parçasına doğru birim zamandaki ilerlemesidir. Bu aynı zamanda tabla ilerlemesi ve tezgâh ilerlemesi olarak da adlandırılır ve aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır.

$$V_f = fz \cdot z \cdot n \quad (2.14)$$

V_f = İlerleme hızı, mm/dak,

f_z = Diş başına ilerleme, mm/z,

z = Kesici uç sayısı, adet,

n = Devir sayısı, dev/dak

Devir başına ilerleme (f -mm/dev) özellikle ilerleme değerinin hesabında ve bir alın frezenin son işlem kapasitesinin belirlenmesi aşamasında kullanılır. Bu değer takımın bir devirdeki hareket miktarına eşit olan yardımcı bir değerdir ve aşağıdaki bağıntıyla hesaplanır.

$$f = \frac{V_f}{n} \quad (2.15)$$

Kesici uç başına ilerleme ise (f_z -mm/z) frezeleme işleminde önemli bir büyüklüktür. Freze çok uçlu bir takımdır ve her ucun yeterli talaşı kaldırabilmesi için uygun bir ilerleme değerine gereksinimi vardır. Kesici uç başına ilerleme; bir kesici kenarın parçaya girişi ile bir sonraki kesici kenarın parçaya girişi arasında geçen sürede, tablanın ilerlediği mesafe olarak tanımlanır. Bu nedenle bu büyüklük, takımdaki kesici uç sayısı, ilerleme hızı ve devir sayısına bağlı olarak ifade edilir ve aşağıdaki bağıntı ile bulunur (Çakır, 2000).

$$f_z = \frac{V_f}{n \cdot z} \quad (2.16)$$

2.9.3.3. Talaş derinliği

Talaş derinliği, takımın iş parçası içine dikey olarak aldığı yoldur. Genellikle, a_a ile gösterilir. Talaş derinliğinin uygun seçilmemesi işleme zamanını ve maliyeti etkilemektedir. Yeterli talaş derinliğinin verilmemesi durumunda, işlemi tamamlamak için birden fazla paso gerekecek ve dolayısıyla bu da daha fazla zaman kaybına neden olacaktır (Gezgin, 2007).

2.10. Alüminyum

Teknoloji ve endüstrinin gelişimiyle beraber her geçen gün teknik özelliklerindeki birçok üstünlükten dolayı alüminyumun, dünyada ve ülkemizde giderek kullanımı artmaktadır. 19. yüzyılın ikinci yarısından beri endüstriyel çapta üretilen en genç metal olmasına rağmen bugün; bakır ve alaşımları, kurşun kalay ve çinko gibi tüm demir dışı metallerin toplam kullanımından daha çok miktarda kullanılmaktadır. Demirden üç kat daha hafif olması, iyi elektrik iletkenliği, korozyon direnci ve şekillendirilebilme kabiliyeti gibi özelliklerinden dolayı alüminyum alaşımları tercih edilmektedir.

2.10.1. Alüminyum ve genel özellikleri

Alüminyumun mühendislik uygulamalarında kullanımını sağlayan çok önemli özellikleri vardır. Alüminyum yumuşak ve demirden yaklaşık üç kat daha hafiftir. Diğer metallerin yapısına ilave edilmesi ile alaşımlandırıldığı zaman, yoğunluğunun çok az artmasına karşılık mekanik dayanımında önemli oranlarda artışlar meydana gelmektedir. Magnezyum ve berilyumdan sonra en hafif metal olan alüminyumun yoğunluğu $2,7 \text{ gr/cm}^3$ 'tür. Hem sıvı hem de katı alüminyumun yoğunluğu artan saflık derecesi ile orantılı olarak düşmektedir. Aşağıda katı alüminyumun $20 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de ki yoğunluğu için bazı değerler verilmiştir (Çizelge 2.4.).

Çizelge 2.4. Katı alüminyum metalinin $20 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de ki yoğunluk değerleri (Su, 1988)

Al (%)	99,25	99,4	99,75
D (gr/cm^3)	2,727	2,706	2,703

Alüminyum oksijene karşı ilgisi çok fazladır. Hava ile temas neticesinde, kısa zamanda oksijen ile birleşerek alüminyum oksit (Al_2O_3) oluşturur. Bunun sonucu bütün yüzeyi çok renkli alümin tabakası ile örtülür. Alüminyum bu özellikleri korozyona karşı mukavemetini yükseltmektedir. Oluşan bu oksit tabakası su ile yıkamak suretiyle çıkartılmaz. Alüminyum bu özelliği kullanma sahasını genişletmiştir. Soğuk şekil değiştirme korozyon mukavemetini düşürür. Alüminyum saflık derecesi azaldığı takdirde

korozyon mukavemeti düşer. Yabancı elemanlar korozyon mukavemetini azaltmaktadır (Hüseyinoğlu, 2008).

Alüminyumun bir diğer önemli özelliği de elektrik iletkenliğidir. Alüminyum iletkenliği bakırın iletkenliğinin yalnızca % 60'ı kadar olmasına karşılık düşük yoğunluğundan dolayı birim kütleye düşen iletkenlik bakımından bakırdan daha yüksek iletkenliği vardır. Örneğin 10 mm çapındaki bir alüminyum telin elektrik direnci, 6 mm çapında bir bakır telin elektrik direncine eşit olmasına rağmen, alüminyum tel daha hafiftir. Enerji iletim hatlarında kullanılan teller için düşünüldüğü zaman bu çok önemli bir özelliktir. Alüminyumun bazı özellikleri diğer metallerle karşılaştırılmalı olarak Çizelge 2.5.'te verilmiştir (Su, 1988).

Çizelge 2.5. Alüminyumun bazı özelliklerinin diğer metallerle karşılaştırılması (Su, 1988)

ÖZELLİK	Al	Cu	Fe	Zn	Mg
Özgül Ağırlık (gr/cm ³)	2,71	8,94	7,87	4,1	1,74
Elektrik Direnci (Ohm. mm ²).10	2,66	1,68	9,8	6,0	4,46
Isı iletkenliği (Cal/ cm ² /cm °C)	0,52	0,92	0,19	0,27	0,37
Isıl Genleşme Katsayısı (mm/mm°C). 10 ⁻⁶	24,0	16,7	11,9	33,0	25,7
Ergime Sıcaklığı °C	658	1083	1535	420	651
Yanma Isısı (kcal/kg)	6970	—	1600	1270	6000
Uzama (%)	43	50	48	—	—
Sertlik (Brinell)	19	25	70	—	—

Araştırmalar sonucunda alüminyumun saf olmaması iletkenliği değişik ölçülerde etkiler. Altın, berilyum, nikel, silisyum, demir ve çinkonun iletkenliğe etkisi son derece düşüktür. Bakır, gümüş, magnezyum iletkenliği daha kuvvetli düşürürler. Alüminyum yüksek ısı iletkenliği, çeşitli ısı kazanları parçalarında kullanılmasına

neden olur. Ayrıca ısı iletkenliği artan sarfiyat derecesi ile büyür. Bu % 99,489 saflıktaki bir alüminyum metali için düşünüldüğünde 200 °C'de 0,5 cal/cm s°C ve % 99,70 saflıktaki bir alüminyum metali için ise 0,531 cal/cm s°C'dir.

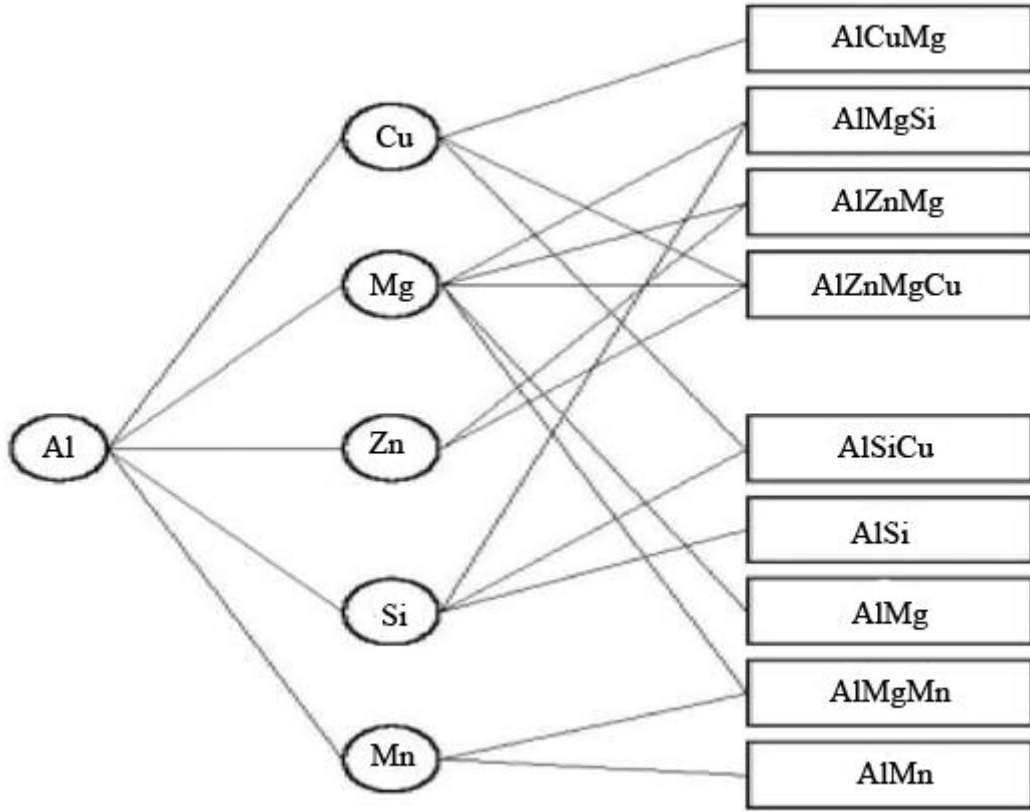
Mekanik özellikleri arasında en önemli olan esneklik katsayısıdır. Bunun değeri çelik esneklik katsayısının 1/3'üne eşit olduğundan, çelik yerine alüminyum kullanılmaya karar verildiği zaman, esnemenin çeliğe göre üç kat daha fazla olacağı göz önüne alınmalıdır. Saf alüminyumun sertliği 19-20 BHN değerinde olup alaşımlarında ise 120 BHN değerine kadar çıkabilir. Çekme dayanımı ise 9 MPa değerinden, bazı yaşlanabilir alaşımlarda 65 MPa değerinin üstüne çıkabilir (Su, 1988).

2.10.2. Alaşım elementleri ve etkisi

Saf haldeki alüminyum yumuşak ve elastiktir. Alüminyumun kötü olan özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla alüminyum alaşımları geliştirilmiştir. Şekil 2.30.'da alüminyum alaşım elementleri ile çeşitli kombinasyonlarda yapılan alaşımlar görülmektedir. Alaşım elementlerinin ilk görevi yüksek uzama kabiliyeti ve korozyona dayanıklılık gibi faydalı özellikleri kötü yönde etkilemeden saf alüminyumun düşük akma sınırını yükseltmektir. En genel alaşım elementleri bakır, silisyum, çinko, mangan ve magnezyumdur. İlave edilen diğer elementler (krom, zirkonyum, vanadyum vb.) ince tane yapısı, yüksek yeniden kristalleşme sıcaklığı, ana empürite elementlerine karşı blok etkisi sağlamak gibi yapısal özellikleri sağlamak amacıyla kullanılırlar (Çetin, 2005).

Alüminyum birçok metal ile sıvı halde kolayca karışabilir. Katı halde ise metallerin alüminyum içindeki katı çözünlülükleri yalnızca yüzde birkaç değerindedir. Birçok alaşımda metaller arası bileşikler oluşur ve alaşımların özelliklerini önemli ölçüde etkiler. Alüminyum içinde katı halde hiçbir element tam olarak (%100) çözünemez. Yukarıda değinilen metaller arası bileşikler daha çok yüksek alaşım katılımlarından oluşurlar. Çok sert ve gevrek olduklarından dolayı mekanik özellikleri olumsuz yönde etkilerler. Genellikle alaşım elementlerinin toplam katımı % 15 düzeyini

aşmaz. Alaşımlar arasında en önemli ve yaygın olanlar 2XXX, 3XXX, 4XXX, 5XXX ve 7XXX dizilerinden çıkarlar (Turbaloğlu, 2008).



Şekil 2.30. Alüminyum alaşım elementleri ile çeşitli kombinasyonlarda yapılan alaşımların şematik gösterimi (Çetin, 2005)

2.10.2.1. Bakırın etkisi

Alüminyumda alaşım elementi olarak kullanılan en eski element olan bakır % 3-12 oranında kullanılır. Alaşımlara sertlik kazandıran başlıca elementtir. Isıl işleme tabi tutulmuş veya tutulmamış halde iken alaşımın çekme mukavemetini artırır. Dövme alaşımlarında % 3-5 arasında kullanılır. % 5'ten fazla kullanılırsa mekanik işleme güçlüğü ortaya çıkarır. Ayrıca elektrik iletkenliğini ve korozyon direncini düşürür. Bakırın alüminyum içindeki çözünürlüğü artan sıcaklıkla beraber artar. Bu nedenle bakır içeren alüminyum alaşımlarını ısıl işleme çökeltme sertleşmesi ile sertleştirmek mümkündür. Çökeltme için gerekli zaman, alaşımın bileşimine ve sıcaklığa bağlıdır.

Çökeltmenin mekanik özelliklere yapacağı etki, çökelen faz miktarına, boyutlarına ve dağılımına bağlıdır (Turbaloğlu, 2008).

2.10.2.2. Silisyumun etkisi

Alüminyumun alaşımlandırılmasında bakırdan sonra en önemli elementlerden birisi de silisyumdur. Alaşım içindeki silisyum, akışkanlığı arttırmakta buna karşılık sıcak çatlama eğilimini azaltmaktadır. Silisyum en fazla % 13 oranında alaşıma ilave edilebilir. % 3'ten fazla silisyum içeren alaşımların işlenmesi oldukça güçtür. Ayrıca silisyum alaşıma korozyon direnci kazandırmaktadır. Örneğin % 13 silisyum içeren alüminyum alaşımı deniz ve otomotiv endüstrilerinde korozyon direnci ve şok direnci arzulanan parçalarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Çetin, 2005).

2.10.2.3. Çinkonun etkisi

Alaşımında manganın dökülebilirliği arttırmasına karşılık çinko dökülebilirliği düşürmektedir. Aynı şekilde silisyumun çatlama eğilimini azaltmasına karşılık yüksek çinkolu alaşımlar sıcak çatlama ve soğuma çekmesi meydana getirirler. % 10 Zn' den yüksek alaşımlar gerilim yenimi çatlaması göstermesine karşılık diğer alaşım elementleri ile birlikte bulunması halinde dayanımı çok arttırmaktadır. % 3 Zn' den daha az çinko içeren ikili alüminyum alaşımlarında belirgin bir etkisi görülmez (Yılmaz, 2002).

2.10.2.4. Magnezyumun etkisi

Magnezyum ilavesi alaşıma yüksek mukavemet, iyi haddelenebilme kabiliyeti ve işlenebilirlik özelliği kazandırır. Magnezyum katı çözelti sertleşmesi yaratmaktadır. Bu da alaşımı yaşlanmaya müsait hale getirmektedir. Dövme alaşımlarda % 1-6 magnezyum ilavesi şekil verme kolaylığı için kullanılır. Magnezyum ihtiva eden alaşımların dökümü zordur (Çetin, 2005).

2.10.2.5. Manganın etkisi

Mangan alaşım içinde dökülebilirliği artırmak için demir ile birlikte kullanılır. Aynı zamanda metaller arası bileşiklerin özelliğini değiştirir. Yapıda çekmeyi azaltan yönde rol oynar. Alaşımların süneklik ve tokluk özelliklerini arttırmaktadır (Yılmaz, 2002).

2.10.2.6. Demirin etkisi

Demir alüminyum içinde tabii olarak cevherde bulunur. Az oranlarda bazı alaşımların sertlik ve dayanımlarını arttırmaktadır. Dökümlerin sıcak çatlama eğilimini azaltıcı yönde rol oynamaktadır (Yılmaz, 2002).

2.10.2.7. Geçiş metallerinin etkisi

Alüminyumdaki geçiş metalleri krom, zirkonyum, titan vb.dir. Katı eriyikte bulunan geçiş metalleri alüminyumdaki çinko ve magnezyum katı eriyiğinin dayanımını önemli ölçüde düşürürler. Örneğin; zirkonyum varlığının artırılması elektron mikroskopuyla yapılan incelemelerde göstermiştir ki alüminyumdaki çinko ve magnezyum katı eriyiğinin dayanımını önemli ölçüde düşürmüştür. Ayrıca katı eriyikte bulunan geçiş metalleri alüminyumdaki ana alaşımlandırma elementlerinin dengeli çözünürlüğünü düşürmektedir. Bu yüzden geçiş metalleri katı eriyiğinin dayanımı arttırılmalıdır. Bu arada katı alüminyum eriyiğindeki geçiş metallerinin atom bağlarını güçlendirdiğini ve atomların difüzyon hareketini azalttığını savunan görüşlerde vardır. Bu görüşe göre geçiş metalleri eriyiğinin dayanımını arttırmalıdır. Ancak alüminyumdaki çinko ve magnezyum katı eriyiğinin dayanımı geçiş metalleriyle alaşımlandırıldığında düştüğü, yapılan deney ve araştırmalarla görülmüştür. Şu halde çözünürlüğün artmasını savunan birinci görüş daha doğru çıkmaktadır. Krom ve zirkonyum içinde yaklaşık aynı şeyler söylenebilir (Turbaloğlu, 2008).

2.10.3. Alüminyum alaşımlarının sınıflandırılması

Piyasadaki alüminyum alaşımları genel olarak dövme alaşımlar ve dökme alaşımlar diye iki kısma ayrılır. Dövme alaşımlar fabrika mamulleri olup, son geometrik şekilleri mekanik işlemlere tabi tutularak elde edilmiştir. Bu işlemler ise; dövme, haddeleme, çekme ve ekstrüzyondan ibarettir. Lâmalar, levhalar, çubuklar, borular, köşebent ve profiller ile teller bu gruba girer. Kumda, kokilde döküm ve basma döküm usulleri ile ergimiş madenin istenilen tarz ve boyuta sahip bir kalıp içerisinde katılaştırma suretiyle şekil alan parçalar dökme mamuller grubuna girer (Ersümer, 1960).

2.10.3.1. Alüminyum dövme alaşımları

Alüminyum dövme (işlem) alaşımları için dünyada en yaygın olarak kullanılan simgeleme dizisi, Amerikan Standartlar Birliği (ASA) tarafından belirlenen simgeleme dizisidir. Daha önceden Amerikan Alüminyum Birliği tarafından kullanılan bu simgeleme 1957 yılında standart haline getirilmiştir (William, 2001).

Bu simgeleme ilk elde dört rakam kullanan bir sayılma üzerine Çizelge 2.6.'da açıklandığı gibi düzenlenmiştir. Buna göre; dört rakamlı sayısal simgenin ilk rakamı hangi temel alaşım elementini içeren alüminyum alaşımı olduğunu belirtmektedir.

1XXX dizisi; saf alüminyum (% 99,00) belirtir. Son iki rakam ise % 99,00 değerinin noktadan sonraki rakamlarını ve alüminyumun en az aralık değerini belirtir.

1XXX dizisinde soldan ikinci rakam ise özel olarak denetlenen empürite elementlerinin sayısını belirtir ve 1'den 9'a kadar değişebilir. Örneğin 1042 alaşımını ele alırsak; alaşımın saf alüminyum ve aralık değerinin de en az % 99,42 olduğunu belirtir. 1042 alaşımındaki 0 ise geri kalan % 1,00 - % 0,42 = % 0,58 içinde özellikle denetlenen hiçbir elementin bulunmadığını gösterir.

2XXX'den 8XXX'e kadar olan diziler Çizelge 2.6.'da belirtilen alaşımları simgeler. İlk rakam alaşım türünü, ikinci rakam ise değişimleri simgeler. Özellikle denetlenen empüritelere sayısı, 1 ile 9 arasında bir rakamla simge sayısının ikinci rakamı olarak kullanılır. 5065 alaşımında özellikle denetlenen hiçbir empürite elementi bulunmayan bir Al-Mg alaşımını simgeler.

9XXX dizisi ise yalnızca deneysel olarak geliştirilmekte olanlar için kullanılır. Üretimine geçildiği andan itibaren de 9XXX simgesi bu alaşımda alınır, en uygun gerçek simge verilir. Bu alaşım standart olarak kabul edilinceye kadar dört rakamlı simgesinin önüne bir X konur. Alüminyum işlem alaşımları ısıl işlem davranışlarına göre ısıl işlem uygulanabilenler ve ısıl işlem uygulanamayanlar diye iki bölüme ayrılırlar. Genellikle 2XXX, 4XXX, 6XXX ve 7XXX dizileri ısıl işlem uygulanabilen alüminyum alaşımlarıdır. 3XXX ve 5XXX dizilerine ısıl işlem uygulanamaz. Bu alaşımların dayanım özellikleri bileşimlerdeki mangan ve magnezyumdan kaynaklanmakta olup, soğuk işlem sertleşmesi gösterebilirler (Turbaloğlu 2008).

Çizelge 2.6. Alüminyum işlem alaşımlarında simgeleme dizisi (Smith, 2001)

Simge	Temel Alaşım Elementi	Faz Sayısı
1XXX	Alaşımsız Alüminyum	Tek Fazlı
2XXX	Bakırlı Alüminyum Alaşımı	Çift Fazlı
3XXX	Manganezli Alüminyum Alaşımı	Tek Fazlı
4XXX	Silisyumlu Alüminyum Alaşımı	İki Fazlı
5XXX	Magnezyumlu Alüminyum Alaşımı	Tek Fazlı
6XXX	Magnezyum+Silisyumlu Alüminyum Alaşımları	İki Fazlı
7XXX	Çinkolu Alüminyum Alaşımları	İki Fazlı
8XXX	Diğer Elementler	
9XXX	Kullanılmayan Dizi	

2.10.3.2. Alüminyum döküm alaşımları

Alüminyum dökümler ile döküm alaşımları için kullanılan simgeleme dizisi de işlem alaşımlarının dizisine benzer. Bunlarda da dört rakamlı bir sayı simge olarak kullanılır. Ancak bu rakam simgesi üçüncü rakamdan itibaren ayrılmıştır. Tüm alaşımlar için simgeler Çizelge 2.7.'de verilmiştir.

1XXX,X için; ikinci ve üçüncü rakamlar alüminyumun % 99,00'dan öteye saflık derecesini belirler. Son rakam sıfır ise bu, parça dökümleri; 1 ise ingot dökümlerini; rakamların önünde 1 X var ise bu, alaşımın deneme aşamasında olduğunu belirtir.

2XXX,X ile 9XXX,X arasındaki alaşımlar ise belirtilen alaşımları simgelerler. İkinci ve üçüncü rakamlar yalnızca bir sıralama sayısını oluşturur. Son rakam sıfır ise parça döküm; 1 ise ingot dökümü; 2 rakamı ise sıfırın bir değişimidir. Örneğin 332,0 alaşımında ilk 3 rakamı; alüminyum bakır ve/veya magnezyumlu bir alaşımı simgeler. O (sıfır) ise onun parça dökümü olduğunu belirtir. 32'nin özel bir anlamı yoktur (Yılmaz, 2002).

Çizelge 2.7. Alüminyum döküm alaşımlarında simgeleme dizisi (Yılmaz, 2002)

Simge	Temel Alaşım Elementi
1XXX,X	Alüminyum % 99,00 en az
2XXX,X	Bakır
3XXX,X	Silisyum-Bakır ve/veya Magnezyum
4XXX,X	Silisyum
5XXX,X	Magnezyum
6XXX,X	Kullanılmayan dizi
7XXX,X	Çinko
8XXX,X	Kalay
9XXX,X	Diğer elementler

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Deney malzemesi

Bu çalışmada deney malzemesi olarak, Etibank normuna göre ETİAL 180 olan alüminyum alaşımı seçilmiştir. ETİAL 180'nin BSI'ya (İngiliz Standartlar Kurumu) göre karşılığı LM 2 şeklindedir. Malzeme kum, kokil ve basınçlı döküm yöntemlerinde kullanılan, oldukça geniş bir kullanım alanına sahip, genel amaçlı bir döküm alaşımıdır. Alaşım, elektrikli ev aletleri, dayanıklı tüketim malları, masa üstü tezgâhları ve otomotiv parçaları gibi mamullerin döküm parçalarının üretiminde kullanılmaktadır. Alaşımın yurdumuzda üretimi 14 kg'lık külçeler halinde Eti Alüminyum Anonim Şirketi tarafından yapılmaktadır. İş parçası malzemesinin temin edildiği firmaya ait verilere göre malzemenin kimyasal bileşimi Çizelge 3.1.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Etial 180 alüminyum alaşımının kimyasal bileşimi

KİMYASAL ANALİZ (%AĞIRLIK)											
Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ni	Ti	Pb	Sn	Al
9,007	0,910	1,259	0,251	0,404	0,045	0,449	0,081	0,069	0,060	0,074	87,392


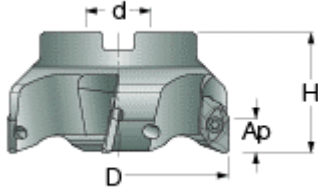
3.1.2. Deney numunelerinin hazırlanması

Deneylerde kullanılacak olan numuneler, alüminyum külçelerden 50x50x150 mm ölçülerinde olacak şekilde, kum döküm yöntemiyle dökülerek hazırlanmıştır. Deney numuneleri CNC dikey işleme merkezine universal mengene yardımıyla bağlanmıştır. Numuneler üzerinden 2 mm derinliğinde talaş kaldırılarak bağlamadan kaynaklanan eksen kaçıklığı giderilmiştir. Ön talaş kaldırma esnasında, esas deneylerde kullanılacak olan kesici takım ve uçların dışında yine Iscar firmasına ait bir başka takım tutucu ve kesici uçlar kullanılarak deney numuneleri hazır hale getirilmiştir.


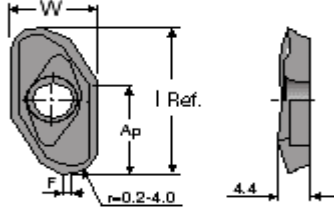
3.1.3. Takım tutucu (kesici takım) ve kesici uçlar

Deneyleerde Iscar firması tarafından üretilerek HM FAL-D080-27-16 şeklinde kodlanmış, 80 mm çapında, üzerine 3 adet kesici uç bağlanabilen kesici takım kullanılmıştır (Çizelge 3.2.).

Çizelge 3.2. Kesici takım ve teknik özellikleri

KESİCİ TAKIM GEOMETRİSİ VE TEKNİK ÖZELLİKLERİ					
					
Kesici Takım Kodu	D	Z	H	d	Ap
HM90 FAL-D080-27-16	80	3	50	27	15,80

Çizelge 3.3. Kesici uçlar ve teknik özellikleri

KESİCİ UÇ GEOMETRİSİ VE TEKNİK ÖZELLİKLERİ					
					
Kesici Uç Kodu	W	r	Ap	I ref	S
HM90 APCR 160504R-P	12,55	0,40	16,70	25,30	4,76
HM90 APCR 160508R-P	12,55	0,80	15,90	23,70	4,73
HM90 APCR 160516R-P	12,55	1,60	15,70	23,30	4,70

Kesici uç olarak, alüminyum alaşımlarının yüzey frezelenmesi için Iscar firması tarafından üretilmiş olan 0,4-0,8-1,6 mm uç yarıçapına sahip üç çeşit, kaplamasız tungsten karbür uç kullanılmıştır. Kesici uç geometrisi ve teknik özellikleri Çizelge 3.3.'te görülmektedir.

3.1.4. Takım tezgâhı

Deneyle Fen İş Limitet Şirketi üretim atölyesinde bulunan, Takang Co VMC-1000 marka CNC dikey işleme merkezinde yapılmıştır (Şekil 3.1.). Tezgaha ait teknik özellikler Çizelge 3.4.' te verilmiştir.



Şekil 3.1. Takang Co VMC-1000 CNC dikey işleme merkezi

Çizelge 3.4. Takang Co VMC-1000 CNC dikey işleme merkezi teknik bilgileri

Tabla Ölçüsü	1200 x 450 mm	İş Mili Koniği	BT 40
X, Y, Z Hareketler	1000 x 550 x 520 mm	Kesme Hızı	5000 m/min
İş Mili Devri	8000 rpm/min	Ölçü Hassasiyeti	0,001 mm
İş Mili Motoru	15 hp	İşletim Sistemi	Fanuc

3.2. Yöntem

3.2.1. Deneylelerin yapıışı

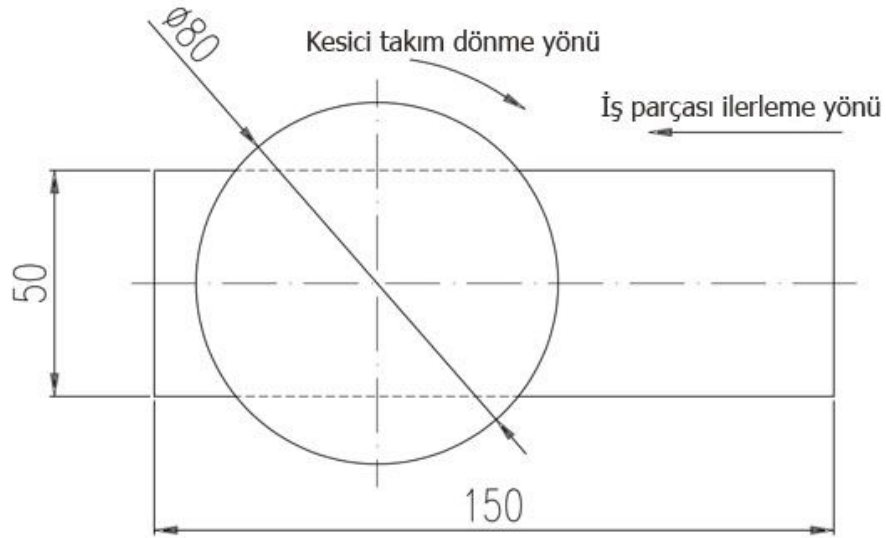
Deneyleler takım tutucuya üç adet kesici uç bağlanarak gerçekleştirilmiştir. Yüzey frezeleme işlemlerinde, bor yağı/su oranı 1/10 olan soğutma sıvısı kullanılmıştır. Her

bir parametrenin etkisini belirlemek için toplam 54 adet deney yapılmıştır. Kesme parametrelerinin seçiminde, kesici takım firmasının tavsiye ettiği ideal kesme şartları, daha önce yapılmış deneysel çalışmalar ve tezgâh teknik bilgileri dikkate alınmıştır. Deneylerde üç değişik kesme hızı, ilerleme miktarı ve kesici uç yarıçapı ile iki farklı talaş derinliği parametre olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.5.).

Çizelge 3.5. Yüzey pürüzlülük deneyleri için belirlenen parametreler

Kesme Hızı V_c (m/dak)	İlerleme f_z (mm/diş)	Kesici Uç Yarıçapı r (mm)	Talaş Derinliği a_p (mm)
300-450-600	0,10-0,15-0,20	0,4-0,8-1,6	0,8-1,6

Yüzey frezeleme işlemlerinde simetrik frezeleme yöntemi seçilmiştir. Deneylerde kullanılan iş parçası ve kesici takımın işleme durumu Şekil 3.2.' de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. İşleme esnasında iş parçası ve kesici takımın durumu

Deney numunelerinin yüzey pürüzlülük ölçümleri, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü Talaşlı Üretim Anabilim Dalı Laboratuvarında bulunan, MAHR-Perthometer-M1 taşınabilir yüzey pürüzlülük cihazı kullanılarak yapılmıştır (Şekil 3.3.). Yüzey pürüzlülük değerlerinin ölçülmesinde R_a ortalama yüzey pürüzlülük değeri kullanılmıştır.



Şekil 3.3. MAHR-Perthometer-M1 yüzey pürüzlülük cihazı

Ölümnden önce deney numunelerinin yüzeyi basınçlı hava ile temizlenmiş ve yüzey pürüzlülük cihazı kalibre edilmiştir. Ölçme işlemi işleme yönüne paralel olarak yapılmıştır. Her bir yüzey için 5 farklı bölgeden ölçüm yapılarak, sonuçların aritmetik ortalaması alınmıştır. İş parçası üzerinde dökümden kaynaklanan pürüzlülüklerin meydana getirdiği, aynı yüzey için diğer ölçümlerle paralellik göstermeyen sonuçlar yok sayılarak ortalamaya katılmamıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

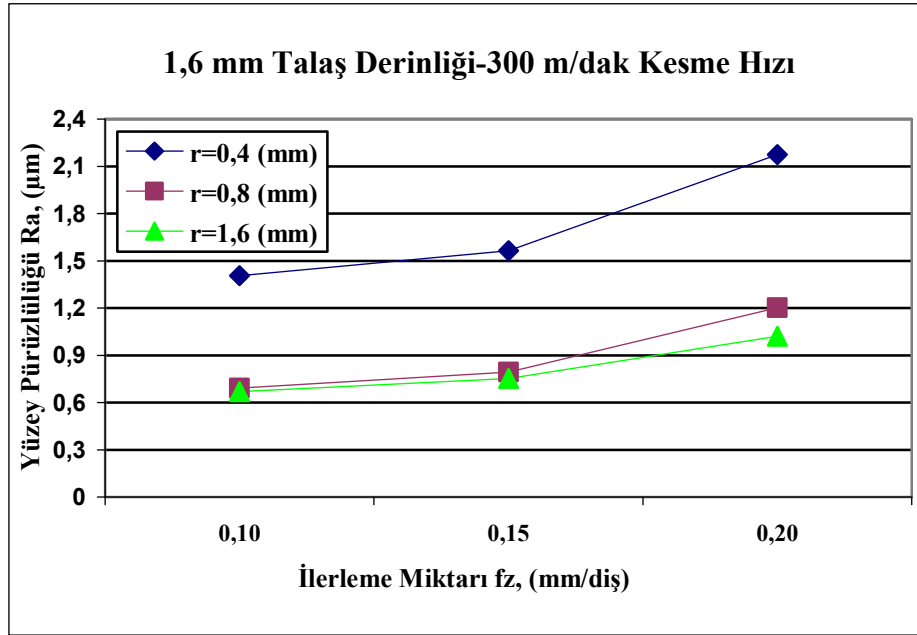
Çalışmada kullanılan ilerleme miktarı, kesici uç yarıçapı, kesme hızı ile talaş derinliği parametrelerinin, yüzey pürüzlülüğüne olan etkileri bu bölümde değerlendirilmiştir. Ayrıca, daha önce yapılmış deneysel çalışmalar ve teorik sonuçlarla karşılaştırılması yapılarak tartışılmıştır. Her bir parametrenin yüzey pürüzlülüğüne olan etkisi grafikler yardımıyla ayrı ayrı değerlendirilerek, bölümler halinde sunulmuştur. Deneysel çalışmalar, 0,10-0,15-0,20 mm/diş ilerleme miktarı, 300-450-600 m/dak kesme hızı, 0,8-1,6 mm talaş derinliği şartlarında, 0,4-0,8-1,6 mm kesici uç yarıçapına sahip kesici uçlar kullanılarak yapılmıştır. Çizelge 3.6.'da deneyler sonunda elde edilen ortalama yüzey pürüzlülüğü sonuçları verilmiştir.

Çizelge 3.6. Ortalama yüzey pürüzlülüğü sonuçları

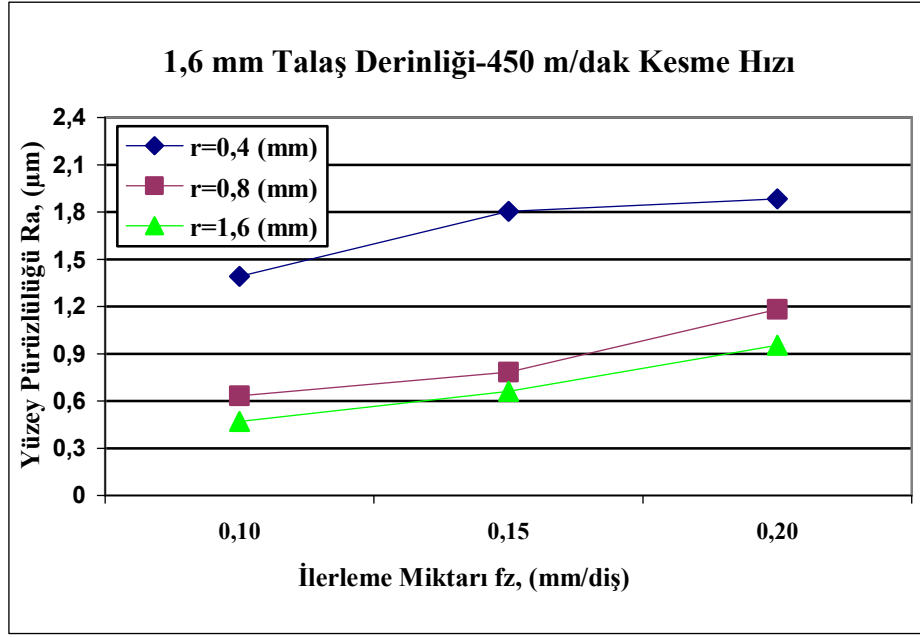
Talaş Derinliği (mm)	Kesme Hızı (m/dak)	İlerleme Miktarı (mm/diş)	Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü (μm)		
			Uç Yarıçapı 0,4 (mm)	Uç Yarıçapı 0,8 (mm)	Uç Yarıçapı 1,6 (mm)
0,8	300	0,10	1,225	0,628	0,580
		0,15	1,510	0,778	0,713
		0,20	1,970	1,065	0,992
	450	0,10	1,191	0,625	0,467
		0,15	1,335	0,759	0,64
		0,20	1,803	0,992	0,721
	600	0,10	0,758	0,580	0,433
		0,15	1,299	0,693	0,464
		0,20	1,687	0,955	0,712
1,6	300	0,10	1,406	0,691	0,669
		0,15	1,564	0,794	0,753
		0,20	2,174	1,203	1,022
	450	0,10	1,392	0,633	0,470
		0,15	1,805	0,784	0,662
		0,20	1,883	1,182	0,954
	600	0,10	0,819	0,595	0,452
		0,15	1,412	0,951	0,477
		0,20	1,698	1,163	0,893

4.1. İlerleme Miktarının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

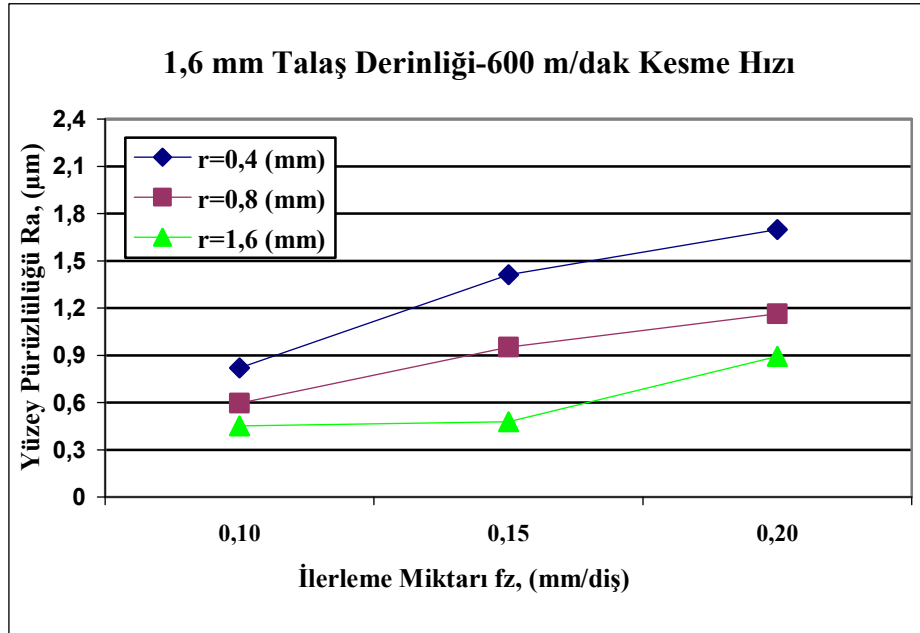
İlerleme miktarına bağlı yüzey pürüzlülüğü değişimlerini grafiklere göre genel olarak değerlendirdiğimizde, her türlü kesme şartında yüzey pürüzlülüğü, ilerlemenin artmasıyla artmış, azalmasıyla azalmıştır. İlerleme miktarı yüzey pürüzlülüğüne en fazla etkiyi yapan parametre olmuştur. Kaynaklardan elde edilen teorik bilgilerle bu sonuç örtüşmektedir. Değişik kesme şartlarında ilerleme miktarına bağlı yüzey pürüzlülük değişimleri Şekil 4.1.-Şekil 4.6.'da görülmektedir. Gökkaya vd. (2004), AISI 1030 çeliği üzerine yaptıkları çalışmada aynı şekilde yüzey pürüzlülüğünün ilerleme miktarından doğru orantılı olarak etkilendiğini rapor etmişlerdir. Hüseyinoğlu (2008) da 7075 alüminyum alaşımının freze ile işlenmesi üzerine yaptığı çalışmada benzer şekilde ilerleme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülüğünün arttığını bildirmiştir. Reis ve Abrao (2005), 6351-T6 alüminyum alaşımını kullandıkları bir başka çalışmada da ilerleme miktarının artmasıyla yüzey pürüzlülüğünün arttığını bildirmişlerdir.



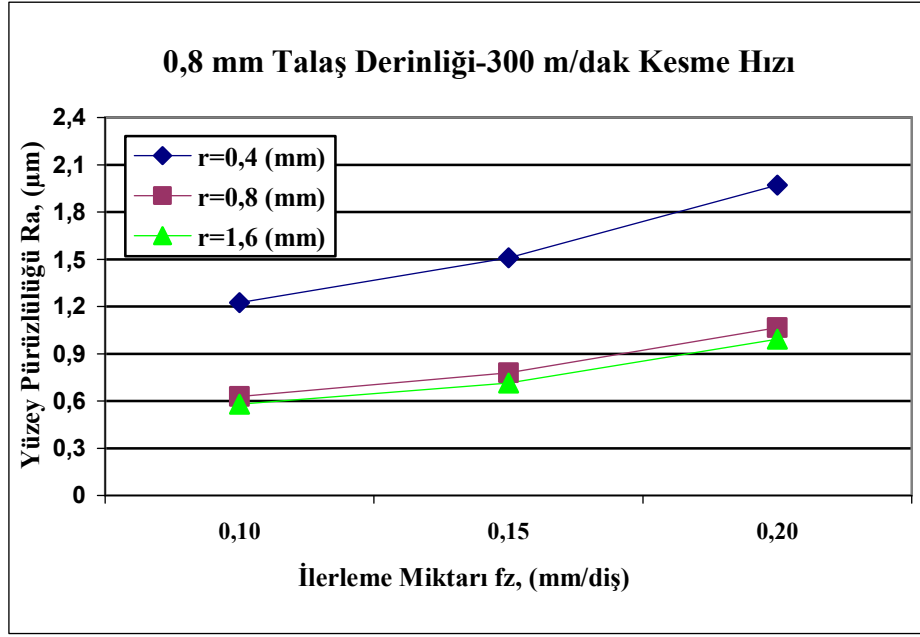
Şekil 4.1. 1,6 mm talaş derinliği ve 300 m/dak kesme hızında, ilerleme miktarına bağlı olarak elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değişimleri



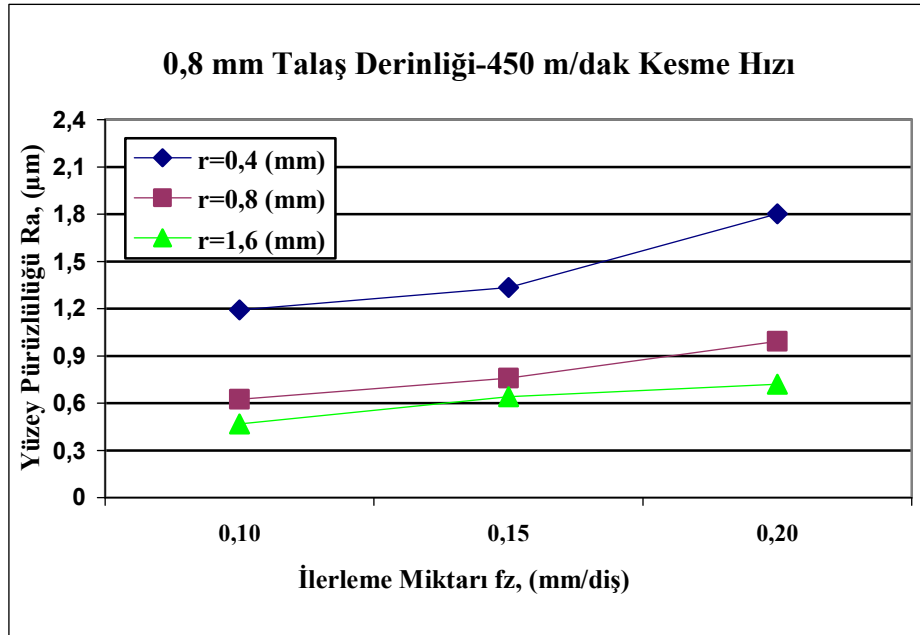
Şekil 4.2. 1,6 mm talaş derinliği ve 450 m/dak kesme hızında, ilerleme miktarına bağlı olarak elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değişimleri



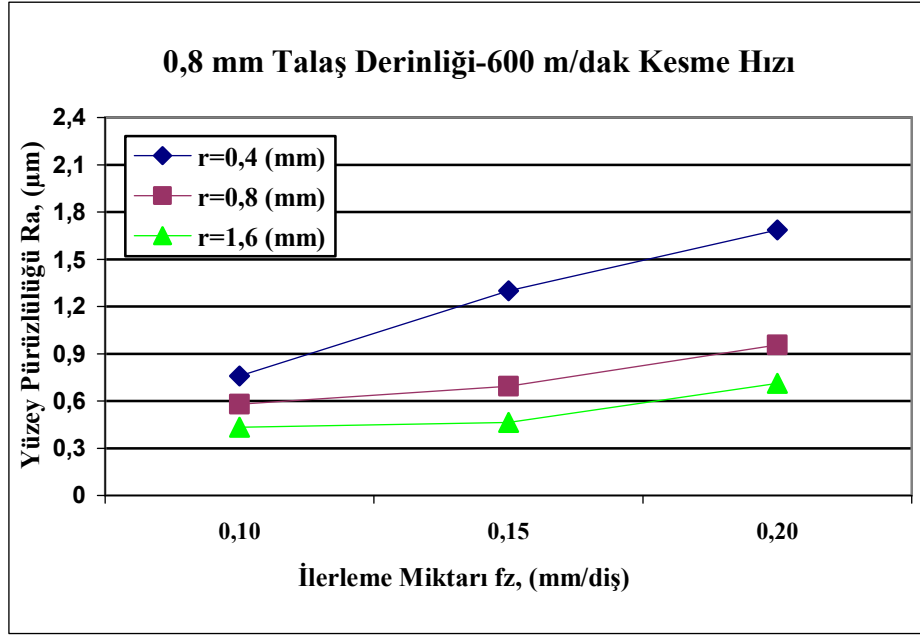
Şekil 4.3. 1,6 mm talaş derinliği ve 600 m/dak kesme hızında, ilerleme miktarına bağlı olarak elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değişimleri



Şekil 4.4. 0,8 mm talaş derinliği ve 300 m/dak kesme hızında, ilerleme miktarına bağlı olarak elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değişimleri



Şekil 4.5. 0,8 mm talaş derinliği ve 450 m/dak kesme hızında, ilerleme miktarına bağlı olarak elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değişimleri



Şekil 4.6. 0,8 mm talaş derinliği ve 600 m/dak kesme hızında, ilerleme miktarına bağlı olarak elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değişimleri

Deneylemler sonunda en düşük yüzey pürüzlülüğü değeri 0,433 μm olmuştur. Bu değere 0,10 mm/diş ilerleme miktarı, 600 m/dak kesme hızı, 0,8 mm talaş derinliğinde, 1,6 mm uç yarıçapına sahip kesici uç kullanılarak ulaşılmıştır. En yüksek yüzey pürüzlülüğü değeri ise; 2,174 μm olarak gerçekleşmiştir. Bu değere ise; 0,20 mm/diş ilerleme miktarı, 300 m/dak kesme hızı, 1,6 mm talaş derinliğinde 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici uçla ulaşılmıştır.

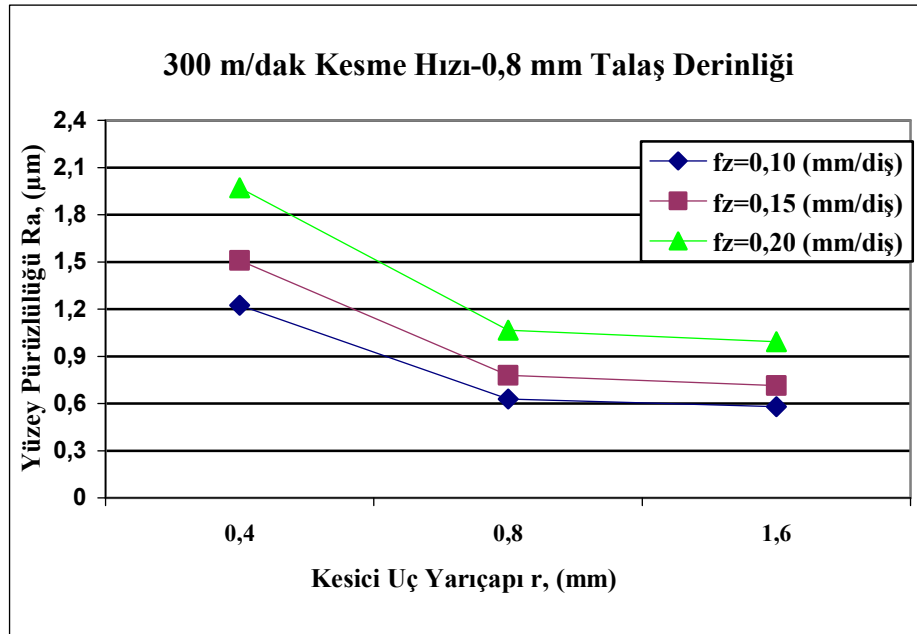
Grafiklerde verilen değerler incelendiğinde, ilerleme miktarı 0,10 mm/diş'ten 0,15 mm/diş'e çıkarılmasıyla % 50 artarken, yüzey pürüzlülük değerinde minimum artışın yaklaşık % 6 ile 1,6 mm talaş derinliği, 600 m/dak kesme hızı, 1,6 mm uç yarıçapına sahip kesici uçla işleme yaparken gerçekleştiği görülmektedir. Maksimum artış ise, yaklaşık % 72 ile 1,6 mm talaş derinliği, 600 m/dak kesme hızı, 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici uçla frezeleme sonunda gerçekleşmiştir. İlerleme miktarı 0,15 mm/diş'ten 0,20 mm/diş'e çıkarılmasıyla yaklaşık % 33 artarken, yüzey pürüzlülüğünde minimum artışın yaklaşık % 4 ile 1,6 mm talaş derinliği, 450 m/dak kesme hızı, 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici uçla işleme sonunda gerçekleştiği görülmüştür. Maksimum artış da yaklaşık % 87 ile 1,6 mm talaş derinliği, 600 m/dak

kesme hızı, 1,6 mm uç yarıçapına sahip kesici uçla işlemin sonunda elde edilmiştir.

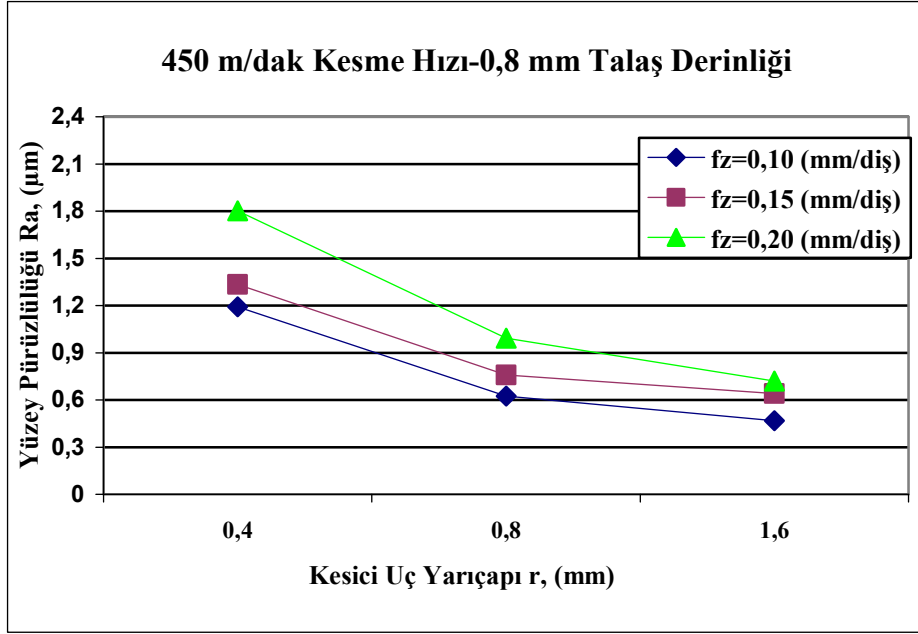
İlerleme miktarının artırılması, işlem zamanını ve maliyetini azaltmasının yanında yüzey pürüzlülüğünü olumsuz etkilemektedir. İlerleme miktarının artırılması yüksek ilerleme kuvveti ve kalın talaşlara neden olmaktadır. Ayrıca kesicinin bir devirde kaldırması gereken talaş miktarı artmaktadır. Böylece işlenen yüzeyin pürüzlülük değeri de artmaktadır.

4.2. Kesici Uç Yarıçapının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

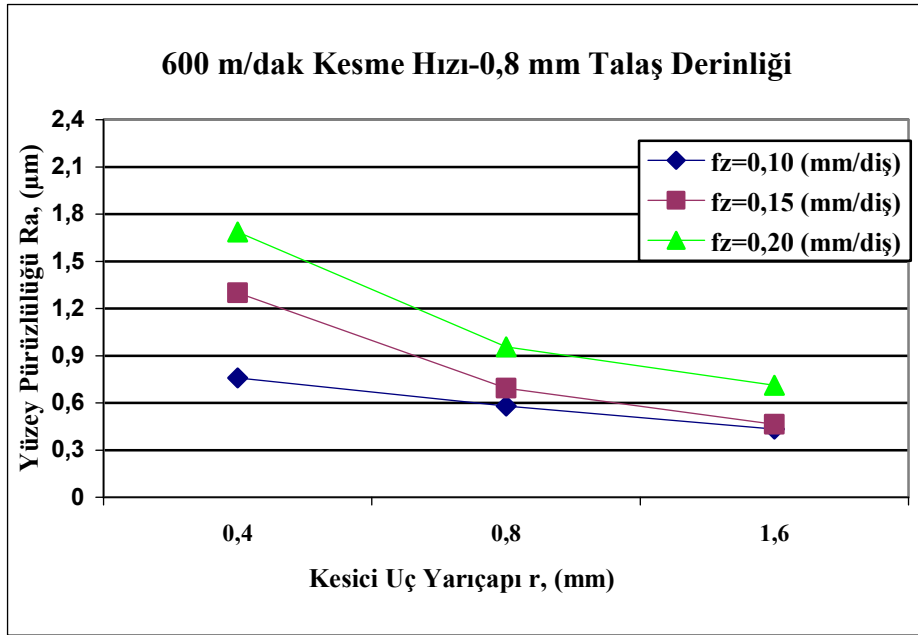
Deneysel kesici uç yarıçapının yüzey pürüzlülüğüne olan etkisini belirlemek için, 0,4-0,8-1,6 mm olmak üzere üç farklı uç yarıçapına sahip karbür kesici uçlar kullanılmıştır. Farklı kesme şartlarında kesici uç yarıçapına bağlı olarak elde edilen yüzey pürüzlülük değişimleri Şekil 4.7.-Şekil 4.12.'de görülmektedir.



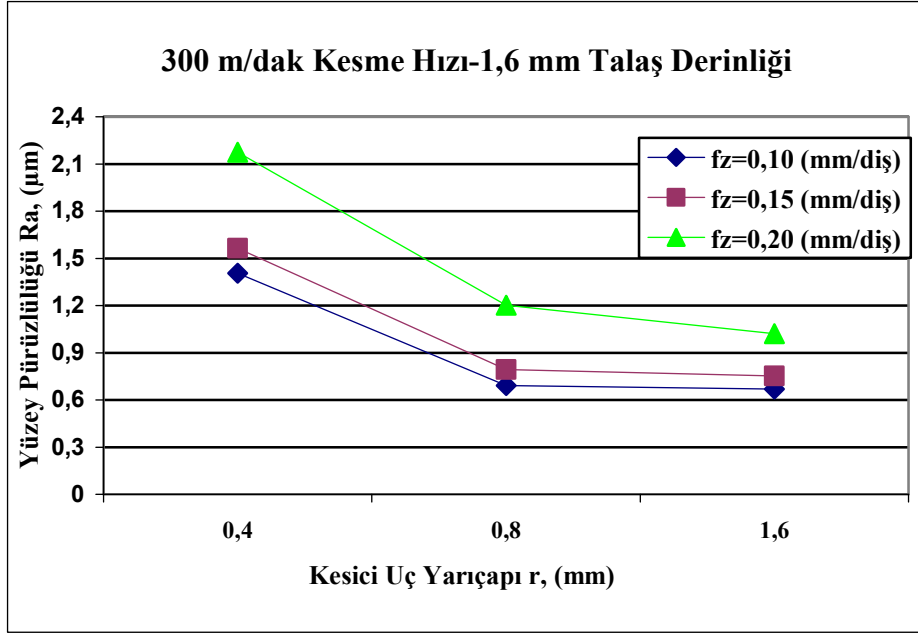
Şekil 4.7. 300 m/dak kesme hızı ve 0,8 mm talaş derinliğinde, kesici uç yarıçapına bağlı olarak elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değişimleri



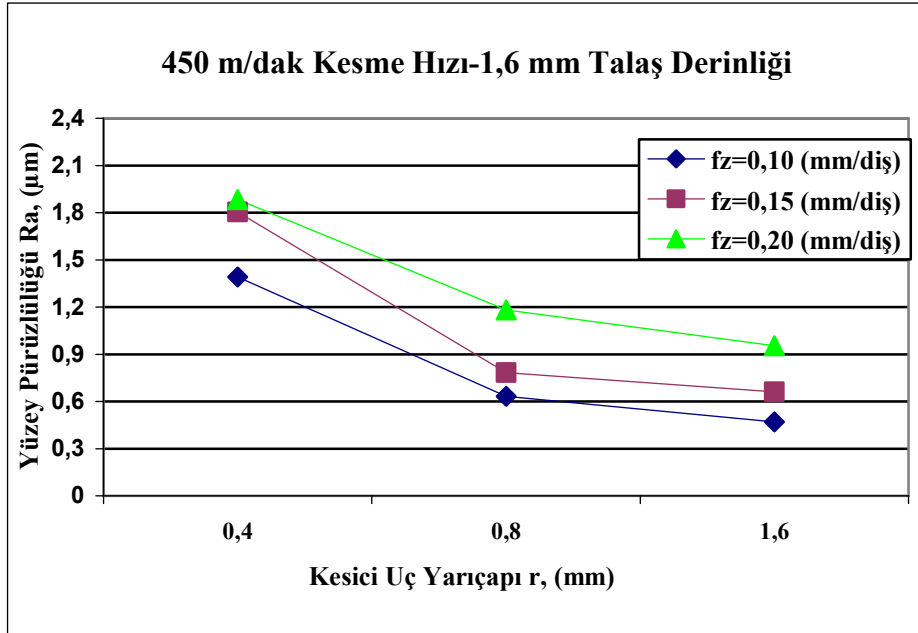
Şekil 4.8. 450 m/dak kesme hızı ve 0,8 mm talaş derinliğinde, kesici uç yarıçapına bağlı olarak elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değişimleri



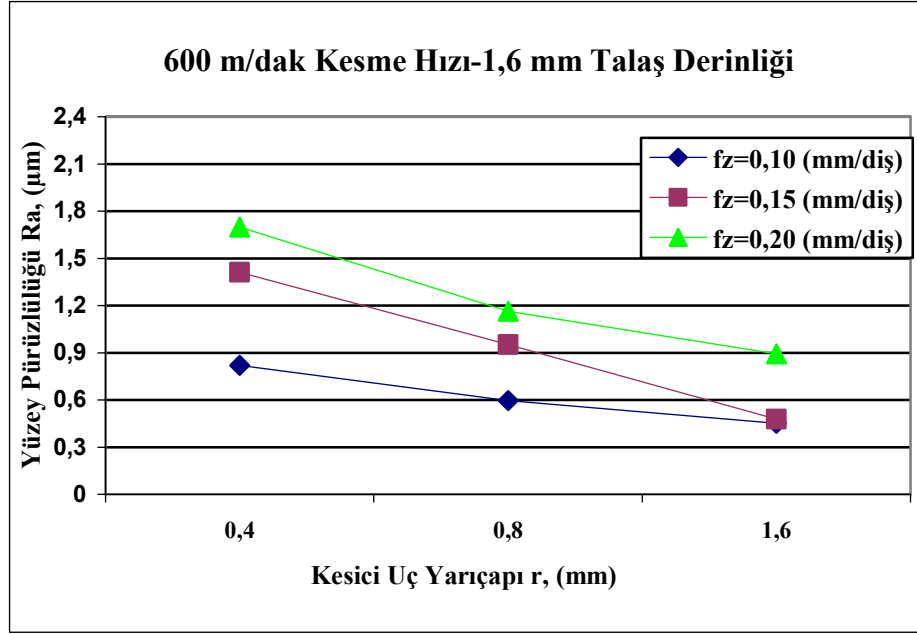
Şekil 4.9. 600 m/dak kesme hızı ve 0,8 mm talaş derinliğinde, kesici uç yarıçapına bağlı olarak elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değişimleri



Şekil 4.10. 300 m/dak kesme hızı ve 1,6 mm talaş derinliğinde, kesici uç yarıçapına bağlı olarak elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değişimleri



Şekil 4.11. 450 m/dak kesme hızı ve 1,6 mm talaş derinliğinde, kesici uç yarıçapına bağlı olarak elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değişimleri



Şekil 4.12. 600 m/dak kesme hızı ve 1,6 mm talaş derinliğinde, kesici uç yarıçapına bağlı olarak elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değişimleri

Grafiklere göre, kesici uç yarıçapındaki artışla beraber yüzey pürüzlülüğünde azalma meydana gelmiştir. Teorik olarak bağıntı (2.2)'de de görüldüğü gibi, yüzey pürüzlülüğü ile kesici uç yarıçapı arasında ters orantılı bir ilişki vardır. Ayrıca; en düşük yüzey pürüzlülük değerleri 1,6 mm uç yarıçapına sahip kesici uçla, en yüksek yüzey pürüzlülük değerleri de 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici uçla elde edilmiştir.

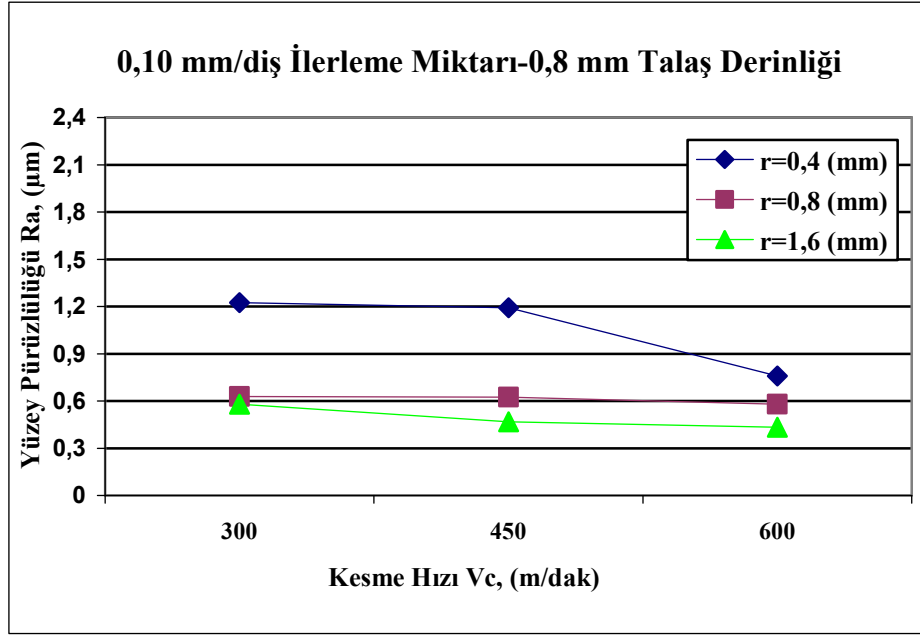
Grafikler incelendiğinde, kesici uç yarıçapı ile yüzey pürüzlülüğü arasında ters orantılı bir ilişkinin olduğu görülmektedir. Kesici uç yarıçapının artmasıyla yüzey pürüzlülüğü azalmış, uç yarıçapının azalmasıyla da artmıştır. Can (2003) 0,4-0,8-1,2 mm uç yarıçapına sahip kesici uçları kullandığı çalışmasında, aynı şekilde kesici uç yarıçapının artmasıyla yüzey pürüzlülüğünün azaldığını rapor etmiştir. Ayrıca Eriksen (1999), Kopac ve Bahor (1999) ile Çoğun (2002) da farklı malzemeler üzerine gerçekleştirdikleri çalışmalarda benzer sonuçları almışlardır. Balcı (2008) ise farklı olarak, AISI 304 östenitik paslanmaz çelik kullandığı çalışmasında, kesici takım uç yarıçapının artmasıyla genel olarak yüzey pürüzlülük değerlerinin beklenmedik şekilde arttığını bildirmiştir. Bu durumu artan uç yarıçapı ile kesici takım ikinci kesme kenarındaki muhtemel kesici uç kırılmalarının artışına

bağlamıştır. Şan (2007) da mikroalaşımli çelikleri kullandığı çalışmasında aynı şekilde büyük uç yarıçaplı takımlarla yüksek yüzey pürüzlülük değerleri elde etmiştir. Bu durumun sebebini, takım uç radyüsünün büyümesiyle takım iş parçası ara yüzeyinde oluşan efektif sürtünme alanının artması ve böylece tırlama titreşiminin ortaya çıkması şeklinde açıklamıştır.

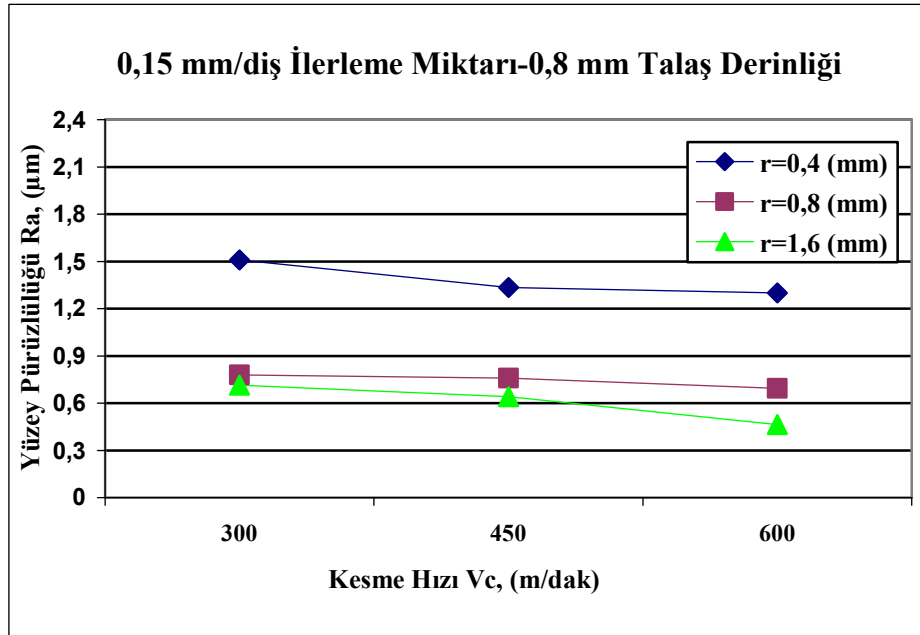
Grafiklere göre kesici uç yarıçapı, 0,4 mm' den 0,8 mm' ye çıkarılmasıyla % 100 artarken, yüzey pürüzlülük değerinde minimum azalma yaklaşık % 24 ile 0,8 mm talaş derinliği, 600 m/dak kesme hızı, 0,10 mm/diş ilerleme miktarı şartlarında gerçekleşmiştir. Maksimum azalma ise, yaklaşık % 57 ile 1,6 mm talaş derinliği, 450 m/dak kesme hızı, 0,15 mm/diş ilerleme miktarında frezeleme yaparken gerçekleşmiştir. Kesici uç yarıçapı, 0,8 mm' den 1,6 mm' ye çıkarılmasıyla % 100 artarken, yüzey pürüzlülüğünde minimum azalma yaklaşık % 3 ile 1,6 mm talaş derinliği, 300 m/dak kesme hızı, 0,10 mm/diş ilerleme miktarı şartlarında elde edilmiştir. Maksimum azalma ise, yaklaşık % 50 ile 1,6 mm talaş derinliği, 600 m/dak kesme hızı, 0,15 mm/diş ilerleme miktarında işlemenin sonunda elde edilmiştir. 600 m/dak kesme hızı, 0,8 talaş derinliği, 0,10 mm/diş ilerleme miktarı ile 600 m/dak kesme hızı, 1,6 talaş derinliği, 0,15 mm/diş ilerleme miktarında yapılan iki deney dışındaki diğer deneylerin tamamında 0,8 mm' den sonra yapılan kesici uç yarıçapı artışının, 0,4 mm' den sonra yapılan artışa göre yüzey pürüzlülüğünü daha az etkilediği görülmektedir. Belirli bir değerden sonra büyük uç yarıçapı, yüzey pürüzlülüğünde azalmaya değil, artışa sebep olmaktadır. Çünkü büyük uç yarıçapına sahip kesici takımın malzeme üzerine daha büyük kuvvetle bastırılması gerekir. Bu da kesici ucun daha fazla sürtünmesiyle iş parçası yüzeyi sertleşir, takım ucunda daha çok ısı oluşur. Bunun sonucunda da takım aşınmasının daha hızlı olmasıyla yüzey pürüzlülüğünde artış meydana gelir.

4.3. Kesme Hızının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

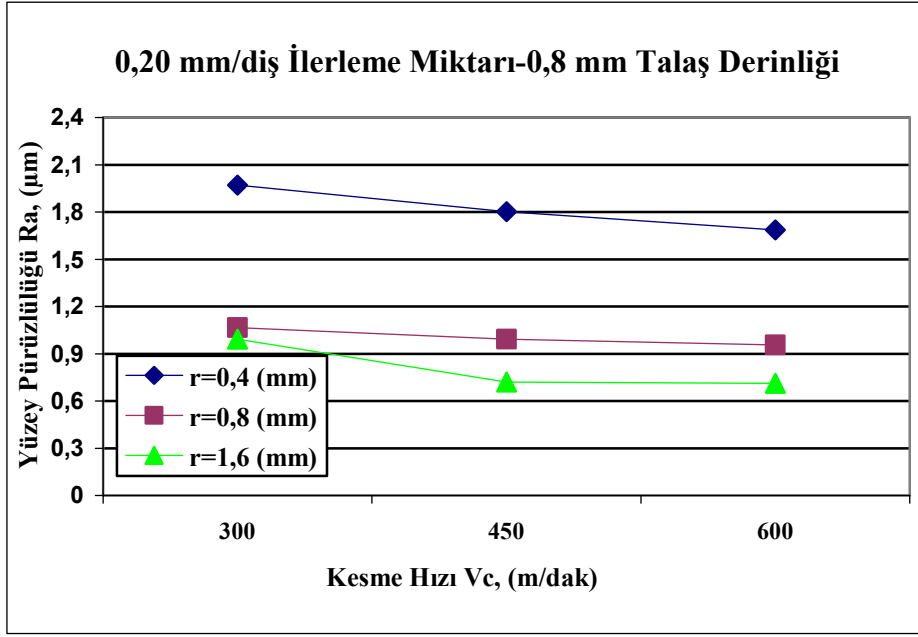
Yapılan deneysel çalışmalarda, 300 m/dak, 450 m/dak ve 600 m/dak olmak üzere üç farklı kesme hızı kullanılmıştır. Değişik kesme şartlarında elde edilmiş, kesme hızına bağlı yüzey pürüzlülük değişimleri Şekil 4.13.-Şekil 4.18.'de görülmektedir.



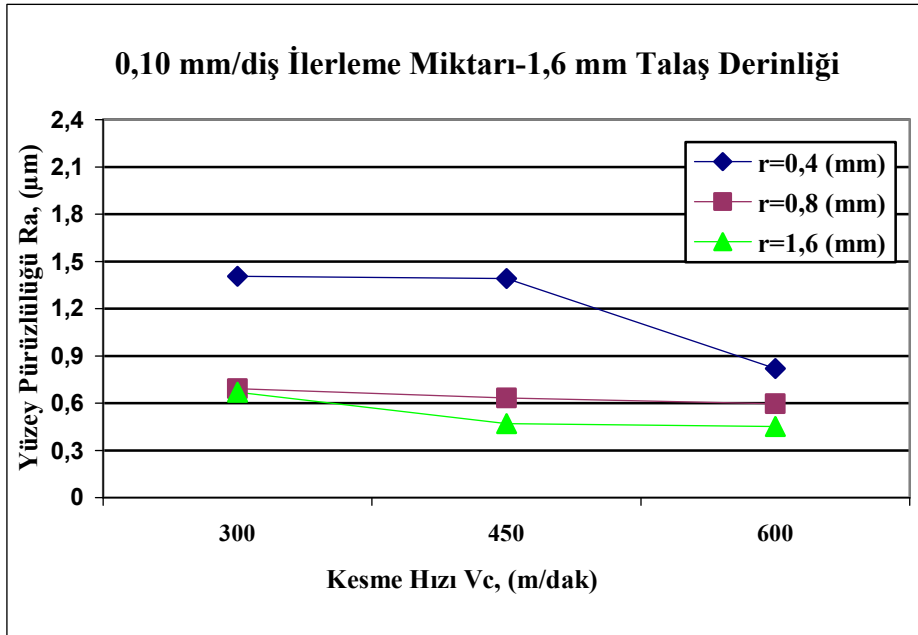
Şekil 4.13. 0,10 mm/diş ilerleme miktarı ve 0,8 mm talaş derinliğinde, kesme hızına bağlı olarak elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değişimleri



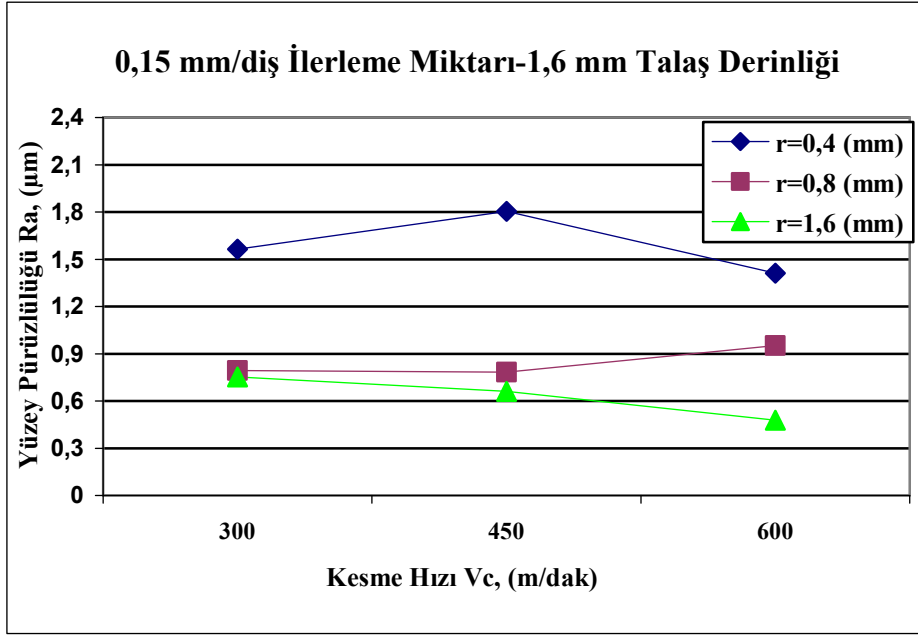
Şekil 4.14. 0,15 mm/diş ilerleme miktarı ve 0,8 mm talaş derinliğinde, kesme hızına bağlı olarak elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değişimleri



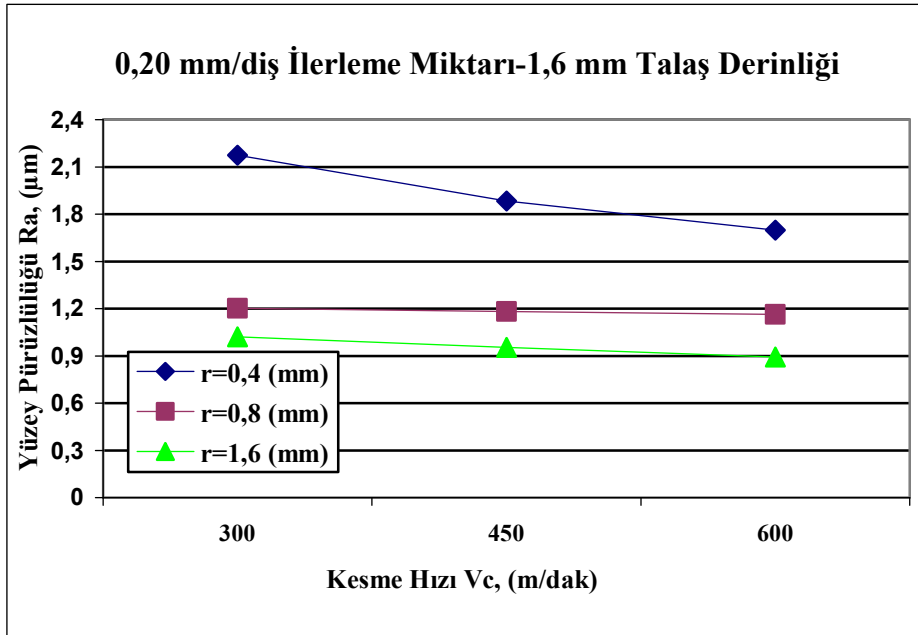
Şekil 4.15. 0,20 mm/diş ilerleme miktarı ve 0,8 mm talaş derinliğinde, kesme hızına bağlı olarak elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değişimleri



Şekil 4.16. 0,10 mm/diş ilerleme miktarı ve 1,6 mm talaş derinliğinde, kesme hızına bağlı olarak elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değişimleri



şekil 4.17. 0,15 mm/diş ilerleme miktarı ve 1,6 mm talaş derinliğinde, kesme hıza bağlı olarak elde edilen ortalama yzey pürzölülük değişimleri



şekil 4.18. 0,20 mm/diş ilerleme miktarı ve 1,6 mm talaş derinliğinde, kesme hıza bağlı olarak elde edilen ortalama yzey pürzölülük değişimleri

Grafikler incelendiğinde kesme hızıyla yüzey pürüzlülüğü arasında ters orantılı bir ilişki olduğu görülmektedir. Kesme hızının artmasıyla birlikte yüzey pürüzlülüğü azalmıştır. Çakır vd. (2009)' de soğuk iş takım çeliğini kullandığı çalışmada benzer şekilde kesme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülüğünün azaldığını rapor etmiştir. Ayrıca Sai vd. (2001) de karbon ve paslanmaz çeliği kullandıkları çalışmada, bitirme yüzeyi frezelemede kesme hızında artışın yüzey pürüzlülüğünü azalttığını bildirmiştir. Araştırmacılar artan kesme hızıyla birlikte yüzey pürüzlülük değerinin azalmasını, hız artışıyla birlikte takım talaş temas uzunluğunun kısılmasına ve kesme kuvvetlerinin azalmasına, bu yüzden de deformasyonların küçülmesine bağlamışlardır. Ghani ve Choudhury (2002) ise yaptığı çalışmada, farklı olarak kesme hızının arttırılmasıyla yan kenar aşınmasının hızlandığını ve böylece yüzey pürüzlülüğünün arttığını belirtmiştir. Bir diğer çalışmada da Nalbant vd. (2007), kesme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülüğünün arttığını bildirmiştir.

Grafikler değerlendirildiğinde elde edilen sonuçlara göre kesme hızının yüzey pürüzlülüğünü ilerleme miktarı kadar etkilemediği görülmektedir. Benzer şekilde Gökaya vd. (2004)' de AISI 1030 çeliğinin PVD ve CVD kaplamalı sementit karbür kesici takımlarla işlenmesi üzerine yaptıkları çalışmada, kesme hızındaki artışın yüzey pürüzlülüğünü çok etkilemediğini, kesme hızının % 200 arttırılması ile yüzey pürüzlülüğünde ancak % 13 bir iyileşme sağlandığını bildirmişlerdir.

Şekil 4.17.'deki grafiğin dışındaki grafiklerin tamamında, kesme hızındaki artışla birlikte yüzey pürüzlülüğünün azaldığı görülmektedir. Şekil 4.17' deki grafikte ise; 0,15 mm/diş ilerleme miktarı ve 1,6 mm talaş derinliğinde işleme yaparken yüzey pürüzlülüğünde artış olduğu görülmektedir. Bu artış 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici uç kullanılırken 450 m/dak, 0,8 mm uç yarıçapına sahip kesici uç kullanılırken de 600 m/dak kesme hızında gerçekleşmiştir. Bu beklenmedik pürüzlülük artışına, döküm içerisindeki partiküllerin ya da talaş sıvanmasının kesici uçta meydana getirdiği muhtemel küçük kırılmaların neden olabileceği düşünülmüştür. Benzer şekilde Çiftçi (2005)' nin östenitik paslanmaz çelikler üzerine yaptığı çalışmada dört farklı kesme hızı (120, 150, 180 ve 210 m/dak) kullanılmış ve 180 m/dak kesme

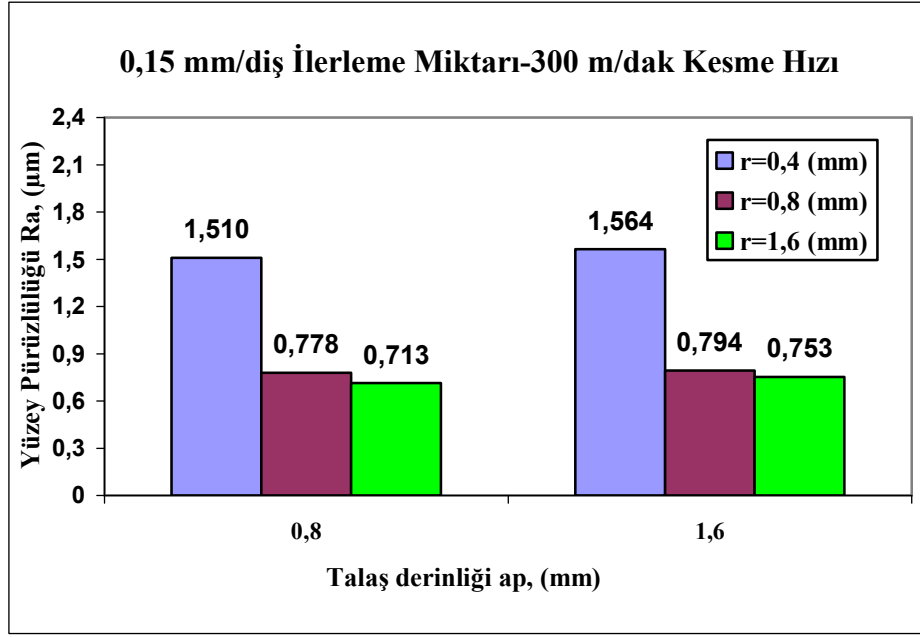
hızına kadar yüzey pürüzlülük değerinde azalma, bu değerden sonra yüzey pürüzlülüğünde artış görülmüştür. Bu durum araştırmacı tarafından yüksek kesme hızlarında kesici takım ucundaki küçük kırılmalarla açıklanmıştır. Aynı şekilde Yousefi ve Ichida (2000) alüminyum alaşımlarının yüksek hızda torna tezgâhında işlenmesi üzerine yaptıkları çalışmada, tüm deneylerde genel olarak kesme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülüğünün azaldığı; fakat 100-200 m/s hız aralığında takım kesme kenarında meydana gelen talaş yapışmasının yüzey pürüzlülüğünde artışa neden olduğunu bildirmişlerdir.

4.4. Talaş Derinliğinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

Bu çalışmada 0,8 mm ve 1,6 mm olmak üzere iki farklı talaş derinliği kullanılmıştır. Bağıntı (2.2)'de görüldüğü gibi teorik olarak yüzey pürüzlülüğü üzerinde talaş derinliğinin etkisi yoktur. Buna karşın talaş derinliğinin artmasıyla kesme kuvvetleri, kaldırılan talaş miktarı, titreşim ve salgı artacağı için yüzey pürüzlülüğünün de artması muhtemeldir.

Çalışma sonunda elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük sonuçları değerlendirildiğinde talaş derinliği ile yüzey pürüzlülüğü arasında doğru orantılı bir ilişkinin olduğu görülmektedir. Bütün kesme şartlarında talaş derinliğinin artmasıyla yüzey pürüzlülüğü artmıştır. Bu sonuç Işık ve Çakır (2001) ile Coğun ve Özses (2002)'in çalışmalarındaki sonuçlarla benzerlik göstermektedir. Güllü ve Özdemir (2003) de prizmatik parçaların frezelenmesiyle ilgili çalışmasında üç çeşit kesme derinliği (0,8-0,6-0,4 mm) kullanmış ve aynı şekilde kesme derinliğinin azalmasıyla yüzey pürüzlülüğünün iyileştiğini bildirmiştir.

Şekil 4.19.'da 0,15 mm/diş ilerleme miktarı ve 300 m/dak kesme hızında, talaş derinliğine bağlı olarak elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri görülmektedir. Diğer bütün kesme şartlarında yapılan deneylerde de benzer sonuçlar elde edilmiştir. Talaş derinliğinin yüzey pürüzlülüğü üzerine çok önemli bir etkisi olmamıştır. Bu sonuç bize kullanılan parametrelerin içerisinde talaş derinliğinin, yüzey pürüzlülüğüne en az etkiyi yapan parametre olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.19. 0,15 mm/diş ilerleme miktarı ve 300 m/dak kesme hızında, talaş derinliğine bağlı olarak elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değişimleri

Benzer şekilde Çiftçi (2005) de mikroalaşımli çeliklerin frezelenmesi üzerine yaptığı çalışmada talaş derinliği arttığında yüzey pürüzlüğünün çok az bir miktar arttığını bildirmiştir. Tezgâh teknik kapasitesi, kesici uç, takım tutucu ve arzulanan yüzey kalitesi dikkate alınarak talaş derinliğini yükseltilebilir. Böylelikle gerekli paso sayısının azalmasıyla işlem maliyetinde de düşüş sağlanacaktır.

5. SONUÇ

Bu tez çalışmasında, ilk olarak kaynak araştırması yapılmış ve daha önce yapılmış olan deneysel çalışmalar değerlendirilmiştir. Daha sonra ETİAL 180 alüminyum alaşımının, CNC dikey işleme merkezinde değişik uç yarıçapına sahip kaplamasız tungsten karbür takımlarla işlenmesinde, ilerleme miktarı, kesme hızı, talaş derinliği ve kesici uç yarıçapının yüzey pürüzlülüğüne olan etkisini belirlemek amacıyla toplam 54 adet deney yapılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir:

1. Bütün kesme şartlarında ilerleme miktarının artmasıyla yüzey pürüzlülüğü artmıştır. Elde edilen verilere göre yüzey pürüzlülüğünü etkileyen en önemli parametre ilerleme miktarı olmuştur. İlerleme miktarının artırılmasıyla kesicinin bir devirde kaldırması gereken talaş miktarı artmaktadır. Böylece yüzey kalitesi de kötüleşmektedir. Ayrıca teorik eşitliklerden de anlaşılacağı gibi yüzey pürüzlülük değeri, ilerleme miktarının karesiyle doğru orantılı olarak değişmektedir. Bitirme işlemlerinde düşük yüzey pürüzlülüğü elde etmek için en etkili yöntem ilerleme miktarını azaltılmasıdır.

2. Kesici uç yarıçapının yüzey pürüzlülüğüne etkisini belirlemek için yapılan deneyler sonunda kesici uç yarıçapı ile yüzey pürüzlülüğü arasında ters orantılı bir ilişkinin olduğu görülmüştür. Kesici uç yarıçapının artmasıyla yüzey pürüzlülük değeri azalmıştır. Teorik olarak eşitliklerde de kesici uç yarıçapı ile yüzey pürüzlülüğü arasında ters orantılı bir ilişki vardır. Kesici uç yarıçapının yüzey pürüzlülüğü üzerinde, ilerleme miktarı kadar olmasa da önemli bir parametre olduğu tespit edilmiştir. İyi yüzey kalitesi elde etmek için belirli bir değere kadar büyük uç yarıçapına sahip kesiciler kullanılmalıdır.

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

4. Kesme hızı deneylerinden 0,15 mm/diş ilerleme miktarı ve 1,6 mm talaş derinliğinde işleme yaparken diğer deneylerden farklı olarak yzey pürüzlülüğünde artış olduğu görülmüştür. Bu artış 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici uç kullanılırken 450 m/dak, 0,8 mm uç yarıçapına sahip kesici uç kullanılırken de 600 m/dak kesme hızında geręekleřmiřtir. Bu beklenmedik pürüzlülük artışına, döküm içerisindeki partiküllerin ya da talaş sıvanmasının, kesici uçta meydana getirdiği muhtemel küçük kırılmaların neden olabileceği düşünölmüştür.

5. Talaş derinliği ile yzey pürüzlülüğü arasında doğru orantılı bir ilişki olduğu görülmüştür. Talaş derinliğinin artmasıyla bütün kesme şartlarında yzey pürüzlülük değerinde artış olmuştur. Talaş derinliği yzey pürüzlülüğünü en az etkileyen parametre olmuştur.

6. En düşük Ra değeri olan 0,433 μm , 0,10 mm/diş ilerleme miktarı, 600 m/dak kesme hızı ve 0,8 mm talaş derinliğinde, 1,6 mm uç yarıçapına sahip kesici uç kullanılarak elde edilmiştir. Buna karşın en yüksek Ra değeri olan 2,174 μm , 0,20 mm/diş ilerleme miktarı, 300 m/dak kesme hızı ve 1,6 mm talaş derinliğinde, 0,8 mm uç yarıçapına sahip kesici uç kullanılarak elde edilmiştir.

7. Yzey pürüzlülüğüne en fazla etkiyi yapan parametreler sırasıyla ilerleme miktarı, kesici uç yarıçapı, kesme hızı ve talaş derinliği olmuştur.

Sonuç olarak ETİAL 180 alüminyum alaşımını CNC dikey işleme merkezinde, kaplamasız tungsten karbür kesicilerle işleme yaparken, düşük yzey pürüzlülük değerlerine ulaşmak için, yüksek kesme hızı, düşük ilerleme miktarı ve talaş derinliği ile büyük uç yarıçapına sahip kesici uçlar seçilmelidir.

6. KAYNAKLAR

- Akkurt, M., 2004. Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları. Birsen Yayınevi, 29, 347s. İstanbul.
- Altıntaş, Y., 2006. Manufacturing Automation : Metal Cutting Mechanics, Machine Tool Vibrations, and CNC Design. Cambridge University Press, 12, 286p. New York.
- Aramugan, P.U., Malshe, A.P., Batzer, S.A., 2006. Dry Machining of Aluminium-Silicon Alloy Using Polished CVD Diamond-Coated Cutting Tools Inserts. Surface and Coatings Technology, 200, 3399-3403.
- Aydın, B., 2002. AA 2014 Alaşımında Yaşlandırma Isıl İşleminin İşlenebilirlik Özellikleri Üzerindeki Etkilerini İncelenmesi. Karabük Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilim Uzmanlığı Tezi, 67s, Karabük.
- Baek, D.K., Ko, T.J., Kim, H.S., 2001. Optimization of Feedrate in A Face Milling Operation Using A Surface Roughness Model. International Journal of Machine Tools & Manufacture, 41, 451-462.
- Balci, B., 2008. AISI 304 Östenitik Paslanmaz Çelik Malzemenin İşlenmesinde Yüzey Pürüzlülüğünün İncelenmesi. Gazi Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 87s, Ankara.
- Bayrak, M., 2002. Ç 1020, Ç 1040 ve 9SMNPB28 Çeliklerinin Talaşlı İşlenmesinde Yüzey Pürüzlülüğünün Uzman Sistemle Hesaplanan Değerlerinin Deneysel Değerlerle Karşılaştırılması. Gazi Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 155s, Ankara.
- Benardos, P.G., Vosniakos, G.C., 2002. Prediction of Surface Roughness in CNC Face Milling Using Neural Networks and Taguchi's Design of Experiments. Robotics and Computer Integrated Manufacturing, 18, 343-354.
- Can, A., 2003. AISI 6140 Çeliğinin Sermet, PVD ile TiAlN – CVD ile TiN Kaplanmış kesici Uçlarla Tornalanmasında Kesme Değişkenleri, Kaplama Cinsi ve Takım Aşınmasının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin İncelenmesi. Gazi Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 123s, Ankara.
- Çakır, M.C., 2000. Modern Talaşlı İmalat Yöntemleri. Vipaş A.Ş., 158, 535s. Bursa.
- Çakır, M.C., 2006. Modern Talaşlı İmalatın Esasları. Nobel Yayın Dağıtım, 993, 267s. Ankara.
- Çakır, M.C., Ensarioğlu, C., Demirayak, I., 2009. Mathematical Modeling of Surface Roughness for Evaluating the Effects of Cutting Parameters and Coating Material. Journal of Materials Processing Technology, 209,102-109.

- Çetin, H.,2005. Alüminyum Alaşımı Hafif Metal Levhaların Prizmatik Derin Çekmede Biçimlendirilebilirlik Özelliklerinin Araştırılması. Süleyman Demirel Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 163s, Isparta.
- Çiftçi, İ., 2005. Östenitik Paslanmaz Çeliklerin İşlenmesinde Kesici Takım Kaplamasının ve Kesme Hızının Kesme Kuvvetleri ve Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi. Gazi Ü. Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi, 20 (12), 205-209.
- Çiftçi, K., 2005. Mikroalaşımli Çeliklerin Frezelenmesinde Kesme Parametrelerinin Talaşlı İşlenebilirliğe Etkisinin İncelenmesi. Marmara Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 73s. İstanbul.
- Çoğun C.,Özses B., 2002. Bilgisayar Sayısal Denetimli Takım Tezgâhlarında Değişik İşleme Koşullarının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi. Gazi Ü. Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi, 17 (1), 59-75.
- Dhar, N.R., Paul, S., Chattopadhyay, A.B., 2002. Machining of AISI 4140 Steel Under cryogenic Cooling – Tool Wear, Surface Roughness and Dimensional Deviation. Journal of Materials Processing Technology, 123839, 483-489.
- Eriksen,E., 1999. Influence From Production Parameters on the Surface Roughness of A Machined Short Fibre Reinforced Thermoplastic. International Journal of Machine Tools & Manufacture, 39, 1611-1618.
- Ersümer, A., 1960. Alüminyum Alaşımlarının Isıl ve Mekanik İşlemleri. İTÜ Yayınları, 443, 102s. İstanbul.
- Franco, P., Estrems, M., Fuara, F., 2004. Influence of Radial and Runouts on Surface Roughness in Face Milling With Round Insert Cutting Tools. International Journal of Machine Tools & Manufacture, 44 (15), 1555-1565.
- Gadelmawla, E.S., Koura, M.M., Maksoud, T.M.A., Elewa, I.M., Soliman, H.H., 2002. Roughness Parameters. Journal of Materials Processing Technology, 123, 133-135.
- Gezgin, A.,2007. Prizmatik Parçaların Frezelenmesi Esnasında, Kesici Uç Sayısının Takım Ömrü ve Yüzey Pürüzlülüğü Açısından Değerlendirilmesi. Gazi Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 112s, Ankara.
- Ghani, A.K., Choudhury, I.A., 2002. Study of Tool Life, Surface Roughness and Vibration in Machining Nodular Cast Iron With Ceramic Tool. . Journal of Materials Processing Technology, 127, 17-22.
- Gökkaya H., Sur G., Dilipak H., 2004. PVD ve CVD Kaplamalı Sementit Karbür Kesici Takımların İşleme Parametrelerine Bağlı Olarak Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi. Teknoloji Dergisi, 7 (3), 473-478.

- Gökkaya H. , Sur G., Dilipak H., 2006. Kaplamasız Sementit Karbür Kesici Takım ve Kesme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlüğüne Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi. Pamukkale Ü. Mühendislik Fak. Mühendislik Bilimleri Dergisi, 12 (1), 59-64.
- Groover, M.P., 2007. Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes and Systems, John Wiley & Sons, 1022p. Hoboken.
- Güllü, A., 1995. Silindirik Taşlamada İstenen Yüzey Pürüzlülüğünü Elde Etmek İçin Taşlama Parametrelerinin Bilgisayar Yardımıyla Optimizasyonu. Gazi Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 152s, Ankara.
- Güllü, A., Özdemir, A., 2003. Prizmatik Parçaların Frezelenmesinde Kesme Parametreleri ile Yüzey Pürüzlüğü Arasındaki İlişkilerin Deneysel Olarak Bulunması. Gazi Ü. Fen Bilimleri Dergisi, 16 (1), 127-134.
- Hüseyinoğlu, M., 2008. 7075 Alüminyum Alaşımının Freze ile İşlenmesinde Minimum Soğutma Sıvısı Kullanmanın Performans Karakteristiklerine Etkisi. Fırat Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 48s, Elazığ.
- Işık, Y., Çakır, M.C., 2001. Hız Çeliği Takımlar İçin Kesme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlüğüne Etkilerinin Deneysel Olarak İncelenmesi. Teknoloji Dergisi, 1 (2), 111-118.
- Kırıcı, M., 1998. CNC Frezeleme İşlemleri için Kesme Parametrelerinin Optimizasyonu. Süleyman Demirel Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 57s, Isparta.
- Kopac, J., Bahor, M., 1999. Interection of the Technological History of A Workpiece Material and the Machining Parameters on the Desired Quality of the Surface Roughness of A Product. Journal of Materials Processing Technology, 92, 381-387.
- Korkut, I., Kasap, M., Ciftçi, I., Seker, U., 2004. Determination of Optimum Cutting Parameters During Machining of AISI 304 Austenitic Stainless Steel. Materials and Design, 25, 303-305.
- Korkut, I., Donertas, M.A., 2007. The Influence of Feed Rate and Speed on the Cutting Forces, Surface Roughness and Tool-Chip Contact Length During Face Milling. Materials and Design, 28, 308-312.
- Lahres, M., Hummel, P.M., Doerfel, O., 1997. Applicability of Different in Dry Milling Aluminium Alloys. Surface and Coattind Technology, 91, 116-121.
- Lamikiz, A., Lacalle, L.N., Sanchez, J.A., Cabanes, I., 2001. Cutting Conditions and Tool Optimization in The High-Speed of Aluminium Alloys. Engineering Manufacture, 215 (9), 1257-1269.

- Nalbant, M., Altın, A., Gökkaya, H., 2007. The Effect of Coating Material and Geometry of Cutting Tool and Cutting Speed on Machinability Properties of Inconel 718 Super Alloys. *Materials and Design*, 28, 1719-1724.
- Neşel, S., 2006. Tornalamada Takım Geometrisi ve Tırlama Titreşimlerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkileri. Selçuk Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 148s, Konya.
- Nouari, M., List, G., Girot, F., Gehin, D., 2005. Effect of Machining Parameters and Coating on Wear Mechanisms in Dry Drilling of Aluminium Alloys. *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 45, 1436-1442.
- Ozçelik, B., Bayramoglu, M., 2006. The Statistical Modeling of Surface Roughness in High-Speed Flat end Milling. *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 46, 1395-1402.
- Özdemir, Ö., İpek, M., Zeytin, S., 2000. Kesici Takım Malzemeleri. *Mühendis ve Makine Dergisi*, 487, 11-20.
- Reddy, N. S. K., Rao P. V., 2005. Selection of Optimum Tool geometry and Cutting Conditions Using A Surface Roughness Prediction Model For end Milling. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 26, 1202-1210
- Reis, D.D., Abrao, A.M., 2005. The Machining of Aluminium Alloy 6351. *Engineering Manufacture*, 219 (1), 27-33.
- Rivero, A., Aramendi, G., Herranz, S., Lopez de Lacella, L.N., 2006. An Experimental Investigation of the Effect of Coatings and Cutting Parameters on the dry Drilling Performance of Aluminum Alloys. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 28 (1), 1-11.
- Sağlam, H., 2001. Frezelemede Kesme Parametreleri ile Kesme Kuvvetlerinin Değişimi ve Bunların Takım Aşınması ve Yüzey Pürüzlülüğü Üzerindeki Etkilerinin Deneysel İncelenmesi. *Selçuk-Teknik Online Dergisi*, 1 (3), 1-13.
- Sai, W. B., Salah, N.B., Lebrun, J.L., 2001. Influence of Machining By Finishing Milling on Surface Characteristics. *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 41, 443-450.
- Shaw, M.C., 2005. *Metal Cutting Principles*. Oxford University Press, 19, 651p. New York.
- Su, Ş., 1988. 2XXX Grubu Alaşımlarda Katı Eriyiğe Alma Sıcaklık ve Süresinin Yaşlanma Sonrası Özelliklere Etkileri. Selçuk Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 83s, Konya.
- Smith, W.S., 2001. Çeviri: Mehmet Erdoğan. *Mühendislik Alaşımlarının Yapı ve*

- Özellikleri. Cilt:2, Nobel Yayın Dağıtım, 318, 602s. Ankara.
- Şahin, Y., 2000. Talaş Kaldırma Prensipleri 1. Nobel Yayın Dağıtım, 196, 562s. Ankara.
- Şahin, Y., 2001. Talaş Kaldırma Prensipleri 2. Nobel Yayın Dağıtım, 240, 490s. Ankara.
- Şan, S., 2007. Mikroalaşımli Çeliklerin İşlenebilirliğinin Takım Ömrü ve Yüzey Pürüzlülüğü Açısından Değerlendirilmesi. Gazi Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 133s, Ankara.
- Trent, E.M., 1984. Metal Cutting, Second Edition. Butterworths, 10, 245p. London.
- Turbaloğlu, K., 2008. 6063 Alüminyum Alaşımının Düşey Sürekli Döküm Yönteminde Üretim Parametrelerinin Geliştirilmesi. Karabük Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 131s, Karabük.
- Yılmaz, B., 2002. Alüminyum Alaşımalarında Faz Yapılarının Mekanik Özelliklere Etkisi. Süleyman Demirel Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 101s, Isparta.
- Yousefi, R., Ichida, Y., 2000. A Study on Ultra-High-Speed Cutting of Aluminium Alloy: Formation of Welled Metal on the Secondary Cutting Edge of the Tool and Its Effects on the Quality of Finished Surface. Journal of the International Societies for Precision Engineering and Nanotechnology, 24, 371-376.
- Yuan, Z.J., Zhou, M., Dong, S., 1996. Effect of Diamond Tool Sharpness on Minimum Cutting Thickness and Cutting Surface Integrity in Ultraprecision. Journal of Materials Processing Technology, 62 (4), 327-330.

ÖZGEÇMİŞ



Adı Soyadı: Ekrem YILMAZ

Doğum yeri ve Yılı: Korkuteli, 1974

Medeni Hali: Evli

Yabancı Dili: İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Korkuteli Endüstri Meslek Lisesi, 1991

Lisans : Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, 1996

Yüksek Lisans : Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2010

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl:

Milli Eğitim Bakanlığı (Öğretmen), 1996-...