

**PİSTON KANALLARININ İŞLENMESİNDE YÜZEY
KALİTESİNİN İNCELENMESİ**

**2011
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ**

Adem ÖZYILMAZ

**PİSTON KANALLARININ İŞLENMESİNDE YÜZEY KALİTESİNİN
İNCELENMESİ**

Adem ÖZYILMAZ

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Eğitimi Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

KARABÜK

Mayıs 2011

Adem ÖZYILMAZ tarafından hazırlanan “PİSTON KANALLARININ İŞLENMESİNDE YÜZEY KALİTESİNİN İNCELENMESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. İbrahim ÇİFTÇİ
Tez Danışmanı, Makine Eğitimi Anabilim Dalı



Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 02/05/2011

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Doç. Dr. Halil DEMİR (KBÜ)



Üye : Doç. Dr. İbrahim ÇİFTÇİ (KBÜ)




Üye : Yrd. Doç. Dr. Melik ÇETİN (KBÜ)



.../.../2011

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Doç. Dr. Nizamettin KAHRAMAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Adem ÖZYILMAZ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

PİSTON KANALLARININ İŞLENMESİNDE YÜZEY KALİTESİNİN İNCELENMESİ

Adem ÖZYILMAZ

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Eğitim Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. İbrahim ÇİFTÇİ

Mayıs 2011, 59 Sayfa

Bu çalışmada, farklı ısı işlemlere tabi tutulmuş Etial 145 alüminyum-silisyum alaşımı piston malzemeleri üzerine tornalama yöntemiyle kanallar açılmıştır. Kanal açma işlemleri farklı kesme hızlarında sementit karbür kanal açma takımları kullanılarak yapılmıştır. Öncelikli olarak külçe halinde temin edilen Etial 145 alaşımı malzemeler bir pota içerisinde ergitilerek silindirik kokil kalıba dökülmüştür. Silindirik haldeki bu malzemeler homojenleştirme ısı işlemine müteakip 500 °C'de 6 saat süreyle çözeltiye alma ısı işlemine tabi tutulmuştur. Çözelti ısı işlemine maruz kalmış malzemeler 150, 165, 180 ve 195 °C sıcaklıklarda 8 saat süreyle yaşlandırılmıştır. Isıl işlemlerin malzemelerin sertlikleri, çekme dayanımları ve işleme sonrası oluşan yüzeylerin pürüzlülük değerlerine etkileri incelenmiştir. Yaşlandırma ısı işlemi ile malzemelerin sertlikleri ve çekme dayanımları önemli derecede artmıştır. Yaşlandırma ısı işlemiyle yüzey pürüzlülük değerlerinde az da olsa bir azalma görülmüştür.

Anahtar Kelimeler : Etial145, yaşlandırma, kanal açma.

Bilim Kodu : 708.3.028

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

INVESTIGATION OF SURFACE QUALITY IN MACHINING PISTON GROOVES

Adem ÖZYILMAZ

Karabük University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Machine Education

Thesis Advisor:

Assoc. Prof. Dr. İbrahim ÇİFTÇİ

May 2011, 59 pages

In this study, grooving operations through single point turning were carried out on Etial 145 aluminium-silicon piston alloys. The grooving operations were performed at various cutting speed using cemented carbide grooving tools. Initially, Etial 145 aluminium-silicon ingots were melted in a crucible and then poured into a cylindrical metal mould. These cylindrical cast materials were homogenised and then solution treated at 500 °C for 6 hours. The solution treated materials were aged at 150, 165, 180 and 195 °C for 8 hours. The influence of heat treatments on hardness, ultimate tensile strength and machined surface roughness of the materials were examined. Aging heat treatment significantly improved the hardness and ultimate tensile strength of the materials. On the other hand, surface roughness were slightly decreased with the aging heat treatment.

Key Words : Etial 145, aging, grooving.

Science Code : 708.3.028

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans tezimi hazırlama aşamasındaki bütün çalışmalarında her türlü yardım ve desteğini esirgemeyen Doç. Dr. İbrahim ÇİFTÇİ ve ayrıca Yrd. Doç. Dr. Melik ÇETİN, Doç. Dr. Dursun ÖZYÜREK, Prof. Dr. Süleyman GÜNDÜZ, Doç. Dr. Halil DEMİR, Yrd. Doç. Yrd. Doç. Dr. Halil İbrahim DEMİRCİ ve bilgi, tecrübe ve görüşleriyle yardımcı olan diğer hocalarıma ve arkadaşlarıma sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca hayatımda apayrı yeri olan kıymetli varlıklarım olan Annem'e, Babam'a, her türlü desteklerini esirgmeden hep yanımda olan hayat arkadaşım ve değerli oğullarıma ayrı ayrı teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xv
BÖLÜM 1.	1
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.	4
TALAŞLI İMALAT VE İŞLENEBİLİRLİK.....	4
2.1. TALAŞLI İMALAT	4
2.2. İŞLENEBİLİRLİK	6
2.3. TALAŞ OLUŞUMU.....	7
2.4. KESME KUVVETLERİ.....	8
2.5. TALAŞLI İMALAT İŞLEMİNDE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ.....	11
2.5.1. Yüzey Pürüzlülüğünün Önemli Olduğu Yerler.....	12
2.5.2. Yüzey Pürüzlülüğüne Etki Eden Faktörler	12
2.5.3. Yüzey Pürüzlülüğünün Oluşumu	13
2.5.5. Yüzey Pürüzlülüğü Parametreleri.....	14
2.5.5.1. Örnekleme Uzunluğu ve Örnekleme Sayısı.....	14
2.5.5.2. Ortalama Çizgisi.....	15
2.5.5.3. Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü (R_a).....	15
2.5.5.4. Genlik Dağılım Eğrisi (R_{sk}).....	16
2.6. TALAŞLI İMALATTA KANAL AÇMA İŞLEMİ.....	16

	<u>Sayfa</u>
2.6.1. Çoklu Kanal Açma	17
2.6.2. Dalma Tornalama.....	18
2.6.3. Rampa Tornalama	18
2.6.4. Kanal Açma İşleminde Talaş Kontrolü	19
2.6.5. Deliğe Kanal Açma	20
BÖLÜM 3.	21
LİTERATÜR ÇALIŞMASI	21
3.1. YAPILAN ÇALIŞMALAR	21
3.2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASININ DEĞERLENDİRİLMESİ	27
BÖLÜM 4.	32
ALÜMİNYUM.....	32
4.1. ALÜMİNYUM.....	30
4.2. ALÜMİNYUM ALAŞIMLARI	31
4.2.1. Dövme Alüminyum Alaşımları ve Sınıflandırılması	31
4.2.2. Dökme Alüminyum Alaşımları ve Sınıflandırılması	33
4.3. AL-Sİ ALAŞIMLARI	34
4.4. ALÜMİNYUMUN KULLANIM ALANLARI	36
4.5. OTOMOTİV ENDÜSTRİSİNDE ALÜMİNYUM.....	38
4.5.1. Pistonlar	39
BÖLÜM 5.	40
METERYAL VE METOD.....	40
5.1. DENEY MALZEMESİ VE ÖZELLİKLERİ.....	40
5.1.1. Deney Malzemelerinin Hazırlanması	40
5.1.1.1. Deney Malzemelerine Uygulanan Isıl İşlemler.....	41
5.1.1.2. İşleme Deneyleri.....	42
5.1.2. Sertlik Ölçümleri	44
5.1.3. Çekme Deneyi	44

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 6.	45
DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	45
6.1. SERTLİK.....	45
6.2. ÇEKME DAYANIMI.....	47
6.3. İŞLENMİŞ YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ.....	49
BÖLÜM 7.	54
SONUÇLAR.....	54
KAYNAKLAR.....	56
ÖZGEÇMİŞ.....	59

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Torna tezgahının şematik olarak gösterilmesi.....	5
Şekil 2.2. Tornalama işleminde talaş kaldırmanın şematik olarak gösterilmesi.....	5
Şekil 2.3. Gerçek talaş oluşumu.....	8
Şekil 2.4. Tornalama işleminde kesme kuvvetleri	9
Şekil 2.5. Kesme kuvvetleri ve kesme parametleri arasındaki ilişkiler	11
Şekil 2.6. İşlenmiş bir yüzeyin yüzey karakteri.....	13
Şekil 2.7. İlerleme ve takım uç yarı çapının yüzey pürüzlülüğüne etkisi	14
Şekil 2.8. Örnekleme uzunluğu ve sayısı ile ölçüm uzunluğu.....	15
Şekil 2.9. Ortalama yüzey pürüzlülüğünün grafiksel ifadesi.....	15
Şekil 2.10. Profil ve genlik dağılım eğrisi.....	16
Şekil 2.11. Çoklu kanal açma metodu.....	18
Şekil 2.12. Dalma tornalama metodu.....	18
Şekil 2.13. Rampa tornalama metodu.....	19
Şekil 2.14. Takım tutucu için maksimum efektif takım uzunluğu.....	20
Şekil 4.1. Alüminyum ve alaşımlarının ekstrüzyon ürün olarak kullanıldığı alanlar grafiği.....	37
Şekil 4.2. Alüminyum ve alaşımlarının haddelenmiş ürün olarak kullanıldığı alan grafiği.....	37
Şekil 4.3. Alüminyum ve alaşımlarının döküm olarak kullanıldığı alan grafiği	38
Şekil 5.1. Çekme deney numunesi.....	44
Şekil 6.1. Deney malzemelerinin sertlik değerleri.....	47
Şekil 6.2. Deney malzemelerinin çekme dayanımı değerleri	48
Şekil 6.3. Uygulanan ısı işleme göre yüzey pürüzlülük değişim grafiği	50
Şekil 6.4. Homojenleştirilen deney malzemesinin kesme hızına göre pürüzlülük değişim grafiği	51
Şekil 6.5. 150°C’de yaşlandırılmış deney malzemesinin kesme hızına göre pürüzlülük değişim grafiği	52

Sayfa

Şekil 6.6. 165°C’de yaşlandırılmış deney malzemesinin kesme hızına göre pürüzlülük değişim grafiği	52
Şekil 6.7. 180°C’de yaşlandırılmış deney malzemesinin kesme hızına göre pürüzlülük değişim grafiği	53
Şekil 6.8. 195°C’de yaşlandırılmış deney malzemesinin kesme hızına göre pürüzlülük değişim grafiği	53

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1. Yapılmış çalışma özetleri.....	28
Çizelge 4.1. Etial 145 alaşımli alüminyum malzemenin kimyasal bileşimi	35
Çizelge 4.2. Etial 145 alaşımli alüminyum malzemenin uluslararası standartlar karşılığı	35
Çizelge 5.1. Deney malzemesinin kimyasal bileşimi	40
Çizelge 5.2. Deney malzemeleri ve uygulanan ısıll işlemler	41
Çizelge 5.3. İşleme değerleri	43
Çizelge 6.1. Deney malzemelerinin sertlik değerleri.....	46
Çizelge 6.2. Deney malzemelerinin çekme dayanımı değerleri	48
Çizelge 6.3. Deney malzemelerinin yüzey pürüzlülük ölçüm değerleri	49

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

T	: Takım ömrü
F_c	: Esas Kesme Kuvveti
F_f	: İlerleme Kuvveti
F_r	: Radyal Kuvvet
F	: Kesme Kuvveti
a	: Talaş derinliği
V_f	: İlerleme Doğrusu
k_c	: Özgül Kesme Kuvveti
V	: Kesme Hızı
f	: İlerleme Hızı
R_a	: Yüzey Pürüzlülüğü
μm	: Mikrometre
r	: Kesici Uc Yarıçapı
ℓ	: Örnekleme Uzunluğu
L	: Açılacak Kanal Uzunluğu
D	: Delik Çapı
R_{sk}	: Genlik Dağılım Eğrisi
N/mm^2	: Gerilim Birimi
L_n	: Ölçüm uzunluğu
l_a	: Kesici uc genişliği
N	: Newton
V_c	: Talaş uzaklaşma hızı
dak	: Dakika
m	: Metre

KISALTMALAR

AISI	: American Iron and Steel Institute (Amerikan Demir ve Çelik Enstitüsü)
BSD	: Brinel sertlik değeri
Al-Si	: Alüminyum silisyum alaşımı
BUE	: Yığıntı talaş (Built-up-edge)
T6	: Alüminyum malzemelere ısı işlem yöntemi
Al-Cu	: Alüminyum bakır alaşımı
YT	: Yığıntı talaş
RSM	: Cevap yüzey metodolojisi
Wc-Co	: Tungsten karbür kobalt
LM13	: Döküm alüminyum alaşımı
LM28	: Döküm alüminyum alaşımı
MQL	: Alüminyum alaşımının en düşük miktarda sıvı
Si	: Silisyum
DLC	: Elmas benzeri Karbon
HSS	: Hava çeliği kesici takım
SEM	: Tarama elektron mikroskopu
TiC	: Titanyum karbür
TiN	: Titanyum nitrür
TiB ₂	: Titanyum diborür
Al ₂ O ₃	: Alüminyum oksit
PCD	: Kristalli elmas
Al-Mn	: Alüminyum mangan alaşımı
Al-Mg	: Alüminyum magnezyum alaşımı
Al-Si-Mg	: Alüminyum magnezyum ve silisyum alaşımı
Al-Zn	: Alüminyum Çinko alaşımı
Al-Li	: Alüminyum Lityum alaşımı
UTS	: Çekme dayanımı değerleri

CVD	:	Kimyasal buhar çökertme
HB	:	Brinel sertlik değeri
Si ₃ N ₄	:	Silisyum Nitrür
CPU	:	Merkezi işletim üniteleri
CD	:	Compact Disk
AlSi12CuNi	:	Alüminyum silisyum bakır alaşımı

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Tabiatta en çok bulunan element olan alüminyum, mühendislik yapılarında çelik malzemedan sonra en fazla kullanılan malzemedir. Alüminyum, çeliğe göre daha düşük yoğunluk sahip olması ve akma dayanımı bakımından da birçok çelik alaşımlarının üzerinde bir değere sahip olması nedeniyle tercih edilen bir malzeme haline gelmiştir (Eker, 2008). Elektrik ve ısı iletkenliği bakır malzemedan daha az olmasıyla birlikte spesifik elektrik iletkenliği (iletkenlik / yoğunluk) ve spesifik ısı iletkenliği (ısı iletkenliği / yoğunluk) değerleri bakımından daha iyi durumdadır. Bu özelliklerinden dolayı hava ve elektrik hatlarında alüminyum alaşımları kullanılmaktadır (Eker, 2008).

Korozyon oluşturacak ortamlarda alüminyum'un yüzeyi oksit tabakası ile kaplanarak, korozyona direnci artar. Bu özelliğinden dolayı pek çok korozif ortamda kullanılabilir. Alüminyumun sıcak ve soğuk şekillendirilebilme kabiliyetleri iyidir. Ekstrüzyon yöntemiyle çok karmaşık geometrik yapıya sahip saf alüminyum profiller üretilebilir. Kalınlığı birkaç mikrona ulaşılabilen folyolar üretilerek paketleme işlerinde kullanılabilir. Gıda endüstrisinde kullanılan paketleme folyoları saf alüminyumdan yapılır.

Alüminyum, elektrolitik olarak oksitlendirilerek değişik renklerde üretilebilir. Eloksal (alüminyumlara elektrokimyasal yöntemle uygulanan özel yüzey kaplama) denilen bu işlem ile hem korozyona dayanıklı, hem de değişik renklerde mimaride kullanılan profiller üretilerek pencere, kapı, vb. yapımında kullanılabilmektedir (Eker, 2008).

Alüminyuma çinko, magnezyum, silis, bakır, titanyum ve lityum gibi elementler ilave edilerek alaşım elde edilebilir. Makine elemanları uygulamalarında, yüksek

dayanım / ağırlık oranı, korozyona dayanımı ve işleme kolaylığı, alüminyumun üstün özellikleridir. Hafifliği nedeniyle, büyük ve tek parçaların üretimi mümkün olur. Sıkı toleranslarda işleme kolaylığı sayesinde, standart birimlerden büyük parçaların yapılması mümkün olur (Demir, 2008).

Alüminyum-silisyum alaşımları hafiflik, yüksek mukavemet, yüksek ısı iletkenliği ve düşük ısıl genleşme özelliklerinden dolayı genellikle otomotiv parçalarının üretiminde kullanılmaktadır. Otomotiv sektöründeki gelişmeler ve enerji sıkıntısı nedeni ile daha hafif malzeme seçimine gidilmiştir. Hafif ve istenilen mekanik özellikleri sağlayan alaşımlar tercih edilmektedir.

Alüminyuma silisyum ilavesi döküm karakteristiğini geliştirdiği gibi mekanik özellikler ve korozyon dayanımını da iyileştirir (kolay işlenebilirlik, korozyon dayanımı ve dayanım). Al-Si alaşımlarının çeşitli özelliklerinin iyileştirilmesi az miktarda bakır, magnezyum veya nikel ilavesi ile sağlanabilmektedir. İlave edilen alaşım elementlerinden silisyum iyi döküm özelliklerini sağlarken, magnezyum akma ve kopma mukavemetleri üzerinde rol oynamaktadır (Demir, 2008).

Döküm yöntemiyle üretilmiş alüminyum ve alaşımlarına homojenleştirme işlemi uygulanabilmektedir. Blok dökümü ve alüminyum alaşımlarının dökümünde, malzemenin katılaşma sıcaklığı aralığında, birbiri ardından meydana gelen kristaller, birbirinden kısmen oldukça farklı konsantrasyonlarda oluşması dolayısıyla, parçanın normal mukavemet özelliklerine sahip olabilmesi için, homojeleme tavlmasına tabi tutulması zorunludur. Bu tavlama sırasında, heterojen dağılım yapmış olan alaşım elemanları çözünerek, karma kristallerle birleşir. Bu tavlama sonunda malzemenin mekanik ve fiziksel özellikleri iyileşir ve malzemenin işlenmesi kolaylaşır (Gürleyik, 1993).

Alüminyum ve alaşımlarının her zaman aynı sertlikte olmaları istenmez. Kullanıldıkları yerlere göre sertlikte kazanmaları gerekir. Bunun için yaşlandırma (çökelti) metodu uygulanır. Bu işlem esnasında alaşım birkaç gün oda sıcaklığında (doğal yaşlandırma) veya 10 ilâ 24 saat yüksek sıcaklıklarda (yapay yaşlandırma) tutulur. Yaşlandırma süreci sırasında fazla doymuş katı eriyik ayrışır. Bu da alaşımı

kuvvetlendirir. Yaşlandırma ile dayanım ve sertlik artar. Dayanım ve sertlik artışının nedeni, yaşlandırma işlemi ile yapı içerisinde oluşturulan ikinci faz parçacıkların (çökeleklerin) dislokasyonların hareketini engellemesidir. Dayanım ve sertlik artışı bu ikinci faz parçacıkların boyutu ve dağılımına bağlıdır (Oğuz, 1990).

Talaş kaldırma yöntemleri arasında torna tezgahında en zor işlemlerden biri de kanal açma işlemidir. Kanalların genişliği verilen tolerans aralığında elde edilmesinin zorluğu yanında yüzey kalitesinin kalemin üç yüzeyine gelen yük nedeniyle istenen kalitede çıkmaması kanal açma işleminde karşılaşılan en büyük zorluklardandır.

Bu çalışmada deney malzemesi olarak ticari adı Etial 145 olan Al-Si alüminyum malzeme seçilmiştir. Deney malzemesi çeşitli sıcaklıklarda yaşlandırma işlemine tabi tutulmuştur. Yaşlandırma işleminin Etial 145 malzemesinin sertlik, çekme dayanımı ve talaş kaldırma sırasında yüzey kalitesine etkisini incelemektir.

BÖLÜM 2

TALAŞLI İMALAT VE İŞLENEBİLİRLİK

2.1. TALAŞLI İMALAT

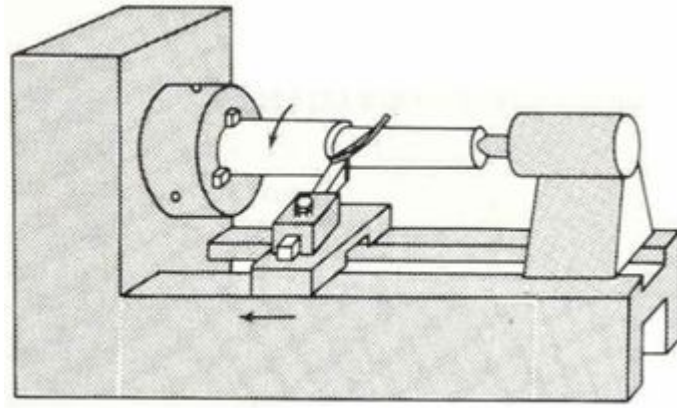
Talaşlı imalat işlemi en önemli imalat yöntemlerinden biridir. Döküm, dövme, haddeleme ve diğer şekillendirme yöntemleriyle üretilmiş mühendislik malzemelerinin kullanıma hazır hale getirilmesi için çoğunlukla talaşlı imalat işlemine maruz kalmaları gerekir. Talaşlı imalat işleminde iş parçasını istenilen geometriye getirmek için, üzerindeki fazlalıklar uygun takım tezgahı ve kesici takım kullanılarak, talaşlar şeklinde uzaklaştırılıp, istenilen boyutlar ve yüzey kalitesi sağlanır. Uzay ve havacılık, otomotiv, kalıp gibi endüstriyel alanlarda çoğu ürüne son şekli talaşlı imalat işlemleriyle verilir (Çiftçi, 2003, Yalçın, 2002).

Bir başka tanımla talaşlı imalat, elastik ve plastik şekil değiştirme temeline dayanan sürtünme, ısı oluşumu, talaş oluşumu ve iş parçası yüzeyinin sertleştirilmesi, kesici ucun aşınması ve kırılması gibi olayların meydana geldiği karmaşık fiziksel bir olaydır (Yalçın, 2002).

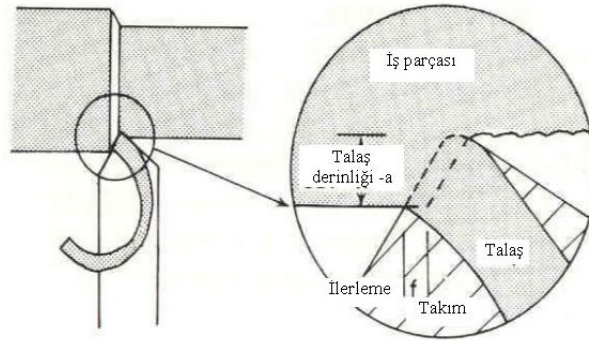
Talaşlı imalat, diğer imalat yöntemleriyle kıyaslandığında aşağıdaki nedenlerle daha da önemli hale gelmektedir:

- ✓ Polimer ve polimer esaslı kompozitler başta olmak üzere bütün katı malzemeler talaşlı imalat yöntemiyle işlenebilmektedir.
- ✓ Bütün katı malzemeler üzerinde basit olan düz ve dairesel geometriler oluşturulabildiği gibi, birkaç talaşlı imalatı sırasıyla uygulayarak hemen hemen bütün karmaşık geometriler oluşturulmaktadır.
- ✓ Diğer imalat yöntemlerine göre talaşlı imalatta istenilen ölçülere en yakın toleranslar ve daha iyi yüzey kaliteleri elde edilmektedir (Uzun, 2008).

Talaşlı imalat işlemleri torna, freze, planya vargel gibi çeşitli takım tezgahları kullanılarak gerçekleştirilir. Tornalama işlemi, talaşlı imalat ile ilgili yapılan deneysel çalışmalarda en çok kullanılan talaşlı imalat yöntemidir. Yaygın olarak kullanılan bu talaşlı imalat işlemi çoğunlukla dairesel iş parçalarının şekillendirilmesinde kullanılmaktadır. Tornalama işleminde iş parçası uygun bir bağlama elmanı ile bağlanır ve kendi eksen etrafında dönmesi sağlanır. Bir tutucu üzerine bağlanan kesici, rijit olan iş parçası ekseninde ilerletilerek ve iş parçasından katman kaldırılarak, dairesel veya daha karmaşık profil yüzeyleri oluşturulur. Şekil 2.1’de bir torna tezgahı ve Şekil 2.2’de de tornalama işleminde talaş kaldırma şematik olarak gösterilmektedir.



Şekil 2.1. Torna tezgahının şematik olarak gösterilmesi (Trent, 1989).



Şekil 2.2. Tornalama işleminde talaş kaldırmanın şematik olarak gösterilmesi (Trent, 1989).

2.2. İŞLENEBİLİRLİK

İşlenebilirlik, uygun kesici takım ve kesme parametreleri kullanılarak bir malzemeyi (çoğunlukla metal) talaşlı imalat yöntemleriyle şekillendirebilmenin nispi kolaylığı veya zorluğudur. İşlenebilirlik, çoğunlukla malzemenin özgül bir özelliği olarak algılansa da, işlenebilirlik sadece işlenen malzemeye bağlı olmayıp aynı zamanda işleme yöntemi ve işleme parametrelerine de bağlıdır.

İşlenebilirliği değerlendirmek için çeşitli kriterler kullanılır. Bunlardan en yaygın olanları:

- ✓ Takım ömrü,
- ✓ Kesme kuvvetleri ve harcanan enerji veya güç,
- ✓ İşlenen yüzey kalitesidir.

İyi işlenebilirlik, bir malzemenin işlenmesinde iyi yüzey kalitesi, uzun takım ömrü ve düşük kuvvet ve güç gereksinimi demektir. Malzemelerin işlenebilirliklerini etkileyen malzeme özellikleri sertlik, süneklik, ısı iletkenlik, deformasyon sertleşmesi, malzeme içindeki inklüzyonlar ve malzemenin kimyasal bileşimidir. Örnek olarak, sertlik arttıkça kesici takımda abrasif aşınma artar ve dolayısıyla takım ömrü kısalır. Düşük sertlik ve dayanım genelde iyi işlenebilirlik anlamına gelmekle birlikte sertliği az olan çok sünek malzemelerde yığıntı talaş (built-up-edge - BUE) oluşumu gerçekleştiği için yüzey kalitesi kötüleşir ve takım ömrü kısalır. Çok düşük sertlik talaşlı imalat işleminin performansını kötü yönde etkileyebilir. Örnek olarak, nispeten düşük sertliğe sahip düşük karbonlu çeliğin işlenmesinde kötü yüzey kalitesi oluşur ve talaş uzaklaştırılması ile ilgili problemlerle karşılaşılır. Bu nedenle, düşük karbonlu çeliklerde yüzey sertliğini artırmak ve talaş kırılmasını sağlamak için çoğunlukla soğuk çekme işlemi uygulanır. 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 artıracığı için, artan dayanımla metal kesme işlemi zorlaşır. Bununla birlikte, yüksek ısı iletkenlik kesme bölgesinden oluşan ısının hızlı

olarak uzaklaştırılması demektir. Bu nedenle, yüksek ısıl iletkenlik işlenebilirlik yönünden genelde faydalıdır.

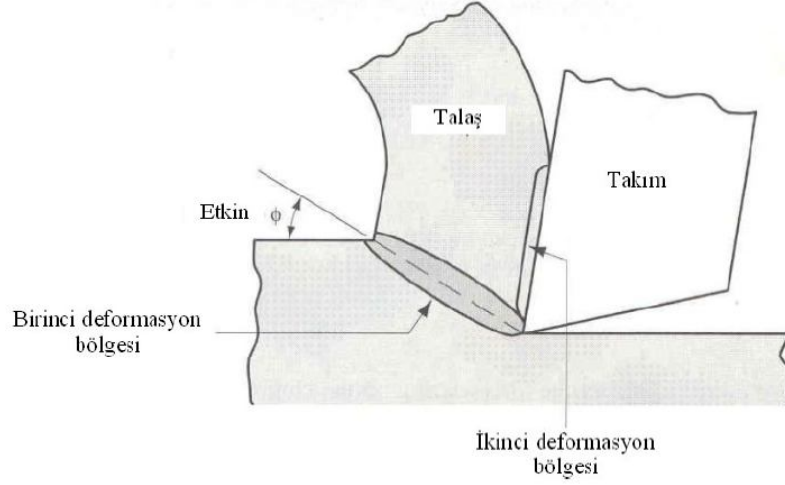
Ayrıca, bir malzemenin kimyasal bileşimi, maruz kaldığı ısıl işlem ve içerisindeki inklüzyonlar işlenebilirlik özelliğini önemli ölçüde etkiler ve bazı durumlarda kimyasal bileşim takım üzerinde etkin olan aşınma mekanizmalarını da belirler (Çiftçi, 2007).

İşlenebilirlik derecelendirmeleri $T = 60$ dakikalık takım ömrüne göre değerlendirilir. İşlenebilirlik derecelendirmelerinde standard malzeme AISI 1112 çeliğidir. Bu malzemenin işlenebilirliği 100 olarak kabul edilir. Bu çeliğin belirli bir kesici takımla işlenmesinde 60 dakikalık bir takım ömrü için kesme hızı 100 ft/min olmalıdır. Yüksek hızlar takım ömrünü düşürür ve düşük hızlar da artırır. Örneğin, 3140 çeliğinin işlenmesi 1112'ye göre zordur. Bu nedenle de 3140 malzemesinin işlenebilirliği 55'dir. Bunun anlamı 3140 çeliği 55 ft/min kesme hızında işlendiğinde takım ömrü 60 dakikadır. Benzer şekilde nikelin işlenebilirliği 200, 2011 dövme alüminyumun işlenebilirliği 200, perlitik gri demirinki 70, inkonelinki 30'dur (Groover, 1996).

2.3.TALAŞ OLUŞUMU

Tornalama, frezeleme, delme veya vida açma gibi talaşlı imalat işlemlerinde iş parçası yüzeyinden talaşlar şeklinde malzeme kaldırılır. Talaşlı imalat işlemleri farklılık gösterse de (tornalama, frezeleme vb.) talaş oluşum mekanizması temelde aynıdır. Esas olarak, talaş, bölgesel bir kayma işlemi ile çok dar bir bölgede gerçekleşir (birinci deformasyon bölgesi, Şekil 2.3). Kesici takımın iş parçası ile temasa geçmesiyle öncelikle iş parçasında elastik (geçici) deformasyon oluşur. Devam eden kesme süreci ile daha sonra iş parçasının akma dayanımı geçilir ve iş parçası malzemesi plastik (kalıcı) olarak deformasyona uğrar (kalıcı olarak şekil değiştirir). Kesici takım ve iş parçasının nispi hareketi ile plastik şekil değiştirmenin devam etmesi esnasında tavlanmış iş parçası malzemesinde yüksek dislokasyon birikmesi oluşur. Yüksek dislokasyon birikmesi de iş parçasında deformasyon sertleşmesine neden olur. Deformasyon sertleşmesi bir doyum noktasına ulaştığında

iş parçası kaymaya maruz kalır ve deformasyona uğrayan bölge kesici takım talaş yüzeyinden koparılarak talaşlar şeklinde atılır (Çiftçi, 2007).



Şekil 2.3. Gerçek talaş oluşumu (Çiftçi, 2007).

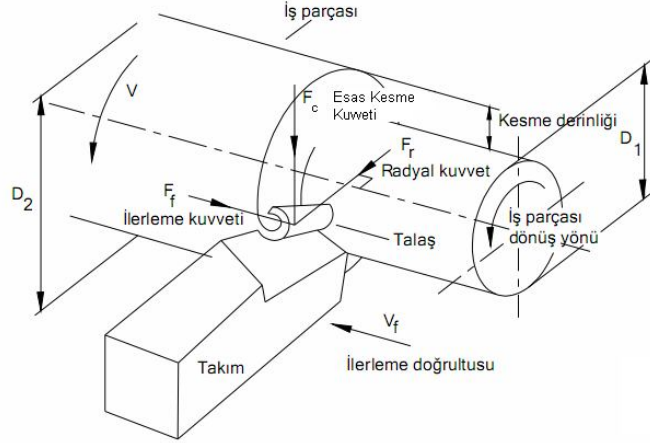
Talaşlı imalat işlemi esnasında birinci deformasyon bölgesinden ayrılan talaş kesici takım-talaş yüzeyinden geçerek kesme bölgesinden atılır. Talaşın bu bölgeden geçerken kesici takımla etkileşimi ve davranışı talaşlı imalat performansını önemli ölçüde etkiler. Çoğu analizlerde bu bölgede kesici takım ve talaş arasında klasik sürtünme olduğu kabul edilmiştir. Fakat bu yaklaşımın genellikle uygun olmadığı görülmüştür. Kesici takım, talaş ve ani durdurma ile elde edilen numuneler üzerinde yapılan metalurjik incelemelerde, bu bölgede çoğunlukla klasik sürtünmenin olmadığı ve yapışma olduğu sonucuna varılmıştır (Çiftçi,2003).

Bu bölgede yüksek basınç ve sıcaklıktan dolayı iki yüzey birleşerek metalin kayma hareketini durdurur, fakat takım-talaş arasındaki hareket devam ettiğinden dolayı arayüzeyde akma bölgesi oluşur. Hareketin şekli çoğunlukla kesilen iş parçası malzemesinin özelliğine ve kesme parametrelerine bağlıdır. Bu bölge “akma bölgesi” veya “ikinci deformasyon bölgesi” olarak adlandırılır, Şekil 2.3.

2.4. KESME KUVVETLERİ

Talaşlı imalat işlemlerinin amacı daha az güç ve daha düşük maliyetle yüksek hız ve ilerleme ile sonuçta istenilen tamlıkta iyi bir yüzey elde etmektir (Gavas, 1995).

Kesme işlemi esnasında oluşan kesme kuvvetler; ısı oluşumu, takım ömrü, işlenen yüzeyin kalitesi ve iş parçasının boyutları üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Kesme kuvvetleri aynı zamanda takım tezgahlarının, kesici takımların ve gerekli bağlama kalıplarının tasarımında da kullanılır (Uzun, 2008). Şekil 2.4'te tornalama işlemi esnasında oluşan kuvvetler gösterilmektedir.



Şekil 2.4. Tormalama işleminde kesme kuvvetleri (Neşeli, 2006).

Burada kesme kuvvetinin üç bileşeni mevcuttur.

- ✓ Esas kesme kuvveti (F_c) ; Kesme hızı yönünde etki eder. En büyük kuvvet olup metal kesme işleminde harcanan gücün genelde % 99'una karşılık gelir.
- ✓ İlerleme kuvveti (F_f) ; Kesici takımın ilerlemesi yönünde etkiyen kuvettir. Kesme kuvvetinin ekseriyetle yaklaşık % 50'si kadardır fakat ilerleme hızının kesme kuvvetiyle karşılaştırıldığında çok küçük olduğu için metal kesme işlemindeki gerekli gücün çok az bir kısmına karşılık gelir.
- ✓ Radyal kuvvet (F_r) ; İşlenen yüzeye dik etkiyen kuvettir. Bu kuvvet de ilerleme kuvvetinin yaklaşık % 50'si kadardır (Çiftçi, 2003).

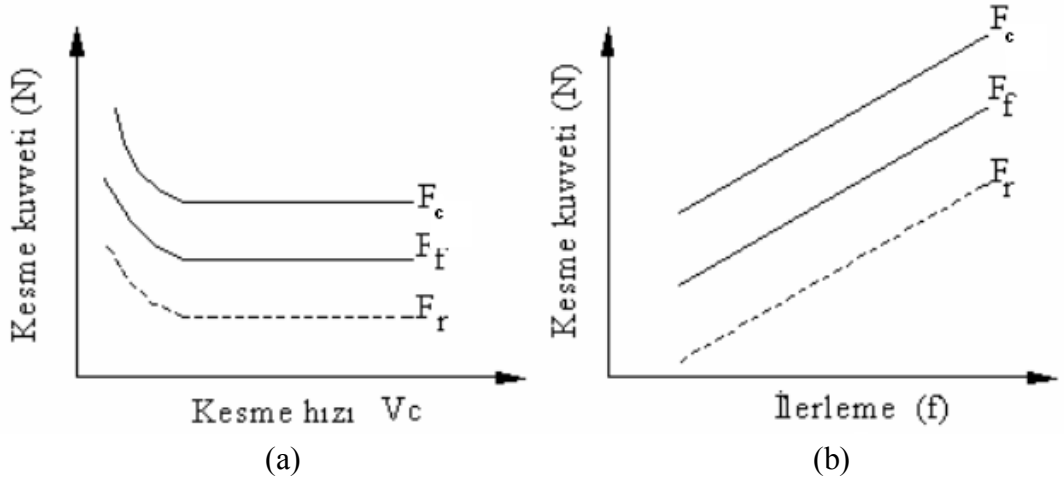
Bileşke kuvvet bu üç kuvvetin vektörel olarak toplanması ile elde edilir ve aşağıdaki eşitlikle hesaplanır:

$$F = \sqrt{F_c^2 + F_f^2 + F_r^2} \quad (2.1)$$

Kesme kuvvetleri teorik olarak hesaplanabildikleri gibi bir dinamometre yardımıyla da ölçülebilirler. Bu kuvvetler genellikle talaş kaldırma ve talaş kırma kuvvetleridir. İşlem esnasında ortaya çıkan çok büyük basınç ve sürtünme, çeşitli yönlerden kesici uç üzerine etkiyen kuvvetlerin ortaya çıkmasına neden olur. Kesici kenar üzerine kesme işlemi boyunca uygulanan gerilme, esas itibarıyla basma gerilmesidir ancak, genellikle bir miktar kayma gerilmesi de söz konusudur. Talaş yüzeyi üzerindeki en büyük basma gerilmesi kesme kenarı üzerindedir. Talaş ile kesici takım talaş yüzeyi arasındaki temas alanı kesme kuvvetlerini etkiler ve bu durum geometri optimizasyonunun en önemli nedenlerinden biridir. Geometri optimizasyonu talaş oluşumunun kontrolü, kesme kuvvetleri ve kesici kenarın mukavemeti açısından son derece gereklidir. Temas alanı ve kesici geometrisi iş malzemesine ve işleme parametrelerine göre farklılık gösterdiğinden, iş parçası malzemesinin ve kesme parametrelerinin de kesme kuvvetleri üzerinde etkisi vardır (Neşeli,2006).

Esas kesme kuvvetinin (F_c) büyüklüğü torku, dolayısıyla talaş kaldırmak için gerekli gücü etkiler. Prensip olarak teğetsel kuvvet ile kesme hızının çarpımı talaş kaldırmak için gerekli gücü verir. Özgül kesme kuvveti (k_c) iş parçası malzemesinin kayma akma mukavemetine ve kayma düzleminin alanına bağlıdır. Kayma düzleminin alanı değiştiğinde bu alana bağlı olarak kuvvet de değişir.

Kesme kuvvetleri iş parçası malzemesi, kesici takım geometrisi, kesme parametreleri (kesme hızı, ilerleme hızı ve talaş derinliği), kesme sıvısı ve kesici takım malzemesinden etkilenir. Kesme kuvvetinin her üç bileşeni de talaş kesitinin (talaş derinliği x ilerleme) artması ile artar, ancak en büyük artışı teğetsel kuvvet gösterir. Kaba tornalama işlemlerinde kesme kuvveti bileşenleri arasında yaklaşık olarak $F_c : F_r : F_f = 4 : 2 : 1$ ilişkisi vardır (Neşeli, 2006). Şekil 2.5'te kesme kuvvetleri ile işleme parametreleri arasındaki ilişki gösterilmektedir.



Şekil 2.5. Kesme kuvvetleri ve kesme parametreleri arasındaki ilişkiler a) Kesme hızı ve kesme kuvveti arasındaki ilişkisi b) İlerleme miktarı ve kesme kuvvetleri ilişkisi (Neşeli, 2006).

2.5. TALAŞLI İMALAT İŞLEMİNDE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ

Talaş kaldırarak şekillendirme işlemlerinde; seçilen yönteme, kesici cinsine ve işleme şartlarına bağlı olarak fiziksel, kimyasal, ısıl faktörlerin ve kesici takım ve iş parçası arasındaki mekanik hareketlerin etkisi ile işlenen yüzeylerde genellikle istenmediği halde işleme izleri oluşmaktadır. Anma (nominal) yüzey çizgisinin altında ve üstünde düzensiz sapsmalar meydana getiren bu duruma yüzey pürüzlülüğü denmektedir (Atakök, 2009).

Talaşlı imalatta üretilen parçalar gözle incelendiği zaman yüzey her ne kadar düz gibi görünse de gerçekte parça yüzeyindeki gerçek sürtünme alanı parça alanından daha az olmaktadır. Ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_a) gereksinimi yaklaşık olarak $1,6 \mu\text{m}$ 'yi geçtiği durumlarda çoğu zaman imalatçılar yüzey pürüzlülüğü ölçmekten çok görsel kontrolü seçerler. Yüzey pürüzlülüğünün çok önemli olduğu durumlarda yüzey pürüzlülüğü kalite kontrolü gerekir. Bunun için uluslararası yüzey pürüzlülük standartları belirlenmiştir. Ülkemizde TS 2040 nolu yayınla yüzey kalitelerini bir standarda bağlanmıştır. Daha sonra bunu TS 2495, TS 971, TS 2578, TS 6956 ve TS 930 standartları izlemiştir (Uzun, 2008, Özses, 2002).

2.5.1. Yüzey Pürüzlülüğünün Önemli Olduğu Yerler

Çeşitli yöntemlerle üretilmiş mekanik bileşenlerde oluşan yüzeyler bu bileşenlerin kullanım yerlerindeki performansını etkiler. Tüm bileşenlerde yüzey pürüzlülüğü önemlidir. Ancak, yüzey pürüzlülüğünün ön plana çıktığı mekanik bileşenlere aşağıdakiler örnek olarak verilebilir:

- ✓ Kaymalı ve yuvarlanmalı yataklar,
- ✓ Korozif ortamda çalışan elemanlar,
- ✓ Gıda sanayinde kullanılan elemanlar,
- ✓ Sızdırmazlık elemanları,
- ✓ Boyanmış ve kaplanmış yüzeyler,
- ✓ Masterlar,
- ✓ Boyanmış ve kaplanmış yüzeyler (Özses, 2002, Uzun, 2008).

2.5.2. Yüzey Pürüzlülüğüne Etki Eden Faktörler

Talaşlı imalat işlemleriyle elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri çeşitli faktörlerden etkilenir. Bu faktörler aşağıda maddeler halinde verilmiştir:

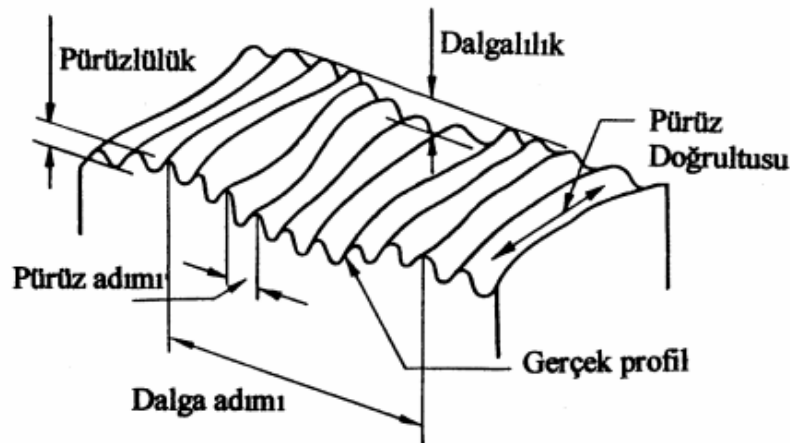
- ✓ İşleme parametreleri (kesme hızı, ilerleme hızı ve talaş derinliği),
- ✓ İş parçası malzemesinin özellikleri (süneklik ve kırılgenlik),
- ✓ Kesici takım geometrisi,
- ✓ Tezgahın ilerleme mekanizmasındaki düzensizlikler,
- ✓ İşlenen malzemenin yapısındaki bozukluklar (Atakök, 2009, Uzun, 2008).

Bütün talaş kaldırma işlemlerinde temel amaç iş parçasında istenilen geometri ve istenilen bir bitirme yüzeyi oluşturmaktır. Talaş kaldırma işlemlerinde; istenilen geometri ve yüzey pürüzlülüğü olmak üzere iki önemli kalite özelliği üzerinde durulmaktadır. Talaş kaldırma işlemlerinde oluşan yüzey pürüzlülük değerini etkileyen faktörler ve bunların her birinin yüzey pürüzlülüğüne katkıları oldukça karmaşıktır. Bu karmaşık yapıya rağmen, kısmen yüzey pürüzlülüğünün kontrolü, öncelikli olarak üç önemli talaş kaldırma değişkeni olan kesme hızı, ilerleme ve talaş derinliği için uygun değerler seçilerek sağlanabilir. Genel olarak, talaş derinliği ve ilerleme miktarının artmasıyla birlikte yüzey pürüzlülüğü miktarı artarken, buna zıt

olarak kesme hızının artmasıyla birlikte yüzey pürüzlülük değerleri azalmaktadır (Neşeli, 2006).

2.5.3. Yüzey Pürüzlülüğünün Oluşumu

İmalat teknolojilerindeki gelişmelere paralel olarak sadece boyutsal tamlığın ölçülmesi yeterli olmayıp, birbiri ile ilişkili, hatta ilişkili olmayan yüzeylerin pürüzlülüklerinin ve durumlarının da ölçülmesine ihtiyaç duyulmuştur. Bir parça yüzeyin pürüzlülük değeri bu parçanın yorulma ömrü ve aşınma direncini etkiler. İşlenen yüzeylerde dalgalılık ve pürüzlülük olmak üzere iki tip yüzey sapması meydana gelir, Şekil 2.6. Dalgalılık yüzeyin geometrik şeklini karakterize ederken, pürüzlülük yüzey kalitesini tayin eder. Yüzey pürüzlülüğü standartlara göre yüzeye dik olan bir kesitte, belirli bir numune uzunluğu boyunca, belirli bir referans profiline ve profil ortalama çizgisine göre tayin edilir. Referans profil olarak genellikle geometrik profil alınır. Profil ortalama çizgisinin yeri, bu çizginin üstünde ve altında kalan alanların toplamı birbirine eşit olacak şekilde belirlenir. Düz bir yüzey denildiğinde dalgasız, pürüzsüz denildiğinde dalgalı, fakat gözle bakıldığında veya tırnakla kontrol edildiğinde, pürüzlülükleri fark edilemeyen yüzeyler anlatılmak istenir. Doğrultu, yüzey pürüzlerinin referans alınan bir alın yüzeyine göre durumunu belirler. Yüzey geometrileri, işleme metoduna bağlı olarak değişir (Neşeli, 2006).

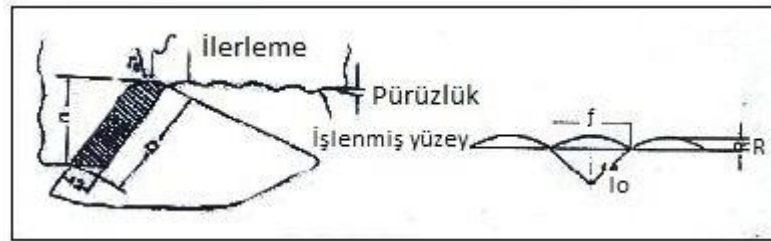


Şekil 2.6. İşlenmiş bir yüzeyin yüzey karakteri (Neşeli, 2006).

Uygulamada, genellikle ideal pürüzlülük şartlarına ulaşmak mümkün değildir. Normalde gerçek pürüzlülükte en etkili pürüzlülük tipi doğal yüzey pürüzlülüğüdür. Doğal yüzey pürüzlülüğüne sebep olan en önemli faktörlerden biri yığıntı talaş oluşumudur. İdeal yüzey pürüzlülüğü, geometrik hesaplamalarla elde edilen ve aşağıda verilen eşitlikle elde edilir (Shaw, 1989).

$$R_a = 0,064 \times f^2 / 8r \quad (2.2)$$

Şekil 2.7’de ilerleme ve kesici takım uç yarıçapının teorik yüzey pürüzlülüğüne etkisi gösterilmektedir. Yığıntı talaş devamlı olarak birikir, dağılır ve dağılan sert parçalar iş parçasına sürtünür. Talaş takım sürtünmesini azaltan ve yığıntı talaş oluşumunu azaltan takım geometrisi ve kesme parametreleri daha düzgün yüzey oluşmasını sağlar. Genelde yüzey pürüzlüğü değerleri olarak taşlama işlemi için 0,05-1,6 μm , finiş tornalama için 0,1 den 1,0 μm , frezeleme ve kaba tornalama için ise 1,6 μm ’den daha yüksek olan R_a değerleri kabul edilebilir (Özses, 2002, Uzun, 2008).



Şekil 2.7. İlerleme ve takım uç yarı çapının yüzey pürüzlülüğüne etkisi (Uzun, 2008).

2.5.5. Yüzey Pürüzlülüğü Parametreleri

2.5.5.1. Örnekleme Uzunluğu Ve Örnekleme Sayısı

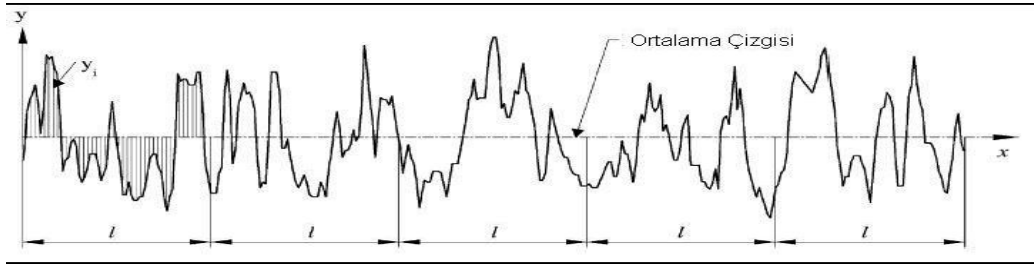
Şekil 2.8’de ℓ ile ifade edilen örnekleme uzunluğu kesicinin ilerlemesini temsil edecek büyüklükte seçilmelidir. Profil üzerinde değerlendirilen bütün örnekleme uzunluklarının bir araya gelmesi ile ℓ_n ile ifade edilen ölçüm uzunluğu oluşur. ℓ_n uzunluğu $n \geq 5$ olmak üzere, örnekleme uzunluğu (ℓ) ile çarpılarak elde edilir ($\ell_n = \ell \times n$) (Uzun, 2008).



Şekil 2.8. Örneklem uzunluğu ve sayısı ile ölçüm uzunluğu (Uzun, 2008).

2.5.5.2. Ortalama Çizgisi

Ölçme uzunluğu içinde profilin üstte ve altta kalan alanlarının eşit olduğu yerden geçen doğrudur. Şekil 2.9'de tipik yüzey pürüzlülüğü üzerinde ortalama çizgisi gösterilmiştir (Özses 2002, Uzun, 2008).



Şekil 2.9. Ortalama yüzey pürüzlülüğünün grafiksel ifadesi (Özses, 2002, Uzun, 2008).

2.5.5.3. Ortalama Yüzey Pürüzlüğü (Ra)

Şekil 2.9'de gösterildiği gibi ortalama çizgisinin altında ve üstünde oluşan mutlak yükseklik değerlerinin aritmetik ortalama değeridir. Kalite kontrolünde dünya çapında kabul görmüş bir yüzey pürüzlülük parametresidir. Bu parametrenin tanımlaması ve ölçmesi kolaydır.

Yükseklik dağılımları hakkında genel bir tanımlama getirdiği için dalga boyu ve profildeki hassas değişimler hakkında yeterli bir bilgi vermez. Matematiksel tanımlaması aşağıdaki şekilde ifade edilebilir (Uzun, 2008).

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx \quad (2.3)$$

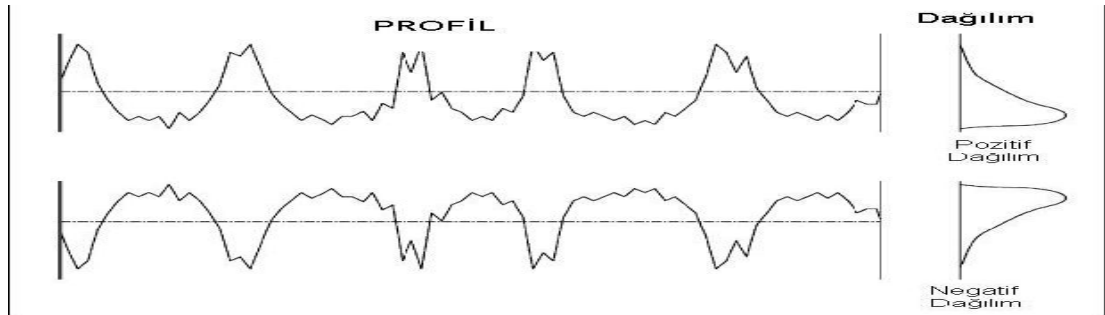
$$R_a = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^n |y_i| \quad (2.4)$$

2.5.5.4. Genlik Dağılım Eğrisi (R_{sk}):

Şekil 2.10'de gösterildiği gibi bu parametre profil genlik yoğunluğunun ortalama çizgiye göre simetrisini belirten dağılım eğrisidir. Aynı R_a ve R_q değerine sahip profilleri ayırt etmeye yarayan bir değişkendir. Matematiksel ifadesi aşağıdaki gibidir (Uzun,2008).

$$R_{sk} = \frac{1}{R_q^3} \int_{-\infty}^{\infty} y^3 p(y) dy \quad (2.5)$$

$$R_{sk} = \frac{1}{NR_q^3} \left(\sum_{i=1}^N Y_i^3 \right) \quad (2.6)$$



Şekil 2.10. Profil ve genlik dağılım eğrisi (Uzun, 2008).

2.6. TALAŞLI İMALATTA KANAL AÇMA İŞLEMİ

Kanal açma işlemleri, özellikle de derin kanal açma işlemleri, kesme işlemleriyle pek çok benzerlik gösterir. Pek çok durumda hem kesme hem de kanal açma

işlemleri için aynı takım tutucu sistemleri kullanılsa da, kesici uç geometrileri uygun performans ve sonuçlar sağlayacak şekilde özel olarak tasarlanmıştır. Farklı kanal tipleri mevcuttur: sığ kanallar, derin kanallar, geniş kanallar, dış çap kanalları, delik kanalları ve alın kanalları (Dursun, 2009).

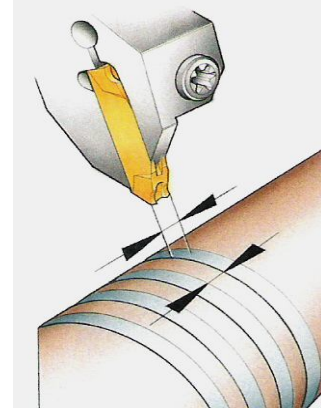
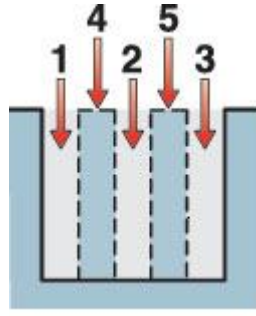
Tek kanal için, ölçü ve sınırlara göre bir kesici uç uygulanırken, daha geniş kanallar farklı şekillerde işlenebilir. Düşük ve yüksek ilerleme uygulamaları için tasarlanan özel kesici uç geometrileri, çok özel faydalar sağlayarak kanal açma işlemlerinde en iyi sonuçlar alınmasında katkıda bulunurlar.

Geniş kanalların kaba talaş işlemlerinde veya omuzlar arası tornalamada en sık kullanılan metotlar şunlardır:

- ✓ Kanalın eni derinliğinden küçükse, çoklu kanal açma yöntemi,
- ✓ Kanalın eni derinliğinden büyükse, dalma tornalama yöntemi,
- ✓ İşlenecek çubuk veya parça ince veya narinse rampa tornalama yöntemi,

2.6.1. Çoklu Kanal Açma

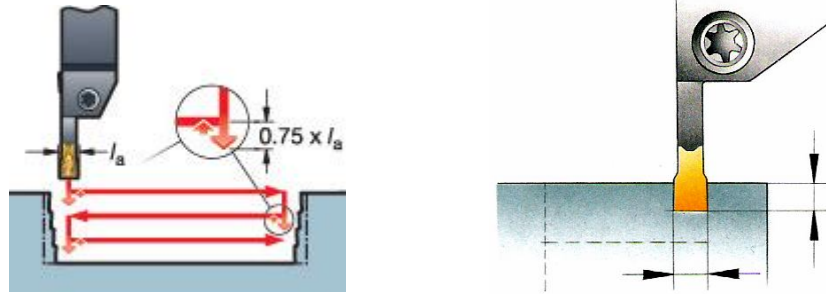
Geniş bir kanal açmak için kesme işlemi yapılır, mümkün olan en geniş kesici uç alternatifli daldırma sırasıyla kullanılmalıdır. En iyi talaş kontrolü ve takım ömrü daha sonra ortadan kaldırılacak halkalar bırakan kesici uç genişliğinin kullanımıyla olur. Kesici ucun köşesi korunur ve talaşlar doğrudan talaş kırıcının ortasına yönlendirilir. Tavsiye edilen halka eni kesici uç genişliğinin 0.5 ile 0.8 katıdır. Çoğunlukla küçük parti üretimi ve alına kanal açma işlemleri için daha uygundur. Bu yöntem hızlı programlanabilir esnek bir metottur. Şekil 2.11'de çoklu kanal açma metodu gösterilmiştir.



Şekil 2.11. Çoklu kanal açma metodu.

2.6.2. Dalma Tornalama

Şekil 2.12’de gösterildiği gibi dalma tornalama metodunda geniş sığ kanalların dalma tornalanması için aksel tornalama derinliği kesici uç genişliğinin 0.75 katından büyük olmamalıdır. Talaş işlem sürecini ve takım ömrünü iyileştirmek amacıyla, titreşim eğilimini en aza indirmek için ilerleme yönünü değiştirmeden önce kesme kuvvetlerini azaltılıp, titreşimi en aza düşürmek için köşelerdeki ilerleme durdurulur.

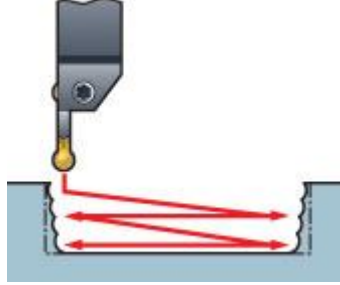


Şekil 2.12. Dalma tornalama metodu.

2.6.3. Rampa Tornalanma

İki kat daha fazla kesme işlemi gerektirir. Ama çubuk şeklinde, ince veya zayıf olan parçalarda daha uygundur. Radyal kuvvetler daha küçüktür ve bunun sonucunda titreşim eğilimi daha azdır. İyi bir talaş kontrolü sağlanır. Daha düşük işlenebilirliğe

sahip iş parçası malzemelerinde kanal açarken çentik aşınması özellikle azalır. Şekil 2.13’da radyal tornalama metodu gösterilmiştir.



Şekil:2.13 Rampa tornalama metodu.

2.6.4. Kanal Açma İşleminde Talaş Kontrolü

Gelişen teknoloji ile birlikte daha da üstün niteliklerde kesici takımlar üretilmektedir. Gelişen malzeme bilgilerinin yanında kesici uç geometrilerinin geliştirilmeleri ile ilerleme hızlarında verimlilik önemli ölçüde artırılabilir. Özellikle geniş kanallar için uygun olan geometri üst düzeyde bir talaş kontrolü olanağı sağlar. Kesici kenar üzerindeki özel olarak tasarlanmış profil sayesinde talaş kanallardan daha kolay boşaltılır.

Kesme ve kanal açma işlemlerinin yapılacağı takımların verimliliğini, takım ömrünü ve yüzey kalitesini arttırmak için uyulması gereken bazı tavsiyeler verilmektedir.

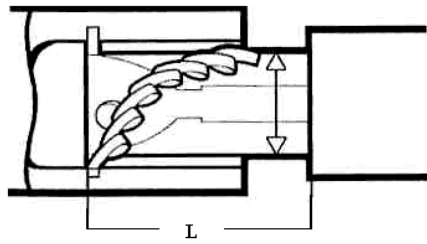
- ✓ Her zaman çok fazla miktarlarda soğutma sıvısı kullanılmalıdır.
- ✓ Kesici kenarın eksenden olan mesafesi hassas olarak ayarlanmalıdır.
- ✓ Kesici takımın iş parçası eksenine 90° derecelik bir açı yapacak şekilde, hassas olarak konumlanmasına dikkat edilmelidir.
- ✓ Belirli bir işlem için mümkün olan en küçük dalma derinliğine sahip bir kesici takım kullanılabilir.
- ✓ Titreşimlerin önüne geçmek için uygun kesme hızıyla çalışılmalıdır.
- ✓ Kesme işleminin en sonunda ilerleme hızı azaltılır.
- ✓ Eksenel kanal açma işleminde talaş sıkışması riskini en aza indirmek için parçaya ilk dalma işlemini en büyük çapta, en dış kanaldan başlayarak gerçekleştirilir.

2.6.5. Deliğe Kanal Açma

Deliğe kanal açma işleminde en belli başlı problem talaşın kesme bölgesinden uzaklaştırılmasıdır. Takımın kırılmasıyla sonuçlanan talaş sıkışma riski, özellikle küçük çapların işlenmesinde çok büyüktür. Talaşlar kanaldan uzaklaştırılmak zorundadırlar. Talaşlar oluşuktan sonra 90° yön değiştirerek takım tutucu yanından geçerler ve nihayet delikten uzaklaşırlar. Kısa talaş elde etmenin en iyi yolu belirli aralıklarla ilerlemenin durdurulması ve takımın bulunduğu konumda bir süre bekletilmesidir.

Titreşim deliğe kanal açma işleminde karşılaşılan bir diğer problemdir. Şekil 2.14’de görüldüğü gibi Rijitlik iş parçasının içerisine ne uzunlukta (L) bir kanal açılacağına bağlı olan efektif takım uzunluğu ile ilişkilidir. Olabildiğince büyük boyutta bir takım tutucu kullanılmasıyla titreşim riskinin önüne geçilebilir. Diğer taraftan talaşın sıkışmaması için ise bunun tersi gereklidir. Efektif takım uzunluğu $2 - 2,5 * D$ 'yi aşmamalıdır. Deliğe kanal açma işlemi kritik bir işlemdir; talaş tahliyesinin sağlanması ve titreşim nedeniyle kesintiye uğramayan bir işlemin gerçekleştirilmesi açısından en uygun çözümü sağlayacak bir takımın seçilmesi gereklidir. Takım uzunluğu ile Delik çapı arasındaki oran aşağıdaki gibidir.

$$L \leq 2 - 2,5xD \quad (2.7)$$



Şekil 2.14. Takım tutucu için maksimum efektif takım uzunluğu.

BÖLÜM 3

LİTERATÜR ÇALIŞMASI

3.1. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Talaşlı imalat işlemleriyle üretilen parça kalitesini artırmaya ve ürün maliyetini düşürmeye yönelik çok sayıda çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmalar 1800'lü yılların başında Avrupa'da başlayan Endüstri Devrimi'nden bu yana devam etmektedir. Yapılan bu çalışmalar talaşlı imalatın bütün alanlarında (kesici takımlar, iş parçası malzemeleri ve takım tezgahları) yapılarak önemli derecede gelişmeler sağlanmıştır. İş parçası malzemesinin mekanik özelliklerinin ve yapısının çeşitli ısıl işlemler ile değiştirilmesi ve bu değişimlerin işlenen parçasının yüzey kalitesine etkilerinin incelenmesi sıklıkla çalışılan konuların başında gelmektedir. İş parçasının maruz kaldığı ısıl işlem iş parçasının özelliklerini değiştirmekle birlikte yüzey kalitesi gibi işlenebilirlik özelliklerini de önemli derecede etkilemektedir.

Al-Cu alaşımları bir çok metal alaşımlarına göre üstün özellikleri sebebiyle daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunun sebebi ise yaşlandırma (T6) ısıl işlemi uygulanabilmesidir. Yaşlandırma ısıl işleminin Al-Cu alaşımının mekanik özelliklerini geliştirmesinin yanında işlenebilirliğine de olumlu etkisi mevcuttur. T6 ısıl işlemi, bu alaşımın sertliğini ve çekme dayanımını arttırmakla birlikte yüzey pürüzlülüğünün azalmasında önemli bir etkiye sahiptir. Al-Cu alaşımlarından biri olan AA2014 alaşımı, genellikle talaşlı imalat yöntemleriyle şekillendirilmektedir (Özçatalbaş, 2006, Aydın, 2006).

Özçatalbaş ve Aydın (2006), yaptıkları çalışmada AA2014 alaşımına 160 °C sıcaklıkta 4, 12, ve 24 saat süreli yaşlandırma ısıl işlemleri uygulamıştır. Isıl işlemler sonucu, sertlikleri 120-150 BSD ve çekme dayanımları 505-541 N/mm² arasında değişen numuneler elde etmişlerdir. Bu numuneler, farklı kesme hızlarında ve

değişik geometriye sahip iki ayrı kesici uçla işlenerek talaş kökü morfolojisi, yüzey pürüzlülüğü ve talaş kaldırma kuvvetleri incelemiştirler. Yüksek sertlik ve çekme dayanımına sahip numunenin yüksek kesme hızlarında, büyük talaş açılı kesici uçla işlenmesinin yığıntı talaş (YT) oluşumunu önlediği, yüzey pürüzlülüğü ve talaş kaldırma kuvvetlerini düşürdüğünü gözlemlemişler.

M.Y. Wang ve H.Y. Chang (2006), T6 ısıl işlemine tabi tutulmuş 2014 alaşımının parmak freze ile işlenmesinde kesme kuvvetlerinin ve takım geometrisinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisini incelemiştirler. Dikkate alınan parametreler kesme hızı, ilerleme hızı, talaş derinliği ve parmak frezenin kesici ucunun aksel boşluk açılarıdır. Cevap yüzey metodolojisi (RSM) ve deneysel sonuçlar kullanılarak yüzey pürüzlülük modelleri kuru ve kesme sıvısı ile işleme şartları için oluşturulmuştur. Yüzey pürüzlülüğü kesme sıvısının uygulanması ile azaltılmıştır. Yüzey pürüzlülüğü genellikle ilerlemenin ve aksel boşluk açısının artması ile artmıştır.

Nouari vd. (2003), yaptıkları çalışmalarında 2024 alüminyum alaşımının WC-Co esaslı sementit karbür matkaplarla delinmesinde deneysel olarak incelemiştirler. Alüminyum alaşımının delinmesinde matkap geometrisini ve kesme koşullarını optimize ederek kesme sıvısının kullanımına gereksinim bırakmamışlardır. Bu amaçla farklı geometrilerde matkaplar kullanılarak ve farklı delme koşullarında delme deneyleri yapmışlardır. Elde edilen sonuçların analiz edilmesiyle 2024 alüminyum alaşımının delinmesinde delik kalitesini etkileyen esas faktörler hakkında bilgi edilmiştir. Bu sayede kesme sıvısının neden olduğu problemler azaltılmıştır. Ayrıca, elmasın matkapta kaplama malzemesi olarak kullanılması ile matkap ömrü uzatılmıştır. Optimize edilmiş takım geometrisi ve kesme koşulları da matkap ömrünü uzatmıştır. İlave olarak bu iki faktörün birlikte etkisi ile delinmiş malzemelerde iyi bir yüzey kalitesi ve iyi boyutsal tamlık elde edilmiştir. Bu çalışmada ayrıca, matkaptaki aşınmaya önemli derecede etkisi olan takım talaş ara yüzey sıcaklığı ticari bir sonlu elemanlar yazılımı ile tahmin edilmiştir.

H.A. Alireza vd. (2010), A390 (Al-17Si-4,5Cu-0,5Mg) gibi Hiper ötektik Al-Si alaşımları, aşınmaya ve korozyona direnç gerekli olduğu yerlerde, yüksek mekanik özellikler, düşük ısıl genleşme ve düşük yoğunluk gerektiren uygulamalarda

kullanılır. Bu alaşımın özellikleri, biyel kolu, piston, silindir gömleği ve motor blokları gibi düşük ağırlıklı parçaların üretiminde otomotiv endüstrisi için caziptir. Bu malzemenin iyi mekanik özellikleri ve aşınmaya yüksek direnci sert birincil silisyum parçacıklarının metal matris içerisinde dağılmasıyla ile açıklanabilir. Hiper ötektik alüminyum silisyum alaşımları aynı zamanda reaksiyonla (in situ) oluşan metal esaslı kompozitler gibi de düşünülebilir.

Dwivedi vd. (2008), LM13 ve LM28 döküm alüminyum alaşımlarının işlenmesi üzerine yaptıkları çalışmada ergimiş malzemeye uygulanan işlemlerin (tane inceltme ve modifikasyon) ve ısıl işlemin (T6) bu malzemelerin işlenebilme davranışları üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. İşlenebilirlik özellikleri incelenen alaşımlar kontrollü ergitme ve döküm yöntemi ile hazırlanmış ve akabinde de T6 ısıl işlemine tabi tutulmuştur. Dökülmüş halde, ergimiş malzemeye tane inceltme ve modifikasyon uygulanmış ve T6 ısıl işlemine tabi tutulmuş malzemelerin işlenebilirliği farklı kesme hızlarında incelenmiştir. Tane inceltme ve modifikasyona tabi tutulmuş her iki alaşımda da (LM13 ve LM28) kesme kuvvetleri ve kesme sıcaklığı azalmıştır. Buna karşın, T6 ısıl işlemi kesme kuvvetlerini ve kesme sıcaklığını artırmıştır. LM28 alaşımının işlenmesinde oluşan kesme sıcaklığı LM13 alaşımının işlenmesinde oluşan kesme sıcaklığından daha yüksek olmuştur. En yüksek kesme sıcaklığı T6 ısıl işlemi uygulanmış her iki alaşımda görülmüştür. LM28 alaşımına uygulanan T6 ısıl işlemi yüzey pürüzlülüğünü azaltırken LM13 alaşımına uygulanan aynı ısıl işlem yüzey pürüzlülüğünü artırmıştır.

Sreejith (2008), “6061 alüminyum alaşımının en düşük miktarda sıvı (MQL), kuru ve geleneksel kesme sıvısı ile işlenmesi” isimli çalışmasında farklı işleme ortamlarının kesme kuvvetleri, yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınması üzerindeki etkilerini incelemiştir. İşleme deneyleri elmas kaplamalı karbür kesici takımlar kullanılarak yapılmıştır. MQL ile yapılan işlemin geleneksel sıvı kullanılarak yapılan işlemeye göre iyi bir alternatif olduğu görülmüştür. Bu nedenle, MQL ile yapılan işleme günümüzde yaygın olarak kullanılan geleneksel kesme sıvısı ile işlemin yerini alabileceği görülmüştür. Bu şekilde işleminin de yalnızca çevreye duyarlı olmayacağı aynı zamanda işlenebilirlik özelliğini de iyileştireceği belirtilmiştir.

Sreejith'in bu çalışmasında işleme deneyleri tornalama yöntemiyle 400 m/dk kesme hızında yapılmıştır.

G. Castro vd. (2008), % 20'ye kadar Si içeren alüminyum-silisyum (Al-Si) alaşımları otomotiv ve havacılık/uzay endüstrisinde düşük yoğunlukları ve yüksek aşınma direnci nedeniyle önemli malzemelerdir. Bu alaşımların tornalanmasında çoğunlukla çok kristalli elmaslar gibi çok sert kesici takımlar kullanılır. Sementit karbür gibi bir altlığa CVD metoduyla elmas kaplama veya doğrudan ince katman bir PCD kesici takımın sert lehimle birleştirilmesi sonucu elde edilen kesici takımlar günümüzde kullanılmaktadır. Bu çalışmada, Castro ve arkadaşları Si_3N_4 seramik altlık üzerinde CVD elmas ince film kaplama oluşturarak ve CVD elmas plakaları sementit karbür altlık üzerine sert lehimlemek suretiyle elde edilen kesici takımları kullanarak % 12 ve % 18 Si içeren Al-Si alaşımlarını kuru şartlarda tornalamışlardır. Elde edilen sonuçlardan hem elmas kaplamalı hem de sert lehimli elmas kesicilerin farklı oranlarda Si içeren Al-Si alaşımlarını işleyebildiği ve yalnızca ihmal edilebilecek kadar aşınmaya maruz kaldıkları görülmüştür. % 18 Si içeren Al-Si alaşımının işlenmesinde keskin bir uca sahip kesici takımın pahlı uca sahip kesici takımdan daha az kesme kuvveti oluşturduğu görülmüştür. CVD elmas plakalı kesici takım hiper ötektik alaşımı 60 N'dan daha az kuvvet oluşacak şekilde işleyebilmiştir. 1500 m işleme uzunluğundan sonra çok az düzeyde aşınma görülmüştür. Bu aşınma da çoğunlukla yan yüzeyde elmasın talaşlanması şeklinde görülmüştür.

Bhowmick ve Alpas (2008), Alüminyumun kesme sıvısı kullanılmadan (kuru) delinmesi çevre bakımından faydalıdır. Ancak, yüksek hız çeliği gibi geleneksel malzemelerden yapılmış matkaplara alüminyum yapışma eğilimi gösterdiği için oldukça zor bir işlemdir. Elmas benzeri karbon (DLC) kaplamalar düşük yapışma eğilimlerinden dolayı kuru işleme performansını iyileştirirler. Bu çalışmada, Bhowmick ve Alpas % 6 Si içeren alüminyum alaşımının en düşük miktarda kesme sıvısı (MQL) kullanılarak DLC kaplanmış matkapla delinmesi işlemindeki muhtemel iyileştirmeleri incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlar, kesme sıvısı uygulanmadan ve geleneksel yöntemle uygulanmış kesme sıvısı ile elde edilen delme sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Al-Si alaşımının MQL kesme sıvısı ile işlenmesinde kuru şartlarda işlemeye göre daha az moment ve döndürme kuvveti olduğu görülmüştür. MQL

kesme sıvısı ile kaplamasız HSS ve DLC kaplanmış HSS ile delme işleminde daha az moment ve döndürme kuvveti olduğu görülmüştür. Matkap ucuna yapışan alüminyum kütlesinin MQL kesme sıvısı ile delmede kuru şartlardaki delmeye göre önemli derecede azaldığı görülmüştür. Ayrıca, MQL ile işlemede alüminyumun yapışmasından dolayı moment ve döndürme kuvvetindeki değişimler daha düşük seviyelerde olmuştur.

Tek veya çok katmanlı sementit karbür kesici takımlar demir esaslı alaşımların kuru işlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak, saf alüminyum ve alüminyum alaşımlarının kuru işlenmesi ise oldukça zordur. Alüminyumun kullanımının yaygınlaşması doğru kesici takımın belirlenmesi için önemli bir ihtiyacı gündeme getirmektedir. Tornalama yöntemiyle yapılan işleme deneyleriyle elde edilen deneysel sonuçlardan, tarama elektron mikroskobu (SEM) görüntülerinden ve talaş morfolojisi incelemelerinden TiC, TiN, TiB₂, Al₂O₃ ve AlON kaplamaların alüminyumun kuru işlenmesinde uygun olmadığı açıkça görülmüştür. Bu olumsuzluk kesici takım talaş ve boşluk yüzeyindeki önemli miktardaki yığıntı talaş (BUE) oluşumuyla açıklanmıştır. Yığıntı talaş kesme kuvvetlerinin genliğinin önemli derecede artmasına ve yüksek yüzey pürüzlülüğüne neden olur. Doğal elmas ve çok kristalli elmas (PCD) demir dışı malzemelerin işlenmesinde kesici takım olarak kullanılabilir. Ancak bu kesici takımların yüksek maliyetleri nedeniyle yalnızca bitirme işlemleri için kullanılırlar. Bu nedenle CVD elmas kaplamalı kesici takımlar bu demir dışı malzemelerin işlenmesinde daha caziptirler. CVD elmas kaplanmış kesici takımda yığıntı talaş oluşumu düşük seviyede olduğu için kesme kuvvetlerindeki değişim çok fazla olmaz ve bu durum da daha iyi bir yüzey kalitesine neden olur. Bununla birlikte, elmas kesici takımların performansı elmas kaplamanın karbür altlıkla ne derece iyi bağ oluşturduğuna bağlıdır (Roy,2006).

Roy vd. (2006), saf alüminyum ve % 12 Si içeren Al-Si alaşımının işlenebilirliğini kaplamasız ve kaplamalı sementit karbür kesici takımlar kullanarak incelemiştir. Bu çalışma, kaplamalı ve kaplamasız sementit karbürlerin saf alüminyum ve Al-Si alaşımının işlenmesinde uygun olup olmadığını incelemek için yapılmıştır. Kesici takımlardan TiC, TiN, TiB₂, Al₂O₃ ve AlON ticari olarak temin edilirken elmas kaplamalı takım laboratuvar koşullarında hazırlanmıştır. Deneysel çalışmalardan

elmas kaplamanın diğer kaplamalardan daha iyi performans sergilediği görülmüştür. Bu durum, elmas kaplamanın alüminyuma karşı asallığı ile açıklanmıştır. Saf alüminyumun işlenmesinde yan yüzey aşınması görülürken Al-Si alaşımının işlenmesinde çentik oluşumu gözlemlenmiştir. Bu çentik oluşumu alaşım içerisindeki silisyum parçacıklarının abrasif etkisine atfedilmiştir.

M. Zeren, alüminyum esaslı piston alaşımlarında ısıl işlemin mekanik özellikler üzerindeki etkisini incelemiştir. % 10,5, 12, 18 ve 24 Si içeren AlCu₄MgNi ve AlSiCuMgNi alaşımları deney malzemesi olarak seçilmiştir. Deney malzemeleri ergitildikten sonra 800 °C'deki metal kalıba dökülmüştür. Katılaştıran malzemeler 500 °C'de 5 saat süreyle çözeltilmeye tabi tutulmuş ve akabinde de hızlı soğutulmuştur. Bu malzemeler üzerinde yaşlandırma ısıl işlemi 180 °C'de 9 saat süreyle gerçekleştirilmiştir. Yaşlandırma işleminin malzemelerin sertliği üzerindeki etkisi incelenmiştir. Isıl işlemle malzemelerin sertlikleri önemli derecede artarken çekme dayanımlarındaki artış daha düşük seviyelerde olmuştur. Artan silisyum içeriği sertlik ve çekme dayanımını daha da artırmıştır. Bununla birlikte artan silisyum içeriği ile süneklik azalmıştır.

Maleki vd. yaptıkları çalışmalarında basınçlı döküm parametrelerinin LM13 alaşımının yoğunluğu, makro yapısı ve sertliği üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Basınçlı döküm parametreleri olarak uygulanan basınç, ergime ve kalıp sıcaklıkları seçilmiştir. Elde edilen deneysel sonuçlardan LM13 malzemenin 20 MPa basınç altında yoğunluğunun azaldığı ve basıncın 106 MPa'a kadar artırılmasıyla da yoğunluğunun düzenli olarak arttığı ve bu değerden daha yüksek basınç değerlerinde de yoğunluğunun değişmediği görülmüştür. Artan basınçla LM13 alaşımının tane boyutu küçülmüş ve sertliği de artmıştır. Ergime sıcaklığı ve kalıp sıcaklığındaki azalma da makro yapı ve sertlik üzerinde benzer etki oluşturmuştur. Bu benzer etki düşük sıcaklıklardan dolayı hızlı soğumaya atfedilmiştir. Basınçlı döküm yöntemiyle makro yapıda ver sertlikte önemli derecede artış elde edilmiştir.

R. Ashiri vd. LM13 alaşımında döküm işleminin mikroyapı ve aşınma davranışa olan etkisini incelemişlerdir. Öncelikli olarak iki farklı döküm yöntemi ve ısıl işlemle deney numuneleri üretilmiştir. Üretilen malzemelerin sertlik ve dayanımları

belirlenmiştir. Ayrıca, bu numuneler kuru sürtünme şartlarında aşınma deneylerine de tabi tutulmuştur. Deney sonuçlarından basınçlı döküm yöntemiyle üretilen numunelerin daha yüksek sertlik ve dayanıma sahip olduğu görülmüştür. Aşınma deneyi sonuçlarından basınçlı döküm ve yerçekimine ters döküm yöntemiyle üretilen numunelerde artan aşınma mesafesi ile ağırlık kaybının arttığı görülmüştür. İki yöntemle üretilmiş numuneler arasında bir karşılaştırılma yapıldığında basınçlı döküm yöntemiyle üretilen numunenin daha iyi tribolojik davranış sergilediği görülmüştür. Ayrıca, basınçlı döküm yöntemiyle üretilen numunelerin daha iyi yüzey kalitesine sahip olduğu ve abrasif, adesif ve delaminasyon türü mekanizmaların etkin olduğu görülmüştür. Yerçekimine ters döküm yöntemiyle üretilen numunelerde ise abrasif, adesif ve yüzey yorulması etkin mekanizma olarak görülmüştür.

Demir ve Gündüz, 6061 alüminyum alaşımına uygulanan yaşlandırma işleminin bu malzemenin işlenebilirliğine etkisini incelemiştir. İşlemsiz, çözelti ısıl işlemine tabi tutulmuş ve çözelti ısıl işlemine tabi tutulmuş ve akabinde yaşlandırılmış 6061 alüminyum alaşımları işlenebilirlik deneylerine tabi tutulmuştur. Yapılan ısıl işlemlerle malzemelerin sertliği artmıştır. Deneysel sonuçlardan 180°C’de farklı sürelerde yapılan yaşlandırma ısıl işleminin ve kesme hızının işlenmiş yüzeyin pürüzlülüğünü önemli derecede etkilediği görülmüştür. Ancak, en düşük sertliğe sahip çözelti ısıl işlemine tabi tutulmuş numune haricinde, kesme kuvvetleri yaşlandırma işleminden ve kesme hızından fazla etkilenmemiştir.

3.2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Yapılan çalışmalar incelendiğinde Alüminyum alaşımları üzerinde ısıl işlemler, yaşlandırma işlemleri, taşalı imalat ve çeşitli takım tezgahlarında işlenerek yüzey pürüzlülükleri, takım ömrü ve kesme kuvvetleri incelenmiştir.

Çizelge 3.1. Yapılmış çalışma özetleri.

Araştırmacılar	Esas Faktörler	Kullanılan Malzemeler	İncelenen Faktörler
M. Nouari ve arkadaşları	Kesme koşulları, takım geometrisi	2024 Alüminyum Alaşımları	Delik Kalitesi, Boyutsal Tamlık ve yüzey kalitesi
Ming ve Hung	Takım geometrisi , kesme kuvvetleri, ilerleme hızı ve eksenel boşlu açısı	T6 işleme tabi tutulmuş 2014 Alüminyum alaşımları	Yüzey kalitesi
Ardakan ve arkadaşları	Aşınma ve Korozyona karşı direnç	A390 Al-Si Alaşımli Alüminyum	Yüksek Mekanik Özellikler ve Isıl Genleşme
Dwivedi ve arkadaşları	Tane inceltme, kesme hızı, Kesme sıcaklığı, T6 Isıl İşlem	LM13, LM28 Alüminyum Döküm Alaşımları	Yüzey kalitesi
Sreejith	Kesici Takım, Soğutma sıvıları	6061 Alüminyum Alaşımları	Kesme Kuvvetleri, Yüzey Pürüzlülüğü, takım aşınması
Castro ve arkadaşları	Kesici Takım,	Al-Si Alüminyum Alaşımları	Kesme Kuvvetleri,
Bhowmick ve Alpas	Matkap Ucu,MQL(en düşük seviyede kesme sıvısı)	Alüminyum-Silikon Alaşımları	Kesme kuvvetleri, Yüzey kalitesi
Roy ve arkadaşları	Sementit ve karbür kaplamalı kesici takımlar	Al-Si Alüminyum Alaşımları	Kesme Kuvvetleri
Zeren, M.	Çözeltiye alma ve yaşlandırma	% 10,5, 12, 18 ve 24 Si içeren AlCu ₄ MgNi ve AlSiCuMgNi alaşımları	Sertlik ve çekme dayanımı
Maleki ve arkadaşları	Basınçlı döküm	LM13	Yoğunluk, makro yapı ve sertlik

Çizelge 3.1. (devam ediyor).

Ashiri. R	Döküm yöntemleri ve ısı işlem	LM13	Kuru şartlarda aşınma, sertlik ve dayanım
H.Demir S.Gündüz	Isıl işlem, yaşlandırma	6061 alüminyum alaşımı	Yaşlandırmanın işlenebilirliğe etkisi
Özçatalbaş ve Aydın	Kesici takım, Isıl işlem	Al-Cu Alaşımları	Yüzey Pürüzlülüğü, Talaş kaldırma Kuvvetleri

Yapılan çalışmalar çoğunlukla dış yüzey tormalama ve delme gibi işlemler üzerinde yoğunlaşmaktadır. Kanalların işlenmesi ile ilgili çalışmalara literatürde çok fazla rastlanmamaktadır.

BÖLÜM 4

ALÜMİNYUM

4.1. ALÜMİNYUM

Yeryüzünde yaklaşık olarak %7,5 ila %8 arasında bulunmaktadır. Ancak saf halde değildir. Alüminyum rafine edilmesi en zor metallerden bir olmasına rağmen 100 yıldan fazla zamandır üretilmektedir. Alüminyum rafine edilmesi en zor metallerden biridir. Bunun nedeni, çok hızlı oksitlenmesi, oluşan bu oksit tabakasının çok kararlı oluşu ve demirdeki pasın aksine yüzeyden sıyrılmayıştır (Özcömert, 2006). Çok hızlı oksitlenir ve oksit tabakası çok kararlı haldedir.

Alüminyumu metalinin doğadan elde edilmesinde ki zorluklara alternatif olarak hurdalardan geri kazanımı konusunda günümüz endüstrisinde önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Basit bir yöntemle ergitme esasına dayanmasıyla daha hurdadan geri dönüşüm, doğadan elde edilen metale göre ekonomik olmaktadır. Sadece hurdadan elde edilen geri dönüşüm prosesinde kullanılan elektrik enerjisi ile doğadan elde edilirken harcanan elektrik enerjisi arasında en az %5 fark vardır.

İlk zamanlar alüminyum doğadan elde edilmesi görüşleri ağırlıktayken, 1960 yıllarında yiyecek ve içecek sektöründe sık kullanılmasıyla geri dönüşüm prosesi uygulanmaya başlanmıştır. Teknolojinin hızla gelişmesiyle alüminyumun kullanım alanları da artmış, otomobil parçaları, pencere ve kapılar, çeşitli cihazlar imalatında kullanılmaya başlanmıştır. Geri dönüşüm kaynakları da genişlemiştir.

Doğadan alüminyumun elde edilmesinin zorluğu metalin reaktif olmasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle alüminyum cevherinden metal üretilmesi için elektroliz yöntemi kullanılmaktadır.

Alüminyum, yumuşak ve hafif metaldir. Rengi mat gümüşümsüdür. Zehirleyici ve manyetik özelliği yoktur. Kırılcım çıkartmaz. Yoğunluğu çelik veya bakır metaline göre üçte bir oranında bir metaldir. Makinelerde işlenebilirliği kolay ve dökülebilir olmasının yanında dövülebilir özelliği de bulunmaktadır. İletkenliğinin de yüksek olması endüstride kullanım alanlarını da daha da artırmaktadır.

Alüminyum üstün özelliklerinden dolayı endüstriyel alanda milyonlarca farklı ürünün imalatında kullanılmaktadır. Düşük yoğunluğu ve düşük yoğunluğuna göre yüksek dayanımından dolayı uzay ve havacılık alanında tercih edilir hale gelmiştir.

Saf alüminyumun çekme dayanımının düşük olması nedeniyle bakır, çinko, magnezyum, manganez ve silisyum gibi elementlerle alaşımlandırılarak kullanım alanlarına göre mekanik özellikleri geliştirilmektedir (Özcömert, 2006).

4.2. ALÜMİNYUM ALAŞIMLARI

Alüminyum alaşımlarının mekanik, fiziksel ve kimyasal özellikleri alaşım elementlerine ve mikroyapısına bağlı olarak değişir. Alüminyuma katılan en önemli alaşım elementleri bakır, mangan, silisyum, magnezyum ve çinkodur.

Alüminyum alaşımları dövme ve döküm alaşımları olarak iki gruba ayrılır. Dövme alaşımlarının, plastik deformasyon kabiliyeti iyi olup kolayca şekillendirilebilirler. Alüminyum dövme ve döküm alaşımlarının büyük bir kısmına ısıtma işlemi uygulanabilmektedir.

4.2.1. Dövme Alüminyum Alaşımları Ve Sınıflandırılması

Dövme alaşımlarının, plastik deformasyon kabiliyeti iyi olup kolayca şekillendirilebilirler. Alüminyum dövme ve döküm alaşımlarının büyük bir kısmına ısıtma işlemi uygulanabilmektedir (Eker, 2008).

Amerikan alüminyum birliğine göre, alüminyum dövme alaşımları dört harfle sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırma şu şekildedir:

1XXX: Saf alüminyum. Genellikle elektrik ve kimya endüstrisinde kullanılmaktadır.

2XXX: Al-Cu alaşımları. Esas alaşım elementi bakırdır. Başta magnezyum olmak üzere diğer alaşım elementleri de bulunabilir, yüksek mukavemet istenen havacılık sektöründe yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

3XXX: Al-Mn alaşımları. Esas alaşım elementi mangandır. Boru, sıvı tankları ve mimari uygulamalarda kullanılmaktadır.

4XXX: Al-Si alaşımları. Esas alaşım elementi silisyumdur. Termal genleşme katsayısı düşük, aşınma direnci ve korozyon dayanımı yüksek alaşımlardır. Kaynaklı yapılarda, levha üretiminde, otomobil parçaları üretiminde kullanılmaktadır.

5XXX: Al-Mg alaşımları. Esas alaşım elementi magnezyumdur. Magnezyum oranı arttıkça sertlik ve mukavemet artar fakat süneklik azalır. Korozyona karşı direnci yüksek olduğundan, bu ortamda çalışacak yapıların imalatında kullanılmaktadır.

6XXX: Al-Mg-Si alaşımları. Esas alaşım elementleri magnezyum ve silisyumdur. Şekillendirilme kabiliyeti yüksek olan bu alaşımlar özellikle ekstrüzyon ile üretilen parçaların imalatında sıklıkla kullanılır.

7XXX: Al-Zn alaşımlar. Çinko esas alaşım elementi olup, magnezyum, krom ve zirkonyum ilave alaşım elementleridir. 7XXX serisi, alüminyum alaşımlarının en yüksek mukavemete sahip olanıdır. Uçak parçaları yapımı ve diğer yüksek dayanım istenen yerlerde kullanılır.

8XXX: Al-Li alaşımları: Esas alaşım elementi lityum olup, kalay eklentisi de yapılabilmektedir. Özellikle uçak ve uzay yapılarında kullanılmaya başlanan bu malzeme, iyi yorulma direnci ve iyi tokluk özelliklerine sahiptir. Fakat diğer alüminyum alaşımları ile karşılaştırıldığında üretim maliyetleri yüksektir.

4.2.2. Dökme Alüminyum Alaşımaları Ve Sınıflandırılması

Bu tür alaşımların büyük çoğunluğu silisyum içerir; % 11.7 Si içeren alaşım ötektik bileşimde olduğundan çok üstün döküm özelliklerine sahiptir. Bu alaşımın korozyona direnci ve kaynak kabiliyeti de oldukça iyidir. Döküm alüminyum alaşımlarına bir miktar bakır katılması, talaş kaldırma özelliklerini geliştirir, buna karşın, korozyon direncinde azalmaya neden olur (Demir, 2008). Döküm alüminyum alaşımlarının sınıflandırılırken A harfi kullanılır.

1XX.X: Saf alüminyum. % 99.9 oranında alüminyum ihtiva eder.

2XX.X: Esas alaşım elementi bakırdır. Tüm döküm alaşımları arasında en yüksek mukavemete sahip alaşımdır. Yüksek sıcaklıklara karşı dayanıklıdır.

3XX.X: Esas alaşım elementi silisyumdur. Bakır ve magnezyum gibi başka alaşım elementleri de bulunabilir. Sanayide kullanılan döküm alaşımlarının % 90'ı 3XX.X serisidir.

4XX.X: Esas alaşım elementi silisyumdur. Yüksek süneklik istenen alaşımlarda kullanılır.

5XX.X: Esas alaşım elementi magnezyumdur. Yüksek mukavemet ve korozyona karşı dirençli ortamlarda kullanılır. Deniz suyuna temas eden ortamlarda tercih edilir. Kaynaklanabilir ve işlenmesi kolay alaşımdır.

7XX.X: Esas alaşım elementi çinkodur. Mukavemeti yüksek ve ısı işlem görmeden de doğal yaşlanmaya yetenekli bir alaşım türüdür.

8XX.X: Esas alaşım elementi kalaydır. Kayganlık istenen durumlarda tercih edilir.

1XX.X, 5XX.X ve 8XX.X Dökme Alüminyum Alaşımları Isıl İşlem yapılamayan alaşımlardır.

2XX.X, 3XX.X, 4XX.X ve 7XX.X Dökme Alüminyum alaşımları ısıtılabilir yapılabilen alaşımlardır (Eker, 2008).

4.3. Al-Si ALAŞIMLARI

Silisyum bakırdan sonra alüminyum alaşımlarında en çok kullanılan alaşım elementidir. Alüminyum-silisyum alaşımları, silisyum miktarına göre ötektikaltı, ötektik ve ötektiküstü olmak üzere sınıflandırılabilir. Ötektik reaksiyon sıcaklığı olan 577°C'de ve % 12,7 Si bileşiminde ötektik reaksiyon meydana gelir (Kurt, 1999).

Alüminyum-silisyum alaşımlarının döküm sonrası işlenmesi önemlidir. Silisyum miktarına bağlı olarak; ötektikaltı, ötektik ve ötektiküstü alaşımlarda talaş kaldırma kabiliyetleri farklılıklar göstermektedir (Kurt,1999).

Silisyum ihtiva eden alaşımlar, yüksek akışkanlıkları sebebiyle, iyi döküm özelliklerine sahiptirler ve bu sebepten ötürü dizayn bakımından karışık olan parçaların dökümünde kullanılabilirler. Bu alaşımların mukavemetleri atmosfer etkilerine karşı da yüksek olduğundan, mimari ve dekoratif dökümler imalinde büyük değer taşırlar. % 5 silisyum alaşımlar daha ziyade dekoratif gayeler için kullanılır. Bu alaşımların çekme mukavemeti ve emniyet gerilmesi, alüminyum – bakır alaşımlarına kıyasla daha düşük olduğu halde süneklik ve darbeye karşı mukavemetleri daha yüksektir. % 10 ila 13 nispetinde silisyum ihtiva eden alaşımlarında geniş ölçüde kullanılma sahası mevcuttur. Alaşım, özel bir döküm tekniği uygulanmadan döküldüğü takdirde gevrek (kırılğan) ve iri kristalli bir yapıya sahip olur. Fakat küçük miktarlarda (%0,05 mertebesinde) metalik sodyum veya kalsiyum ilavesiyle yüksek mukavemet, süneklik ve ince kristalli yapıya sahip dökümler elde edilebilir. Bu işlem “modifikasyon” olarak adlandırılır. Yüksek silisyumlu dökümler içten yanmalı motorlarda, vites kutularında, silindir ve karterlerde ve nikel gibi metallerin ilavesiyle de piston imalinde kullanılır.

Alüminyum silisyum alaşımları ülkemizde de çeşitli firmalar tarafından da üretilmektedir. Alaşımlı alüminyum üretimi yapan firmalar çeşitli oranlarda Si

kullanarak çeşitli adlarla kullanıma sunmaktadır. Eti Alüminyum firmasının Etial adıyla piyasaya sürdüğü Al-Si alaşımlarından Etial 145'in kimyasal bileşimi Çizelge 4.1' de verilmektedir. Üretici firma tarafından Etial 145 olarak standartlaştırılan alaşım diğer ülkelerde de Çizelge 4.2'de gösterildiği gibi değişik adlarla aynı bileşimlerle üretilmektedir.

Çizelge 4.1. Etial 145 alaşımlı alüminyum malzemenin kimyasal bileşimi.

Üretici Firma Normu	% Ağırlık									
	Fe	Si	Cu	Mn	Mg	Zn	Ni	Ti	Pb	Sn
Etial 145	0,60	11,50 13,00	0,80 1,50	0,20	0,80 1,40	0,20	0,80 1,30	0,10	0,10	0,05

Çizelge 4.2. Etial 145 alaşımlı alüminyum malzemenin uluslararası standartlar karşılığı.

Etinorm	Türkiye	Almanya	A.B.D	Fransa	İngiltere	Uluslararası
	TSE	DIN	AA	NF	BS	ISO
Etial 145	AlSi12Fe	GD-ALSi12	413	A-S 12	LM 20	AlSi12Fe

Eti Alüminyum A.Ş tarafından Etial 145 Alaşımının karakteristik özellikleri de aşağıdaki gibi verilmiştir.

Özgül Ağırlık (gr/cm³) ; 2,69

Ergime Sıcaklığı (°C) ; 535-590

Isısal İletkenlik (cal/cm.s °C) ; 0,21

Korozyon Dayanımı ; İyi

Dökülebilirlik ; İyi

İşlenebilme ; İyi

Anodik Oksidasyon ; Sadece yüzey korumada

Diğer Özellikler ; Kum ve kokil kalıba dökülebilir.

Kullanım yerleri ; Pistonlar ve diğer motor parçaları

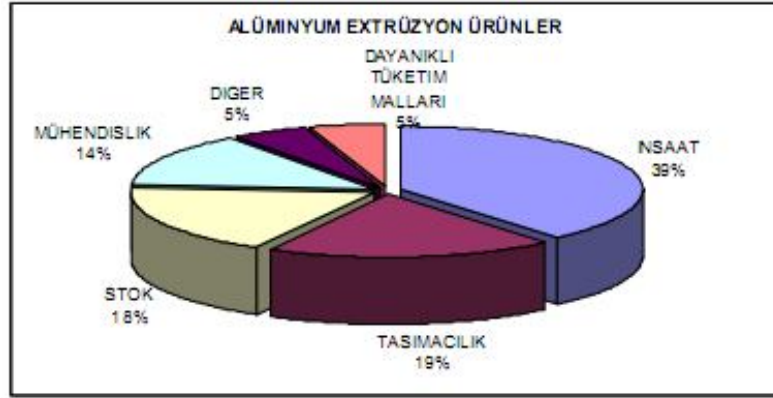
4.4. ALÜMİNYUM METALİNİN KULLANILDIĞI ALANLAR

Endüstrinin pek çok kolunda milyonlarca farklı ürünün yapımında kullanılmakta olup dünya ekonomisi içinde çok önemli bir yeri vardır. Alüminyumdan üretilmiş yapısal bileşenler uzay ve havacılık sanayi için vazgeçilmezdir. Hafiflik ve yüksek dayanım özellikleri gerektiren taşımacılık ve inşaat sanayinde geniş kullanım alanı bulunmaktadır. Dünyadaki kullanımı, hem miktar hem de değer olarak demirden sonra gelmektedir. Saf alüminyumun çekme dayanımı düşük olmakla birlikte, bakır, çinko, magnezyum, manganez, ve silisyum gibi pek çok elementle alaşımlandırılarak mekanik özellikleri geliştirilebilir. Yüksek dayanım/ağırlık oranlarından ötürü alüminyum alaşımları, uçak ve uzay araçlarının vazgeçilmez bileşenleridir.

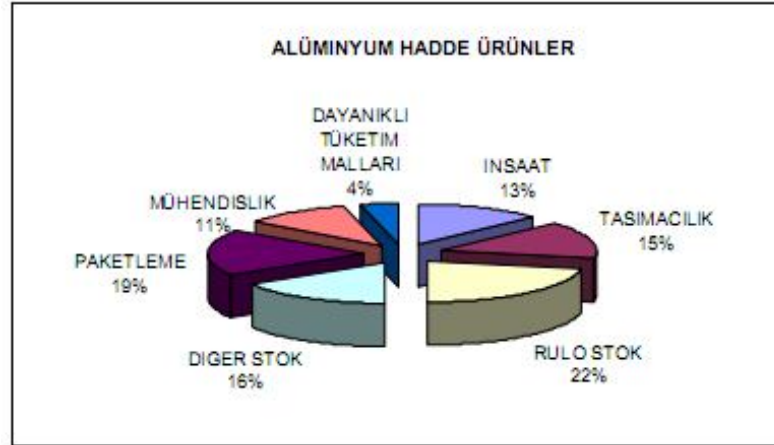
Kullanıldığı diğer alanlar ise

- ✓ Ulaşım, (otomobil, uçak, kamyon, tren vagonları, deniz araçları, vs.)
- ✓ Ambalaj, (alüminyum kutular, folyolar, vs.)
- ✓ Su arıtma, İnşaat, (cam, kapı, duvar, bina, vs.)
- ✓ Dayanıklı tüketim aletleri, (cihazlar, mutfak araç gereçleri, vs.)
- ✓ Elektrik iletim hatları, (alüminyum, bakırla eşit elektrik iletkenliğine sahip olup onun yarı ağırlığındadır ve fiyatı da daha ucuzdur)
- ✓ Makine imalatı,
- ✓ Alnico manyatlarının yapımı,
- ✓ Yüksek safiyette alüminyum (%99.98 - %99.99 Al) elektronik ve CD'lerde, Toz haline getirilmiş alüminyum boyalara gümüşümsü renk vermede, Anodize edilmiş alüminyumun oksidasyon direnci daha da yüksektir ve inşaat sanayinin pek çok alanında kullanılır. Kolay şekillendirilebilir olusu ve yüksek ısı iletkenliğinden ötürü, yeni bilgisayarların CPU'larının isi uzaklaştırıcılarında alüminyum kullanılmaktadır.
- ✓ Alüminyum oksit (alümina), doğada çorundum (rubi ve safir) halinde bulunabilmesi nedeniyle cam yapımında kullanılabilir. (Özcömert, 2006).
- ✓ Sentetik rubi ve safir, lazerlerde koherent ışık yapımında kullanılmaktadır (Özcömert, 2006).

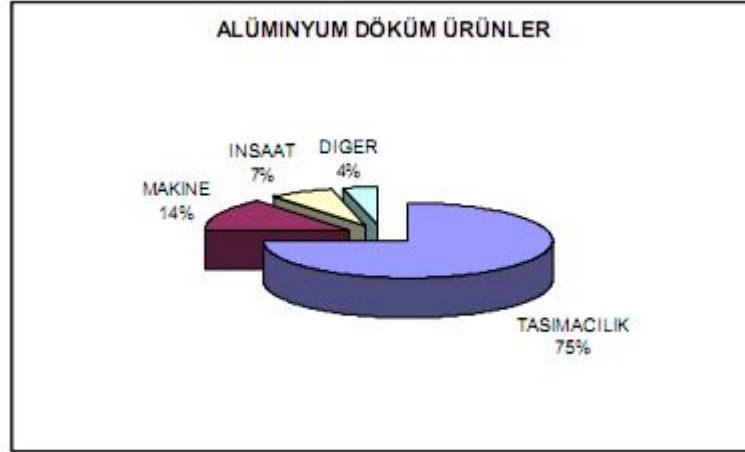
European Aluminium Association, "Market Development 2004" verilerine göre Avrupa Alüminyum Birliğinin 2004 yılında Alüminyum üretimi taşımacılık sektöründe önemli yer almaktadır. Şekil 4.1, şekil 4.2 ve şekil 4.3'görüldüğü gibi üretilen alüminyum döküm ürünlerin %75'i, alüminyum ekstrüzyon ürünlerin %19'u ve alüminyum hadde ürünlerin %15'i taşımacılık sektöründe kullanılmaktadır (Özcömert, 2006).



Şekil 4.1. Alüminyum ve alaşımlarının ekstrüzyon ürün olarak kullanıldığı alanlar.



Şekil 4.2. Alüminyum ve alaşımlarının haddelenmiş ürün olarak kullanıldığı alanlar.



Şekil 4.3. Alüminyum ve alaşımlarının döküm olarak kullanıldığı alanlar.

4.5. OTOMOTİV ENDÜSTRİSİNDE ALÜMİNYUM

Alüminyum, dünya üzerinde en çok bulunan 3. elementtir. Günden güne kaynakları azalmakta olan Dünyamızda %8 oranında bulunan alüminyumun, yapısal özellikleri de dikkate alınarak alüminyum alaşımları halinde yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Alüminyum ve otomotiv endüstrileri, en yaygın hafif metalin, taşıtlarda kullanımında ortak bir tarihe sahiptirler. Bu ortak tarihin sonucunda günümüzde ortalama bir otomobil çok çeşitli alüminyum parçalar içermektedir. Bunların başında döküm yöntemiyle üretilen silindir kapakları, dişli kutuları, jantlar, levha ve ekstrüzyon yöntemiyle imal edilen radyatörler, tamponlar, koltuk rayları, yan çarpma çubukları gibi parçalar gelmektedir. Bu parçaların bir araçtaki ortalama ağırlığı 100 kg civarındadır (toplam ağırlığın %10'u). Ağırlıktaki her 100 kg azalma 100 km'de 0,6 litre daha az yakıt tüketimi sağlar. Daha az yakıt tüketimi aynı zamanda daha düşük egzoz emisyon değeri ve çalışma maliyeti demektir. Alüminyum emniyet, konfor ve güvenilirlikten ödün vermeden ağırlık azalımı için anahtar bir malzemedir.

Düşük özgül ağırlığı ve yüksek mukavemeti sayesinde alüminyumun yaygın olarak kullanımı orta sınıf bir otomobilde yaklaşık 300 kg ağırlık düşüşü sağlayabilir. Bu oran, aracın toplam ağırlığının %30'una denk gelmektedir. Hafiflik özelliğinin yanında alüminyum malzeme, boyasız veya kaplamasız olsa bile sudan ve yol tuzlarından kaynaklanan korozyona karşı dayanıklıdır (Eker, 2008).

4.5.1. Pistonlar

Bir silindir içine hassas olarak uyarak ileri-geri hareket eden silindirik veya disk Şeklinde parçadır. Motor, pompa ve kompresör gibi makinelerde silindirden dıŐarı uzanan (biyel) piston koluna bağlı olarak kullanılır. Bir otomobil motorunda yakıt-hava karıŐımı silindir içinde ateŐlendiėinde geniŐleyen gazlar pistonu aŐaėıya iterek piston koluna (biyel) bağlı olan krank milini dōndürür. Bu buhar makinesinde, yüksek basınçlı buhar silindirin bir ucundan girerek pistonu iter. Bu ilerleme hareketi pistonu bağlı krank-biyel mekanizması yardımıyla dōnme hareketine çevrilir. Bu pompada piston elle veya bir makine ile hareket ettirilerek su veya sıvıların hareket ettirilmesinde veya yükseğe basılmasında kullanılır. Bir kompresörde makine veya motor pistonu çalıŐtırarak silindir içindeki hava veya diğer gazların daha yüksek bir basınçta sıkıŐtırılmasını sağlar.

Çalışma Şartları göz önüne alındığında, düşük ağırlık, yüksek dayanım, iyi ısı iletkenliği, düşük ısı genleŐmesi, iyi hareket özelliği, aşınmaya karşı yüksek oranda dayanıklılık istendiğinden aranan özelliklerin bir kısmı alüminyum-silisyum alaşımı ile yerine getirilir. Alüminyumun avantajları olan düşük ağırlık, iyi ısı iletkenliği ve korozyona karşı dayanıklılığı ve silisyumun avantajları olan dayanım ve aşınmaya karşı direnç ile artırılır. Dōrt zamanlı benzinli motor pistonları için % 12 silisyum içeren alüminyum-silisyum alaŐımını kullanılır. En çok kullanılan alaşım ise AlSi12CuNi'dir (Gedikli, 2010).

BÖLÜM 5

METERYAL VE METOD

5.1. DENEY MALZEMESİ VE ÖZELLİKLERİ

Bu çalışmada ticari Etial 145 alüminyum-silisyum alaşımı deney malzemesi olarak kullanılmıştır. Deneyde kullanılan Etial 145 alaşımının kimyasal analizi, Oxford instruments ARC-MET 8000 model argon gazı ile ölçüm yapabilen kimyasal analiz cihazı ile yapılmıştır. Deney malzemesinin kimyasal bileşimi Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Deney malzemesinin kimyasal bileşimi.

Üretici Firma Normu	% Ağırlık									
	Fe	Si	Cu	Mn	Mg	Zn	Ni	Ti	Pb	Sn
Etial 145	0,26	15,64	1,14	0,13	0,93	0,03	0,95	0,09	0,02	0,02

5.1.1. Deney Malzemelerinin Hazırlanması

Deney malzemesi olarak kullanılan ticari Etial 145, üretici firmadan külçe olarak temin edilmiştir. Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Döküm Atelyesinde mevcut olan bir elektrik direnç fırınında ergitilen ve ön alaşımlanan numuneler 250 mm x Ø50 mm boyutlarındaki kokil kalıba dökülmüştür. Bu yöntemle 5 adet deney numunesi hazırlanmıştır. Etial 145 ana malzemeye ergitme işlemi esnasında Ni ve Zn elementleri de ilave edilmiştir.

5.1.1.1. Deney Malzemelerine Uygulanan Isıl İşlemler

Dökülen 5 adet deney malzemesinin her biri oda sıcaklığından 520 °C'ye kadar fırın içerisinde çıkarılmış ve bu sıcaklıkta 6 saat bekletildikten sonra fırın içerisinde bırakılarak oda sıcaklığına soğuması beklenmiştir. Bu şekilde dökülmüş malzemeler homojenleştirilmiştir.

Homojenleştirilen deney malzemelerinden dört tanesi 500 °C'de 6 saat süreyle çözeltiye alınmış ve akabinde oda sıcaklığındaki suda hızlı soğutulmuştur. Çözeltiye alınan ve hızlı soğutulan bu numunelerden her biri yaşlandırma işlemine tabi tutulmuştur. Çözeltiye alma işleminden sonra ve yaşlandırma işleminden önce deney malzemeleri derin dondurucu içerisinde tutulmuştur. Yaşlandırma işlemleri 150, 165, 180 ve 195°C sıcaklıklarda 8 saat süreyle gerçekleştirilmiştir. Yalnızca homojenleştirilen numune 1 nolu, 150 °C'de yaşlandırılan numune 2 nolu, 165 °C'de yaşlandırılan numune 3 nolu, 180 °C'de yaşlandırılan numune 4 nolu ve 195 °C'de yaşlandırılan numune de 5 nolu numune olarak isimlendirilmiştir. Deney malzemeleri ve uygulanan ısıl işlemler Çizelge 5.2'de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Deney malzemeleri ve uygulanan ısıl işlemler.

Numune No	Uygulanan Isıl İşlem / Isıl İşlemler
1	Homojenleştirme
2	Homojenleştirme + Çözeltiye Alma + 150 °C'de Yaşlandırma
3	Homojenleştirme + Çözeltiye Alma + 165 °C'de Yaşlandırma
4	Homojenleştirme + Çözeltiye Alma + 180 °C'de Yaşlandırma
5	Homojenleştirme + Çözeltiye Alma + 195 °C'de Yaşlandırma

Isıl işlemleri yapılan numunelerin her iki ucundan yaklaşık olarak 5 cm'lik kısımlar döküm hatalarını en aza indirmek için kesilerek atılmıştır. Bu numunelerin torna tezgahında alınları düzeltilmiş ve bir tarafına punta deliği açılmıştır.

5.1.1.2. İşleme Deneyleri

İşleme deneyleri torna tezgahında kanal açma yöntemiyle yapılmıştır. Silindirik Etial 145 deney malzemeleri Taksan TTC-630 CNC torna tezgahına ayna-punta arasında bağlanmıştır. Taksan TTC- 630 CNC torna tezgahının iş mili değişken kademesiz hıza sahip olup 4000 dev/dak'ya kadar çıkabilmektedir ve gücü de 10 kW'tır. Deneyler öncesinde iş parçası yüzeyinden bir dış yüzey işleme takımıyla 0,5 mm derinliğinde talaş kaldırılarak iş parçasındaki muhtemel salgı giderilmiştir. Deneyler soğutma sıvısı kullanılmadan Çizelge 5.3'de verilen işlem parametrelerinde yapılmıştır. Her bir deneyde deney malzemeleri üzerinde 8 mm (yarıçapta) derinliğinde kanal açılmıştır. Bütün deneyler 0,1 mm/dev ilerleme hızında yapılmıştır. Her bir deney parçası üzerinde 4 farklı kesme hızında (200, 240, 280 ve 320 m/dk) 4 kanal açılmıştır. Toplam olarak 20 işleme deneyi yapılmıştır. Kesme hızı kesici takım üretici firmanın önerileri doğrultusunda seçilmiştir. Torna tezgahı devir sayıları ortalama çap (iş parçası çapı – kanal derinliği) dikkate alınarak belirlenmiştir.

Çizelge: 5.3. İşleme parametreleri.

Deney Malzemesi	Deney No	İlerleme Hızı (mm/dev)	Kesme Hızı (m/dak)
1	1	0,1	200
	2	0,1	240
	3	0,1	280
	4	0,1	320
2	5	0,1	200
	6	0,1	240
	7	0,1	280
	8	0,1	320
3	9	0,1	200
	10	0,1	240
	11	0,1	280
	12	0,1	320
4	13	0,1	200
	14	0,1	240
	15	0,1	280
	16	0,1	320
5	17	0,1	200
	18	0,1	240
	19	0,1	280
	20	0,1	320

Kesici takım olarak Sandvik Firması tarafından ticari kalitede üretilen N151.2-300-5E kodlu sementit karbür kesici takımlar kullanılmıştır. Kesici takımlar ISO kalite sınıfında K20'ye karşılık gelmektedir ve üretici firma tarafından demir dışı metallerin işlenmesi için tavsiye edilmiş olup H13A şeklinde kodlanmıştır. RF 151 2320 20 3 0 kodlu bir takım tutucuya kesici takımlar rijit bir şekilde bağlanmıştır.

Açılan kanallar, yan yüzeylerine zarar verilmeden testere yardımıyla kesilerek 20 adet parça yüzey pürüzlülük ölçümü için elde edilmiştir. İşlenmiş yüzeyler üzerinde

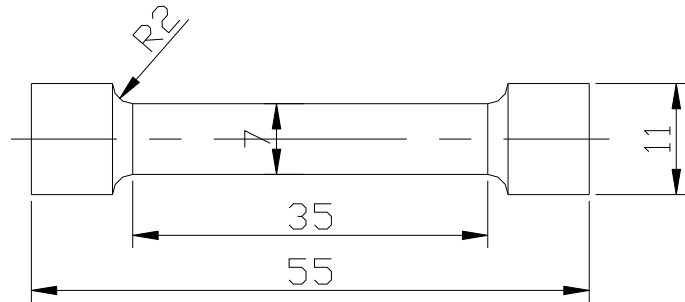
yüzeý pürüzlüüğü ölçümleri için Marsurf PS1 yüzeý pürüzlüüklük ölçüm cihazı kullanılmıştır. Ölçümler için cut-off uzunluğu 0,8 mm ve örnekleme uzunluğu da 5 mm olarak alınmıştır. Her bir yüzeý üzerinde üç adet ölçüm gerçekleştirilmiştir. Yüzeý pürüzlüüğü olarak ortalama yüzeý pürüzlüüklük değeri (Ra) dikkate alınmıştır.

5.1.2. Sertlik Ölçümleri

Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Metal Eğitimi Bölümü Döküm Anabilim Dalı Atelyesinde bulunan AFFRİ VRSD 251 model üniversal sertlik ölçüm cihazı ile Brinell sertlik ölçeğinde deney malzemelerinin sertliğı ölçülmüştür. Sertlik ölçme işlemi öncesinde deney malzemelerinin yüzeýleri sertlik ölçümü için hazır hale getirilmiştir. Ölçümler 2,5 mm çapında bilye kullanılarak HB 30 kalitesinde 31,25 N/mm² gerilim altında gerçekleştirilmiştir. Her bir deney malzemesi üzerinde 5 sertlik ölçme işlemi gerçekleştirilmiştir. Şekil 6.1 verilen değerkler 5 ölçümün ortalamasıdır.

5.1.3.Çekme Deneyi

Deney malzemelerinden hazırlanan çekme deney numuneleri, Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Metal Eğitimi Anabilim Dalı Laboratuvarlarında bulunan 50 kN'lu Shimadzu marka bir çekme deney cihazında çekme deneyine tabi tutulmuştur. Çekme deneyi ile ısıll işlemlerin çekme dayanımlarına etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Deneyler 2 mm/dk çekme hızında yapılmıştır. Şekil 5.1'de deney numunesinin boyutları gösterilmektedir. Her bir deney malzemesinden dörder adet hazırlanmıştır.



Şekil 5.1. Çekme deney numunesi.

BÖLÜM 6

DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Demir dışı alaşımlara uygulanan ısı işlemler, bu malzemelerin mekanik özelliklerini ve işlenebilirliğini kontrol eden en önemli faktörlerden bir tanesidir. Çözeltiye alma ve yaşlandırma işlemlerinin sıcaklıkları ve süreleri optimize edilerek bu malzemelerin dayanım ve sertliği belirli sınırlar dahilinde arzu edilen değerlere getirilebilir (Demir, Gündüz, 2009). Yüksek oranlarda silisyum içeren Al-Si alaşımları da bu ısı işlemlerin sıklıkla uygulandığı alaşımlardır.

Çizelge 5.2’de gösterildiği şekliyle 1 nolu deney malzemesi yalnızca homojenleştirme ısı işlemine tabi tutulmuş malzemeye, 2, 3, 4 ve 5 nolu deney malzemeleri ise homojenleştirilmiş, akabinde çözeltiye alınıp oda sıcaklığındaki su içersinde hızlı soğutulmuş ve sırasıyla 150, 165, 180 ve 195°C sıcaklıklarda yaşlandırılmış malzemelere karşılık gelmektedir. Dolayısıyla bu bölümde malzemeler 1, 2, 3, 4 ve 5 şeklinde isimlendirilecektir.

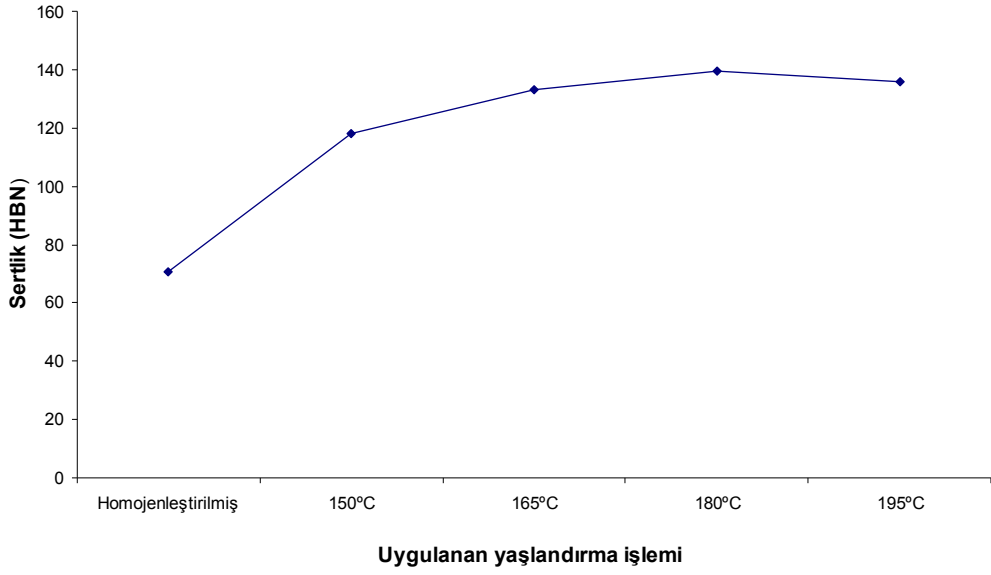
6.1. SERTLİK

Sertlik malzemelerin işlenebilirliğini etkileyen en önemli metalurjik parametrelerden bir tanesidir (Demir, Gündüz, 2009). Malzemelerin sertliklerinin yüksek olması çoğunlukla işlenebilirliklerinin zor olmasının nedenidir. Yüksek sertlik genellikle hızlı takım aşınması ve yüksek kesme kuvvetlerine neden olur. Ancak, alüminyum alaşımları çoğunlukla bu kuralın dışındadır (Jorstad, 1980). Alüminyum alaşımlarında sertlik arttıkça genellikle kesme kuvvetleri düşer ve pürüzlülük değeri daha düşük olan yüzeyler elde edilir. Kesme kuvvetlerinin düşmesi ikinci deformasyon bölgesinde (takım talaş arayüzeyi) temas alanının azalmasının bir sonucudur. Yüzey pürüzlülük değerinin düşmesinin nedeni ise artan sertlikle malzemenin sünekliğinin azalmasıdır.

Çizelge 6.1 deney malzemelerinden elde edilen sertlik sonuçlarını gösterilmektedir. Şekil 6.1 ise sertlik sonuçlarını grafik olarak göstermektedir. Sertlik ölçümü sonuçlarından en düşük sertlik değerinin 1 nolu deney malzemesine (homojenleştirilmiş) ait olduğu ve en yüksek sertlik değerinin ise 4 nolu (180 °C’de yaşlandırılmış) deney malzemesine ait olduğu görülmektedir. Yapılan çözeltiye alma, oda sıcaklığındaki su içerisinde hızlı soğutma ve yaşlandırma ısıl işlemleriyle sertlikte yaklaşık olarak iki kat bir artış sağlanmıştır. Çizelge 6.1 ve Şekil 6.1’den 180 °C’ye kadar sertliğin artan yaşlandırma sıcaklığı ile önemli derecede arttığı ve bu sıcaklıktan daha yüksek sıcaklık değerinde ise düştüğü görülmektedir.

Çizelge 6.1. Deney malzemelerinin sertlik değerleri.

	Brinel Sertlik Değerleri (N/mm ²)				
	1 nolu deney malzemesi	2 nolu deney malzemesi	3 nolu deney malzemesi	4 nolu deney malzemesi	5 nolu deney malzemesi
1. Ölçüm Değeri	72,3	116,9	132,1	137,9	132,3
2. Ölçüm Değeri	67,6	112,6	129,2	137,1	135,0
3. Ölçüm Değeri	73,5	118,7	129,4	135,8	133,0
4. Ölçüm Değeri	71,0	117,4	134,9	142,6	139,4
5. Ölçüm Değeri	69,8	124,1	140,0	144,9	140,5
ORTALAMA	70,8	117,9	133,1	139,7	136,0



Şekil 6.1. Deney malzemelerinin sertlik değerleri.

Sertlikteki artış, malzeme içerisinde yaşlandırma ısıl işlemiyle oluşturulan ikinci faz parçacıkların (çökelekler) dislokasyonların hareketini engellenmesiyle açıklanabilir. Farklı sıcaklıklarda yapılan yaşlandırma işlemleriyle oluşturulan ikinci faz parçacıklar malzemenin sertliğini artırmada farklı oranda etki yapmıştır. Sertlikteki artış en fazla 180°C sıcaklıkta yapılan yaşlandırma işlemiyle elde edildiği için bu sıcaklıkta oluşturulan ikinci faz parçacıkların boyutunun ve dağılımının bu malzeme için en ideal parçacık morfolojisi olduğu düşünülmektedir. Ancak, 195°C sıcaklıkta yapılan yaşlandırma işleminde sertlikteki düşüş nedeniyle aşırı yaşlanma gerçekleştiği düşünülmektedir.

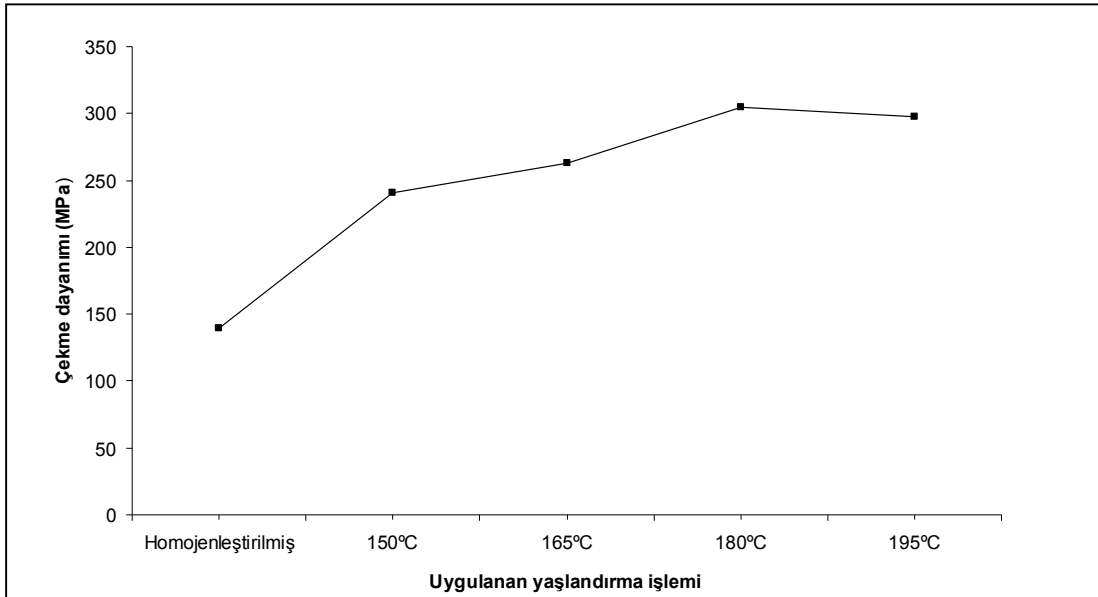
6.2. ÇEKME DAYANIMI

Deney Malzemelerin çekme deneyi sonuçları Çizelge 6.2 ve Şekil 6.2’de deney malzemelerinin çekme dayanımı değerleri (UTS) gösterilmiştir. Elde edilen çekme dayanımı değerlerinin sertlikle aynı eğilim sergilediği görülmektedir (Şekil 6.1 ve şekil 6.2). Çözeltiye alma ve yaşlandırma ısıl işlemine tabi tutulmamış deney malzemesinin çekme dayanımı en düşük ve 180°C’de yaşlandırılmış deney malzemesinin çekme dayanımı da en yüksek bulunmuştur. Malzemelerin sertliğini artıran mekanizmanın (dislokasyonların hareketini engelleyen ikinci faz parçacıklar)

çekme dayanımını da artırdığı düşünülmektedir. 180°C’de yaşlandırılma ile oluşturulan ikinci faz parçacık boyutu ve dağılımının bu malzemenin dayanımını artırmada en ideal morfoloji olduğu söylenebilir.

Çizelge 6.2. Deney malzemelerinin çekme dayanımı değerleri.

	Çekme dayanımı (MPa)				
	1 nolu numune	2 nolu Numune	3 nolu numune	4 nolu numune	5 nolu numune
1. Deney	141,088	233,199	238,843	311,972	288,293
2. Deney	136,510	244,960	299,777	295,633	323,298
3. Deney	151,743	233,199	245,197	307,626	301,724
4. Deney	128,064	249,814	267,613	304,237	276,513
ORTALAMA	139,351	240,293	262,858	304,867	297,457



Şekil 6.2. Deney malzemelerinin çekme dayanımı değerleri.

6.3. İŞLENMİŞ YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ

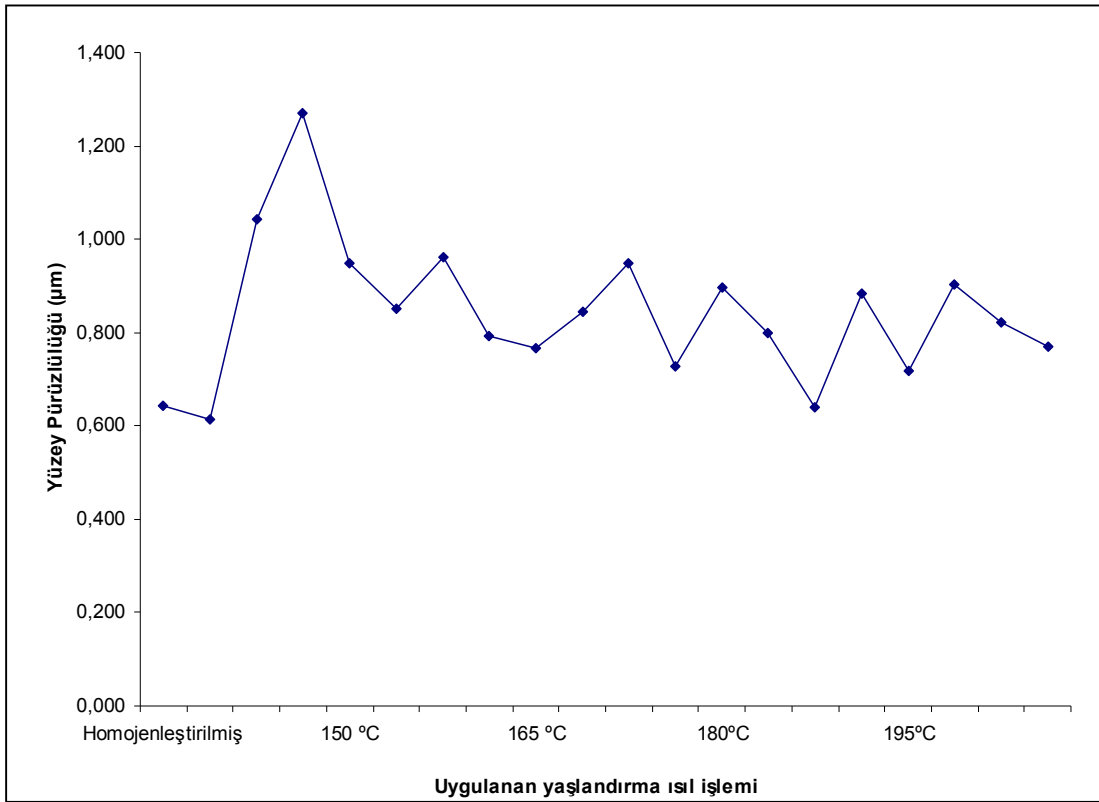
İşlenmiş yüzeylerin ortalama yüzey pürüzlülük değerleri ve bu değerlerin ortalaması (R_a) Çizelge 6.3’de verilmektedir.

Çizelge 6.3. Deney parçalarının yüzey pürüzlülük ölçüm değerleri.

NUMUNE NO	DENEY NO	R_a (μm)			
		1.ÖLÇÜM	2.ÖLÇÜM	3.ÖLÇÜM	ORTALAMA
1	1	0,627	0,700	0,599	0,642
	2	0,577	0,588	0,672	0,612
	3	0,956	1,054	1,119	1,043
	4	1,174	1,364	1,272	1,270
2	5	0,989	1,159	0,696	0,948
	6	0,965	0,720	0,865	0,850
	7	0,675	1,295	0,914	0,961
	8	0,907	0,791	0,675	0,791
3	9	0,673	0,798	0,833	0,768
	10	0,800	0,761	0,972	0,844
	11	1,075	0,967	0,800	0,947
	12	0,744	0,749	0,694	0,729
4	13	0,806	0,932	0,956	0,898
	14	0,783	0,919	0,697	0,800
	15	0,697	0,572	0,653	0,641
	16	0,808	0,822	1,028	0,884
5	17	0,750	0,701	0,702	0,718
	18	0,974	0,861	0,873	0,903
	19	0,756	0,841	0,869	0,822
	20	0,818	0,804	0,692	0,771

Şekil 6.3 ise ortalama yüzey pürüzlülük değerlerini grafik olarak vermektedir. Bu şekilde verilen değerler dörtlü gruplar şeklinde her bir numune için sırasıyla 200,

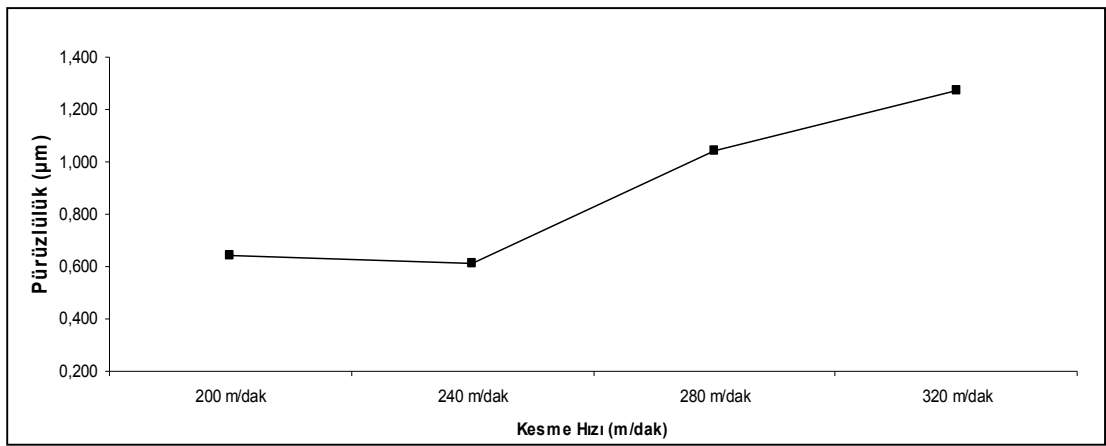
240, 280 ve 320 m/dk kesme hızlarında elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerine karşılık gelmektedir. Şekil 6.3'ten yaşlandırılmamış numunenin (yalnızca homojenleştirilmiş) işlenmesi sonucu elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinin kesme hızına bağlı olarak önemli derecede değiştiği görülmektedir. Homojenleştirilmiş malzemenin 240 m/dk kesme hızında işlenmesi sonucu elde edilen yüzey pürüzlülük değeri 0,612 μm iken 320 m/dk kesme hızında elde edilen değer iki kattan fazla bir artış göstererek 1,270 μm 'ye çıkmaktadır. Yaşlandırılmış numunelerde ise yaşlandırılmamış numunede olduğu kadar yüzey pürüzlülük değerlerinin kesme hızından fazla etkilenmediği görülmektedir. Artan yaşlandırma işlemi sıcaklığı ile yüzey pürüzlülüğü değerlerinde az da olsa bir düşüş görülmektedir.



Şekil 6.3. Uygulanan ısı işlemine göre yüzey pürüzlülük değişim grafiği.

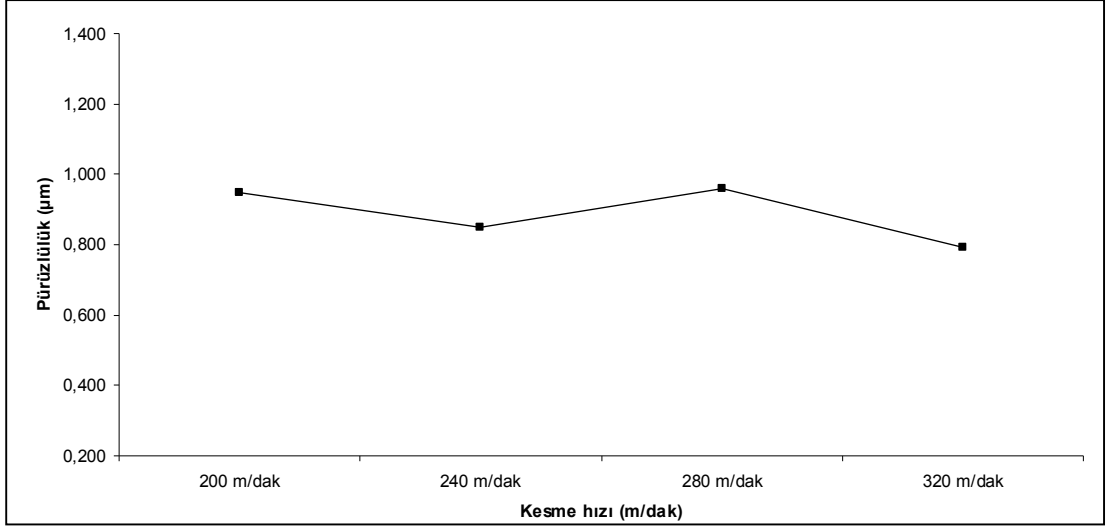
Şekil 6.3, 6.4, 6.5, 6.6 ve 6.7'de her bir deney numunesi için elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri kesme hızına bağlı olarak verilmektedir. Homojenleştirme ısı işlemi uygulanmış malzemede işlenmiş yüzeylerin pürüzlülük değerinin fazla olması bu malzemenin düşük sertliğinden dolayı yüksek sünekliğine atfedilebilir. Ayrıca,

yüzey pürüzlülük değerinin kesme hızına bağlı olarak önemli derecede farklılık göstermesi de bu malzemenin yüksek sünekliğine atfedilebilir. Yüksek süneklik işleme esnasında yığıntı oluşumunu teşvik ettiği için hem yüzey pürüzlülüğü yüksek çıkar hem de yığıntı talaşın kararsız yapısından dolayı elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri önemli derecede farklılık gösterebilir. Yığıntı talaşın işleme esnasında oluşumu ve kırılması sürekli tekrar eder. Bu durum da aynı işleme şartlarında olsa bile elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri arasındaki farkın büyük olmasına neden olur.

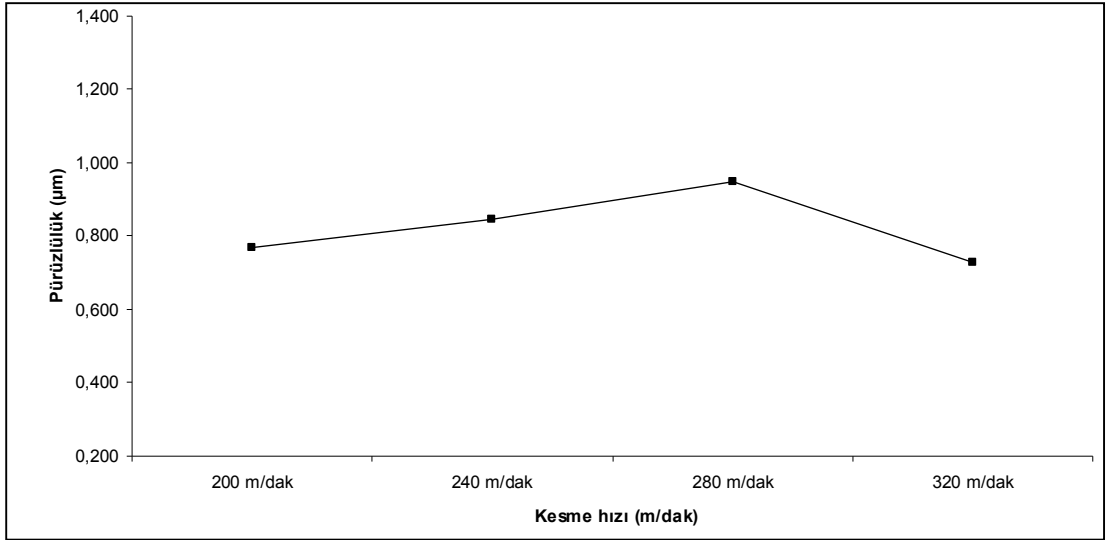


Şekil 6.4. Homojenleştirilen deney malzemesinin kesme hızına göre pürüzlülük değişim grafiği.

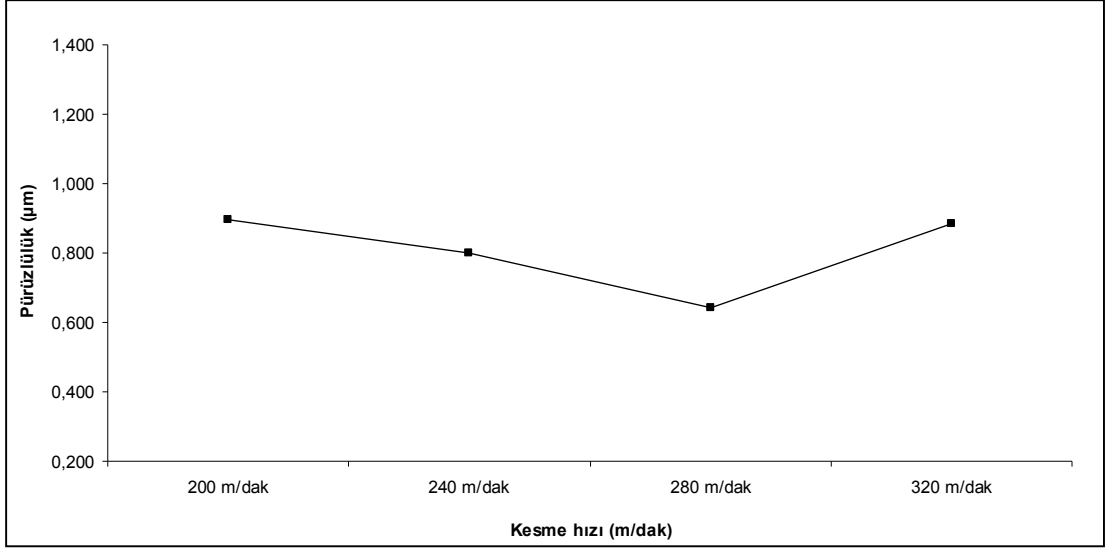
Şekil 6.5, 6.6, 6.7 ve 6.8 incelendiğinde yaşlandırılmış numunelerin işlenmesi sonucu elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri kesme hızına bağlı olarak çok fazla bir değişiklik göstermediği görülmektedir. Ortalama yüzey pürüzlülük değerleri 0,7 – 1,0 µm aralığında değişmektedir. Normalde olarak düşük kesme hızlarında yüzey pürüzlülüğünün yüksek olması beklenir ve kesme hızındaki artışla da yüzey pürüzlülük değeri belirli bir hız değerine kadar düşer. Ancak, yapılan bu çalışmada gerçekleştirilen işleme biçimi kanal açmadır. Kanal açma ve vida açma işlemleri diğer tornalama işlemlerine göre biraz daha karmaşık ve zordur. Bu işlemlerde kesici takım birden fazla yüzeyden kesme yaptığı için ve çıkan talaşların işlenmiş yüzeyle etkileşim ihtimali fazla olduğu için yüzey pürüzlülük değerlerinin kesme hızına göre belirli bir eğilim sergilememesi normal karşılanabilir.



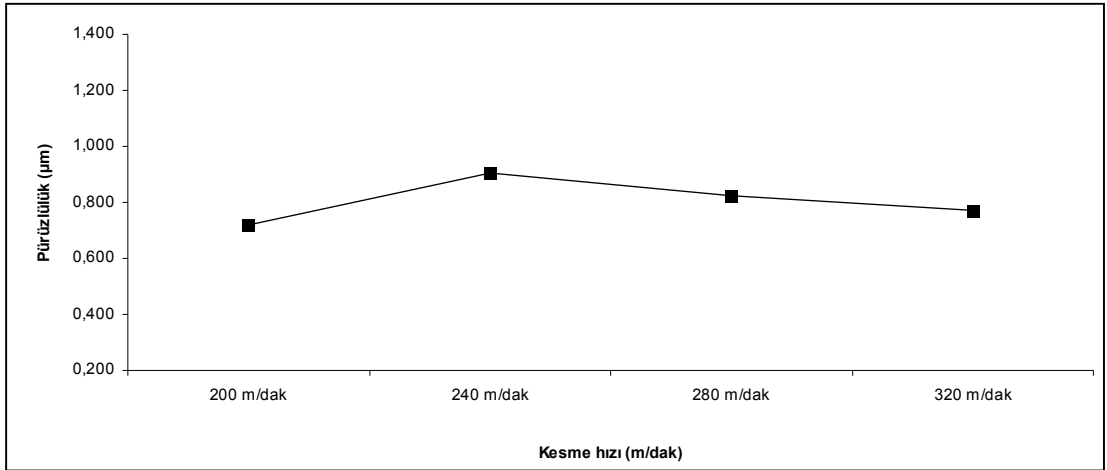
Şekil: 6.5. 150 °C’de yaşlandırılmış deney malzemesinin kesme hızına göre pürüzlülük değişim grafiği.



Şekil 6.6. 165 °C’de yaşlandırılmış deney malzemesinin kesme hızına göre pürüzlülük değişim grafiği.



Şekil 6.7. 180 °C’de yaşlandırılmış deney malzemesinin kesme hızına göre pürüzlülük değişim grafiği.



Şekil 6.8. 195 °C’de yaşlandırılmış deney malzemesinin kesme hızına göre pürüzlülük değişim grafiği.

BÖLÜM 7

SONUÇ

Bu çalışmada külçe halindeki Etial 145 alüminyum-silisyum alaşımı (piston malzemesi) malzemedan döküm yöntemiyle silindirik parçalar üretilmiştir. Üretilen parçalar homojenleştirme işleminden sonra 500 °C'de 6 saat süreyle çözeltilmiş ve akabinde de oda sıcaklığındaki suda hızlı soğutulmuştur. Çözeltilmeye alınan ve hızlı soğutulan bu numuneler 150, 165, 180 ve 195 °C sıcaklıklarda 8 saat süreyle yaşlandırma işlemine tabi tutulmuştur. Bu malzemeler üzerinde tornalama yöntemiyle kanal açma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu çalışmalardan aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- ✓ Uygulanan yaşlandırma işlemi Etial 145 alaşımının sertliğini ve çekme dayanımını önemli derecede artmıştır. Homojenleştirilmiş numunenin sertliği yaklaşık olarak 71 HBN iken 180 °C'de yaşlandırılmış numunenin sertliği 140 HBN olarak bulunmuştur. Benzer şekilde homojenleştirilmiş numunenin çekme dayanımı yaklaşık olarak 139 MPa iken 180 °C'de yaşlandırılan numunenin çekme dayanımı 305 MPa olarak bulunmuştur.
- ✓ Yaşlandırma süresinin 180 °C'ye kadar artırılmasıyla sertlik ve çekme dayanımı değerleri artan yaşlandırma sıcaklığı ile artmıştır. Bu sıcaklık değerinden sonra ise her iki değerinde de bir miktar düşüş görülmüştür. 180 °C yaşlandırma sıcaklığında bu malzeme için ideal ikinci faz parçacık boyutu ve dağılımının gerçekleştiği sonucu çıkarılmıştır. Sıcaklığın daha fazla artmasıyla aşırı yaşlanma meydana geldiği ve dayanım ve sertlik değerlerinin bir miktar düştüğü görülmüştür.
- ✓ Genel olarak en yüksek yüzey pürüzlülük değeri homojenleştirilmiş numunede görülmüştür. Bu durum bu malzemenin yüksek sünekliği ile açıklanmıştır.

- ✓ Artan sertlikle birlikte yüzey pürüzlülük değerlerinde bir miktar azalma görülmüştür. Ancak, önemli derecede bir azalma görülmemiştir.
- ✓ Kesme hızına bağlı olarak yüzey pürüzlülük değerlerinde belirgin bir eğilim görülmemiştir. Bu durum kanal açma işleminin karmaşık oluşu ile açıklanmıştır.

KAYNAKLAR

Alan, S., “Alüminyum raporu”, *Orta Anadolu İhracatçı Birlikleri Genel Sekreterliği Seminer Notları*, Ankara, 4-5 (2008).

Atakök, G., “Kesme kuvvetleri, sıcaklık, titreşim, ses ve yüzey pürüzlülüğün ölçülmesi, optik-koordinat ölçme, tersine mühendislik ders notları”, *Marmara Üniversitesi Makine Eğitimi Bölümü*, İstanbul, 1-20, (2003).

Ardakan, A.H., Liua,X., Ajerscha, F. and Grant C. X., “Wear behaviour of hypereutectic Al–Si–Cu–Mg casting alloys with variable Mg contents”, *Wear* 269:684–692 (2010).

Bhowmick, S. and Alpas, T.A., “Minimum quantity lubrication drilling of aluminium– silicon alloys in water using diamond-like carbon coated drills”, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 48:1429-1443 (2008).

Castro,G., Almedia, F.A., Oliveria, F.J, Fernandes, A.J.S, Sacramento,J. and Silva, R.F., “Dry machining of silicon–aluminium alloys with CVD diamond brazed and directly coated Si₃N₄ ceramic tools”, *Vacuum*, 82:1407-1410 (2008).

Çiftçi, İ., “Alüminyum esaslı kompozitlerde takviye oranı ve boyutunun mekanik özellikler ve işlenebilirlik üzerine etkisinin araştırılması”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Bölümü*, Ankara, 31, 37-39 (2003).

Çiftçi, İ., “Kesici takımlar ve kesme teorisi ders notları”, *Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi*, Karabük, 1-30 (2007).

Demir,H., “Yüzey pürüzlülüğü ölçme yöntemleri ve Mukayesi”, *Karabük Üniversitesi Teknoloji Dergisi*, 6:1-2, 79-92 (2003).

Demir, H. ve Gündüz S., “The effects of aging on machinability of 6061 aluminium alloy”, *Metarials and Design*, 30:1480-1483, (2009).

Demir, E., “Alüminyum alaşımlarında ısıl işlem etkilerinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Bölümü, Enerji Anabilim dalı*, İzmir, 6-9 (2008).

Dursun, M., “Tornada kesme ve kanal açma işlemleri”, Lisans Tezi, *Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Anabilim Dalı*, Karabük, 11-15 (2009).

Dwivedi, D.K., Sharma,A. and Rajan, T.V., “Machining of LM13 and LM28 cast aluminium alloys: Part I”, *Journal Of Materials Processing Technology*, 196:197–204 (2008).

Ensarioğlu,C., “Talaşlı imalat işlemlerinde kesme parametrelerinin belirlenmesi için bir uzman sistem yaklaşımı”, Yüksek Lisans Tezi, *Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilimdalı*, Bursa,1-15 (2007).

Eker, A.A., “Al ve alaşımları ders notları”, *Yıldız Teknik Üniversitesi Ders Notları*, 1-16 (2008).

Gavas,M., “Talaş kaldırma teorileri ve talaşlı imalatta sert metal uçların optimizasyonu”, Yüksek Lisans Tezi, *Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Bölümü*, Kütahya, 1 (1995).

Gedikli, E., “Otomotiv sektöründe kullanılan pistonlar ve üretimi”, Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Anabilim Dalı*, Karabük, 5-10 (2010).

Gürleyik, Y., “Alüminyum ve alüminyum alaşımları-2”, *Mühendis ve Makine Dergisi*, 403:16-22, (1993).

Groover, M.P., “Fundamentals of modern manufacturing – Materials, processes and systems”, *Prentice-Hall Inc.*, New Jersey 220-639 (1996).

Jorstad J., “Influence of aluminum casting alloy metallurgical factors on machinability”, *Society of Automotive Engineers*, Warredale, PA, 400: 15, (1980).

Kurt, H., Salman, S. ve Yükler, A.İ., “Alüminyum alaşımlarında değişen silisyum miktarının talaş kaldırma kabiliyetine etkisi”, *Makine Mühendisleri Denizli Şubesi Bilim Günleri*, Denizli, 574 (1999).

Ming, Y.W. and Hung, Y.C., “Experimental study of surface roughness in slot end milling AL2014-T6”, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 44:51-57 (2004).

Maleki A., “Effect of squeeze casting parametres on density, macrostructure and hardness of LM13 alloy”, *Metarials science and engineering*, A 428:135-140 (2006).

Neşeli, S., “Tornalama da takım geometrisi ve tırlama titreşimlerini yüzey pürüzlülüğüne etkileri”, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilimdalı*, Konya 34-36, 49-51 (2006).

Nouari, M., List, G., Giro, F. and Coupard, D., “Experimental analysis and optimisation of tool wear in dry machining of aluminium alloys”, *Wear*, 255:1359-1368 (2003).

Oğuz, B., “Demir dışı metallerin kaynağı”, *Oerlikon Yayını*, 2 (1990).

Önder, A. “Silindirik parçaların tornalanmasında elde edilen yüzey yürüzlülüğünün aşınmaya etkisi”, *Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı*, Sivas, 1-30 (1993).

Özses, B., “Bilgisayar sayısal denetimli takım tezgahlarında değişik işleme koşullarının yüzey pürüzlülüğüne etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Mimarlık Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 17 (1); 57-59 (2002).

Özcömert, M., “Otomativ endüstrisinde alüminyum”, *İstanbul Ticaret Odası Eğitim Notları*, İstanbul, 3-6 (2006).

Özçatalbaş, Y. ve Aydın, B., “Mekanik özellik ve kesme geometrisinin aa2014 alaşımının işlenebilme özelliklerine etkileri”, *Gazi Üniv. Müh.Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 21(1): 1, 21-27 Ankara (2006).

Roy,P., Sarangi,S.K., Ghosh, A. and Chattopadhyay, A.K., “Machinability study of pure aluminium and Al–12% Si alloys against uncoated and coated carbide inserts”, *Int.Journal of Refractory Metals & Hard Metarials*, 27:535-544 (2009).

R.Sharma, “Solutionizing temperature and abrasive wear behaviour of cast Al-Si-Mg alloy”, *Metarials and design*, 28: 1975-1981 (2007).

R.Ashiri, “Effect of casting process on microstructure and tribological behavior of LM13 alloy”, *Journal of alloy and compounds*, 475:321-327 (2009).

Shaw, M.C., “Metal cutting principles”, *Oxford University Press*, Oxford, 1-9 (1989)

Sreejith, P.S., “Machining of 6061 aluminium alloy with MQL,dry and flooded lubricant conditions” *Meterials Letters*, 62:276-278 (2008).

Trent, E.M., “Metal cutting”, *Butterworths Press*, London, 1-171 (1989).

Uzun, G., “Farklı ısıl işlemlerin Ç5140 çeliğın işlenebilirliğine etkisinin incelenmesi”, Bilim Uzmanlığı Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim dalı*, Karabük, 5-15, (2008).

Yalçın, B., “Yüksek hız çeliğinin kesici takım üzerinde yapılan titanyum nitrür kaplamanın kesici takım performansına etkilerinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta, 3 (2002).

ÖZGEÇMİŞ

Adem ÖZYILMAZ, 1970 yılında Karabük'te doğdu. Ortaöğrenimini 1989 yılında Karabük Teknik Lisesi'nde tamamladı. 1994 Yılında Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Talaşlı İmalat Öğretmenliğinden mezun oldu. Milli Eğitim Bakanlığı'na bağlı Yerköy Endüstri Meslek Lisesi ve Darende Çok Programlı Lisesinde Tesviye öğretmeni olarak çalıştı. 2000 yılında istifa ederek özel sektörde çeşitli alanlarda idarecilik ve yöneticilik yaptı. 2009 yılında tekrar memuriyete dönerek Et ve Balık Kurumu Genel Müdürlüğünde Sakarya Et Kombinasi Müdürlüğünde Müdür Yardımcılığı görevini sürdürmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres: Yeni Mahalle Yeni Sakarya Caddesi 2097 Sokak No:4
Erenler Sakarya

Tel: 0 544 675 42 10

e-mail: aoz_4478@hotmail.com