

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MAKARALI PERDAHLAMA İŞLEMİNİN SONLU
ELEMENLAR YÖNTEMİ İLE SİMÜLASYONU**

Mak. Müh. Onur DİNÇKURT

**FBE Makine Mühendisliği Anabilim Dalı İmal Usulleri Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. Mehmet Emin YURCİ

İSTANBUL, 2009

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	iv
KISALTMA LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
ÇİZELGE LİSTESİ	x
ÖNSÖZ	xi
ÖZET	xii
ABSTRACT	xiii
1. GİRİŞ	1
2. MAKARALI PERDAHLAMA İŞLEMİ	2
3. MAKARALI PERDAHLAMA TAKIMLARI VE UYGULAMALARI	3
3.1 İç Ezerek Parlatma Takımları	3
3.1.1 Açık Delik	4
3.1.2 Kör Delik	4
3.2. Dış Ezerek Parlatma Takımları	6
3.2.1 Kademeli Mil	6
3.2.2 Düz Mil	7
3.3 Tek Makaralı Ezerek Parlatma Takımları	7
3.4 Konik ve Düz Ezerek Parlatma Takımları	8
3.5 Özel Takımlar	10
4. PROSESİN AVANTAJLARI	11
4.1 Uygulanabilirlik	11
4.2 İyileştirilmiş Yorulma Dayanımı	13
4.3 Düşük Sürtünme Katsayısı	15
5. PROSESİN DEZAVANTAJLARI	18
5.1 Eksenel Simetriklik	18
5.2 Paso Derinliği	18
5.3 İş Parçası Sertliği	18
6. PROSESİN FİZİĞİ	19
6.1 Yüzey Pürüzlülüğünün Değişimi	33
6.2 Kalıntı Gerilmelerin Değişimi	37

7.	PROSES PARAMETRELERİ	40
7.1	İlerleme	40
7.2	Devir	40
7.3	Paso Sayısı	41
7.4	Paso Derinliği	41
8.	PROSES PARAMETRELERİNİN ETKİLERİ	42
8.1	Yüzey Pürüzlülüğü Üzerinde Proses Parametrelerinin Etkileri	42
8.2	Mikro Sertlik Üzerinde Proses Parametrelerinin Etkileri	51
8.3	Artık Gerilmeleri Üzerinde Proses Parametrelerinin Etkileri	57
9.	YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN ÖLÇÜLMESİ	63
9.1	Yüzey Pürüzlülüğü Parametreleri	64
10.	MAKARALI PERDAHLAMANIN SONLU ELEMANLAR MODELİ	65
10.1	Ön Çalışma	65
10.2	Modelleme	69
11.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	77
	KAYNAKLAR	78
	İNTERNET KAYNAKLARI	80
	ÖZGEÇMİŞ	81

SİMGE LİSTESİ

Al	Alüminyum
Cr	Krom
Cu	Bakır
dev/dk	Dakika başına devir
Fe	Demir
Fmax	Maksimum Kuvvet
m	Metre
max	Maksimum
Mg	Magnezyum
min	Minimum
mm	Milimetre
mm/dev	Devir başına milimetre cinsinden ilerleme
Mo	Molibden
Mn	Mangan
N	Newton
Ni	Nikel
P	Fosfat
Pb	Kurşun
Ra	Yüzey pürüzlülüğü mutlak değerler ortalaması
rpm	Dakika başına devir
S	Kükürt
Si	Silisyum
Sn	Kalay
Ti	Titanyum
V	Vanadyum
Zn	Çinko
Ø	Çap
µm	Mikron

KISALTMA LİSTESİ

AISI	American Iron and Steel Institute
CNC	Computer Numerical Control
HRC	Rockwell Hardness C Scale
HRB	Rockwell Hardness B Scale
HV	Vickers Hardness
rpm	Revolution Per Minute
SEY	Sonlu Elemanlar Yöntemi

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Makaralı perdahlama işleminin şematik gösterimi.....	2
Şekil 3.1 Makaralı perdahlama takımının elemanları (Yamasa, 2008)	4
Şekil 3.2 İç delik ezme takımlarının elemanları (Yamasa, 2008).....	5
Şekil 3.3 İç ezme makaralarının kullanım alanlarına örnek	5
Şekil 3.4 İç ezme makaralarının kullanım alanlarına örnek	6
Şekil 3.5 Dış ezerek parlatma takımı elemanları (Yamasa, 2008).....	7
Şekil 3.6 Tek makaralı ezme takımları	8
Şekil 3.7 Tek makaralı ezme takımlarının kullanım alanlarına örnek	8
Şekil 3.8 Konik ve düz ezerek parlatma takımlarının kullanım alanlarına örnekler	9
Şekil 3.9 Düz ve konik ezerek parlatma takımlarına örnekler.....	9
Şekil 3.10 Özel takımlara örnek (www.ecoroll.com)	10
Şekil 4.1 Klasik bir torna tezgahı üzerinde makaralı perdahlama işlemi (Hamadache vd., 2006).....	11
Şekil 4.2 Nümerik kontrollü bir torna tezgahında makaralı perdahlama örneği.....	12
Şekil 4.3 Manuel bir matkap tezgahında makaralı perdahlama örneği.....	12
Şekil 4.4 Deneyde kullanılan numune parça boyutları (Gardin vd., 2006)	13
Şekil 4.5 Makaralı perdahlama işleminin çatlak boyu üzerindeki etkileri (Gardin vd., 2006)	14
Şekil 4.6 Makaralı perdahlama işleminin çatlak derinliği üzerindeki etkileri (Gardin vd., 2006).....	15
Şekil 4.7 Sürtünme katsayısı ile dikey yönde perdahlama devri arasındaki ilişki (El-Tayeb vd., 2006).....	16
Şekil 4.8 Sürtünme katsayısı ile yatay yönde perdahlama devri arasındaki ilişki (El-Tayeb vd., 2006).....	17
Şekil 4.9 Kuvvet ile sürtünme katsayısı arasındaki ilişki (El-Tayeb vd., 2006).....	17
Şekil 6.1 Talaşlı işleme sonrası parçanın görünümü	19
Şekil 6.2 Talaşlı işleme sonrası yüzey pürüzlülük değeri.....	20
Şekil 6.3 Denemede kullanılan perdahlama düzeneği	21
Şekil 6.4 Makaralı perdahlama sonrası oluşan yüzey	21
Şekil 6.5 Makaralı perdahlama sonrası yüzey pürüzlülük değeri.....	22
Şekil 6.6 Makaralı perdahlama işlemi yarıda durdurularak incelenen parçalar.....	23
Şekil 6.7 Çalışmada kullanılan parçaların teknik resimleri (Maluf vd., 2004).....	24
Şekil 6.8 Çalışmada kullanılan tek makaralı perdahlama takımı (Maluf vd., 2004)	25

Şekil 6.9	Deney düzeneği (Maluf vd., 2004).....	25
Şekil 6.10	Makaralı perdahlama öncesi ve sonrası yüzeylerin yapısı (Maluf vd., 2004).....	26
Şekil 6.11	Elde edilen yüzeyin mikroskop altındaki görünümü (Lur'e vd., 1969)	27
Şekil 6.12	Elde edilen yüzeyin mikroskop altındaki görünümü (Lur'e vd., 1969)	28
Şekil 6.13	Elde edilen yüzeyin mikroskop altındaki görünümü (Lur'e vd., 1969)	28
Şekil 6.14	Elde edilen yüzeyin mikroskop altındaki görünümü (Baca vd., 2004)	29
Şekil 6.15	Çalışmada kullanılan deney düzeneği	30
Şekil 6.16	İşlem öncesi yüzey pürüzlülük değeri	31
Şekil 6.17	Çalışmada kullanılan tek makaralı perdahlama takımı.....	31
Şekil 6.18	Makaralı perdahlama sonrası yüzey pürüzlülüğü	32
Şekil 6.19	Makaralı perdahlama öncesinde ve sonrasında yüzeyin görünümü	32
Şekil 6.20	Makaralı perdahlama işlemi sonucu yüzey pürüzlülüğünün değişimi	33
Şekil 6.21	Taşıma işlemi sonucu yüzey pürüzlülüğünün değişimi	34
Şekil 6.22	Çalışmada kullanılan makaralı ezme düzeneği (Akkurt, 2009).....	35
Şekil 6.23	Matkap ile delme sonrası elde edilen yüzey pürüzlülüğü (Akkurt, 2009).....	35
Şekil 6.24	Tornalama sonrası elde edilen yüzey pürüzlülüğü (Akkurt, 2009)	36
Şekil 6.25	Raybalama sonrası elde edilen yüzey pürüzlülüğü (Akkurt, 2009).....	36
Şekil 6.26	Taşıma sonrası elde edilen yüzey pürüzlülüğü (Akkurt, 2009)	36
Şekil 6.27	Honlama sonrası elde edilen yüzey pürüzlülüğü (Akkurt, 2009).....	37
Şekil 6.28	Perdahlama sonrası elde edilen yüzey pürüzlülüğü (Akkurt, 2009).....	37
Şekil 6.29	Kalıntı gerilmelerin yapısı	38
Şekil 6.30	Makaralı perdahlama işlemi boyunca artık gerilmelerin değişimi (Akkurt, 2009).....	39
Şekil 8.1	Deneyde kullanılan makaralı perdahlama takımı (El-Tayeb vd., 2006).....	42
Şekil 8.2	Yüzey pürüzlülüğü ile devir arasındaki ilişki (El-Tayeb vd., 2006)	43
Şekil 8.3	Mikroskop altında incelenen numune yüzeyleri (El-Tayeb vd., 2006)	44
Şekil 8.4	Yüzey pürüzlülüğü ile kuvvet arasındaki ilişki (El-Tayeb vd., 2006).....	44
Şekil 8.5	Yüzey pürüzlülüğü ölçümünde kullanılan birinci grup numuneler (El-Axir, 2000).....	45
Şekil 8.6	Deneyde kullanılan makaralı perdahlama takımı (El-Axir, 2000)	46
Şekil 8.7	Devir ve kuvvet etkisi altında yüzey pürüzlülüğünün değişimi (El-Axir, 2000) ..	46
Şekil 8.8	İlerleme ve kuvvet etkisi altında yüzey pürüzlülüğünün değişimi (El-Axir, 2000).....	47
Şekil 8.9	Devir ve ilerleme etkisi altında yüzey pürüzlülüğünün değişimi (El-Axir, 2000).....	47
Şekil 8.10	Kuvvet ve devir etkisi altında yüzey pürüzlülüğünün değişimi (El-Axir, 2000) ..	48
Şekil 8.11	Paso sayısı ile kuvvet etkisi altında yüzey pürüzlülüğünün değişimi (El-Axir, 2000).....	48

Şekil 8.12	Paso sayısı ile kuvvet etkisi altında yüzey pürüzlülüğünün değişimi (El-Axir, 2000).....	49
Şekil 8.13	Çalışmada kullanılan perdahlama takımı (Thamizhmanii vd., 2007).....	50
Şekil 8.14	Alüminyum malzeme için proses parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri (Thamizhmanii vd., 2007).....	50
Şekil 8.15	Prinç malzeme için proses parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri (Thamizhmanii vd., 2007)	51
Şekil 8.16	Sertlik ile devir arasındaki ilişki (El-Tayeb vd., 2006)	51
Şekil 8.17	Sertlik ile kuvvet ilişkisi (El-Tayeb vd., 2006)	52
Şekil 8.18	Devir ve kuvvet parametrelerinin sertlik ile ilişkisi (El-Axir, 2000)	53
Şekil 8.19	Devir ve ilerleme parametrelerinin sertlik ile ilişkisi (El-Axir, 2000)	53
Şekil 8.20	Devir ve paso sayısı parametrelerinin sertlik ile ilişkisi (El-Axir, 2000).....	54
Şekil 8.21	İlerleme ve kuvvet parametrelerinin sertlik ile ilişkisi (El-Axir, 2000)	54
Şekil 8.22	Paso sayısı ve kuvvet parametrelerinin sertlik ile ilişkisi (El-Axir, 2000).....	55
Şekil 8.23	Paso sayısı ve ilerleme parametrelerinin sertlik ile ilişkisi (El-Axir, 2000).....	55
Şekil 8.24	Alüminyum malzeme için devir, ilerleme ve penetrasyon derinliği ile sertlik arasındaki ilişki (Thamizhmanii vd., 2007).....	56
Şekil 8.25	Prinç malzeme için devir, ilerleme ve penetrasyon derinliği ile sertlik arasındaki ilişki (Thamizhmanii vd., 2007)	56
Şekil 8.26	Artık gerilmelerin ölçülmesinde kullanılan deney numunesi (El-Axir, 2000).....	57
Şekil 8.27	Farklı devir parametreleri altında artık gerilme dağılımı (El-Axir, 2000).....	58
Şekil 8.28	Farklı kuvvet parametreleri altında artık gerilme dağılımı (El-Axir, 2000).....	59
Şekil 8.29	Devir ile gerilme arasındaki ilişki (El-Axir, 2000).....	59
Şekil 8.30	Kuvvet ile gerilme arasındaki ilişki (El-Axir, 2000).....	60
Şekil 8.31	Deneyde kullanılan makaralı perdahlama sistemi (Prasad vd., 2006).....	61
Şekil 8.32	Düşük karbonlu çelik malzemeli deney numunesi için kuvvet ile artık gerilme ilişkisi (Prasad vd., 2006)	61
Şekil 8.33	Alüminyum malzemeli deney numunesi için kuvvet ile artık gerilme ilişkisi (Prasad vd., 2006).....	62
Şekil 9.1	Yüzey muayene yöntemleri	63
Şekil 9.2	Değme iğne metodunun şematik gösterimi	63
Şekil 9.3	Yüzey pürüzlülüğü parametreleri	64
Şekil 10.1	Çalışmada kullanılan malzeme gerilim-genleme grafiği.....	65
Şekil 10.2	Çalışmada kullanılan makaralı perdahlama düzeneği	66
Şekil 10.3	Makaralı perdahlama öncesi ve sonrası yüzeyin değişimi	67
Şekil 10.4	Makaralı perdahlama öncesi elde edilen yüzey pürüzlülüğü.....	67
Şekil 10.5	Çalışmada kullanılan tek makaralı perdahlama takımı ve iş parçası.....	68
Şekil 10.6	Makaralı perdahlama sonrası elde edilen yüzey pürüzlülüğü.....	68

Şekil 10.7 Modelin şematik gösterimi	69
Şekil 10.8 Modelin mesh yapısı.....	70
Şekil 10.9 Makaranın ilk basma derinliği.....	70
Şekil 10.10 Makaranın ilerlemesi sonucu oluşan gerilme dağılımı	71
Şekil 10.11 Prasad vd. (2006) modelinde kullanılan yüzey pürüzlülük formu	72
Şekil 10.12 Sartkulvanich ve Altan (2007) modelinde kullanılan yüzey pürüzlülük formu	72
Şekil 10.13 Yüzey pürüzlülüğü koordinat noktaları	73
Şekil 10.14 ANSYS 11 programı içerisinde yüzeylerin görünümü.....	73
Şekil 10.15 0,052868 mm dalma sonrası yüzeyin görünümü.....	74
Şekil 10.16 0,089526 mm dalma sonrası yüzeyin görünümü.....	74
Şekil 10.17 0,100951 mm dalma sonrası yüzeyin görünümü.....	75
Şekil 10.18 Modelin şematik gösterimi	76

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 4.1 Çalışmada kullanılan iş parçasının kimyasal analizi (Gardin vd., 2006).....	13
Çizelge 4.2 Çalışmada kullanılan iş parçasının kimyasal analizi (El-Tayeb vd., 2006).....	15
Çizelge 6.1 Çalışmada kullanılan iş parçasının kimyasal analizi	19
Çizelge 6.2 Çalışmada kullanılan iş parçasının kimyasal analizi (Maluf vd., 2004).....	24
Çizelge 6.3 Çalışmada kullanılan iş parçasının kimyasal analizi (Baca vd., 2004).....	28
Çizelge 6.4 Çalışmada kullanılan iş parçasının kimyasal analizi	30
Çizelge 6.5 Çalışmada kullanılan iş parçasının kimyasal analizi (Akkurt, 2009)	34
Çizelge 7.1 İşlenecek çapa göre seçilecek ilerleme değerleri (Sürücü, 1987).....	40
Çizelge 7.2 İşlenecek çapa göre seçilecek devir değerleri (Sürücü, 1987).....	41
Çizelge 8.1 Çalışmada kullanılan iş parçasının kimyasal analizi (El-Tayeb vd., 2006).....	42
Çizelge 8.2 Çalışmada kullanılan iş parçasının kimyasal analizi (El-Axir, 2000).....	45
Çizelge 8.3 Çalışmada kullanılan iş parçasının kimyasal analizi (Thamizhmanii vd., 2007)....	49
Çizelge 10.1 Çalışmada kullanılan iş parçasının özellikleri	66
Çizelge 10.2 Çalışmada kullanılan iş parçasının kimyasal analizi	66

ÖNSÖZ

Tez çalışmamın bütün aşamalarında bana engin bilgi ve tecrübeleri ile yardım ve desteğini hiç esirgemeyen çok değerli hocam Sn. Prof. Mehmet Emin YURCI'ye en içten teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin başlangıç aşamasından geldiği son noktaya kadar bana teknik destek veren dostum Gemi İnş. Müh. Burak CAN'a teşekkür ederim.

Ayrıca üzerimde emeği geçen tüm hocalarıma ve çalışmalarım esnasında bana yardımcı olan tüm arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Beni her zaman, her konuda destekleyen ve cesaretlendiren Şeyda DEMİRCİ'ye teşekkür ederim.

Son olarak her şeyden önemlisi, beni yetiştirip bu günlere gelmemi sağlayan, hayatımın her aşamasında maddi ve manevi hiçbir fedakarlıktan kaçınmayan, sürekli arkamda olduklarını bildiğim çok sevdiğim canım aileme herşey için çok teşekkür ederim.

ÖZET

Makaralı perdahlama, iş parçası yüzeyini sabit basınç altında ezerek plastik deformasyona uğratan bir yüzey bitirme prosesidir. İşlem sonucunda yüzey pürüzlülüğünde azalma, parça ömründe artış, daha uzun korozyon dayanımı ve sürtünme katsayısında azalma gibi bir çok yönden iyileşmeler meydana gelir.

Bu tez çalışmasında makaralı perdahlamanın genel tanımlamaları ve terimleri sunulduktan sonra makaralı perdahlama uygulamaları ve bu uygulamaların sonuçlarına dair bilgiler verilmiştir. Makaralı perdahlama işleminin tanıtımından sonra da tezin asıl çalışma konusu olan makaralı perdahlama işleminin sonlu elemanlar yöntemi ile simülasyonu ele alınmıştır. Yüzey pürüzlülüğünün ihmal edildiği modelleme çalışmalarında, tek makaralı perdahlama takımının dalma ve yuvarlanma hareketlerinin uygulamalarında başarılı olunmuştur. Yüzey pürüzlülüğünün dikkate alındığı modelleme çalışmalarında ise model elemanlarının biçimce bozulmaları sebebiyle makaranın dalma hareketinden sonraki hareketleri modele uygulanamamıştır. Sonuç olarak bu tez çalışması ile günümüzde taşlama, honlama gibi yüzey bitirme proseslerine alternatif olan makaralı perdahlama işleminin modellenmesine, özellikle yüzeydeki pürüzlülük değişimlerinin irdelenmesine farklı bir görüş ortaya konmuştur. Yüzey pürüzlülüğündeki değişimin görülmesi açısından yapılan modelde kısmi olarak başarılı olunmuş ve gelecekte modelleme üzerinde yapılacak iyileştirmeler ile proses parametrelerinin belirlenmesinde daha iyi sonuçlar elde edilerek zaman ve iş gücü sarfiyatı azaltılabileceği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: makaralı perdahlama, ezme, perdahlama, plastik deformasyon, sonlu elemanlar

FINITE ELEMENT MODELING OF ROLLER BURNISHING PROCESS

ABSTRACT

Roller burnishing is a surface finishing application process which involves plastic deformation of the work piece at the surface under constant pressure. This results in the comprehensive improvement of the surface finish by means of surface roughness reduction, longer life, higher corrosion resistance and decrease on coefficient of friction.

This thesis study introduces general terms and descriptions of roller burnishing process and follows through applications of roller burnishing and presents information on results of these applications. After the introduction of roller burnishing process, research about the main study subject of this thesis; finite element modelling of roller burnishing process, has been undertaken. On the simulations disregarding the surface roughness, penetration and rolling movements of single roller burnishing tool was applied successfully. Because of the high distortion of elements, simulation studies taking into consideration the surface roughness was not applied after penetration movement. Consequently, this thesis presents a different point of view on the modelling and changes of the surface roughness of roller burnishing process which is an alternative for the current finishing processes such as honning, grinding. Partially succeeded on the modeling of surface roughness and with the future improvements by getting better results for determining process parameters, labor and time costs could be reduced.

Keywords: roller burnishing, plastic deformation, burnishing, finite element

1.GİRİŞ

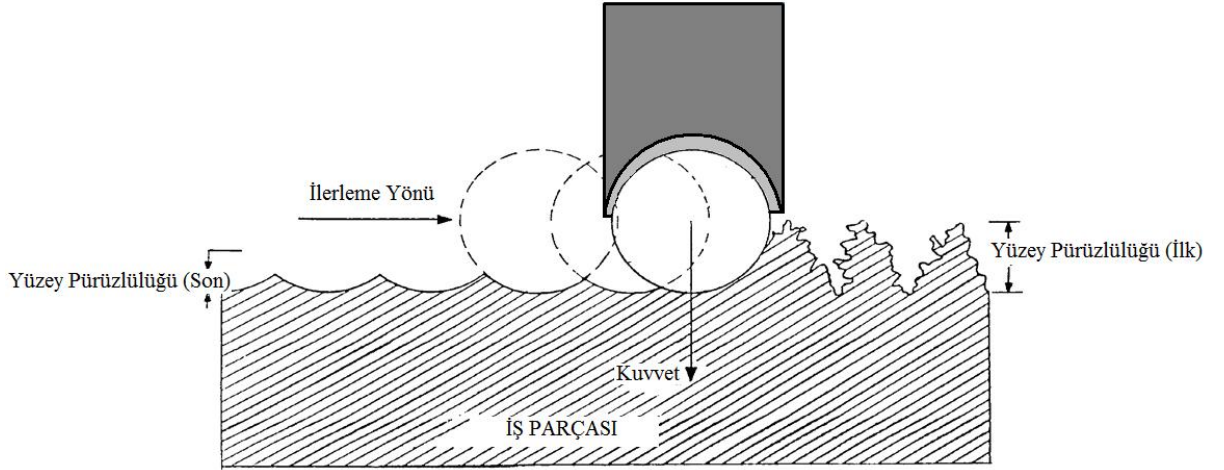
Makina veya konstrüksiyon elemanları için malzeme seçimi mühendisin karar vermesi gereken en önemli konulardan bir tanesidir. Bununla birlikte, malzeme seçimi kadar önemli olan diğer bir konu da uygulanacak imalat yönteminin belirlenmesidir. Perdahlama işlemi, genellikle bitirici bir proses olarak kabul edilmektedir. Bitirme işlemi olarak uygulanan aşındırıcı yöntemler iş parçasından parça koparmak suretiyle parlatma yaptığından işlem sonrası oluşan yüzeyde keskin köşeler meydana getirmektedir. Oysa, makaralı perdahlama işleminde makaralar iş parçasını uygulanan bir kuvvet altında ezerek plastik deformasyona uğratmaktadır. Böylece, metal yüzeyine uygulanan ezme-sıkıştırma operasyonları ile parçanın ölçü ve biçim tamlığı sağlanmaktadır. Aynı zamanda, yüzeylerdeki pürüzlülük azalarak keskin köşe oluşumları da ortadan kalkmaktadır. Sonuçta, sağlanan yüzeysel pekleşme bir ısıtma işlemi gibi etki yaparak yüzey sertliğini arttırmaktadır. Bunun yanında, sürtünmenin azalması, korozyona karşı direncin artması, yorulma dayanımının artarak parça ömrünün uzaması, yüzeydeki çizik ve benzeri pürüzlerin giderilmesi de sağlanmış olmaktadır.

1930'lu yılların başında Amerikan demiryolu endüstrisinde tren akslarının ömürlerini uzatmak amacıyla kullanılmaya başlanan makaralı perdahlama işlemi, iş parçası üzerinde sağladığı iyileştirmeler dolayısıyla günümüzde giderek daha fazla tercih edilen bir bitirme prosesi haline gelmiştir.

2. MAKARALI PERDAHLAMA İŞLEMİ

İlerleme eksenini doğrultusunda hareket ettirilen makaraların, iş parçasını belirli bir kuvvet altında ezerek plastik deformasyona uğratması işlemine makaralı perdahlama adı verilir. Makaralı perdahlama işlemi ön üretimden geçmiş iş parçaları yüzeyini pürüzsüz ve daha sert hale getiren bir yöntemdir. Bu yöntem, teknolojiye uygun olarak imal edilmiş makara veya birden çok makaranın hassas bir mekanizma yardımı ile iş parçası yüzeyine teması ile gerçekleşir. Bu temas gerçekleştiği esnada iş parçası ya da takım belli bir hızda döner ve makara yüzey üzerinde ilerler.

Makaralı perdahlama işleminin temeli malzemelerin plastik deformasyonu ile soğuk şekillendirilmesi esasına dayanır. Plastik deformasyon sonrasında yüzey pürüzlülük değerinde iyileşmeler, yüzeyde mikro yapıda sertleşmeler ve yüzeyde basma artık gerilmeleri görülür. Makaralı perdahlama işlemi iş parçasının birçok yönden mekanik ve fiziksel özelliklerini iyileştiren bir yöntemdir. Makaralı perdahlama işleminin kullanım alanı dökme demirlerden prinç malzemelere, alüminyum alaşımlarından paslanmaz çeliklere kadar çeşitli malzemeleri kapsar.



Şekil 2.1 Makaralı perdahlama işleminin şematik gösterimi

3. MAKARALI PERDAHLAMA TAKIMLARI ve UYGULAMALARI

Makaralı perdahlama sistemi tek bir makaradan oluşabildiği gibi, üretilecek iş parçasının konstrüktif özelliklerine göre birden fazla makaradan da oluşabilir.

3.1 İç Ezerek Parlatma Takımları

Bu takımlar arkası açık veya kapalı olan silindirik delikleri parlatma amaçlı kullanılır. Takımlar parlatma işleminin yanı sıra yüzey sertliği ve ölçü tamlığı sağlar. Takımların kendine has yüksek işleme gücü ve hızı sayesinde sağladığı zaman tasarrufu seri üretimler için tercih sebebidir.

Takımların ayar kapasiteleri çap ve kullanım yerine göre 0,25 mm ile 1 mm arasında değişmektedir. Takımlar hassas ölçülerde ayarlanabilmesine olanak veren bir ayar mekanizması ile donatılmıştır. Bu mekanizma Ø5-Ø80 mm arası takımlarda 0,0025 mm, Ø81-Ø350 mm arası takımlarda 0,005 mm hassasiyette ayar yapmaya olanak sağlar. Takımlar klasik ve CNC torna makinelerinde, işleme merkezlerinde, freze, matkap, gibi döndürme işlemi yapabilen bir çok makine üzerine takılıp kullanılabilir.

İç ezerek parlatma takımları gövde ve ezme başlığından oluşur. Takım gövdesi, hassas ayar yapmayı sağlayan mekanizmaya sahiptir. Ezme başlığı ise kafes, konik mil, ve ezme bilyelerinden oluşur. Tek bir takım gövdesine, o gövdeye uygunluk sağlayan farklı çaplardaki ezme başlıkları monte edilebilir. Takımın makineye bağlantı sapı konik ya da silindirik şekilde yapılır.

Örnek iş parçaları olarak biyel kolu, fren silindiri, valf gövdesi, kardan milleri, pnömatik silindir, piston gövde deliği, valf yatağı, kilitleme kolları, gaz valfleri, amortisörler, dişliler, solenoid valfler, pistonlar, ana silindir, motor statörleri, contalar, borular, karbüratör, havalı el aletleri parçaları, burçlar ve silindirler gösterilebilir (Yamasa, 2008).



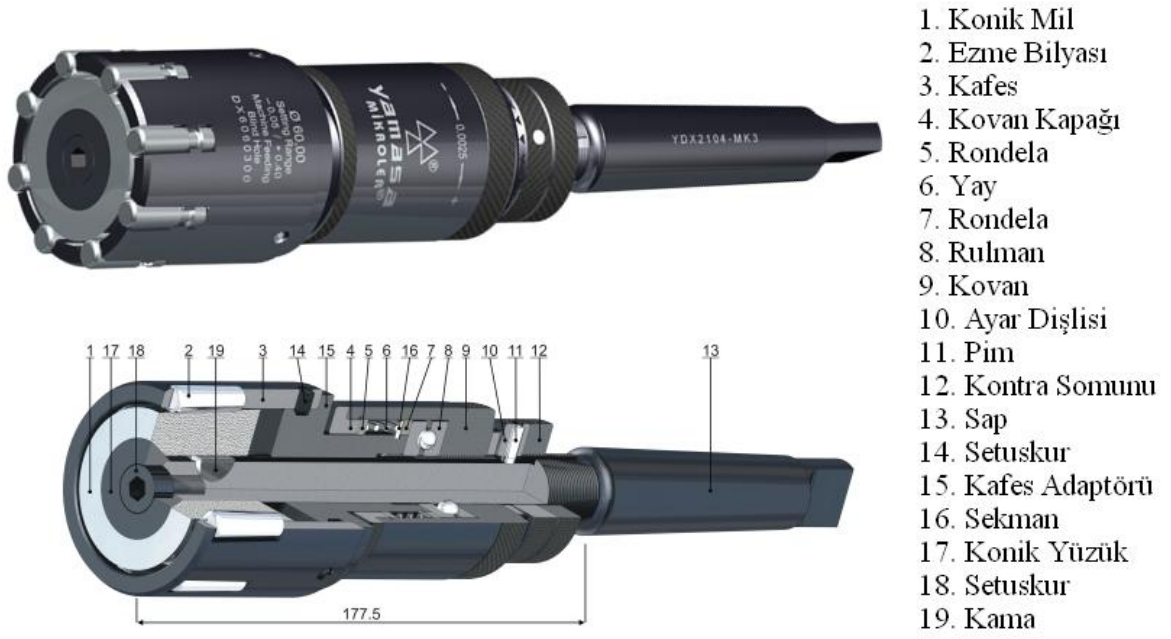
Şekil 3.1 Makaralı perdahlama takımının elemanları (Yamasa, 2008)

3.1.1 Açık Delik

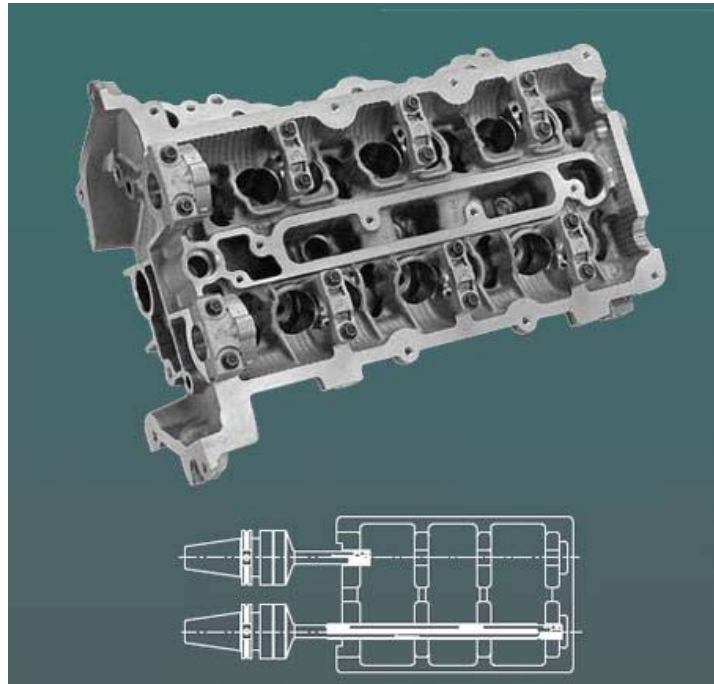
Arkası açık olan delikler işlenir.

3.1.2 Kör Delik

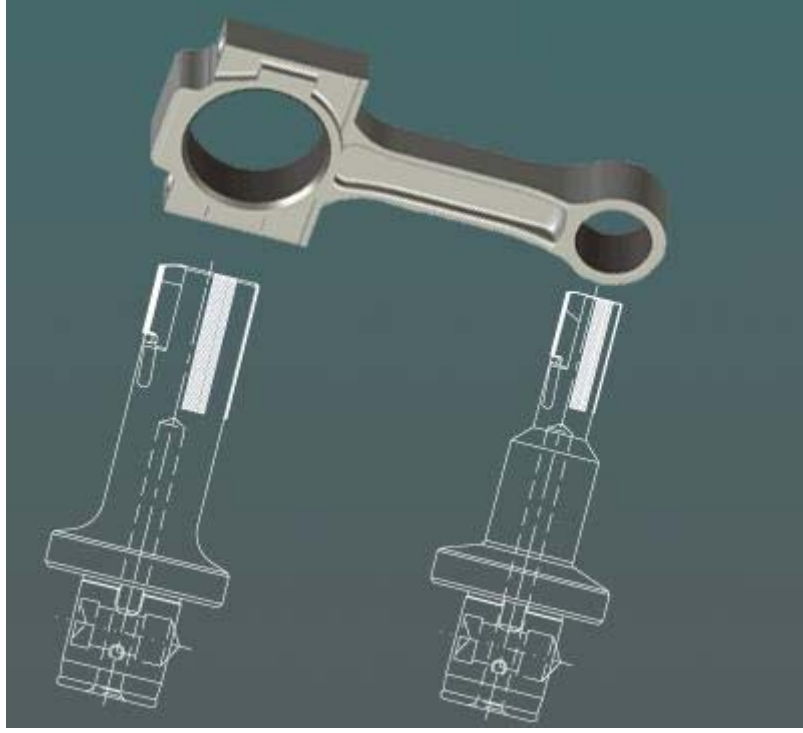
Kademeli veya arkası kapalı olan deliklerin dip noktasına kadar işler.



Şekil 3.2 İç delik ezme takımlarının elemanları (Yamasa, 2008)



Şekil 3.3 İç ezme makaralarının kullanım alanlarına örnek



Şekil 3.4 İç ezme makaralarının kullanım alanlarına örnek

3.2 Dış Ezerek Parlatma Takımları

Bu takımlar silindirik kademeli ve düz milleri parlatma amaçlı kullanılır. Takımlar parlatma işleminin yanı sıra yüzey sertliği ve düşük oranda kalibrasyon sağlar. Takımların kendine has yüksek işleme gücü ve hızı sayesinde sağladığı zaman tasarrufu seri üretimler için tercih sebebidir.

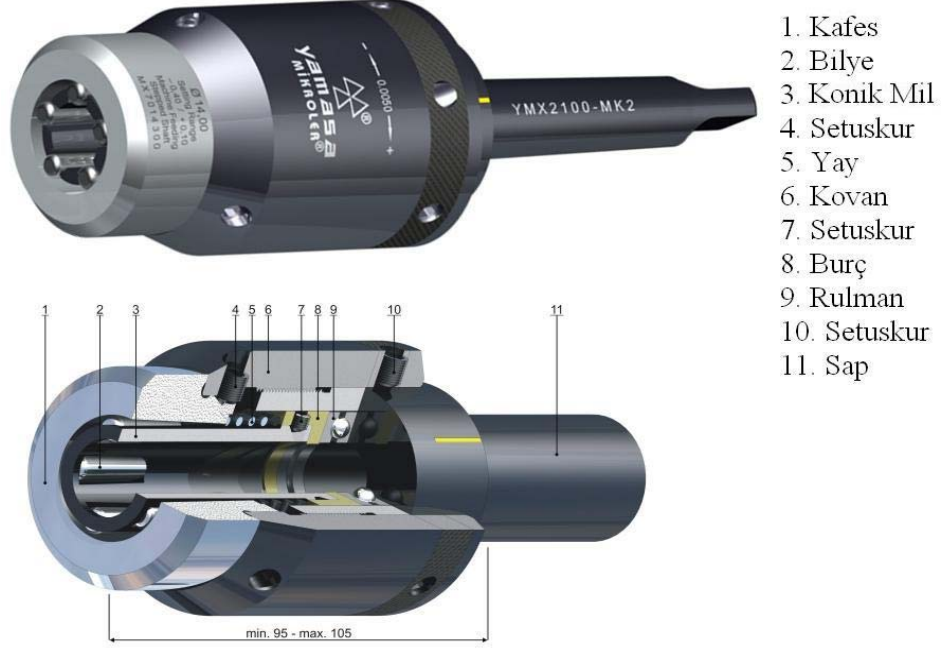
Takımlar ayarlıdır, ayar kapasiteleri kademeli mil parlatma takımlarında 0,45 mm, düz mil parlatma takımlarında 0,50 mm'dir. Takım mekanizmaları 0,005 mm hassasiyetle ayarlanabilmelerini sağlar. İç ezerek parlatma takımları gövde ve ezme başlığından oluşur. Takım gövdesi, hassas ayar yapmayı sağlayan mekanizmaya sahiptir. Ezme başlığı ise kafes, konik mil, ve ezme bilyelerinden oluşur. Tek bir takım gövdesine, o gövdeye uygunluk sağlayan farklı çaplardaki ezme başlıkları monte edilebilir. Takımın makineye bağlantı sapı konik ya da silindirik şekilde yapılır. Örnek iş parçaları miller, pimler ve dişli şaftları olarak gösterilebilir (Yamasa, 2008).

3.2.1 Kademeli Mil

Kademeli milleri kademelenin başladığı dip noktasına kadar işlemek için kullanılan takımlardır.

3.2.2 Düz Mil

Düz millerin işlenmesinde kullanılan takımlardır.



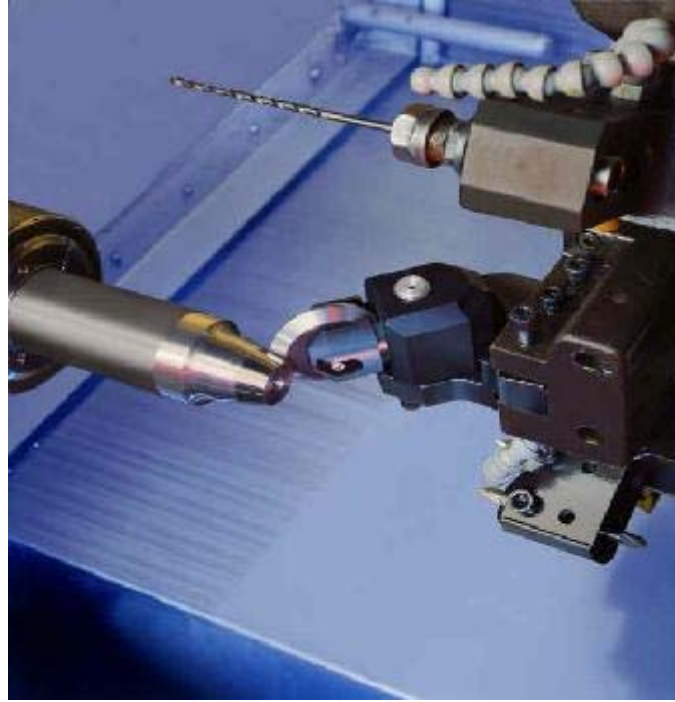
Şekil 3.5 Dış ezerek parlatma takımı elemanları (Yamasa, 2008)

3.3 Tek Makaralı Ezerek Parlatma Takımları

Tek makaralı ezerek parlatma takımları silindirik düz yüzey ile birleşen radüsleri, konik, düz, alın, ve küresel yüzeyleri işlemek amaçlı kullanılır. Tek makaralı takımlar, bağlantı sapı, hassas gövde ve makaradan oluşur. Bazı özel takımlarda ezme kuvvetinin ayarlanabilmesi için monte edilmiş bir ölçme saati de bulunur (Yamasa, 2008).



Şekil 3.6 Tek makaralı ezme takımları

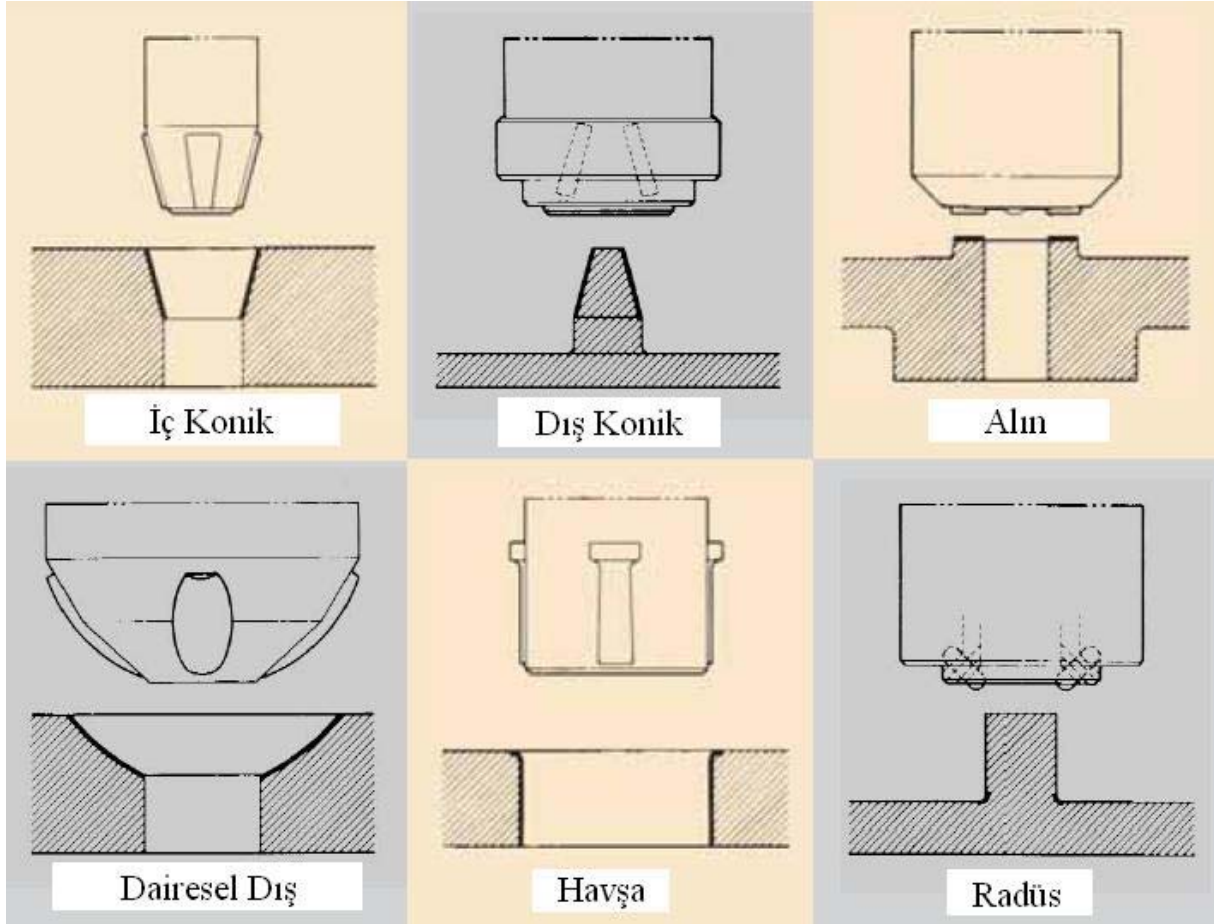


Şekil 3.7 Tek makaralı ezme takımlarının kullanım alanlarına örnek

3.4 Konik ve Düz Ezerek Parlatma Takımları

Bu takımlar iç konik, dış konik ve düz yüzeylerin işlenmesinde kullanılır. Takımlar gövde ve ezme başlığından oluşur. Takım gövdesi, yay sistemi ile donatılmış hassas bir kovan ve takımı makineye bağlamaya yarayan saptan oluşur. Takımın monte edileceği yere uygun

olarak sap kısmı konik ya da silindirik olarak tasarlanabilir. Ezme başlığı kafes, konik mil ve makaralardan oluşur. Bunlar iş parçasının boyutlarına göre özel olarak tasarlanıp üretilebilir. Takımlarda herhangi bir ayar mekanizması mevcut değildir (Yamasa, 2008).



Şekil 3.8 Konik ve düz ezerek parlatma takımlarının kullanım alanlarına örnekler



Şekil 3.9 Düz ve konik ezerek parlatma takımlarına örnekler

3.5 Özel Takımlar

Bu tip takımlar iş parçasının konstrüktif özelliklerine bağlı olarak özel olarak tasarlanır ve belirli bir amaç dışında kullanılamazlar. Kademeli ezerek parlatma ya da iç-alın ezerek parlatma takımları özel takımlara örnektir.

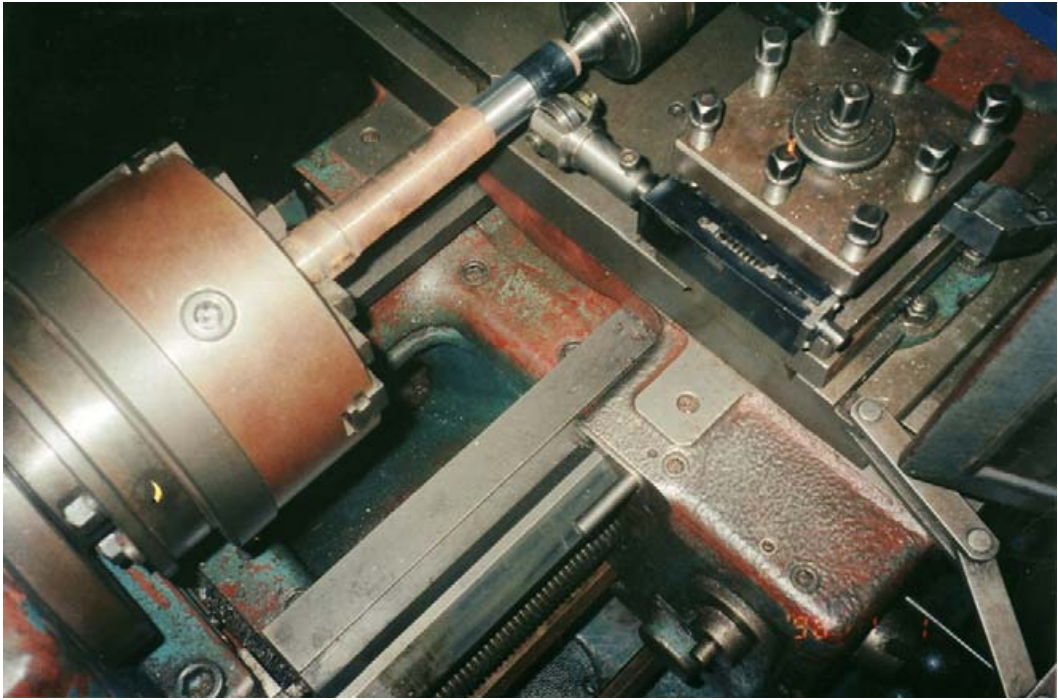


Şekil 3.10 Özel takımlara örnek (www.ecoroll.com)

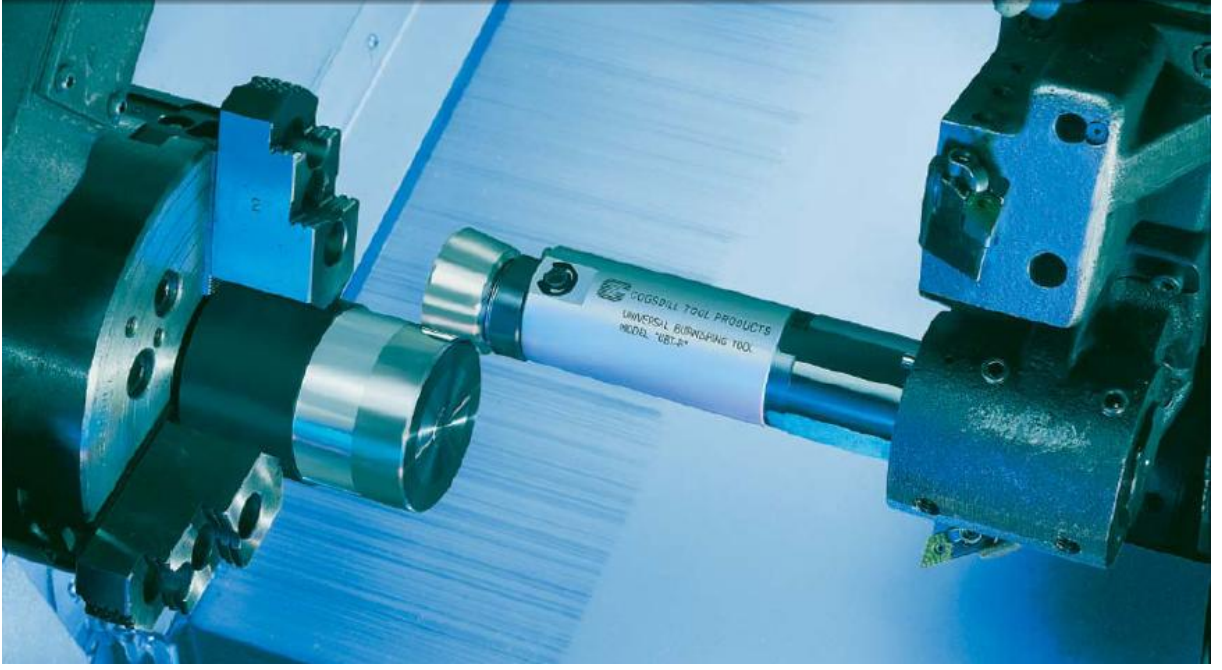
4. PROSESİN AVANTAJLARI

4.1 Uygulanabilirlik

Makaralı perdahlama işleminin diğer yüzey bitirme işlemlerine göre avantajlarının başında uygulanabilirlik gelmektedir. Örneğin bir diğer yüzey bitirme işlemi olan honlama prosesi için özel olarak honlama tezgahı, aynı şekilde taşlama işlemi için taşlama tezgahı gerekmektedir. Fakat makaralı perdahlama işlemi, perdahlama takımının monte edilebildiği her makine de kullanılabilir. Klasik bir torna tezgahı, nümerik kontrollü tezgahlar ya da sabit bir matkap üzerine bile monte edilerek makaralı perdahlama prosesini imalat ortamına adapte etmek mümkündür. Aynı zamanda ilk yatırım maliyeti de sadece alınacak perdahlama takımı maliyetinden oluştuğu için diğer bitirme işlemlerine göre daha ucuz olduğu söylenebilir.



Şekil 4.1 Klasik bir torna tezgahı üzerinde makaralı perdahlama işlemi (Hamadache vd., 2006)



Şekil 4.2 Nümerik kontrollü bir torna tezgahında makaralı perdahlama örneği



Şekil 4.3 Manuel bir matkap tezgahında makaralı perdahlama örneği

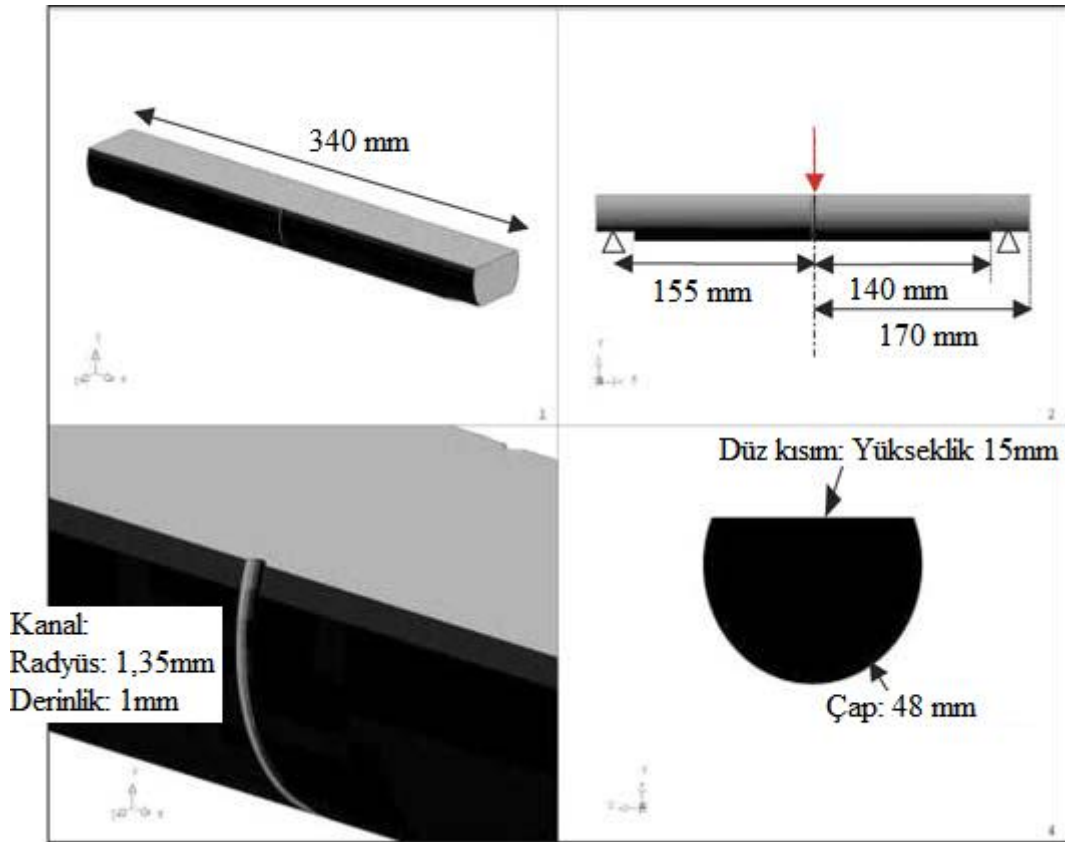
4.2 İyileştirilmiş Yorulma Dayanımı

Makaralı perdahlama, yorulma dayanımını arttıran dolayısıyla parça ömrünü uzatan önemli bir yüzey bitirme işlemidir. Gerilmeler genellikle parça yüzeylerinde maksimum olduğundan yorulma dayanımı üzerinde negatif etkiye sahiptir. Mühendislik uygulamaları açısından bu gerilmeleri düşürmek, yüzeydeki kalıntı gerilmeleri azaltarak veya yüzeydeki gerilmeyi arttırıcı etken olan yüzey pürüzlülüğü ve düzensizlikleri azaltarak mümkündür.

Makaralı perdahlama işleminin yorulma dayanımı üzerindeki etkileri Gardin vd. (2006) tarafından incelenmiştir. Yaptıkları çalışmada üst kısmı düz ve merkezinde çentik etkisi yaratması amacıyla açılmış kanal bulunan mil şeklinde parçalar kullanılmıştır.

Çizelge 4.1 Çalışmada kullanılan iş parçasının kimyasal analizi (Gardin vd., 2006)

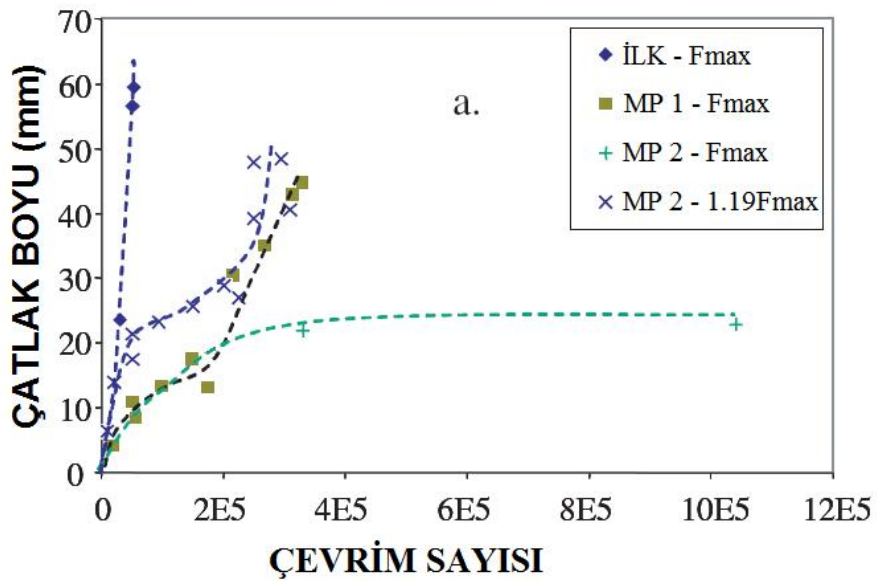
Al %	C %	Cr %	Cu %	Fe %	Mn %	Mo %	Ni %	P %	S %	Si %	Sn %	Ti %	V %
0,017	0,37	0,18	0,021	97,326	1,32	0,019	0,05	0,015	0,06	0,53	0,002	0,03	0,087



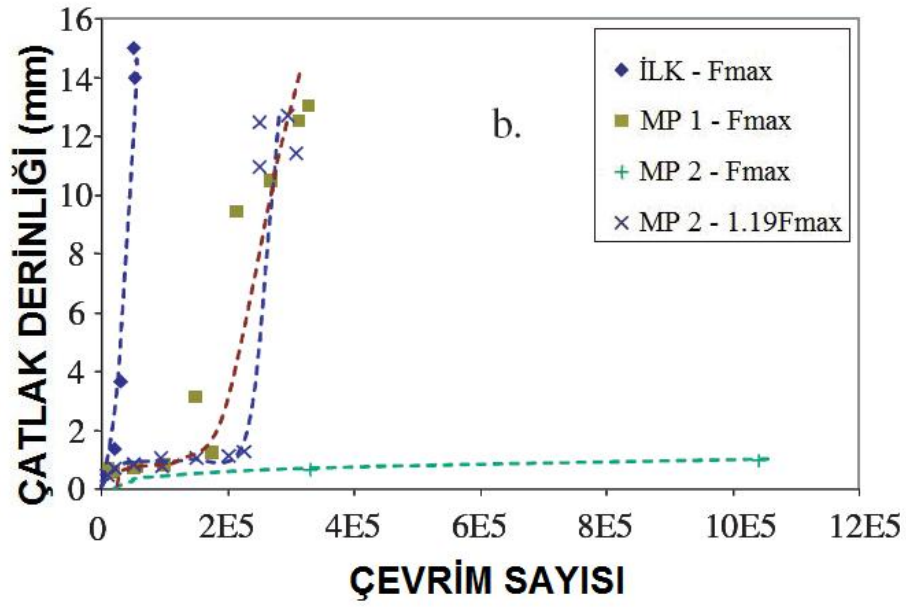
Şekil 4.4 Deneyde kullanılan numune parça boyutları (Gardin vd., 2006)

Deney numuneleri tasarlanırken teknolojik gereklilikler göz önünde bulundurularak Renault firmasında kullanılan krank milleri ile numuneler arasında yapısal benzerlikler olması istenmiş ve bu amaç doğrultusunda dizayn yapılmıştır. Deneyde makaralı perdahlama yapılmadan, makaralı perdahlama seviyesi 1 ve makaralı perdahlama seviyesi 2 olarak üç farklı işleme biçimiyle üretilen numuneler incelenmiştir. Deney numuneleri artık gerilmeleri X ışınları kırılma yöntemi ile ölçülmüş ve üç noktadan bükme metodu ile yorulma testi yapılmıştır. Deneye ilişkin uygulanan F_{max} kuvvet değeri gizlilik ilkelerinden dolayı açıklanmamış fakat makaralı perdahlama işleminin numuneler üzerindeki etkileri ve çatlakların ilerlemesine dair bilgiler paylaşılmıştır.

Makaralı perdahlama yapılmayan numunede 30000 çevrim sonrasında çatlak oluşumunun başladığı gözlenirken, makaralı perdahlama 1 seviyesinde bu sayının 140000 çevrim ve makaralı perdahlama 2 seviyesinde 250000 çevrime kadar çıktığı görülmüştür. Birinci numunede 50000 çevrimden sonra çatlakların aşırı bir biçimde büyüdüğü, buna rağmen ikinci numunede aynı etkilerin ancak 300000 çevrim sonrasında görüldüğü belirtilmiştir. Öte yandan üçüncü numunede ise 1000000 çevrim sonrasında çatlak oluşumunun durduğu ve yayılmadığı görülmüştür. Kuvvet değerindeki değişimlerin numune üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi adına üçüncü numune F_{max} değeri 1.19 katına çıkartılarak tekrar incelenmiştir. Buna göre F_{max} kuvveti uygulanan numunede çatlak uzunluğunun 22mm civarında durduğu gözlemlenirken, $1.19F_{max}$ kuvvetinin uygulandığı numunede 30mm'ye kadar ulaştığı görülmüştür (Gardin vd., 2006).



Şekil 4.5 Makaralı perdahlama işleminin çatlak boyu üzerindeki etkileri (Gardin vd., 2006)



Şekil 4.6 Makaralı perdahlama işleminin çatlak derinliği üzerindeki etkileri (Gardin vd., 2006)

Bu çalışma, makaralı perdahlama işleminin çatlak yayılımı ve yorulma ömrü üzerindeki pozitif etkilerini ve işlemin sonucu olan bası artık gerilmelerinin çatlak başlangıcını ve yayılımını geciktirdiğini deneysel bir yolla göstermiştir.

4.3 Düşük Sürtünme Katsayısı

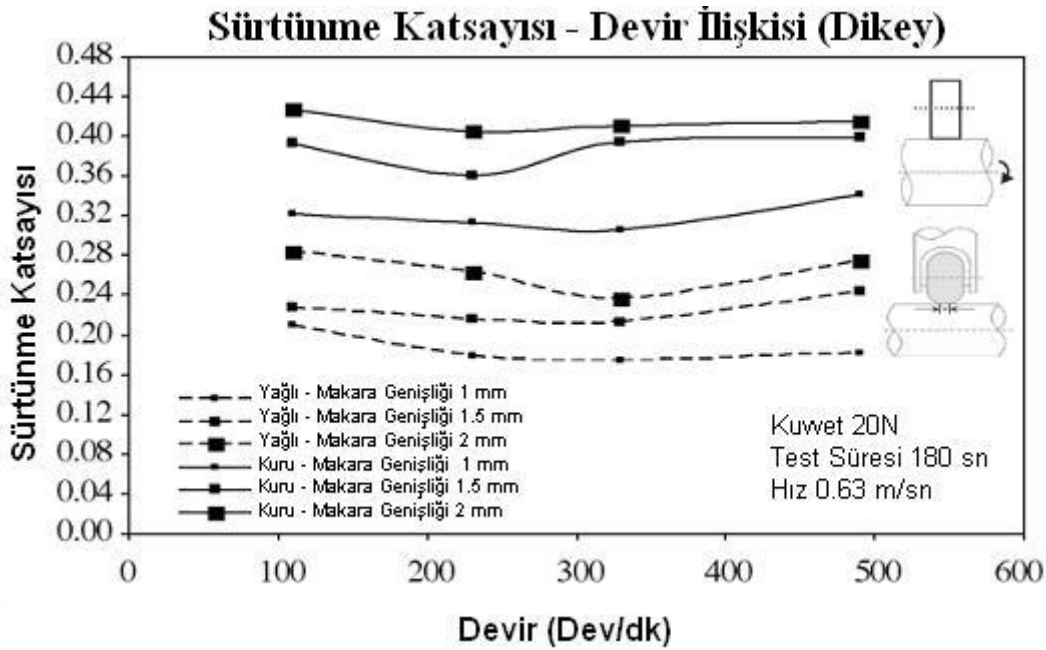
Birbiri içinde hareket eden parçalardaki maksimum enerji kayıpları sürtünme ve sürtünmenin yarattığı ısıdan kaynaklanır. Sürtünmenin azaltılması enerji kaybını, dolayısıyla maddi kayıpları azaltacaktır. Makaralı perdahlama işleminin sürtünme katsayısı üzerindeki etkileri El-Tayeb vd. (2006) tarafından Al 6061 malzemesi üzerinde araştırılmıştır.

Çizelge 4.2 Çalışmada kullanılan iş parçasının kimyasal analizi (El-Tayeb vd., 2006)

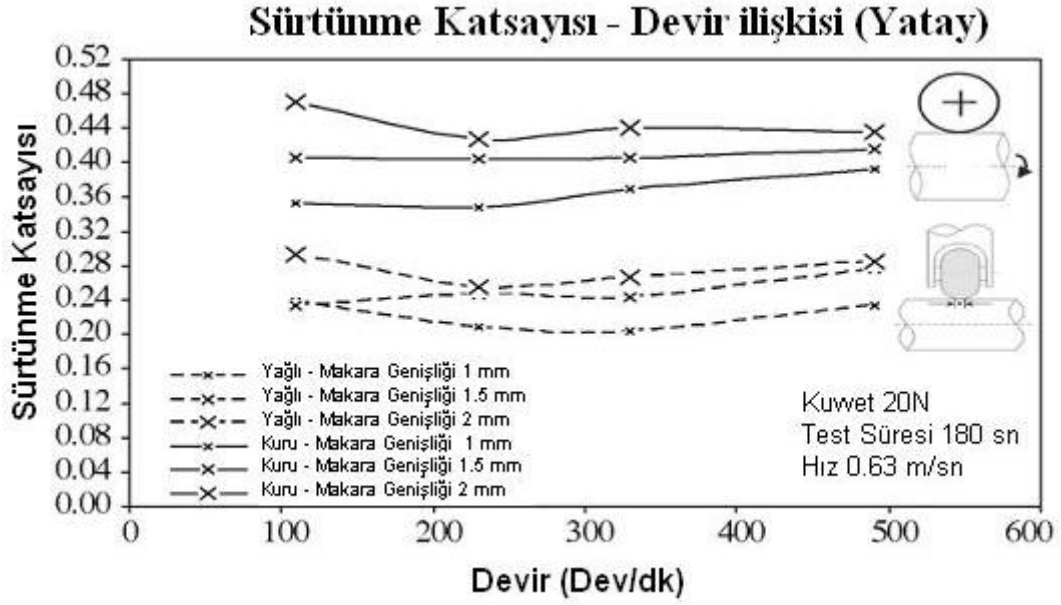
% Al	% Si	% Fe	% Cu	% Mn	% Mg	% Cr	% Zn	% Ti	Sertlik (HRB)	Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)
Kalan	0,4 - 0,8	0,7	0,15 - 0,4	0,15	0,2	0,04 - 0,35	0,25	0,15	70	0,46 – 0,48µm

Çalışmada çapı 25 mm ve genişliği 10 mm olan tek makaralı perdahlama takımı kullanılmış ve elde edilen sonuçlar incelenmiştir. Buna göre, hem iş parçası eksenine paralel hem eksene dik yönde, hem yağlama yapılmadan kuru şartlarda hem de yağlama yapılarak perdahlanan parça yüzeylerinde sürtünme katsayısı değerinin düştüğü görülmüştür. Sonuçlar daha da detaylandırıldığında, paralel perdahlamadan, dikey yönlü perdahlamaya göre daha düşük sürtünme katsayısı değeri verdiği sonucuna varılmıştır. Yağlama yapılmadan perdahlanan yüzeyler incelendiğinde, devrin artırılmasıyla sürtünme katsayısının da arttığı görülmüştür. Bunun sebebi olarak da yüksek hızlarda perdahlama ile iş parçası arasında sürtünmeden dolayı oluşan ısının artması gösterilmiştir. Diğer yandan, iş parçası yüzeyi yağlanarak yapılan çalışmalarda sürtünme katsayısını %65 oranında azaltılabildiği görülmüştür. Yağlayıcı, iş parçası yüzeyi ile makara yüzeyini birbirinden ayırarak ısının artmasını engellemiş ve daha yumuşak bir ilerleme sağlamıştır.

Bu çalışma da makara genişliğinin sürtünme katsayısı üzerinde önemli etkileri olduğu görülmüştür. Örneğin 1 mm genişlikteki makara ile en düşük sürtünme katsayısı elde edilirken, 1,5 mm genişlikteki makarada bu değer artmış ve nihayet 2 mm makara genişliğinde en yüksek değerine ulaşmıştır. Yağlama yapılarak gerçekleştirilen perdahlama işleminde, makara temas genişliği 1 mm ve 330 dev/dk ile %65 iyileştirme yapılarak sürtünme katsayısının 0,18'e indirildiği görülmüştür (El-Tayeb vd., 2006).

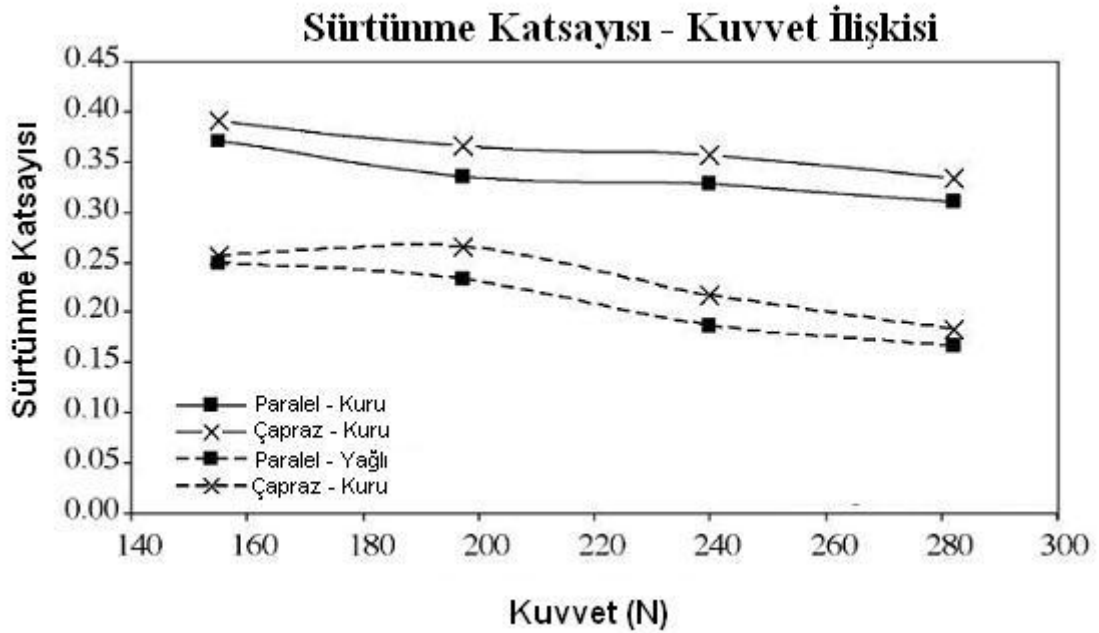


Şekil 4.7 Sürtünme katsayısı ile dikey yönde perdahlama devri arasındaki ilişki (El-Tayeb vd., 2006)



Şekil 4.8 Sürtünme katsayısı ile yatay yönde perdahlama devri arasındaki ilişki (El-Tayeb vd., 2006)

Şekil 4.9 incelendiğinde ise, hem kuru yüzeyler de hem de yağlayıcı kullanılan yüzeylerde yapılan perdahlama işlemlerinde kuvvetin artırılması ile sürtünme katsayısının düştüğü görülmüştür. Ayrıca eksene paralel yönde perdahlama işleminin, eksene dikey yönde yapılan perdahlama işlemine göre sürtünme katsayısını daha da düşürdüğü yine Şekil 4.9'da görülür.



Şekil 4.9 Kuvvet ile sürtünme katsayısı arasındaki ilişki (El-Tayeb vd., 2006)

5. PROSESİN DEZAVANTAJLARI

5.1 Eksenel Simetriklik

Makaralı perdahlama işleminin dezavantajlarının başında işlenecek olan parçaların eksenel simetrik olması zorunluluğu gelmektedir. Eksenel simetrik olmayan parçaların perdahlanması işleminde genel olarak bilyalı perdahlama işlemi veya talaş kaldırılarak yapılan işlemler tercih edilmektedir. Buda işlemin kullanım alanını kısıtlamaktadır.

5.2 Paso Derinliği

Daha önce de belirtildiği gibi makaralı perdahlama işlemi bitirici bir proses olarak kabul edilir. İşlemin dezavantajlarından biri de bitirme işlemine bırakılacak paso derinliğinin toleransıdır. Makaralı perdahlama işleminden önce işlenen parça özelliklerine göre finişe bırakılan maksimum paso deriliği 0,02 ile 0,1 mm arasında değişmektedir. Fakat örnek olması açısından taşlama prosesi ele alındığında, burada finişe bırakılacak paso derinliği sınırlandırılması yoktur ve iş parçaları talaş kaldırmak suretiyle istenilen ölçüye getirilmektedir. Dolayısıyla makaralı perdahlama işlemi öncesinde finiş pasoya bırakılacak derinlik toleransı hassas olması prosesin dezavantajlarından biridir.

5.3 İş Parçası Sertliği

Makaralı perdahlama işlemini sertliği 40 HRC'ye kadar olan iş parçalarında uygulamak mümkündür. Bazı özel takımlar vasıtasıyla 65 HRC sertliğe kadar makaralı perdahlama yapılabilir. Fakat daha sert iş parçaları için finiş prosesi olarak talaşlı işleme yöntemleri tercih edilmelidir çünkü bu sertlikte malzemeler makaralı perdahlamaya uygun değildir.

6. PROSESİN FİZİĞİ

İş parçalarına uygulanan küçük kuvvetler sonucu oluşan küçük kayma gerilimleri sadece kafes açılarının değişmelerine yol açar. Gerilme kaldırılırsa atomlar eski yerlerine dönerler ve şekil değişimi kaybolur. Bu çeşit şekil değişimine elastik şekil değişimi denir. Uygulanan daha büyük kuvvetlerin etkisi altında malzemede öncelikle elastik (geriye dönüşlü), daha sonra da plastik (kalıcı) deformasyonlar görülür. Plastik deformasyonun sonucu iş parçası serbestçe biçim değiştirebilir. Plastik deformasyonun başlayabilmesi için uygulanan gerilme değerinin elastik alanı aşarak akma sınırına ulaşması gerekmektedir.

Plastik şekil değişimini meydana getiren başlıca iki ana mekanizma vardır, kayma ve ikizlenme. Kayma ile şekillendirilme hemen hemen tüm metallerde ortaya çıkabilmekte, ikiz oluşumu ise daha ziyade kayma olasılığı düşük olan belirli malzemelerde görülebilmektedir.

Makaralı perdahlama prosesinin, çeşitli imalat yöntemleri ile üretilmiş parçalar üzerindeki etkilerinin anlaşılması için numune parçalar üzerinde deneme çalışmalar yapıldı ve sonuçlar incelendi.

Ham malzeme olarak 38 mm çapında otomat çeliği kullanılarak, Mazak Nexus 150 CNC torna tezgahında, Sandvik marka kesici takım ile 3500 dev/dk ve 0,12 mm/dev ilerleme ile iç çap ölçüsü 17,85-17,88 mm tolerans aralığı içinde talaşlı işlenerek numuneler üretildi. Parça yüzeyleri incelendiğinde, talaşlı işleme neticesinde kesici takımın yüzeyde işleme eksenine dik yönde çizikler ve keskin köşeler oluşturduğu görülür.

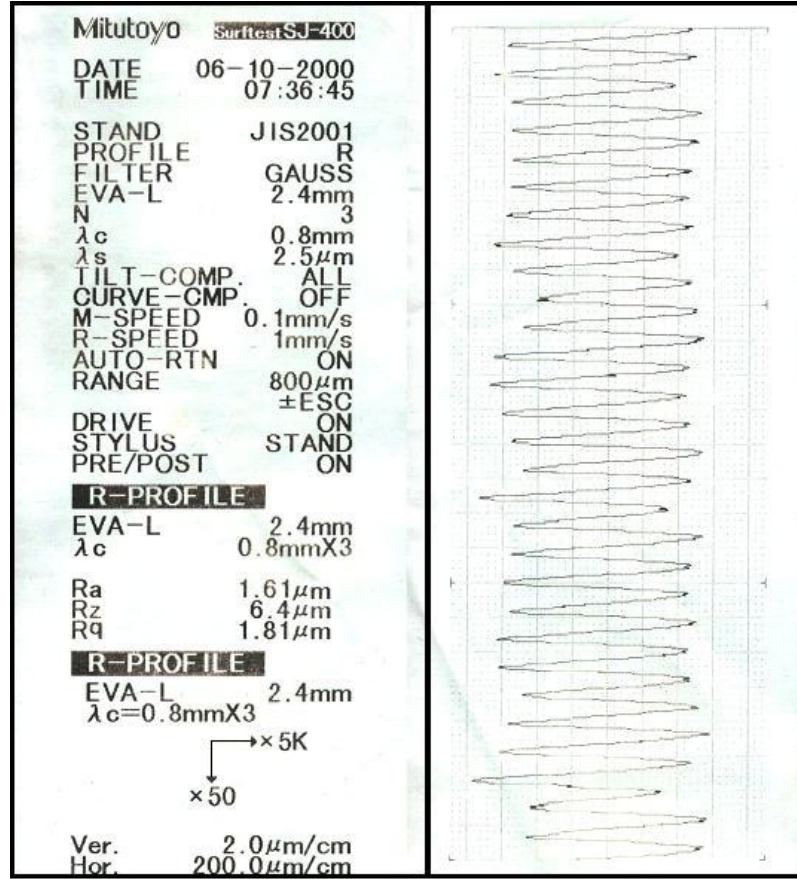
Çizelge 6.1 Çalışmada kullanılan iş parçasının kimyasal analizi

% C	% Mn	% Si	% P	% S
0,075	1,233	0,015	0,044	0,288



Şekil 6.1 Talaşlı işleme sonrası parçanın görünümü

Yüzey pürüzlülüğü Mitutoyo SJ-400 ölçüm aleti ile ölçülerek sonuç çıktı alındı. Buna göre yüzeyde kesici takımın bıraktığı izlerin ve düzensizliklerin yüzey pürüzlülüğü Ra cinsinden değerinin $1,61 \mu\text{m}$ olduğu görüldü.



Şekil 6.2 Talaşlı işleme sonrası yüzey pürüzlülük değeri

Talaş kaldırmak suretiyle elde edilen numune parçalar 550 dev/dk devir ile 17,895-17,916mm tolerans aralığı içinde tutularak makaralı perdahlandı ve yüzey pürüzlülüğü tekrar ölçüldü. Makaralı perdahlama işlemi için Yamasa marka 4 konik makaradan oluşan iç çap perdahlama takımı kullanıldı.



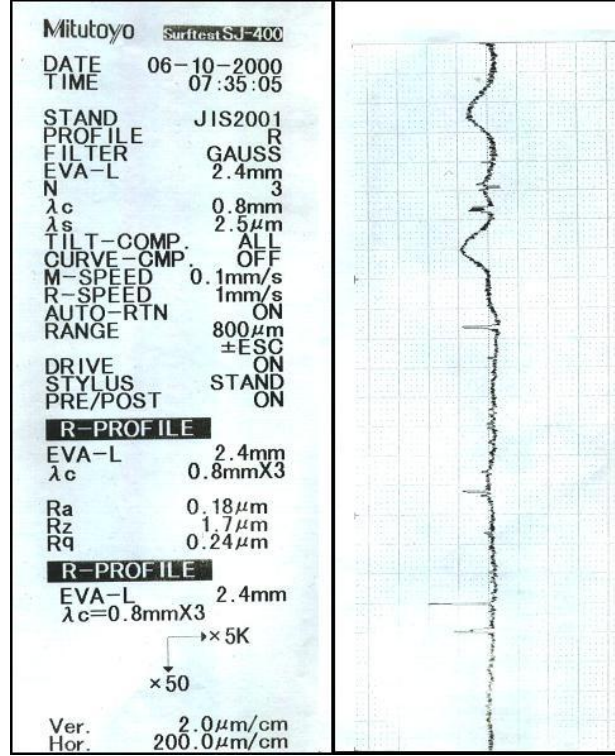
Şekil 6.3 Denemede kullanılan perdahlama düzeneği

İşleme sonrası yüzeydeki çiziklerin azaldığı ve daha parlak bir yüzey oluştuğu görüldü.



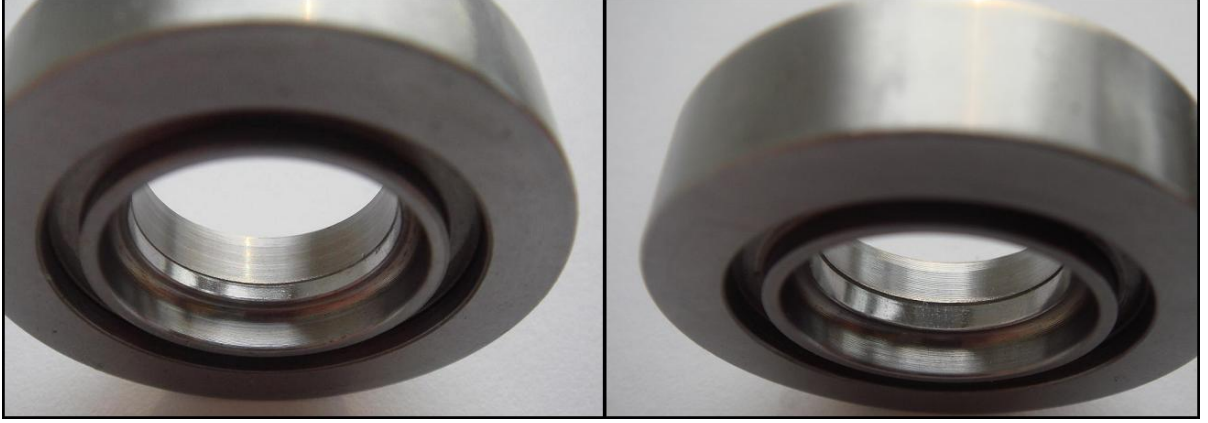
Şekil 6.4 Makaralı perdahlama sonrası oluşan yüzey

İş parçasının yüzey pürüzlülük değeri ölçüldüğünde Ra değerinin $1,61 \mu\text{m}$ 'den $0,18 \mu\text{m}$ 'ye düştüğü görüldü. Yüzeyde oluşan izlerin, mikro yapıdaki tepe ve çukurların azaldığı, perdahlama sonrası oluşan yüzeyin talaşlı işlemeye göre daha parlak ve düzgün olduğu görüldü. Buna ek olarak talaşlı işleme ile seri imalat şartlarında yakalanması zor olan $0,021 \text{ mm}$ tolerans aralığı makaralı perdahlama işlemi ile sağlanabiliyor. Bu durum makaralı perdahlama işlemine seri imalat şartları için avantaj sağlamaktadır.



Şekil 6.5 Makaralı perdahlama sonrası yüzey pürüzlülük değeri

Makaralı perdahlama işleminin yüzeyde oluşturduğu malzeme akışı ve malzeme yığılmasının görülmesi için numune parçalar perdahlama işlemi esnasında makara ilerlemesi durdurularak incelendiler. Şekil 6.6'da görüleceği gibi makara ilerleme eksenince perdahlama işleminin başlaması ile birlikte malzeme yığılması ve akışı gerçekleşmekte, yine aynı eksen boyunca talaşlı işleme sonucu oluşan yüzey düzensizlikleri azalmakta ve daha parlak, düşük yüzey pürüzlülüğüne sahip yüzeyler oluşmaktadır.



Şekil 6.6 Makaralı perdahlama işlemi yarıda durdurularak incelenen parçalar

Makaralı perdahlama işlemi, çeliklere uygulanabildiği gibi, dökme demirlere de uygulanabilir. Dökme demirlerin soğuk şekillendirilme özellikleri yoktur, ancak burada şekil değiştiren fazlardan ve mikro yapıdan bahsedebiliriz.

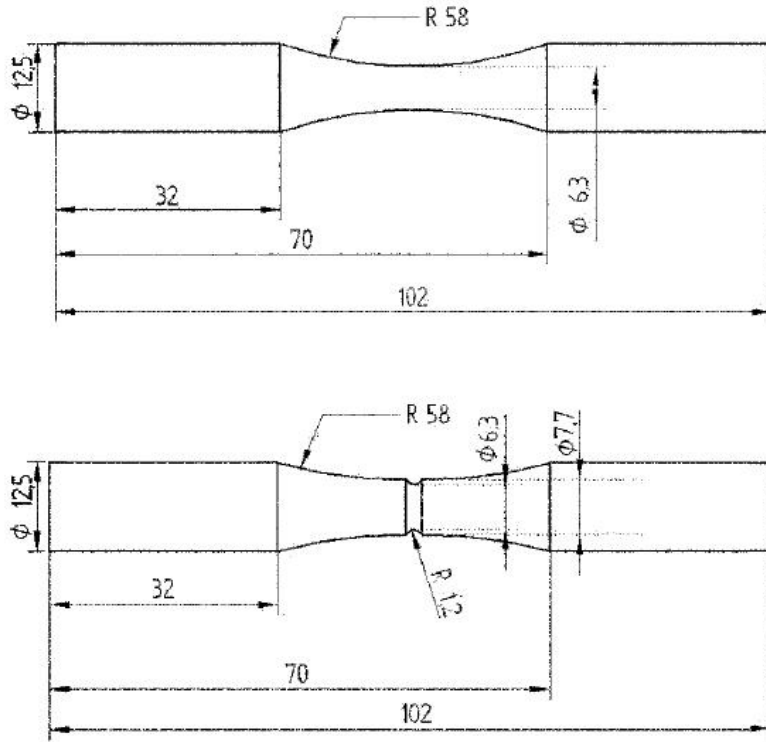
Dökme demirlerin özellikleri ve matris yapısı, ötektik reaksiyon sırasında östenitin dönüşme şekli ile belirlenir. Dökme demirin matris yapısı ve grafitin aldığı şekil mekanik özellikleri etkileyen en önemli faktördür. Katılaşma alt ve üst ötektik sıcaklıklar arasında olursa gri dökme demir oluşur. Gri dökme demirler de yapı içinde bulunan grafitler lamel şeklindedir ve bu yapı matrisde devamsızlık yaratarak gerilim doğurucu bir rol oynar. Lamel grafit sebebiyle yapı bu bölgede gevrek olur ve iş parçası plastiklik özelliğini yitirir. Grafit lamelleri özellikle çekme zorlanmalarına karşı dayanıksızdırlar. Katılaşma alt ötektik sıcaklığın altında olursa beyaz dökme demir oluşur. Beyaz dökme demir fazla miktarda sementit içeren sert ve kırılgan yapıdadır. Genellikle temper dökme demirin elde edilmesi için bir geçiş yapısı olarak kabul edilir. Temper dökme demir, beyaz dökme demirin temperlenmesi ile elde edilir ve yuvarlanmış grafit şekline sahiptir. Temper dökme demirin elde edilebilmesi için döküm çeşitli işlemlerden geçirilmelidir. Sfero dökme demirler katılaşma sırasında küresel grafitin büyümesine neden olan magnezyum ya da seryum ilavesi ile elde edilir. Küresel grafitli yapının dış zorlamalar sonucu oluşan gerilme dağılımı kır dökme demirden daha iyidir ve bu tip dökme demirlerin bir miktar şekillendirilme özelliği vardır. Dökme demirlerin matris yapısı soğutma hızı, alaşım elementleri ve görmüş olduğu ısıtılma işlemi göre ferrit, ferritik perlitik, perlitik, beynit, ya da martenzitik yapıda olabilir.

Maluf vd. (2004) yürüttüğü çalışmada, perlitik yapının hakim olduğu küresel grafitli dökme demir üzerinde, makaralı ezme uygulanarak elde edilen sonuçların yorulma dayanımına olan

etkilerini incelemiştir. Deney numunelerini mikroskop altında inceleyerek mikro yapıdaki değişimler ayrıca gözlenmiştir.

Çizelge 6.2 Çalışmada kullanılan iş parçasının kimyasal analizi (Maluf vd., 2004)

% C	% Si	% Mn	% Cr	% Cu	% P	% S	% Mg
3,56	2,36	0,45	0,016	0,46	0,046	0,010	0,050

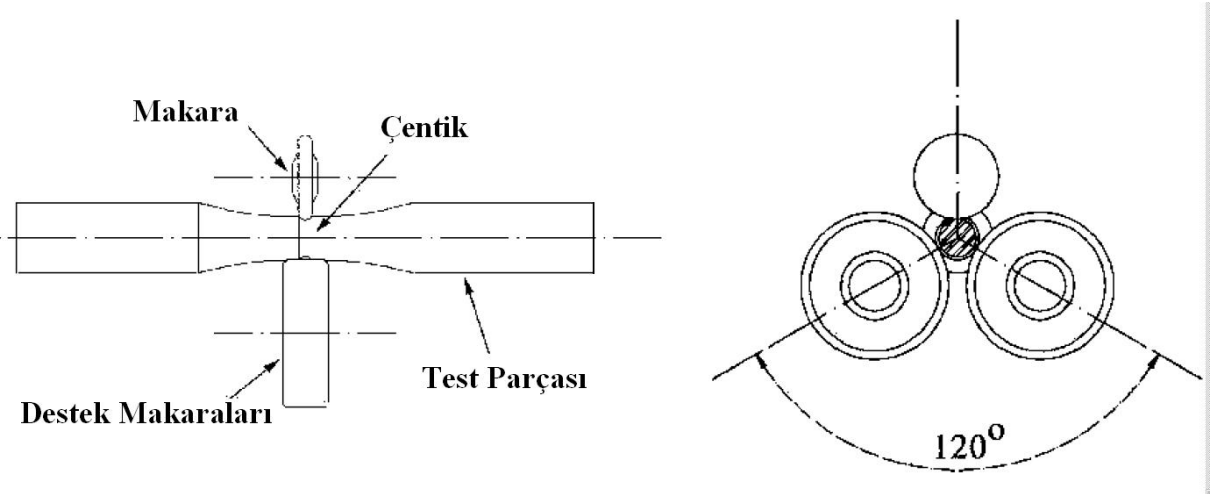


Şekil 6.7 Çalışmada kullanılan parçaların teknik resimleri (Maluf vd., 2004)

Bununla birlikte, yazar ve çalışma arkadaşları kendi tasarladıkları tek makaralı perdahlama takımının uygulanabilir olup olmadığını yine bu çalışmayla incelemişlerdir. 15 mm çap, 5 mm genişlik ve 1,3 mm köşe radüsüne sahip makara ezme işlemi için ve 26 mm çapa sahip makaralar da destek amacıyla kullanılmıştır.



Şekil 6.8 Çalışmada kullanılan tek makaralı perdahlama takımı (Maluf vd., 2004)

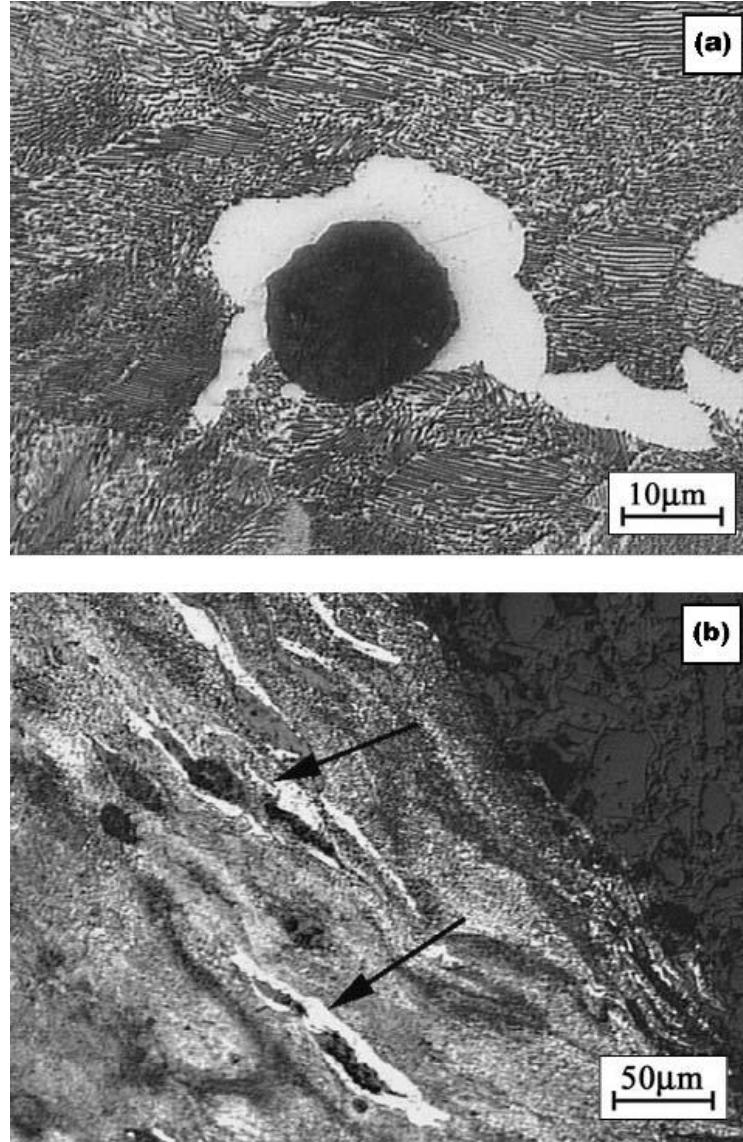


Şekil 6.9 Deney düzeneği (Maluf vd., 2004)

Bu çalışmada kullanılan numunelerden çentiksiz olanın, çentikli numuneye göre % 44 daha fazla yorulma dayanımına sahip olduğu, her iki numune de makaralı perdahlama yapıldıktan sonra çentikli numunenin yorulma dayanımında % 60 artış, çentiksiz numunenin yorulma dayanımında ise % 188 artış olduğu görülmüştür.

Bu çalışmada kullanılan ve kimyasal bileşimi Çizelge 6.2’de verilen döküm durumu perlitik matrisli küresel grafitli dökme demirin makaralı ezme öncesi ve sonrası mikro yapısı Şekil 6.10’da verilmiştir. Şekil 6.10’da görüldüğü gibi deney numuneleri grafit kürelerin etrafının ferrit halkalar ile çevrili olduğu ve diğer kısımlarda ise perlitin hakim olduğu tipik dana gözü yapısına sahiptir. Şekil 6.10 incelendiğinde yüzeyde boylamasına yapılan makaralı ezmenin

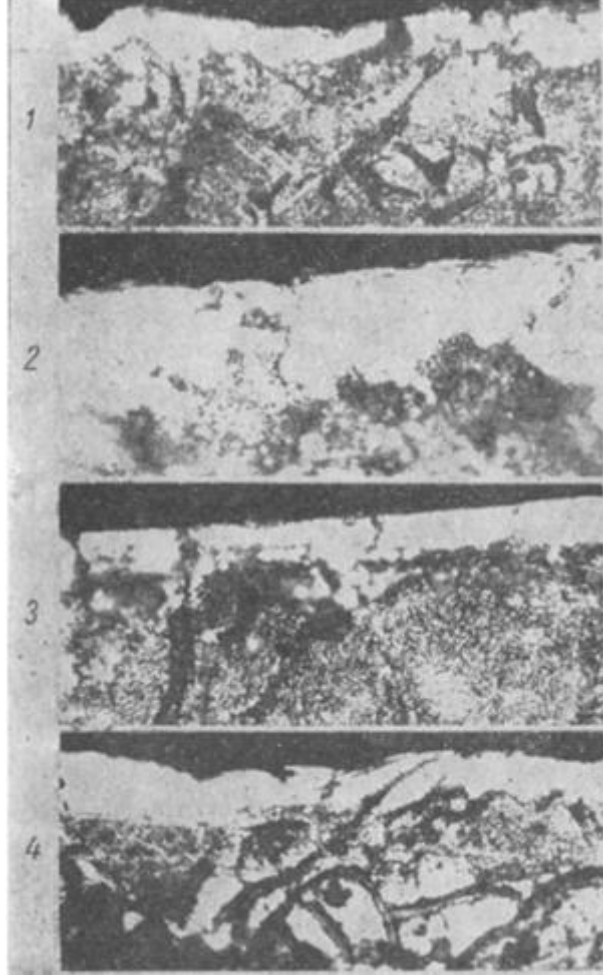
yüzeyde plastik deformasyon sonucu dana gözü yapısını bozarak dairesel yapının giderek düzleştirdiği görülüyor. Buna ek olarak tane sınırları arasındaki boşlukların azaldığı ve sınırların birbirlerine yaklaştığı yine burada görülüyor (Maluf vd., 2004).



Şekil 6.10 Makaralı perdahlama öncesi ve sonrası yüzeylerin yapısı (Maluf vd., 2004)

Makaralı ve bilyalı perdahlama işleminin dökme demirlerin mikro yapısı üzerindeki etkileri Lur'e vd. (1969) tarafından incelenmiştir. Yapılan çalışma da ferritik, perlitik ferritik ve ferritik perlitik yapıdaki kır dökme demirlerin yüzeylerindeki yapısal değişiklikler incelenmiş. Dökme demirin orijinal yapısı, yüzeydeki yapısal değişimleri etkileyen en önemli faktördür. Perlitik yapının hakim olduğu dökme demirin makaralı ve bilyalı perdahlanması sonucu ortaya çıkan yüzeyde beyaz bir tabaka oluştuğu bu çalışma da belirtiliyor. Kır dökme demirin

yüzeyinde oluşan bu beyaz fazın bazı yazarlar tarafından sementitten oluştuğu, bazı yazarlar tarafından da östenitin faz değişimi neticesinde martenzit olarak karşımıza çıktığı belirtiliyor.



Şekil 6.11 Elde edilen yüzeyin mikroskop altındaki görünümü (Lur'e vd., 1969)

Yüzeydeki yapıda görülen bu beyaz fazın, iş parçası ile takım arasındaki temas esnasında sürtünme sonucu ortaya çıkan ani ve yüksek sıcaklığın hızlı bir biçimde soğuması sonucu görüldüğü belirtiliyor.

Ferritik perlitik yapılı dökme demirin makaralı ve bilyalı perdahlama işlemi sonrasında yüzeyde 0,2 mm derinliğe kadar düzgün bir biçimde dağılmış perlit tabakanın varlığı görülmektedir. Daha sonra kademeli olarak yapı orijinal haline dönmektedir. Takımın oluşturduğu basınç, sıcaklıktaki artımlar ve düşüşler ile birlikte ani ısı transferi ile daha sünek olan ferritin deformasyona uğradığı görülüyor.



Şekil 6.12 Elde edilen yüzeyin mikroskop altındaki görünümü (Lur'e vd., 1969)

Ferritik yapılı dökme demirin makaralı ve bilyalı perdahlama işleminde, yüzeyde oluşan aşırı sertleşme sonrasında pul pul kopmalar olduğu mikro yapı incelendiğinde görülüyor.



6.13 Elde edilen yüzeyin mikroskop altındaki görünümü (Lur'e vd., 1969)

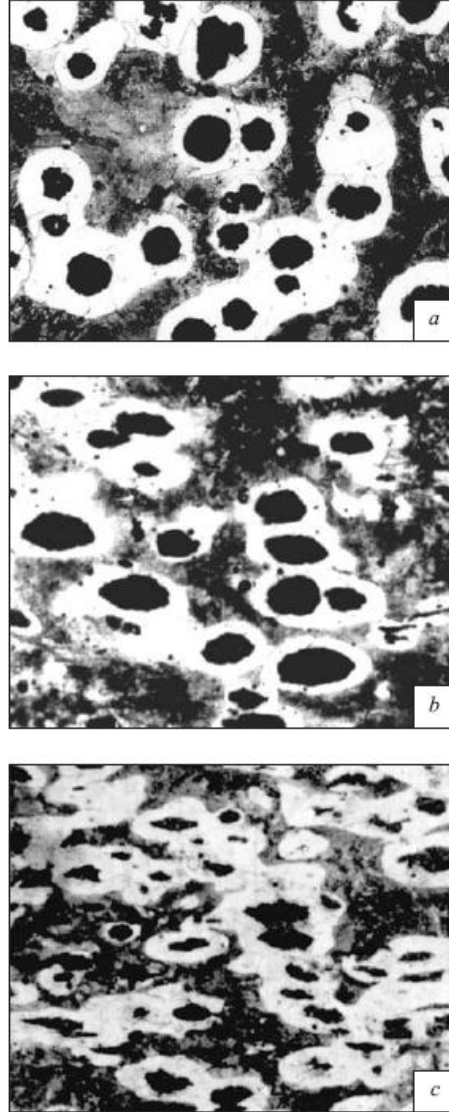
Makaralı ve bilyalı perdahlama işlemlerinin her ikisinde de, ilerlemenin arttırılarak 0,47-0,61 mm/dev değerleri arasında kullanıldığı çalışmalarda, dökme demirin orijinal yapısından bağımsız olarak yüzeydeki yapıda kayda değer herhangi bir değişiklik olmuyor (Lur'e vd., 1969).

Baca vd. (2004) yaptığı çalışmada, küresel grafitli dökme demir üzerine uygulanan deformasyonun mikro yapıda yol açtığı değişimleri incelemiştir. Yapılan çalışmada perlitik ferritik yapılı Çizelge 6.3'de kimyasal özellikleri verilen sfero dökme demir kullanılmış. Alınan numuneler bası kuvvetine tabi tutularak mikro yapıları incelenmiş.

Çizelge 6.3 Çalışmada kullanılan iş parçasının kimyasal analizi (Baca vd., 2004)

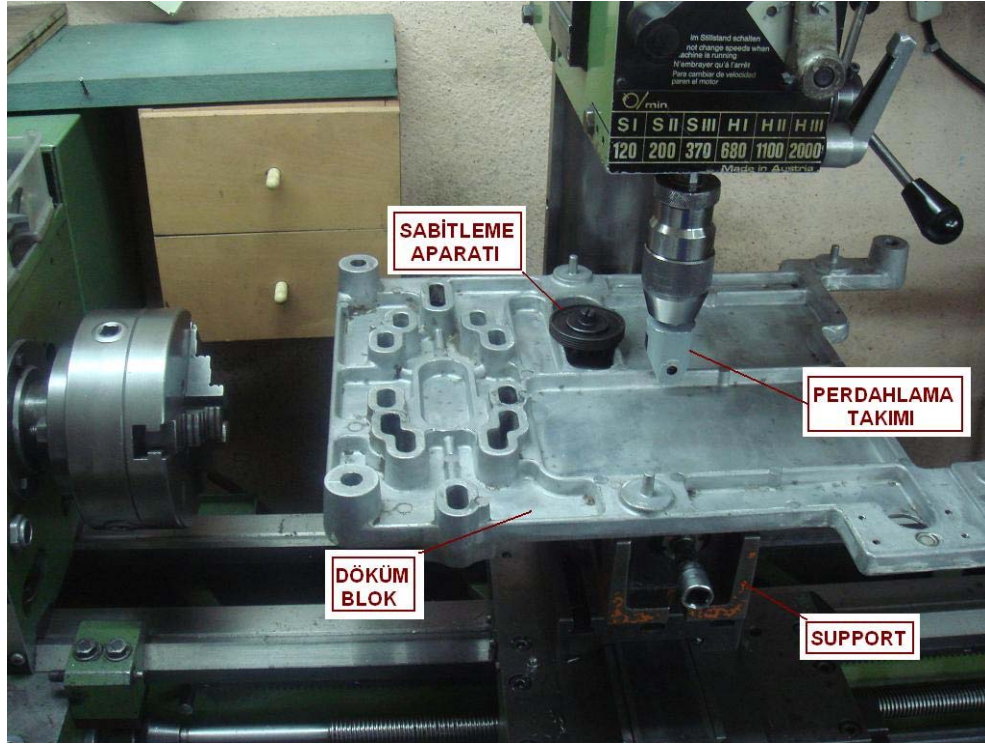
% C	% Si	% Mn	% Mg	% P	% S	% Fe
2,77	2,2	0,7	0,1	0,03	0,018	Kalan

Numune parçaların mikro yapıları incelendiğinde, kuvvetin arttırılması ile küresel şekilli grafitlerin şekillerini kaybederek daha eliptik bir hale geldikleri, kuvvetin daha da arttırılması ile grafitlerin şekillerini tamamiyle kaybettikleri görülmüş. Bununla birlikte grafit yapısını saran ferrit yapısında deformasyona uğrayarak şeklini kaybettiği ve eliptik bir şekle büründüğü görülüyor.



Şekil 6.14 Elde edilen yüzeyin mikroskop altındaki görünümü (Baca vd., 2004)

Yapılan bir diğer çalışmada ise, döküm yöntemiyle üretilmiş olan alüminyum blok üzerinde makaralı perdahlama yapılarak yüzeydeki değişim incelendi.

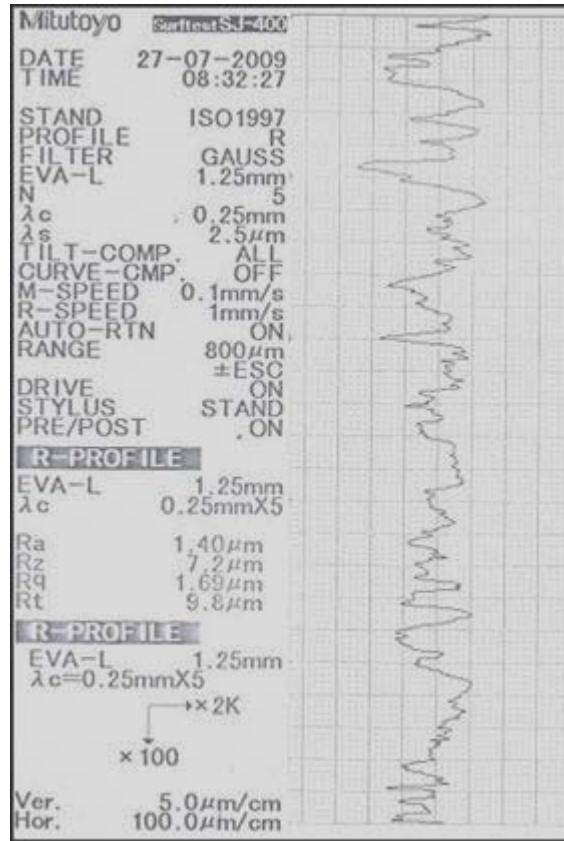


Şekil 6.15 Çalışmada kullanılan deney düzeneği

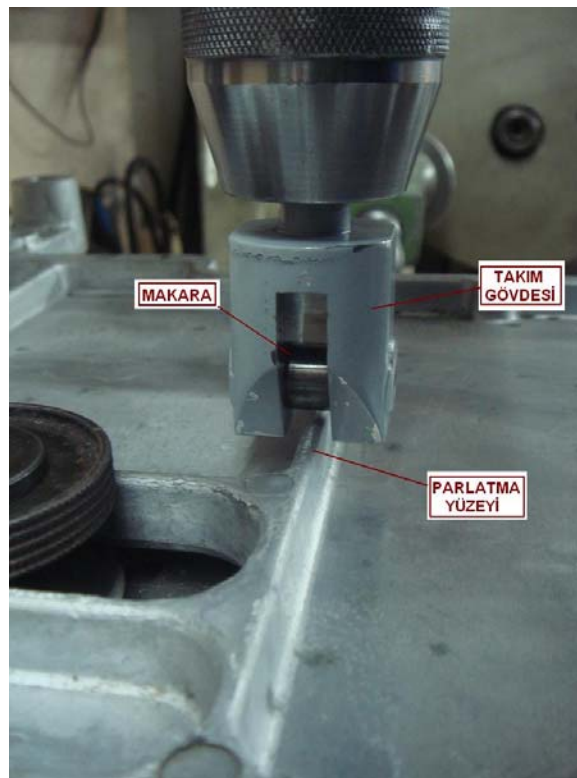
Tek makaralı perdahlama takımıyla gerçekleştirilen çalışmada alüminyum bloğun perdahlama öncesinde yüzey pürüzlülüğü ölçüldü. Daha sonra 0,2 mm paso derinliği ve 30 mm boyunca yapılan ezerek parlatma çalışmasında yüzey pürüzlülüğünün 1,4 μm Ra'dan 0,10 μm Ra'ya düştüğü görüldü.

Çizelge 6.4 Çalışmada kullanılan iş parçasının kimyasal analizi

% Fe	% Si	% Mn	% Cr	% Ni	% Zn	% Cu	% Mg	% Pb	% Sn	% Ti	% Al
0,581	11,01	0,134	0,038	0,046	0,942	2,63	0,266	0,055	0,031	0,023	84,14

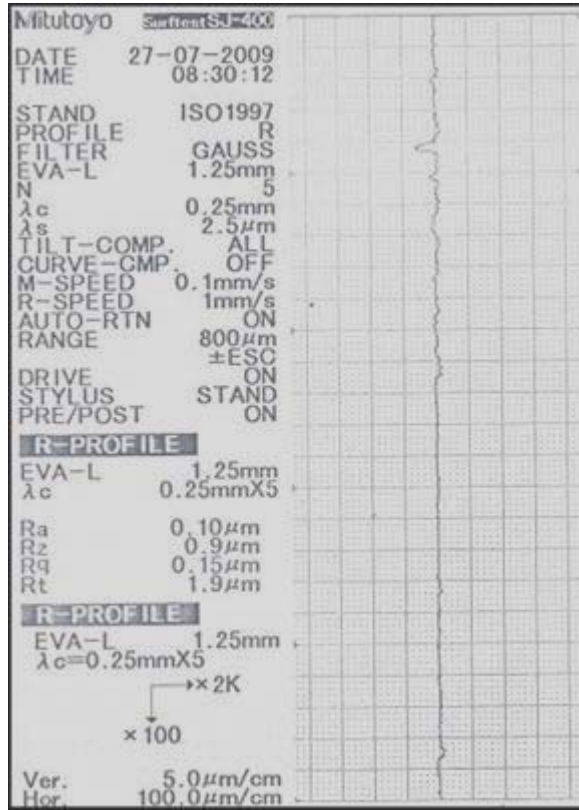


Şekil 6.16 İşlem öncesi yüzey pürüzlülük değeri



Şekil 6.17 Çalışmada kullanılan tek makaralı perdahlama takımı

Şekil 6.19 incelendiğinde döküm sonrası oluşan yüzeyin pütürlü ve pürüzlü olduğu, ezme yapılan yüzeyin ise daha düzgün ve parlak bir yapı kazandığı görülüyor.

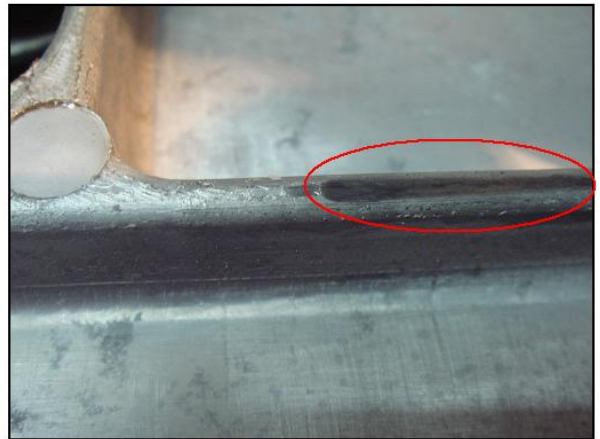


Şekil 6.18 Makaralı perdahlama sonrası yüzey pürüzlülüğü

**PERDAHLAMA ÖNCESİ
YÜZEYİN MAKRO GÖRÜNÜMÜ**



**PERDAHLAMA SONRASI
YÜZEYİN MAKRO GÖRÜNÜMÜ**

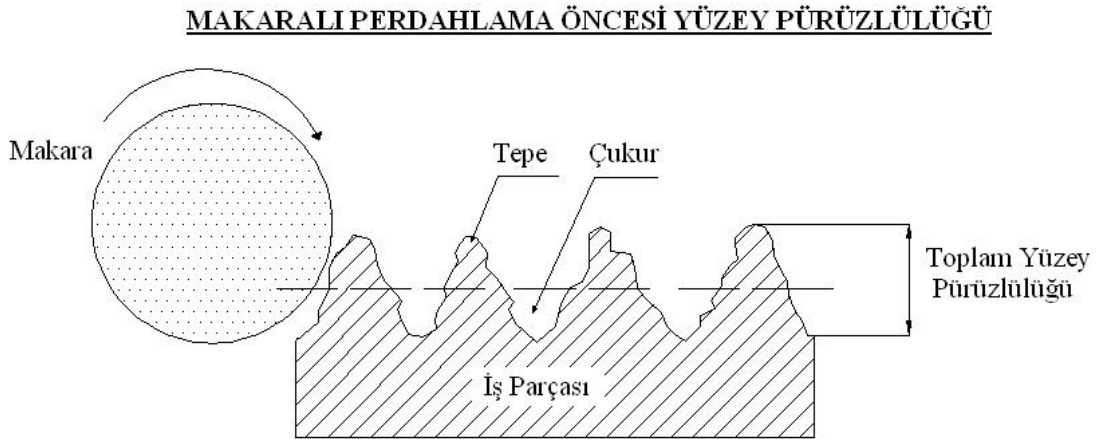


Şekil 6.19 Makaralı perdahlama öncesinde ve sonrasında yüzeyin görünümü

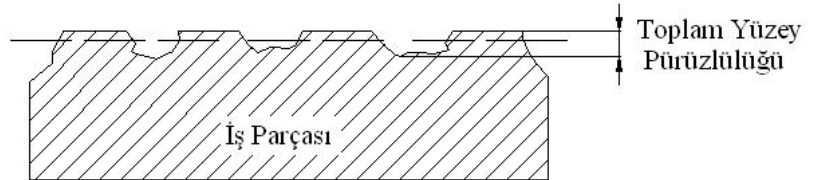
6.1 Yüzey Pürüzlülüğünün Değişimi

İmal edilen bütün iş parçaları yüzeylerinde, imalat metodunun çeşidine göre mutlaka yüzeyde bir takım düzensizlikler ve pürüzler meydana gelir. Malzemeye şekil veren takımın, iş parçası yüzeyinde bıraktığı izler ve düzensizlikler yüzey pürüzlülüğünü oluşturur. Pürüz yapısı, imalat metoduna göre özellik kazanır. Örneğin tornalama ve planyalama gibi imalat yöntemlerinde eş aralıklı ve tek doğrultuda pürüz geometrileri meydana gelirken, taşlama da ise eş aralıklı olmayan ancak tek doğrultulu pürüzler oluşmaktadır.

Makaralı perdahlama işlemi, iş parçası yüzeyinde mikro ölçekte bulunan tepeler ve çukurlardan oluşan yüzey pürüzlülüğünü ezmek suretiyle yüzeye yeni bir form verir. Makara ile iş parçası yüzeyi arasında oluşan basınç ve etkileşim sonucu pürüz tepeleri plastik deformasyona uğratarak çukurlara doğru hareketlenir. Böylece oluşan yeni yüzey profilinde tepeler ile çukurlar arası toplam fark azalarak yüzeydeki pürüzlülük değeri iyileşir ve daha temiz, parlak bir yüzey oluşur.



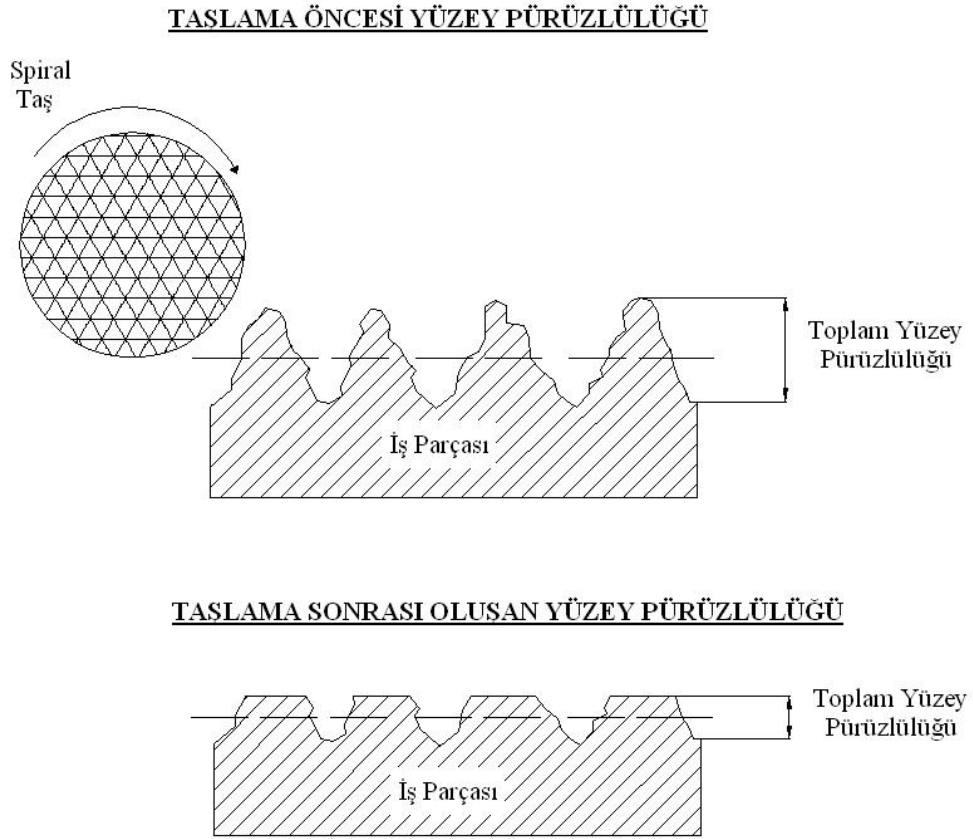
MAKARALI PERDAHLAMA SONRASI OLUSAN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ



Şekil 6.20 Makaralı perdahlama işlemi sonucu yüzey pürüzlülüğünün değişimi

Makaralı perdahlama prosesine alternatif bir diğer bitirme prosesi olan taşlama ele alınırsa, buradaki parlatma işleminin daha farklı olduğu görülür. Taşlamada yüzeyden talaş kaldırmak

suretiyle parlatma yapılacağından, yüzeydeki tepeler koparılacak fakat çukurlar kalacak. Daha iyi yüzeyler elde edebilmek için taşlamaya paso derinliği arttırılarak devam edilirse, yüzeydeki çukurlarda talaş kaldırılarak pürüz derinliği azaltılacak fakat taş bir noktadan sonra malzemeden almaya başlayacak ve istenilen ölçü tamlığı kaybolacak. Dolayısıyla makaralı perdahlama ile taşlama prosesi karşılaştırıldığında, taşlama ile elde edilemeyen yüzey kalitelerinin makaralı perdahlama ile elde edilebildiği söylenebilir.

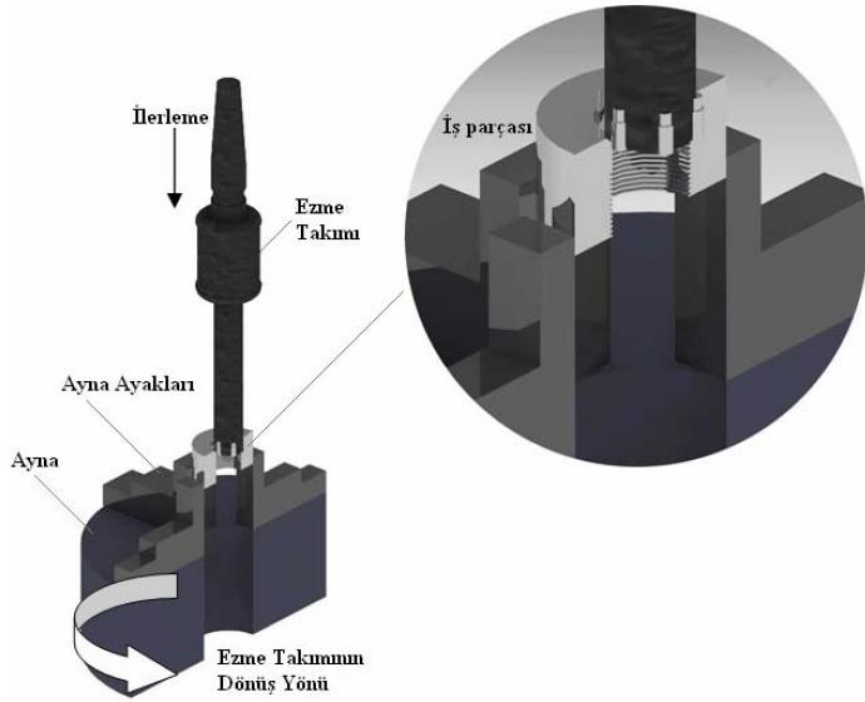


Şekil 6.21 Taşlama işlemi sonucu yüzey pürüzlülüğünün değişimi

Akkurt (2009), farklı işleme metodları sonucu elde edilen yüzeyleri karşılaştırarak elde ettiği yüzey pürüzlülüğü sonuçlarını bir çalışmada toplamıştır. Çalışmada Al 6061 malzemesi seçilerek iç ezerek parlatma takımı kullanılmıştır.

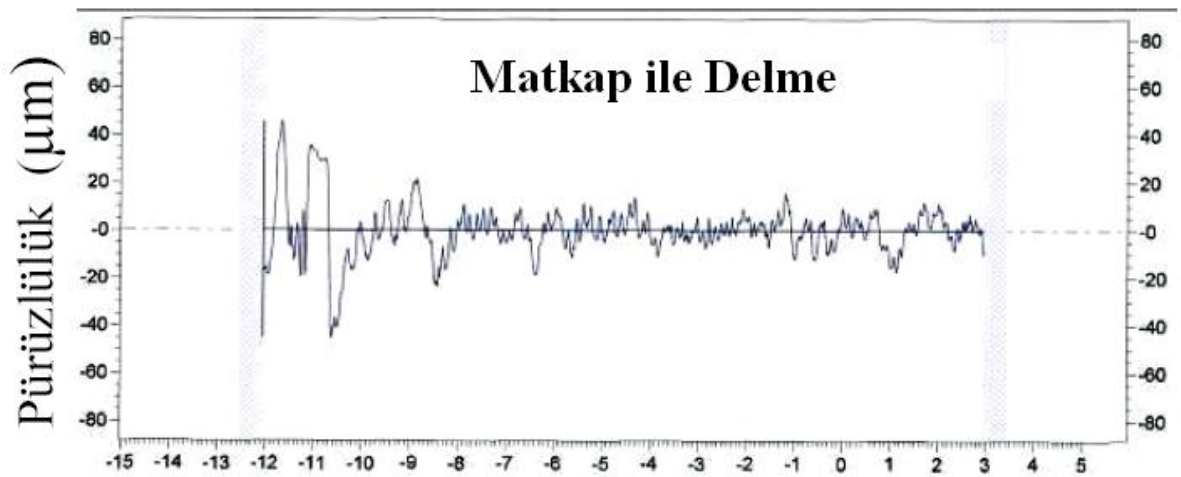
Çizelge 6.5 Çalışmada kullanılan iş parçasının kimyasal analizi (Akkurt, 2009)

% Si	% Mn	% Cr	% Zn	% Ti	% Mg	% Cu	% Al
0,6	0,15	0,35	0,25	0,15	1	0,15	~ 96

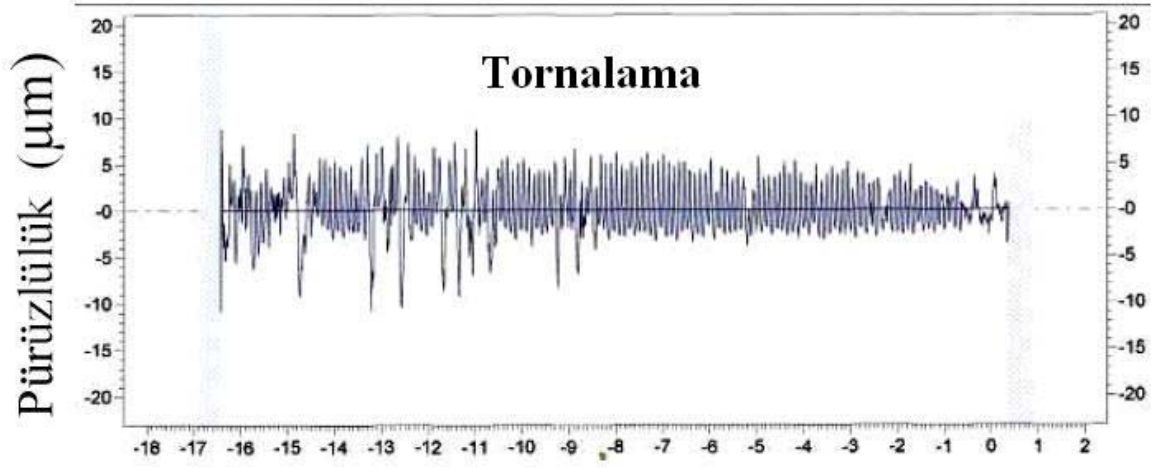


Şekil 6.22 Çalışmada kullanılan makaralı ezme düzeneği (Akkurt, 2009)

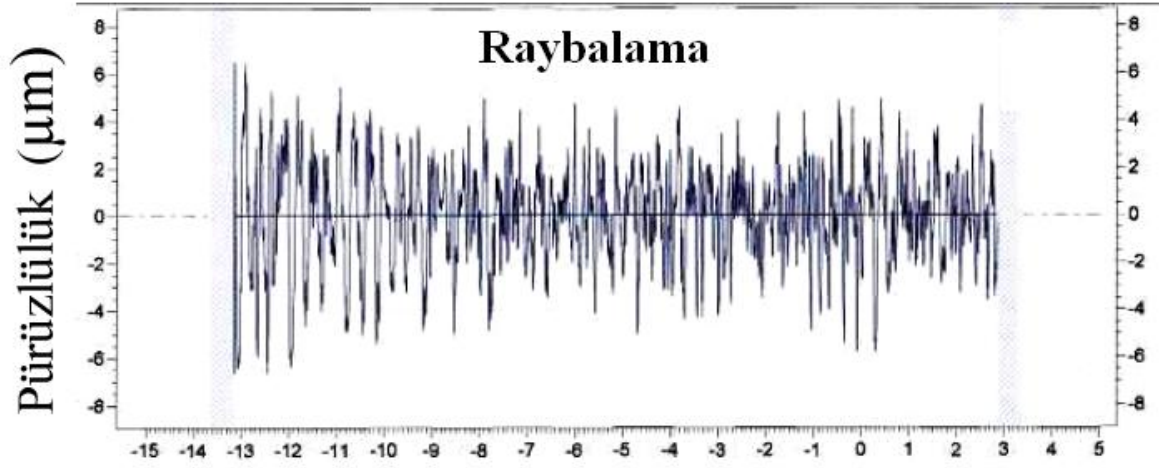
Yüzey işleme yöntemleri arasında en iyi yüzey kalitesi diğer bir ifade ile en az yüzey pürüzlülüğü ezme işleminde elde edilmiştir. Makaralı ezme ve honlama sonrası yüzeylerin birbirine yakın olduğu görülmüştür.



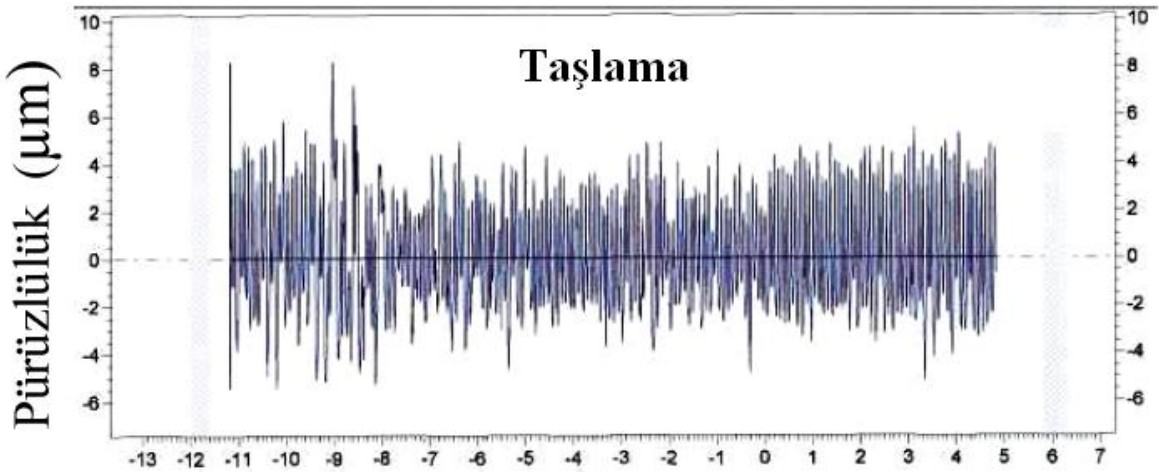
Şekil 6.23 Matkap ile delme sonrası elde edilen yüzey pürüzlülüğü (Akkurt, 2009)



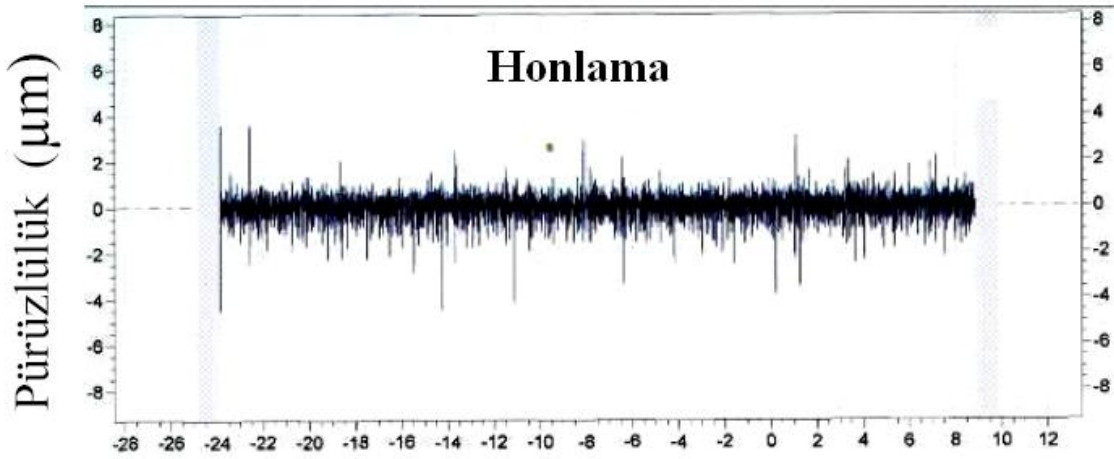
Şekil 6.24 Tornalama sonrası elde edilen yüzey pürüzlülüğü (Akkurt, 2009)



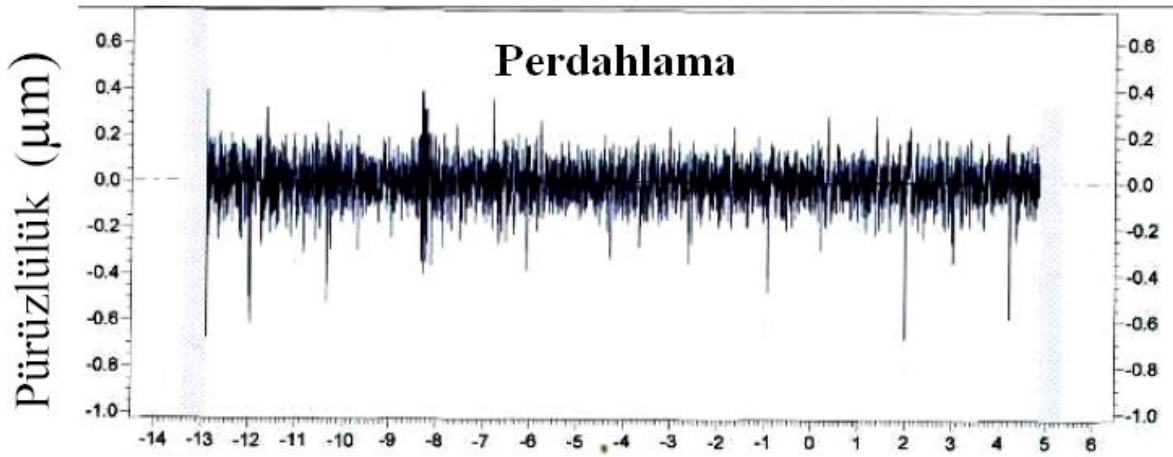
Şekil 6.25 Raybalama sonrası elde edilen yüzey pürüzlülüğü (Akkurt, 2009)



Şekil 6.26 Taşlama sonrası elde edilen yüzey pürüzlülüğü (Akkurt, 2009)



Şekil 6.27 Honlama sonrası elde edilen yüzey pürüzlülüğü (Akkurt, 2009)

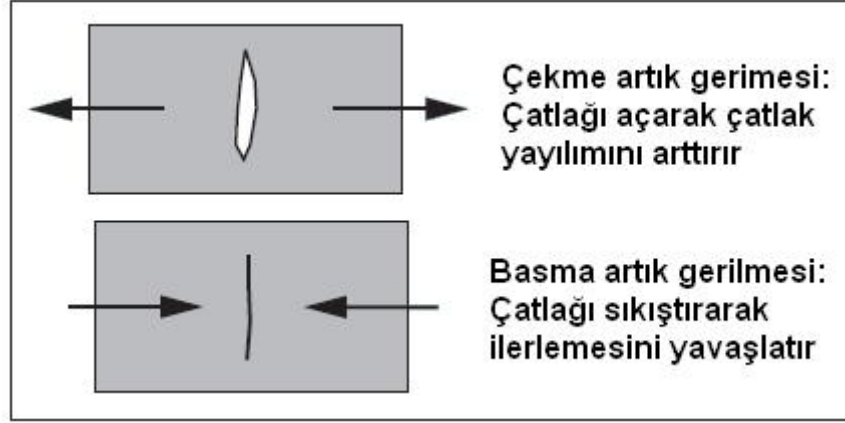


Şekil 6.28 Perdahlama sonrası elde edilen yüzey pürüzlülüğü (Akkurt, 2009)

6.2 Kalıntı Gerilmelerin Değişimi

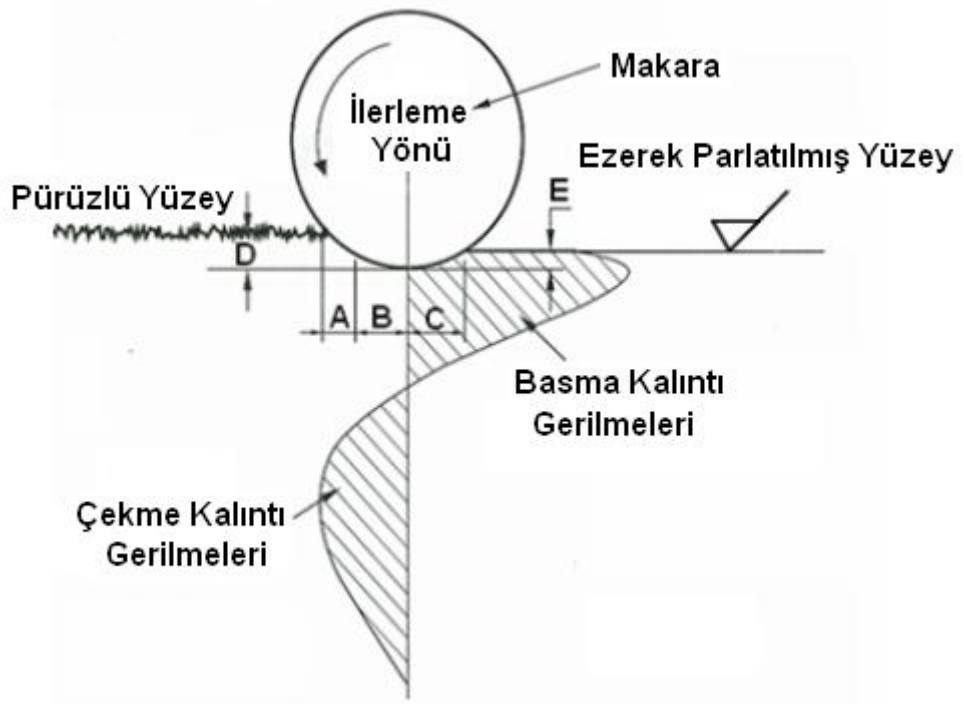
İş parçalarının ömürleri genellikle yapı içerisindeki düzensizlikler, parçanın maruz kaldığı dış gerilmeler, yüzeydeki bozukluklar ve kalıntı gerilmelerden etkilenir. Kalıntı gerilme, dış kuvvetler kaldırıldıktan sonra iş parçasının içerisinde kalan gerilme sistemidir. Kalıntı gerilmeler üretim esnasında ve üretim sonrasındaki işlemler esnasında parçanın değişik bölgelerinde oluşabilirler. Bu gerilmeler, bir dış yük uygulaması olmaksızın üniform sıcaklık şartları altında parçanın içerisinde kalıntı olarak var olan ve kendi kendini dengeleyen gerilmeler olarak tanımlanabilirler. Hemen hemen üretilen tüm parçalar, malzeme özellikleri ve şeklini değiştiren herhangi bir işlem tarafından oluşturulan az da olsa kalıntı gerilmelere sahiptir.

Basma kalıntı gerilmesi genellikle çatlak başlangıcını ve çoğalmasını geciktirdiğinden dolayı yorulma ömrü üzerinde faydalı bir etkiye sahiptir. Çekme kalıntı gerilmesi tam aksine malzemenin mekanik performansını azaltmaktadır. Makaralı perdahlama işlemi ise yüzeyde basma artık gerilme alanı oluşturarak yorulma dayanımını arttıran önemli bir işlemdir. Kalıntı gerilmedeki küçük değişimler bir parçanın ömründe önemli etki yapabilir. Bu etkilerin önemini anlamak ve bir parçanın olası performansını değerlendirmek için parça içerisindeki kalıntı gerilme seviyesinin bilinmesine gerek vardır.



Şekil 6.29 Kalıntı gerilmelerin yapısı

Şekil 6.33' de ezme işlemi için artık gerilme değişimi gösterilmiştir. Ön işlemi yapılmış olan (tornalama, delme, raybalama vb.) metal yüzeyine ilk temas A bölgesinde olmakta ve B bölgesinde, metalin akma noktası geçilmektedir. Bu bölgede plastik deformasyon meydana gelmekte ve malzeme çok küçük boyutlarda ezilmektedir (D). C bölgesinde plastik deformasyonun ardından bir miktar elastik dönüşüm gerçekleşir. Bu bölgede yuvarlanma elamanı malzemeye son kez temas ederek, yüzeyin pürüzsüz ve parlak olmasını sağlar. Ezme işlemi sırasında iş parçasında oluşturulan gerilim yüzeyden eksene doğru azalır. Bu gerilim, malzemeye, ezme miktarına ve çalışma şekline bağlı olarak değişir. Ezme kuvveti kalktıktan sonra, dislokasyon artışı ve pekleşmeye bağlı sertleşen yüzey tabakasının altında gerilim yığılmasından dolayı basma kalıntı gerilmeleri oluşur (Akkurt, 2009).



Şekil 6.30 Makaralı perdahlama işlemi boyunca artık gerilmelerin değişimi (Akkurt, 2009)

7. PROSES PARAMETRELERİ

Makaralı perdahlama kullanılarak iş parçası üzerinde istenilen sonuçların elde edilmesi için proses parametrelerinin doğru seçilmesi büyük önem taşır. İşlemin uygulanacağı makine tipine, makaralı perdahlama takımına, iş parçası malzemesine ve çapına göre proses parametreleri değişkenlik gösterebilir. Bu bölümde genel anlamda proses parametrelerinin neler olduklarını inceleyeceğiz.

7.1 İlerleme

Makaralı perdahlama işleminde ilerleme parametresi seçilirken genel olarak ezme makarası başına belirlenir. İlerleme değerine dair tablolar oluşturulmuş olsa da, parametreler pratik olarak denemeler sonucu belirlenir. Tablo değerlerini %50 arttırmak ya da düşürmek mümkündür, bu çok geniş bir aralık olacağından ilerleme elde edilmek istenen sonuca göre pratik olarak belirlenir. İlerleme devir başına milimetre ya da dakika başına milimetre olarak alınabilir.

Çizelge 7.1 İşlenecek çapa göre seçilecek ilerleme değerleri (Sürücü, 1987)

İşlenecek Çap (mm)		İç Yüzey Parlatma (mm/dev)		Dış Yüzey Parlatma (mm/dev)	
min	max	min	max	min	max
3,175	12,29	0,11	0,3	0,05	0,23
12,7	38,1	0,3	1,14	0,23	0,86
38,89	66,65	1,14	1,78	0,86	1,57
66,67	95,25	1,14	1,78	1,57	2,29
96,04	400	1,78	2,92	2,29	2,92

7.2 Devir

Devir değeri belirlenirken yine tablolardan faydalanılabilir. İş parçasının eksen üzerinde döndürülmediği uygulamalarda devir parametresinden söz etmek mümkün değildir. İşlemin uygulanacağı makine tipine göre uygun devir değeri denemeler yapılarak belirlenebilir. Doğru parametrelerin bulunamaması takım ömrü üzerinde olumsuz etkilere sahiptir.

Çizelge 7.2 İşlenecek çapa göre seçilecek devir değerleri (Sürücü, 1987)

İşlenecek Çap (mm)		İç Yüzey Parlatma (dev/dk)		Dış Yüzey Parlatma (dev/dk)	
min	max	min	max	min	max
3,175	12,29	750	900	500	700
12,7	38,1	300	750	300	500
38,89	66,65	160	300	100	300
66,67	95,25	140	270	80	200
96,04	400	90	150	60	100

7.3 Paso Sayısı

Makaralı perdahlama prosesinde ön işlem sonrası yüzey istenilen şekilde hazırlanırsa genellikle tek pasoda işlem sonlandırılır. Tek makaralı perdahlama takımlarında birden fazla paso sayısı kullanılabilir. Çok makaralı sistemlerde makara çapı ve kafes çapının izin verdiği ölçüde makara sayısı artırılarak hem birden fazla paso sayısı uygulamasından vaz geçilir, hem de zamandan tasarruf edilir.

7.4 Paso Derinliği

Makaralı perdahlama işleminde paso derinliği, iş parçasının getirilmek istenilen ölçüsüne göre belirlenir. Başka bir deyişle, paso derinliği belirlenirken, bitirici prosese bırakılacak paso derinliği, makaralı perdahlama öncesinde ön üretimde belirlenir. Ön işlem olarak tornalama, raybalama veya taşlama gibi imalat yöntemlerinden herhangi biri seçilebilir. Ön işlemden çıkan iş parçası perdahlama yüzeyinde, iş parçası malzemesi ve konstrüktif özelliklerine bağlı olarak 0,02-0,1 mm arasında paso derinliği bırakılarak ezme yapılır.

8. PROSES PARAMETRELERİNİN ETKİLERİ

8.1 Yüzey Pürüzlülüğü Üzerinde Proses Parametrelerinin Etkileri

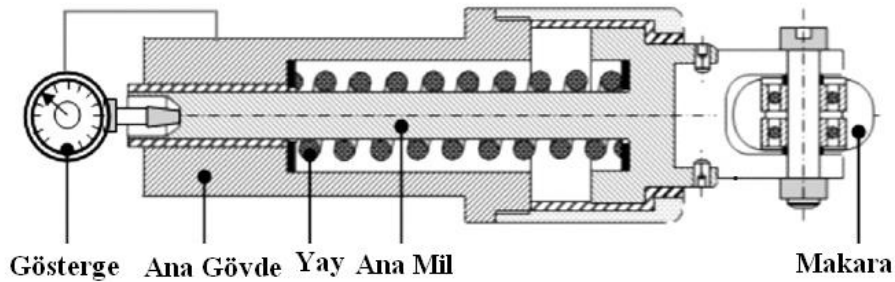
El-Tayeb vd. (2006) makaralı perdahlama işleminin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerini görmek amacıyla çeşitli işlem parametreleri altında perdahlama denemeleri yapmıştır.

Deney numuneleri malzemesi, uçaklarda bağlantı parçası, kamyon tekerlek parçası, fren diskleri, kavramalar, fren pistonları ve hidrolik pistonlar gibi çeşitli sanayi dallarında kullanılan Al 6061 olarak seçilmiştir.

Çizelge 8.1 Çalışmada kullanılan iş parçasının kimyasal analizi (El-Tayeb vd., 2006)

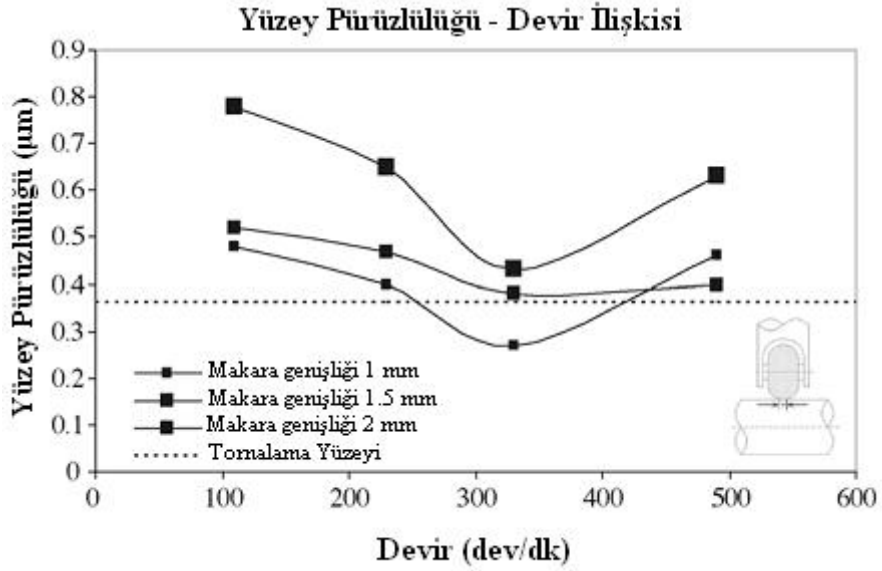
% Al	% Si	% Fe	% Cu	% Mn	% Mg	% Cr	% Zn	% Ti	Sertlik (HRB)	Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)
Kalan	0,4 - 0,8	0,7	0,15 - 0,4	0,15	0,2	0,04 - 0,35	0,25	0,15	70	0,36 μm

Deney, tek bir makaradan oluşan perdahlama takımı ile değişik makaralar kullanılarak yapılmıştır.



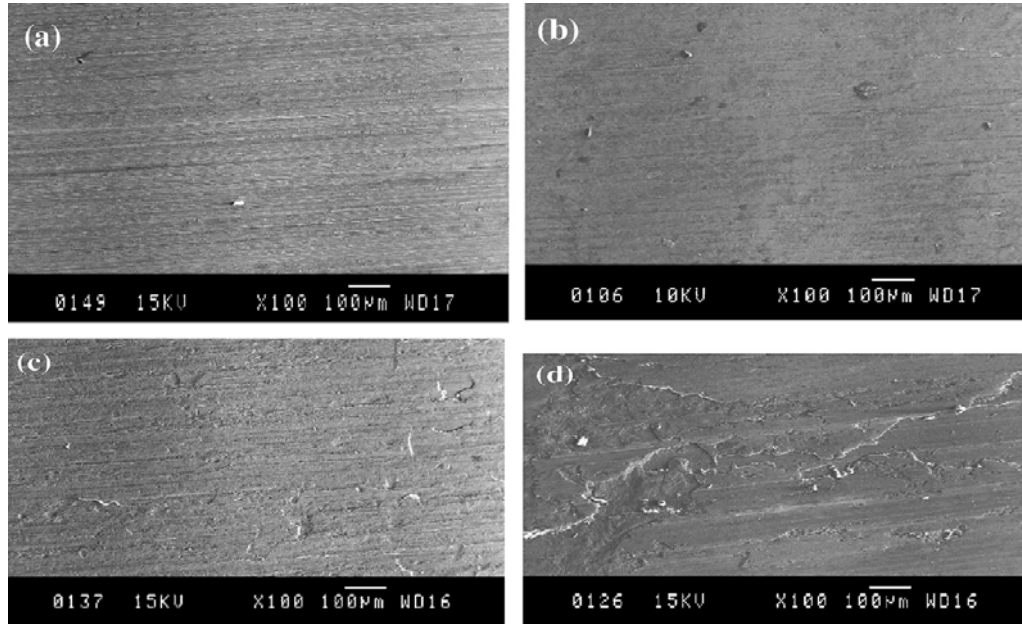
Şekil 8.1 Deneyde kullanılan makaralı perdahlama takımı (El-Tayeb vd., 2006)

Bu çalışmada yüzey pürüzlülüğü değerleri Perthomer S2 kullanılarak ölçülmüştür. Ezme yüzeyi genişliği 1 mm olan makara kullanılarak yapılan çalışmada devir değerinin 250-420 dev/dk aralığında değişkenlik gösterdiği durumlarda yüzey pürüzlülüğünde iyileşmeler görülmüştür. Devir arttırıldığı zaman, yağlayıcı iş parçası ile makara arasına girecek yeterli zamanı bulamayacağından etkisini kaybetmiş ve sürtünme sonucu ısı artarak yüzey bozulmaya başlamıştır. Optimum devir olan 330 dev/dk kullanıldığında yüzey pürüzlülüğünde %40'a varan iyileştirme yapılarak 0,28 μm değerinin elde edildiği görülmüştür. Öte yandan makara genişliğini arttırmanın olumlu bir etkisi olmadığı da bu çalışmada görülmüştür. Makara genişliği arttırıldığında temas yüzeyinin arttığı, dolayısıyla sürtünmenin arttığı ve yüzeye etki eden basıncın azalarak yüzey pürüzlülüğünü olumsuz etkilediği görülmüştür. Sonuç olarak daha dar temas yüzeyli makaraların daha iyi yüzey pürüzlülüğü sağladığı görülmüştür (El-Tayeb vd., 2006).



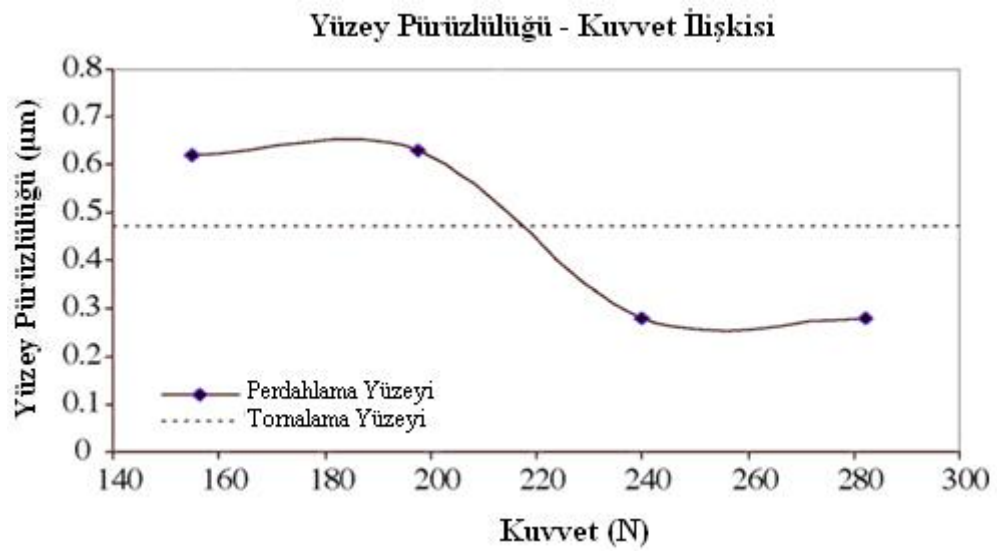
Şekil 8.2 Yüzey pürüzlülüğü ile devir arasındaki ilişki (El-Tayeb vd., 2006)

Deney numuneleri 100 birim yakınlaştırılma yapılarak mikroskop altında incelenerek elde edilen sonuçlar Şekil 8.3'deki gibi gruplandırılmıştır. Tornada talaşlı işlenerek elde edilen numune incelendiğinde, yüzeyde oluşan çiziklerin 0,36 μm pürüzlülük değerine eşdeğer geldiği görülmüştür. Makara ile perdelenen diğer numunelerde ise 1mm makara genişliği kullanılan perdelama işlemi ile 0,28 μm yüzey pürüzlülük değeri elde edildiği, makara genişliği arttırıldığında ise oluşan aşırı plastik deformasyon sonucu yüzeylerin git gide bozulduğu görülmüştür (El-Tayeb vd., 2006).



Şekil 8.3 Mikroskop altında incelenen numune yüzeyleri (El-Tayeb vd., 2006)

Kuvvetin 220N'un üzerinde olduğu değerlerde yüzey pürüzlülüğünde %37 iyileşme sağlanarak 0,46 μm değerinden 0,28 μm değerine düştüğü gözlenmiştir. Kuvvet değerinin daha da arttırılması ile yüzeyde oluşacak aşırı plastik deformasyon ve sertleşme sonucu yüzeyde pul pul dökülmeler ve kopmalar olacağı, böylece yüzeyin tekrar bozulacağı bu çalışmada belirtilmiştir (El-Tayeb vd., 2006).



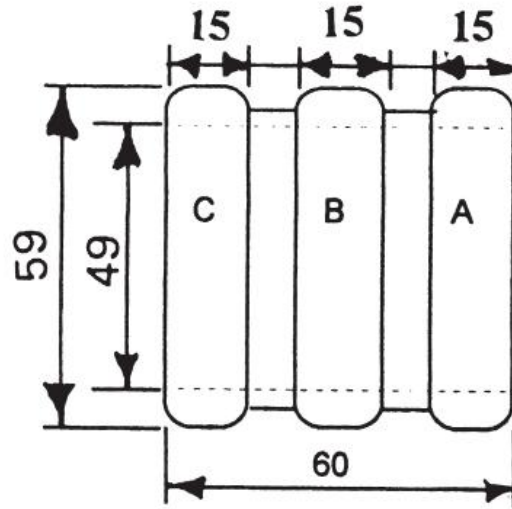
Şekil 8.4 Yüzey pürüzlülüğü ile kuvvet arasındaki ilişki (El-Tayeb vd., 2006)

El-Axir (2000) perdahlama parametrelerinin optimum kombinasyonunu bulmak için farklı perdahlama hızı, kuvvet, ilerleme ve paso sayılarını kullanarak çalışmalar yapmıştır. Bu çalışmalarda numune malzemesi olarak sanayideki önemini ve perdahlama işlemine olan duyarlılığını göz önüne alarak St-37 malzemesini kullanmıştır.

Çizelge 8.2 Çalışmada kullanılan iş parçasının kimyasal analizi (El-Axir, 2000)

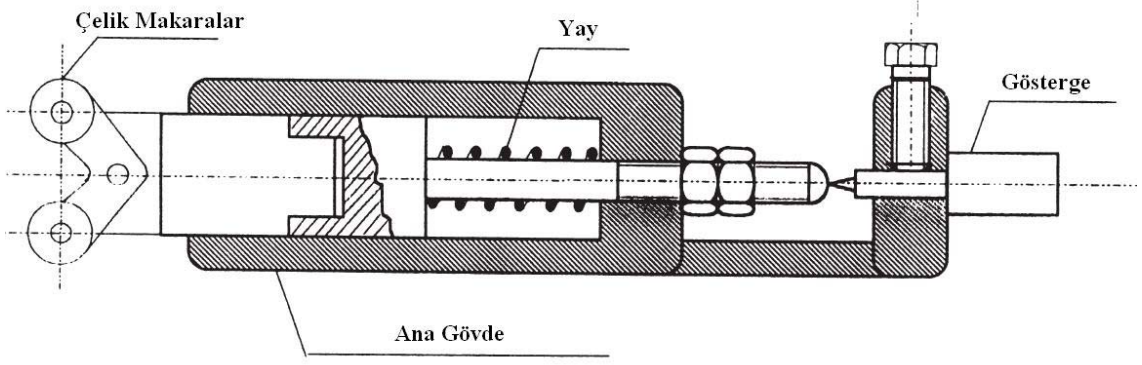
% Fe	% C	% Si	% Mg	% P	% S	Sertlik (HV)	Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)
Kalan	0,20	0,30	0,05	0,05	0,05	220	5,5 – 6,5 μm

Makaralı perdahlamanın yüzey pürüzlülüğü ve yüzey mikro sertliği üzerindeki etkilerini görmek için birinci grup numune olarak kısa boru parçalar ve artık gerilmeleri inceleyebilmek için ikinci grup numune olarak da halka parçalar seçmiştir. Numuneler talaşlı işlenerek finiş prosesi öncesi istenilen ölçülere getirilmiştir. A ve B parçaları sonuçların incelenmesi için perdahlanmış, C parçası ise referans alınması amacıyla perdahlanmadan bırakılmıştır.



Şekil 8.5 Yüzey pürüzlülüğü ölçümünde kullanılan birinci grup numuneler (El-Axir, 2000)

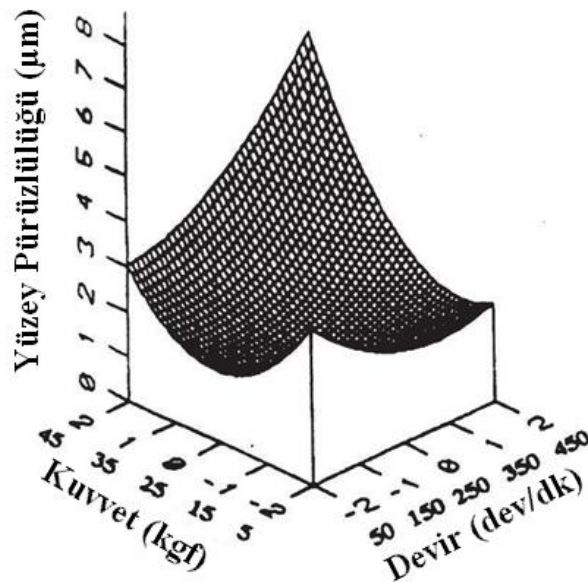
Talaşlı işlemede 0,1 mm/dev ilerleme, 600 dev/dk devir ve 0,25 mm paso derinliği kullanılarak elde edilen parçaların yüzey pürüzlülük değerleri Surf-test-402 ile ölçülmüştür. Daha sonra numuneler dış çapı 22 mm ve genişliği 6 mm olan Şekil 8.6'daki makaralı sistem kullanılarak perdahlama yapılmıştır.



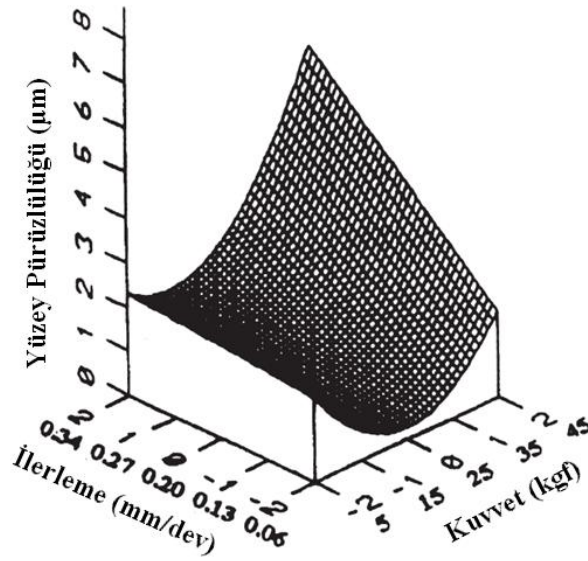
Şekil 8.6 Deneyde kullanılan makaralı perdahlama takımı (El-Axir, 2000)

Çalışma sonuçları grafiklere dökülerek incelenmiştir. Düşük kuvvet ve/veya az paso sayısı uygulanan numunelerde, ilerleme değerinin değişimi dikkate alınmaksızın devir değerinin artımı ile yüzey pürüzlülüğünün düştüğü görülmüştür. En iyi sonuçlar 230 ila 370 dev/dk değerleri arasında elde edilmiştir. Buna rağmen büyük kuvvet ve/veya çok paso sayısı uygulanan numunelerde devir değerinin artımı ile yüzeyin bozulduğu görülmüştür. Bu da bize devir ile kuvvet ve paso sayısı arasında bir etkileşim olduğunu gösterir.

En iyi yüzey pürüzlülük sonuçlarının ise 2 ila 4 paso sayısında elde edildiği görülmüştür. Yüksek devir ve/veya büyük kuvvet değerleri altında paso sayısının arttırılması ile yüzey pürüzlülüğünün bozulduğu görülmüştür. İlerleme değerinin arttırılmasının ise yüzey üzerinde olumsuz etkileri olduğu bu çalışmada belirtilmiştir (El-Axir, 2000).

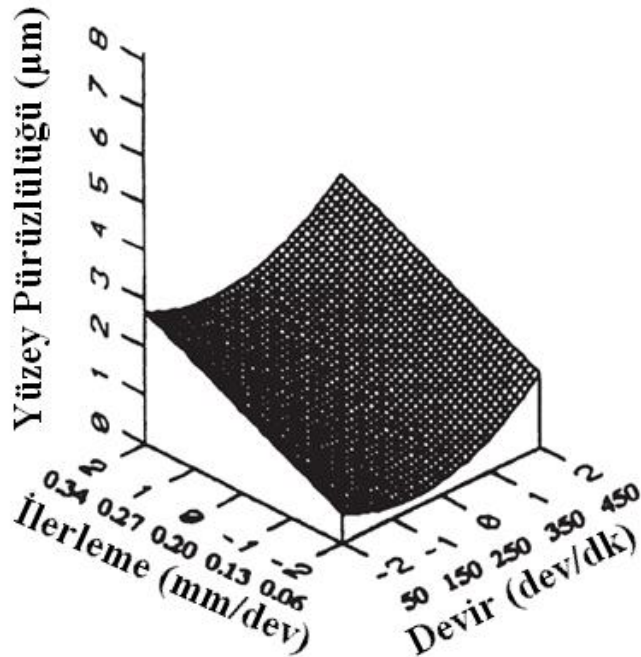


Şekil 8.7 Devir ve kuvvet etkisi altında yüzey pürüzlülüğünün değişimi (El-Axir, 2000)

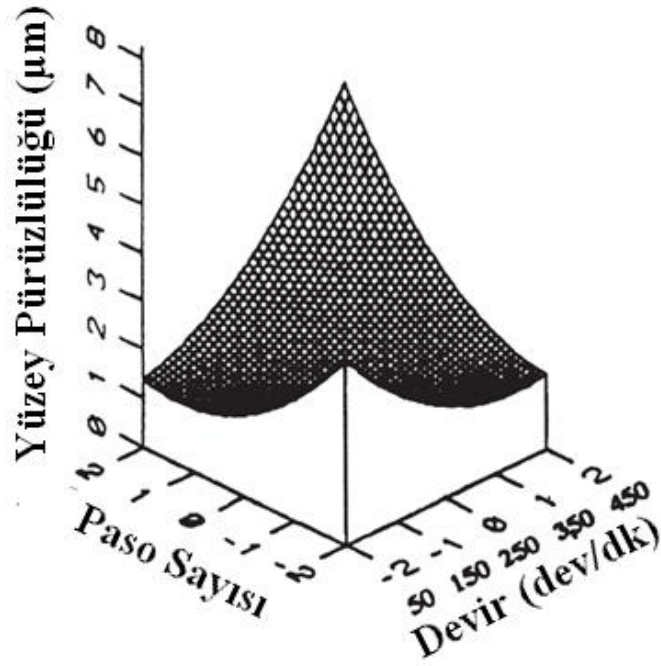


Şekil 8.8 İlerleme ve kuvvet etkisi altında yüzey pürüzlülüğünün değişimi (El-Axir, 2000)

Çalışmada farklı devir, ilerleme ve paso sayısı ile birlikte kuvvet parametresinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri incelenmiştir. En iyi sonuçlar 25 – 35 Kgf değer aralığında elde edilmiştir. Ayrıca yine kuvvet parametresinin diğer parametreler ile etkileşimde olduğu belirtilmiştir. Çok yüksek devir, ilerleme ve fazla paso sayısı ile birlikte kuvvetin de arttırıldığı çalışmalarda yüzey pürüzlülüğünün bozulduğu görülmüştür (El-Axir, 2000).

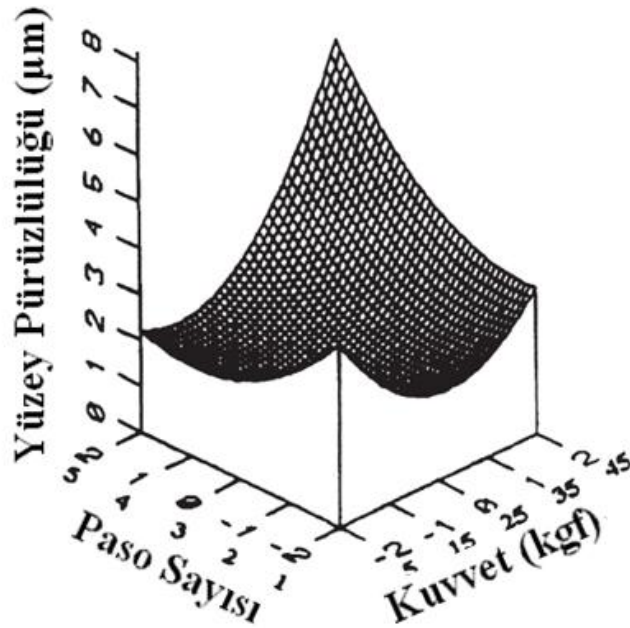


Şekil 8.9 Devir ve ilerleme etkisi altında yüzey pürüzlülüğünün değişimi (El-Axir, 2000)

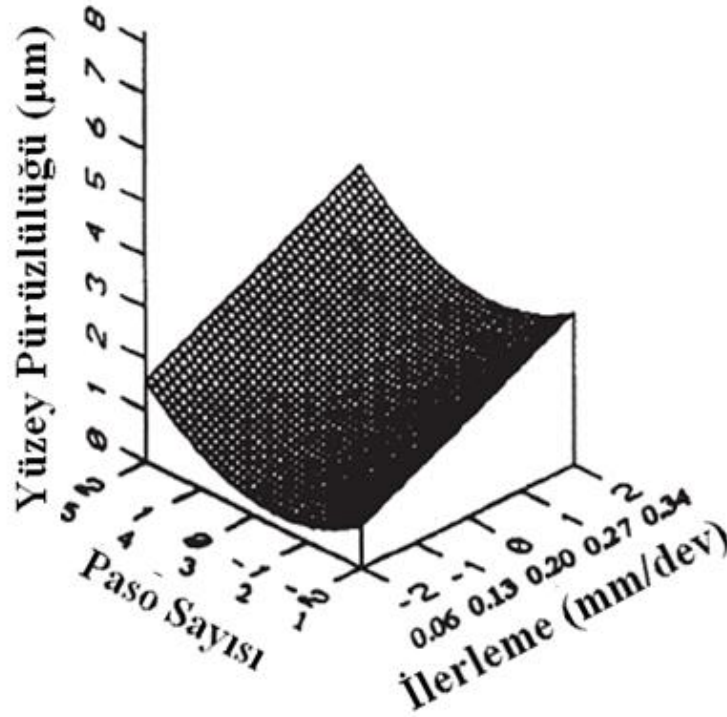


Şekil 8.10 Kuvvet ve devir etkisi altında yüzey pürüzlülüğünün değişimi (El-Axir, 2000)

Farklı devir, kuvvet ve paso sayısı ile birlikte ilerleme parametresinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri incelendiğinde ilerlemenin artırılması ile yüzey pürüzlülüğü arasında ters orantı olduğu görülmüştür (El-Axir, 2000).



Şekil 8.11 Paso sayısı ile kuvvet etkisi altında yüzey pürüzlülüğünün değişimi (El-Axir, 2000)



Şekil 8.12 Paso sayısı ile kuvvet etkisi altında yüzey pürüzlülüğünün değişimi (El-Axir, 2000)

Perdahlama devrinin optimum değerini üzerindeki arttırmaları, yüzey pürüzlülüğünün bozulmasına neden olmuştur. Bu durum perdahlama takımının rijitliğini kaybederek oluşan vibrasyon sonucu yüzeyi çizmesi ile açıklanmıştır.

Konu ile ilgili benzer çalışmalar Thamizhmanii vd. (2007) tarafından farklı malzemeler üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 8.3 Çalışmada kullanılan iş parçasının kimyasal analizi (Thamizhmanii vd., 2007)

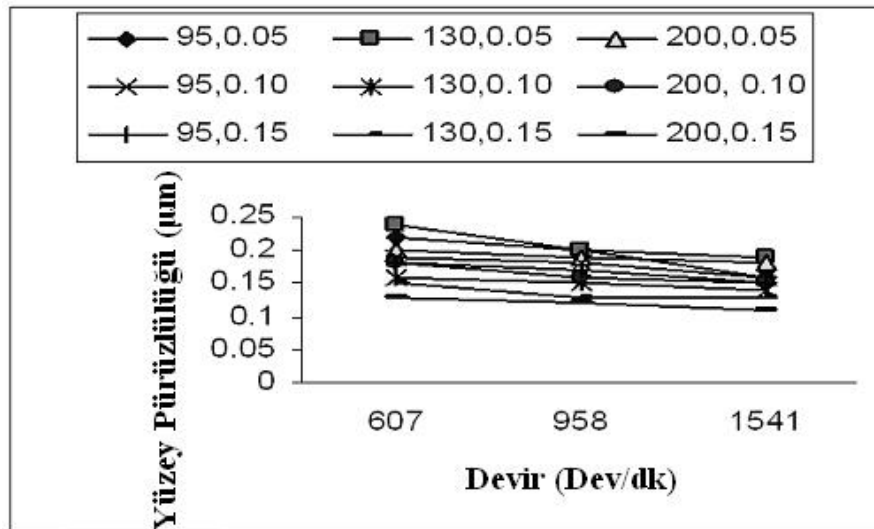
Malzeme	Yüzey Pürüzlülüğü Ra (μm)	Sertlik (HRB)
Prinç	1,83	53
Alüminyum	0,20	39

Çalışmada 8 makaralı ortogonal perdahlama takımı kullanılmış ve Mitutoyo SJ-301 ile yüzey pürüzlülüğü ölçümleri yapılmış.

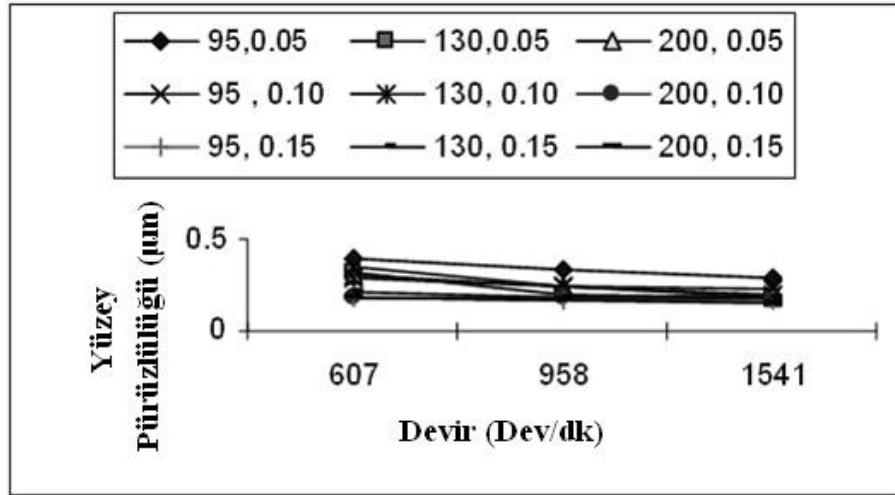


Şekil 8.13 Çalışmada kullanılan perdahlama takımı (Thamizhmanii vd., 2007)

Bu çalışma da, yapılan diğer çalışmaları destekler ve proses parametrelerinin yüzeyler üzerindeki etkilerinin bütün malzemeler için benzer sonuçlar verdiğini doğrular niteliktedir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde devrin arttırılması ile yüzey pürüzlülüğünün düştüğü görülmüştür. Ayrıca penetrasyon derinliği artışı ile yine yüzey pürüzlülük değerinin düştüğü bu çalışmada ortaya konmuştur. İlerleme parametresinin ise yüzey pürüzlülüğü üzerinde çok etkili olduğu ve optimum değerin üzerine çıkıldığı ya da altına inildiği durumlarda yüzeyin bozulduğu görülmüştür (Thamizhmanii vd., 2007).



Şekil 8.14 Alüminyum malzeme için proses parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri (Thamizhmanii vd., 2007)

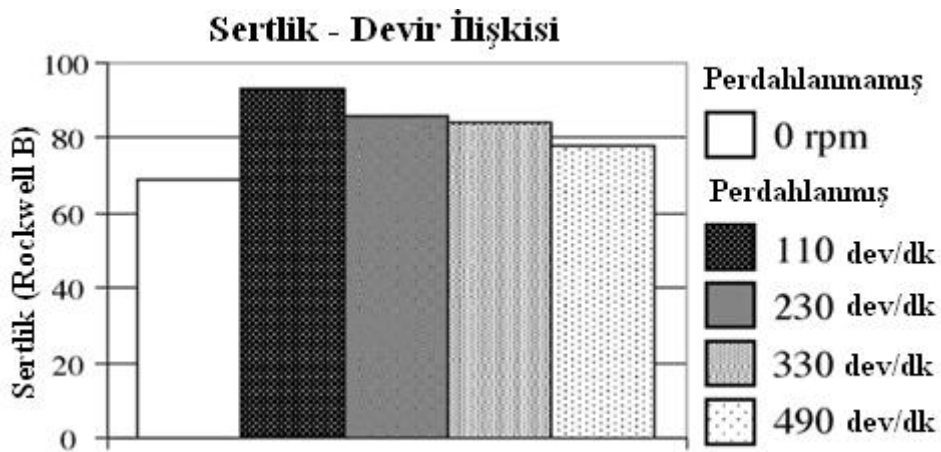


Şekil 8.15 Prinç malzeme için proses parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri (Thamizhmanii vd., 2007)

8.2 Mikro Sertlik Üzerinde Proses Parametrelerinin Etkileri

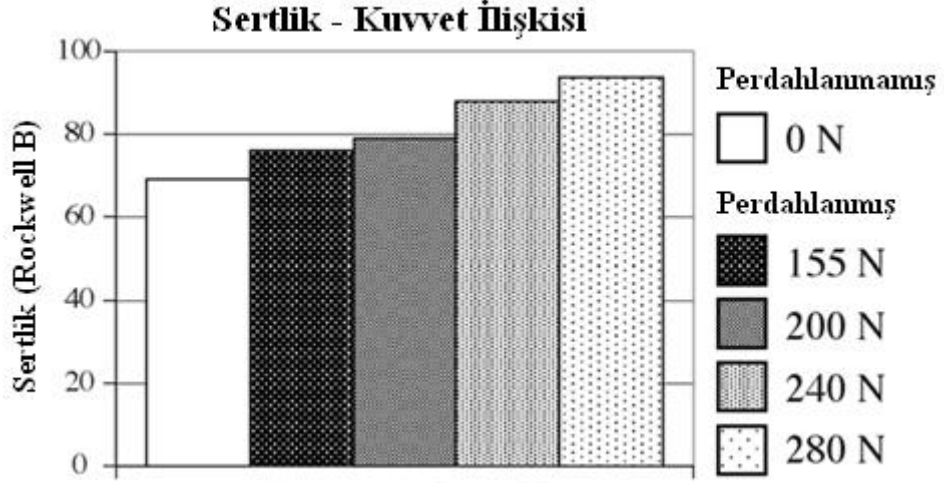
El-Tayeb vd. (2006) makaralı perdahlama işleminin mikro sertlik üzerindeki etkilerini görmek amacıyla çeşitli işlem parametreleri altında perdahlama denemeleri yapmıştır. Deney, tek bir makaradan oluşan perdahlama takımı ile değişik makaralar kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

110 dev/dk kullanılarak yapılan perdahlama işlemi sonucu sertlik değerinin %30 arttığı görülmüştür. Devir değeri artırıldığında makaranın yaptığı plastik deformasyon ve sertlik azalmaya başlamaktadır.



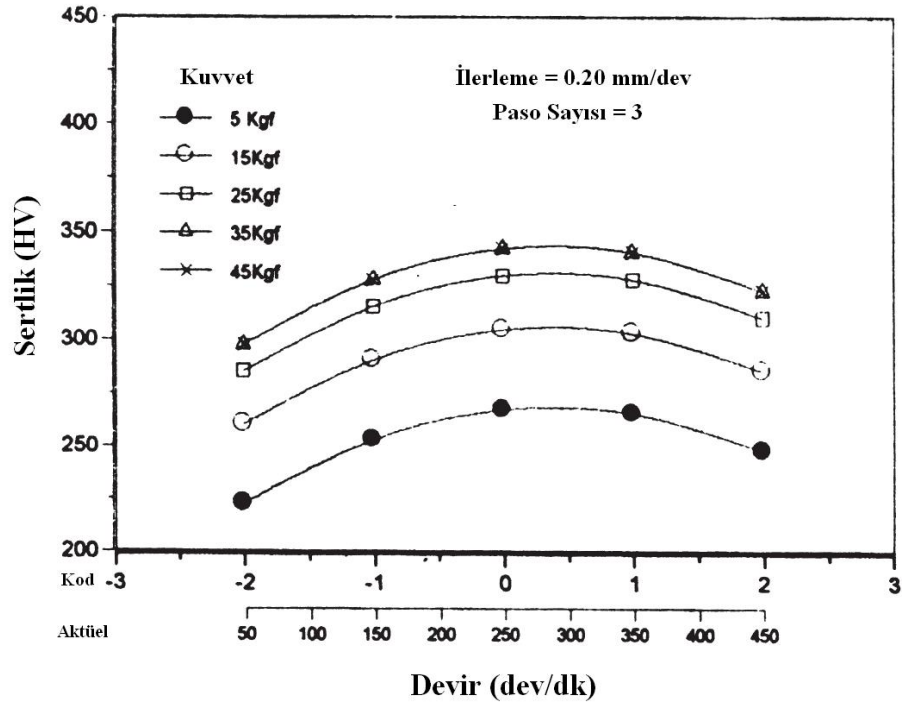
Şekil 8.16 Sertlik ile devir arasındaki ilişki (El-Tayeb vd., 2006)

Kuvvet parametresi incelendiğinde, kuvvetin artırılması ile sertlik değerinin de kademeli arttığı ve 280N'da %15 iyileşme sağlanarak maksimum değere ulaştığı görülmüştür.

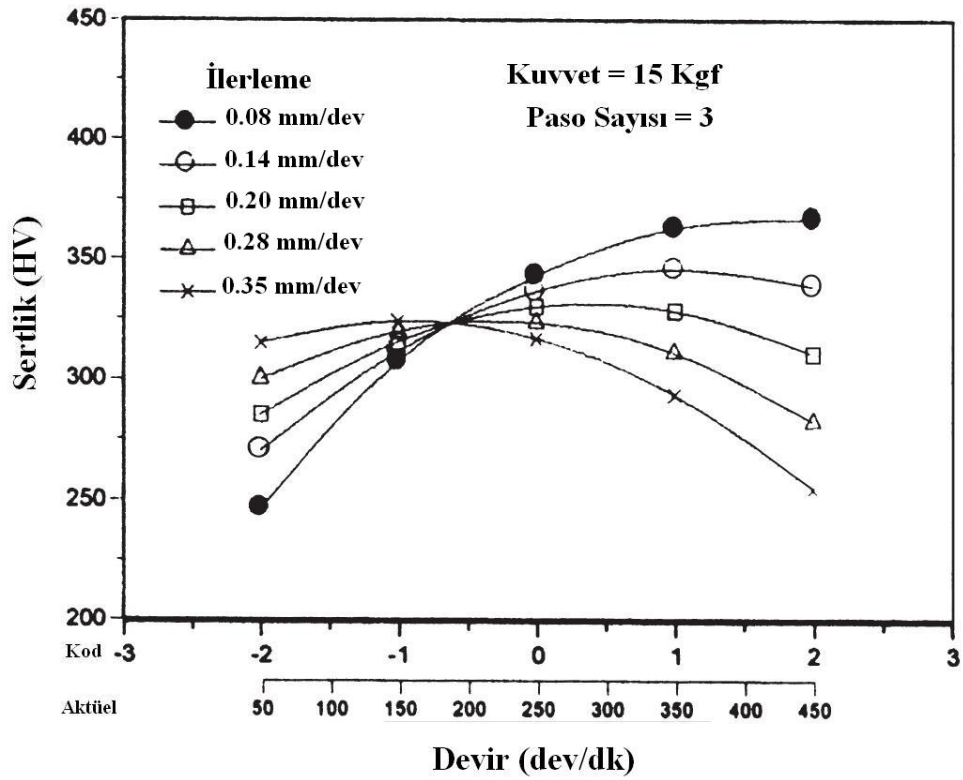


Şekil 8.17 Sertlik ile kuvvet ilişkisi (El-Tayeb vd., 2006)

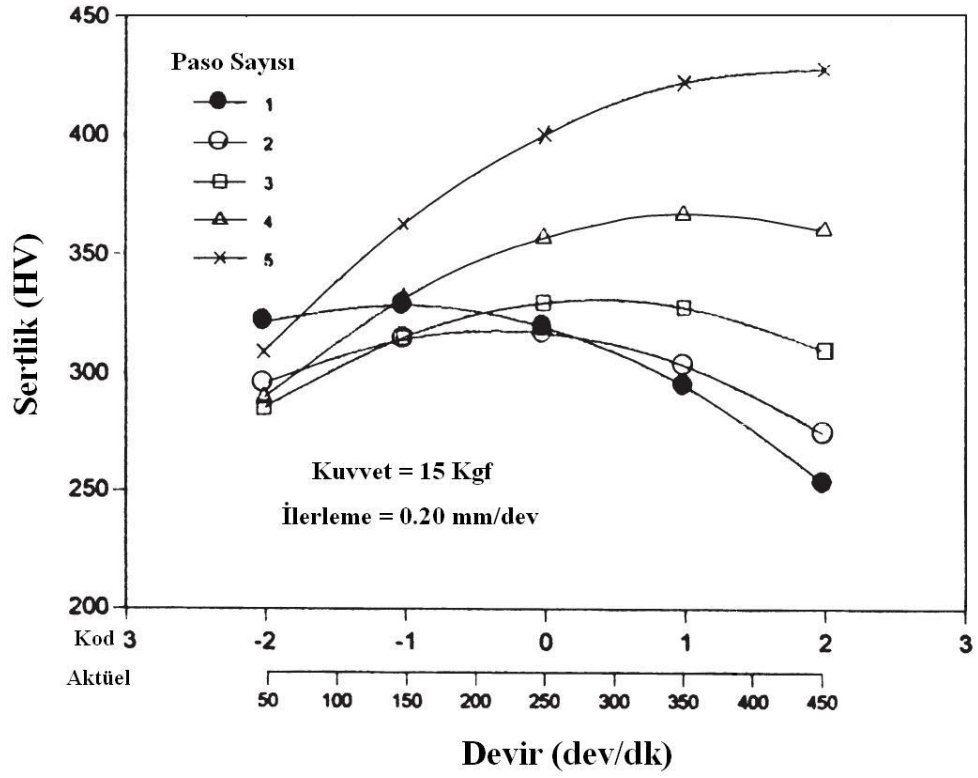
El-Axir (2000) yaptığı çalışmada yüzey pürüzlülüğü ile birlikte elde edilen sertlik değerlerini de inceleyerek sonuçlar çıkarmış ve bir adım daha ileri giderek parametrelerin birbirleri ile etkileşimlerinin sertlik üzerindeki sonuçlarını incelemiştir. Şekil 8.18, Şekil 8.19 ve Şekil 8.20’de perdahlama devrinin çeşitli kuvvet, ilerleme, ve paso sayılarıyla birlikte sertlik üzerindeki etkilerini göstermektedir. Bu grafikler incelendiğinde 230 dev/dk’dan sonra devir parametresinde yapılacak arttırmaların yüzey sertliğinde tekrar düşüşe yol açtığı görülmüştür. Şekil 8.21 ve Şekil 8.22 kuvvet parametresinin çeşitli devir, ilerleme, ve paso sayılarıyla birlikte sertlik üzerindeki etkilerini göstermektedir. Bu çalışmada kullanılan kuvvet aralığı içerisinde kuvvetin artırılması ile sertliğinde arttığı görülmüştür. İlerlemenin sertlik üzerindeki etkileri Şekil 8.23’de gösterilmiştir. İlerleme arttırıldıkça sertliğin düştüğü görülmüştür. Ayrıca Şekil 8.19’da ilerleme ile devir arasında bir etkileşim olduğunu, düşük devirde ilerlemenin arttırılması ile sertliğin arttığını, yüksek devirlerde ilerlemenin arttırılması ile sertliğin düştüğünü göstermiştir. Paso sayısının etkisi incelendiğinde, genel olarak paso sayısının arttırılması ile sertliğinde arttığı söylenebilir. Ayrıca paso sayısı ile devir arasında bir etkileşim olduğu da yine Şekil 8.20’de görülmüştür. Yüksek devir ile birlikte paso sayısının arttırılması sonucu oluşan sertlik değeri, yüksek devir ile birlikte düşük paso sayısına göre daha fazla olmuştur. Düşük kuvvetlerde paso sayısı arttırılarak yüksek sertlik elde edilirken, yüksek kuvvetlerde düşük paso sayılarında daha düşük sertlik değerleri elde edilmiştir (El-Axir, 2000).



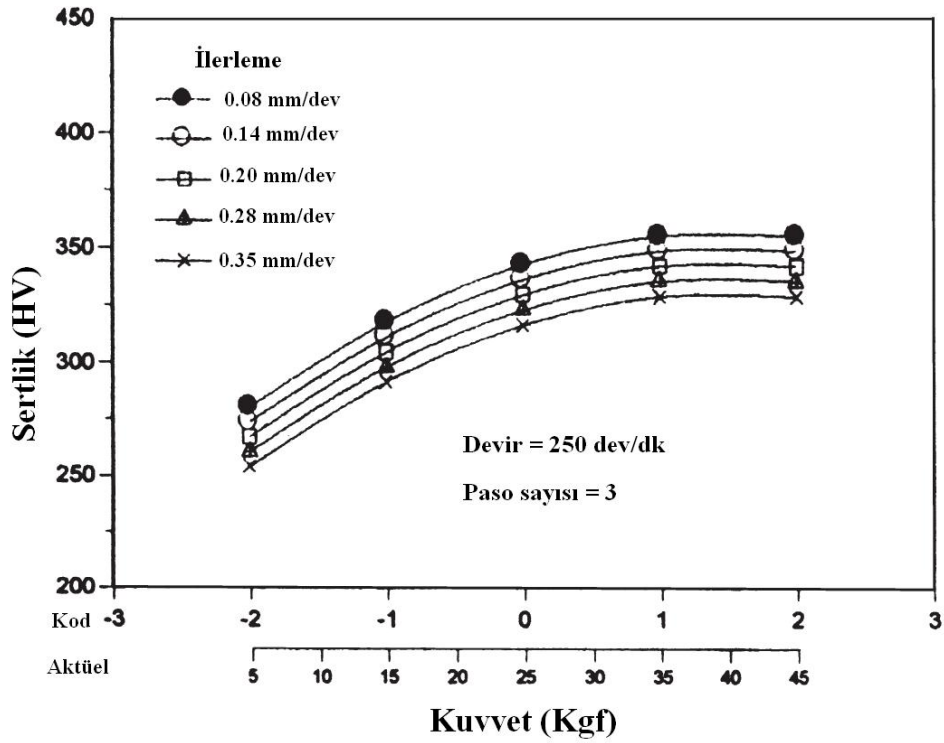
Şekil 8.18 Devir ve kuvvet parametrelerinin sertlik ile ilişkisi (El-Axir, 2000)



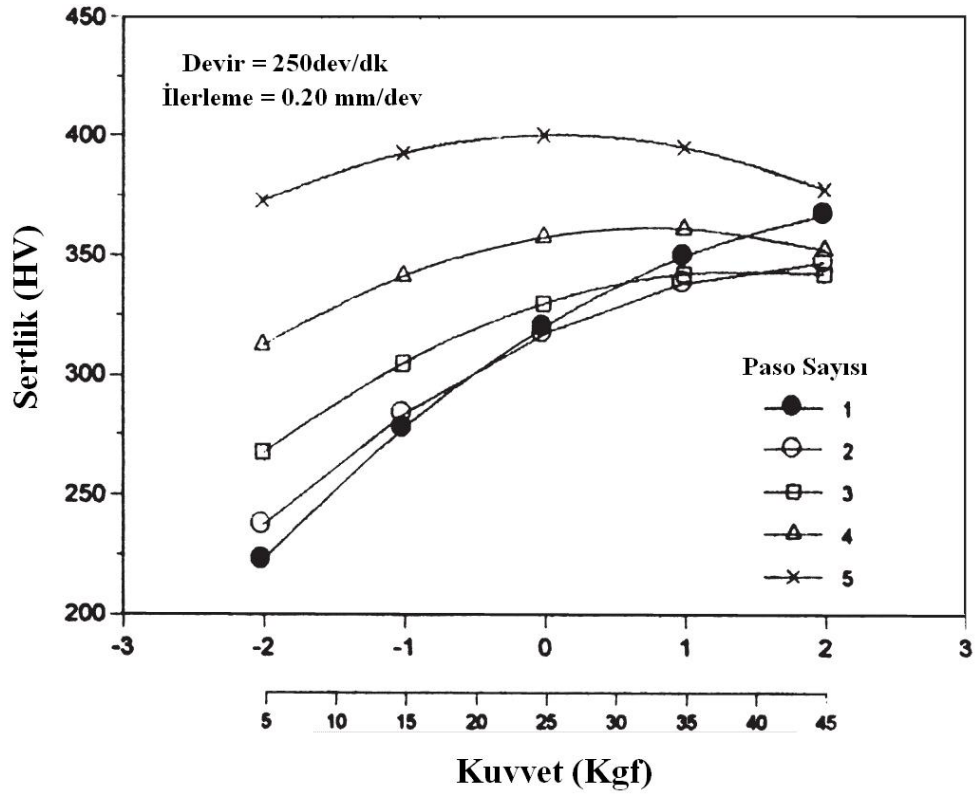
Şekil 8.19 Devir ve ilerleme parametrelerinin sertlik ile ilişkisi (El-Axir, 2000)



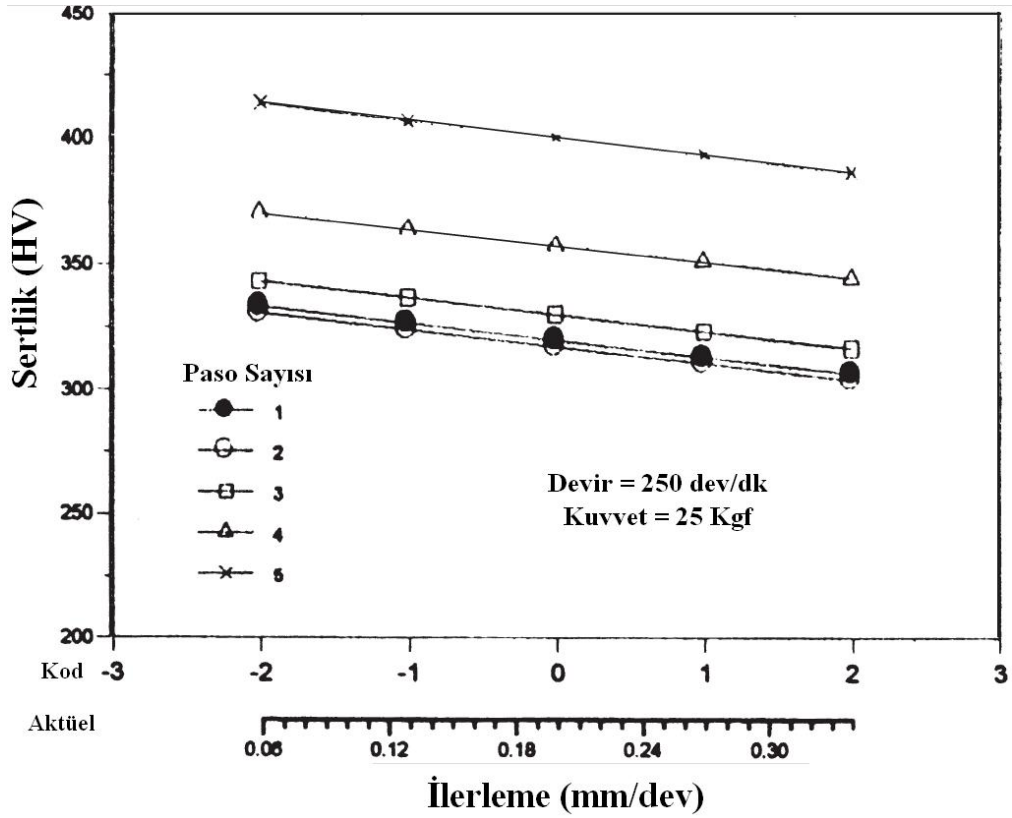
Şekil 8.20 Devir ve paso sayısı parametrelerinin sertlik ile ilişkisi (El-Axir, 2000)



Şekil 8.21 İlerleme ve kuvvet parametrelerinin sertlik ile ilişkisi (El-Axir, 2000)



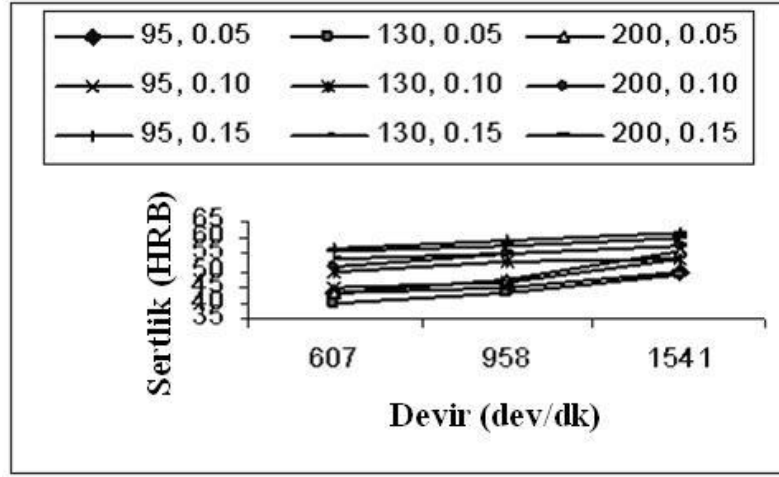
Şekil 8.22 Paso sayısı ve kuvvet parametrelerinin sertlik ile ilişkisi (El-Axir, 2000)



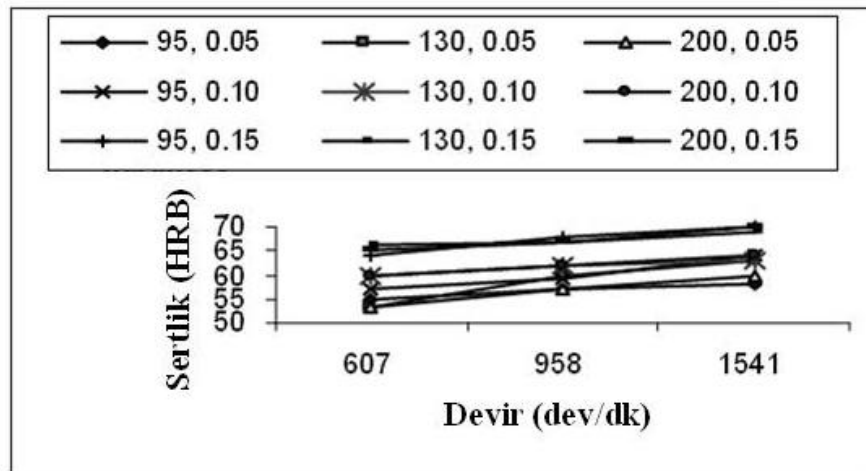
Şekil 8.23 Paso sayısı ve ilerleme parametrelerinin sertlik ile ilişkisi (El-Axir, 2000)

Konu ile ilgili benzer çalışmalar Thamizhmanii vd. (2007) tarafından prinç ve alüminyum üzerinde uygulanmış. Çalışmada 8 makaralı ortogonal perdahlama takımı kullanılmış ve HMV-2000 tester ile sertlik ölçümleri yapılmış. Her iki malzeme içinde elde edilen sonuçlar incelenmiş.

Kuvvetin artırılması ile makaranın penetrasyonunun artacağı ve plastik deformasyonun artarak parça yüzeyindeki sertliği arttıracığı görülmüş. Devir, ilerleme ve penetrasyon derinliği arttırımı ile yine yüzey sertliğinin belirli bir limite kadar artacağı belirtilmiş. Oluşan pekleşmeden dolayı her iki malzeme içinde sertlik değerinin belirli bir üst seviyeyi geçemeyeceği belirtilmiştir.



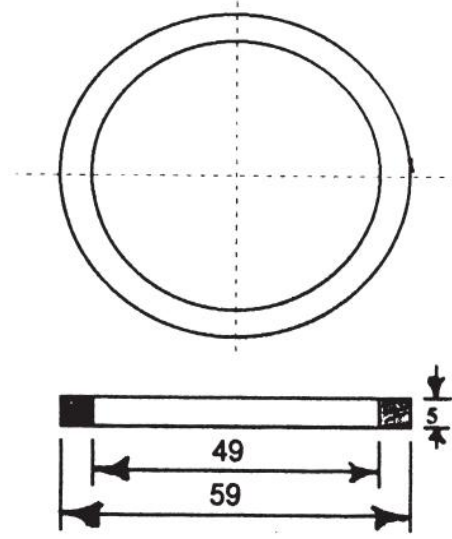
Şekil 8.24 Alüminyum malzeme için devir, ilerleme ve penetrasyon derinliği ile sertlik arasındaki ilişki (Thamizhmanii vd., 2007)



Şekil 8.25 Prinç malzeme için devir, ilerleme ve penetrasyon derinliği ile sertlik arasındaki ilişki (Thamizhmanii vd., 2007)

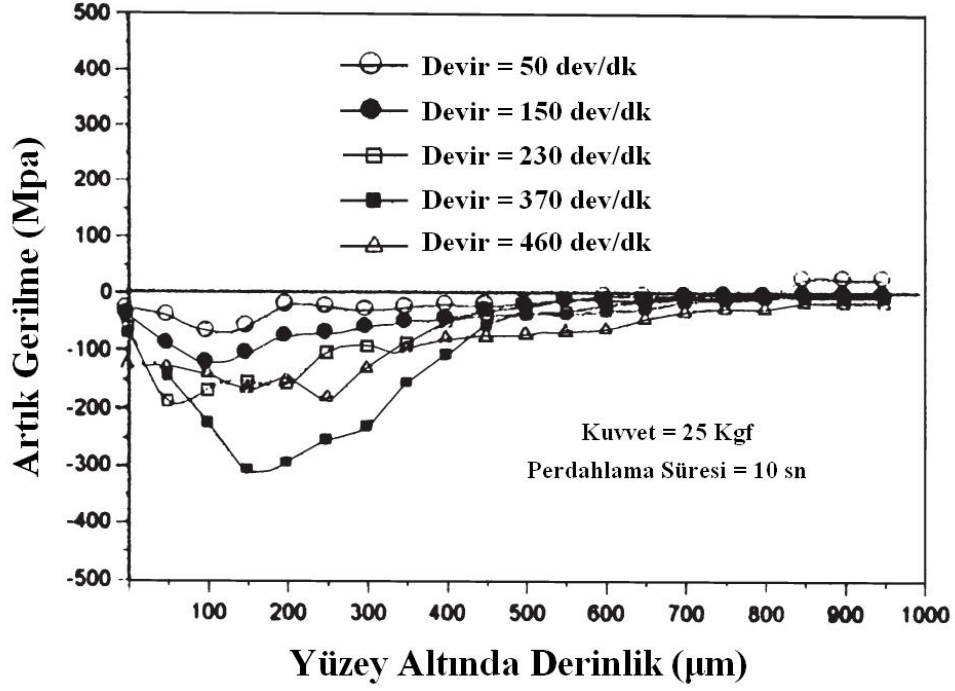
8.3 Artık Gerilmeler Üzerinde Proses Parametrelerinin Etkileri

El-Axir (2000) perdahlama parametrelerinin optimum kombinasyonunu bulmak için değişik perdahlama hızı, kuvvet, ilerleme ve paso sayılarını kullanarak çalışmalar yapmıştır. Çalışmalarında artık gerilmeleri inceleyebilmek için ikinci grup numune olarak halka parçalar seçmiştir. Numuneler talaşlı imalatla istenilen boyutlara getirilmiş ve makaralı perdahlanmıştır.



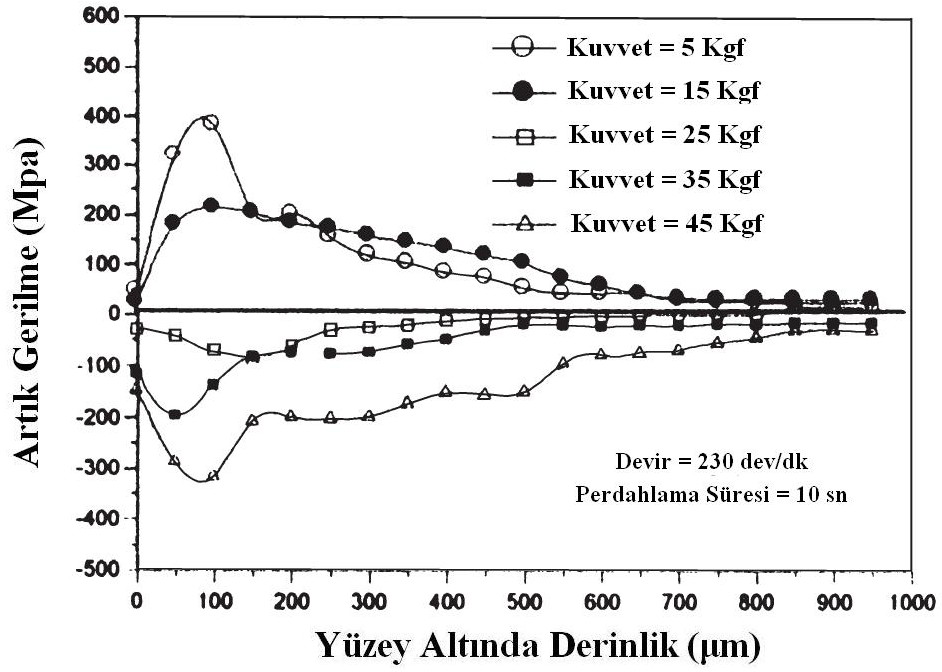
Şekil 8.26 Artık gerilmelerin ölçülmesinde kullanılan deney numunesi (El-Axir, 2000)

Şekil 8.27 farklı devir parametreleri altında 25 kgf kuvvet ve 10 saniyelik perdahlama süresi ile yapılan çalışmalarda yüzeydeki gerilme dağılımını vermektedir.



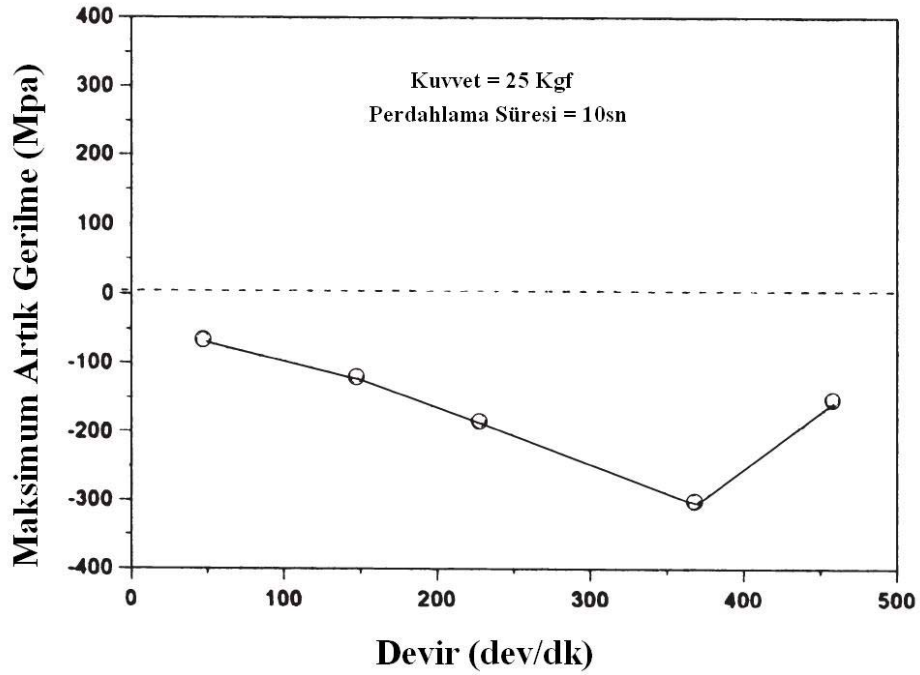
Şekil 8.27 Farklı devir parametreleri altında artık gerilme dağılımı (El-Axir, 2000)

Görüldüğü gibi yüzeydeki bası gerilmesi, 100 ila 150 µm derinlikte maksimum seviyeye ulaşmaktadır. Daha da derine inildiğinde gerilmenin kademeli olarak azaldığı ve belirli bir derinlik mertebesinde sona ihmal edilebilir seviyeye geldiği görülmüştür. Şekil 8.28 230 dev/dk ve 10 saniyelik perdahlama parametreleri için farklı kuvvet değerleri altında elde edilen artık gerilme dağılımını gösterir. Düşük kuvvetler incelendiğinde, perdahlanan iş parçası yüzeyinde gerilmelerin çok düşük, yüzeyden daha derinlere inildikçe hızlı bir biçimde gerilmelerin arttığı ve çeki gerilmesine ulaştığı görülüyor. Büyük kuvvet değerleri altında ise derinlere inildikçe maksimum bası gerilmesi olduğu ve derinlik arttırıldıkça kademeli biçimde gerilmelerin azaldığı, en son olarak da çok çok azaldığı görülüyor.



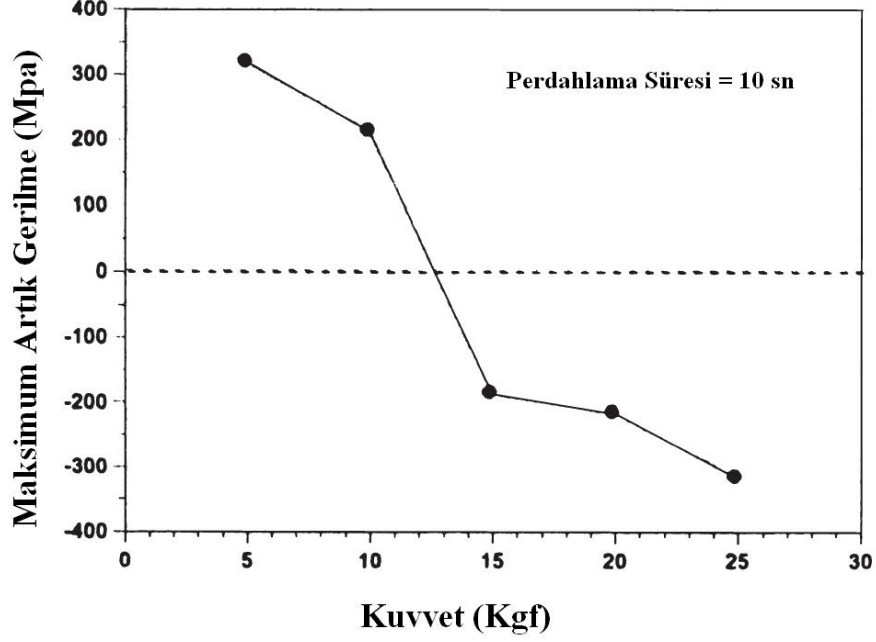
Şekil 8.28 Farklı kuvvet parametreleri altında artık gerilme dağılımı (El-Axir, 2000)

Devrin 350 dev/dk'ya kadar olan arttırmalarında maksimum bası artık gerilme değerinde önemli artış görülür. Devrin ileriki arttırmalarında ise maksimum bası gerilmesi azalır ve hatta bazı durumlarda gerilme çeki olarak kalmıştır.



Şekil 8.29 Devir ile gerilme arasındaki ilişki (El-Axir, 2000)

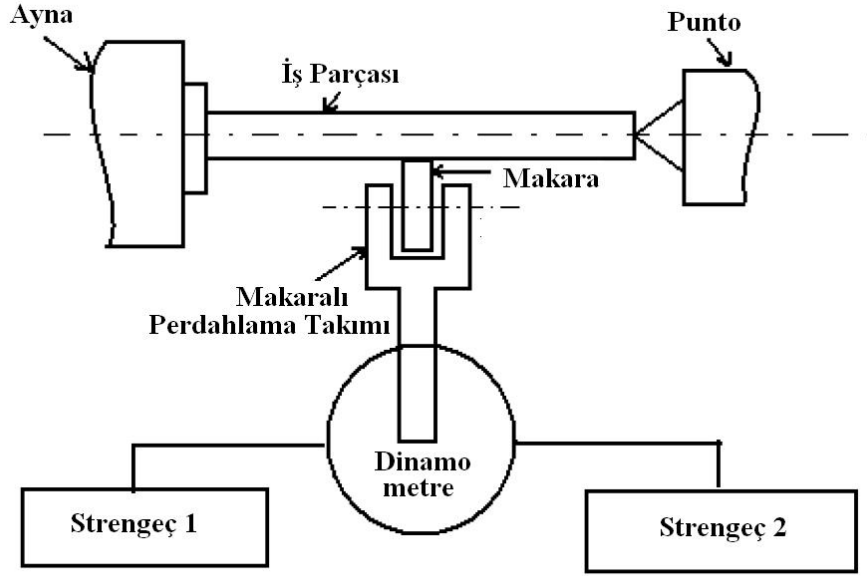
Kuvvet parametresinin artık gerilmeler üzerindeki etkileri incelendiğinde ise ilk olarak maksimum çeki gerilmesinin azaldığı ve kademeli olarak bası gerilmesine dönüştüğü görülüyor.



Şekil 8.30 Kuvvet ile gerilme arasındaki ilişki (El-Axir, 2000)

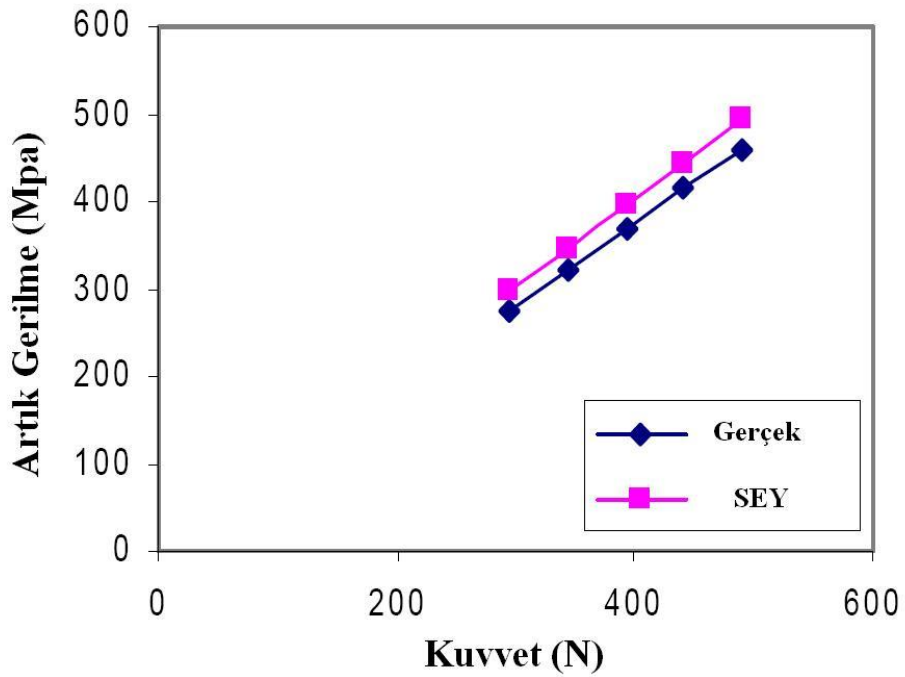
Makaralı perdahlama işleminin oluşturduğu artık gerilmeler Prasad vd. (2006) tarafından da incelenmiş ve perdahlama işlemi sonlu elemanlar metodu ile modellenerek elde edilen sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılmış. Deneyde kullanılmak üzere 36 mm çapında 25 mm genişliğinde makara kullanılmış. Makara malzemesi olarak 58 HRC sertliğinde, 0.0015 μm yüzey pürüzlülüğüne sahip yüksek karbonlu çelik kullanılmış.

Deney malzemesi olarak seçilen düşük karbonlu çelikten ve alüminyumdan yüksek devir, düşük ilerleme ve az paso derinliği verilerek talaşlı işlenen deney parçaları daha sonra makara ile perdahlanarak elde edilen yüzeylerden pürüzlülük ve artık gerilme değerleri ölçülmüş.

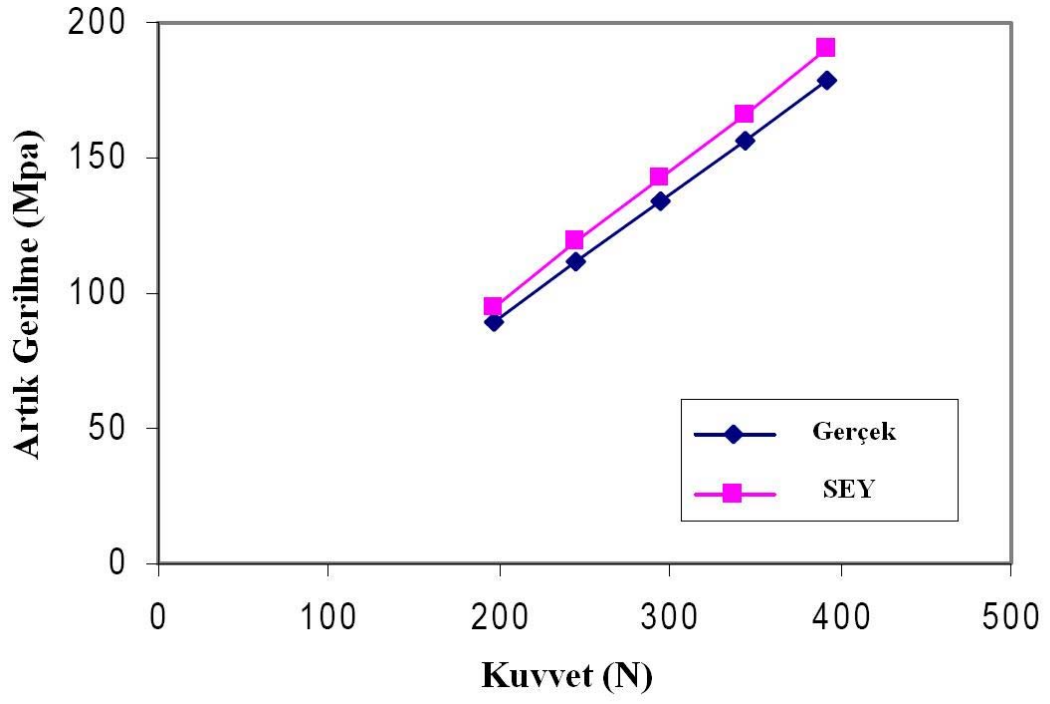


Şekil 8.31 Deneyde kullanılan makaralı perdahlama sistemi (Prasad vd., 2006)

Elde edilen sonuçlar gizlilik nedeniyle detaylı bir biçimde açıklanmasa da, grafikleri yorumlarsak makaralı perdahlama işleminde kuvvet parametresi arttırıldığında artık gerilmelerin de arttığını söyleyebiliriz. Her iki malzeme içinde benzer sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 8.32 Düşük karbonlu çelik malzemeli deney numunesi için kuvvet ile artık gerilme ilişkisi (Prasad vd., 2006)



Şekil 8.33 Alüminyum malzemeli deney numunesi için kuvvet ile artık gerilme ilişkisi (Prasad vd., 2006)

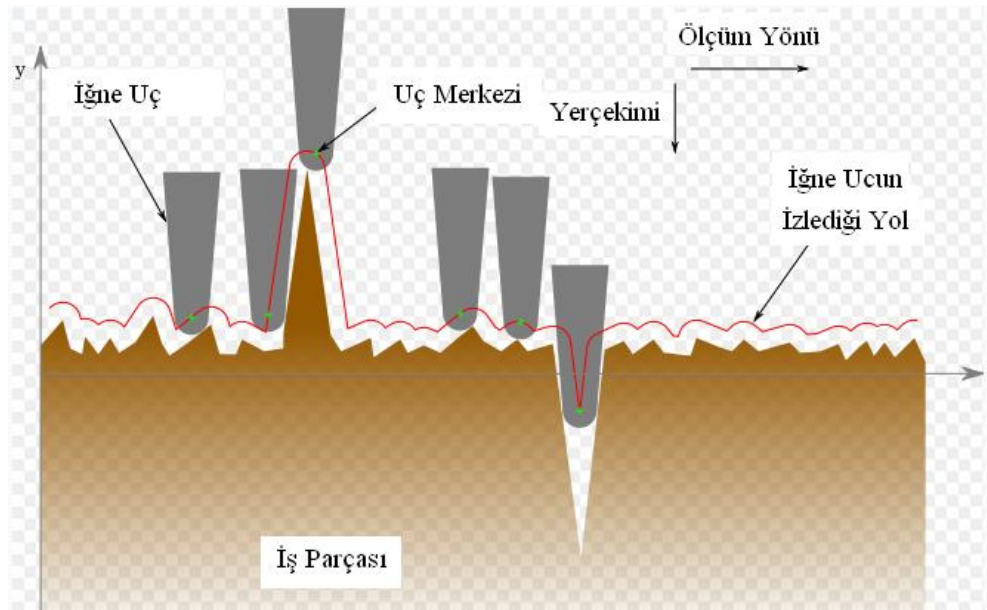
9. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN ÖLÇÜLMESİ

Günümüzde yüzeylerin veya yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesinde, daha ziyade iğneli değme cihazlar kullanılmaktadır. Bunun yanında daha başka yüzey bozukluğu muayene metotları da mevcuttur. Bunlar daha az tanınmakla beraber, kullanılmaları bazı durumlarda önemli avantajlar sağlayabilir. Şekil 9.1 çeşitli yüzey muayene usulleri ile muayene cihazlarını göstermektedir.



Şekil 9.1 Yüzey muayene yöntemleri

İğneli değme metodu ile yüzey kontrolünde, teoride hemen hemen açık soru kalmamasına karşın, hali hazırda kullanılan ışık-optik muayene metodu teorisi henüz tam olarak kapanmış değildir.



Şekil 9.2 Değme iğne metodunun şematik gösterimi

9.1 Yüzey Pürüzlülüğü Parametreleri

Yüzey pürüzlülük parametreleri, yüzeyi karakterize eden formüllerle ifade edilirler. Bugün kullanılan birçok farklı yüzey pürüzlülük ifadesinin içinde R_a , R_z , R_q ve R_{sk} ile gösterilenler en çok kullanılanlardır. Bu parametrelerden bazıları spesifik olarak belirli sanayi dallarında ya da bazı ülkelerde kullanılırlar. Örneğin R_k ile gösterilen parametre grubu genellikle silindir sonda kaplamalarda kullanılır.

Yüzey pürüzlülük parametrelerinin tümü, profilin yapısal durumunu sayısal verilere çevirir, bunun için uygulanırken ve yorumlanırken çok dikkatli olunmalıdır. Örneğin ortalama çizginin hesaplanmasın da yapılacak bir küçük bir hata sonucu büsbütün değiştirebilir.

Bütün 2 boyutlu yüzey pürüzlülük parametreleri R ile ifade edilir ve onu takiben değişik karakterlerle gösterilirler. R formülün hangi tipte profile uygulandığını gösterir. Örneğin R_a 2 boyutlu bir hesaplamayı, S_a ise 3 boyutlu bir pürüzlülük hesabını gösterir. R harfinden sonra gelen karakterler ise genellikle formülü tanımlarlar.

Parametre	Tanımlama	Formül
R_a, R_{aa}, R_{yni}	Mutlak değerlerin ortalamaları	$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i $
R_q, R_{RMS}	Ortalamaların karelerinin karekökü	$R_q = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2}$
R_v	Maksimum Çukur Derinliği	$R_v = \min y_i$
R_p	Maksimum Tümsek Boyu	$R_p = \max y_i$
R_t	Profilin Maksimum Boyu	$R_t = R_p - R_v$
R_{sk}	Skewness	$R_{sk} = \frac{1}{nR_q^3} \sum_{i=1}^n y_i^3$
R_{ku}	Kurtosis	$R_{ku} = \frac{1}{nR_q^4} \sum_{i=1}^n y_i^4$
R_{zDIN}, R_{tm}	Her Örnekleme Boyunca En Yüksek Tümsek ile En Derin Çukur Arasındaki Ortalama Mesafe	$R_{zDIN} = \frac{1}{s} \sum_{i=1}^s R_{ti}$
R_{zJIS}	Rz için kullanılan Japon Endüstri Standardı, Örnekleme Boyunun Tamamı İçin En Yüksek Beş Tümsek ile En Derin Beş Çukur Arasındaki Ortalama Mesafe	$R_{zJIS} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 R_{pi} - R_{vi}$

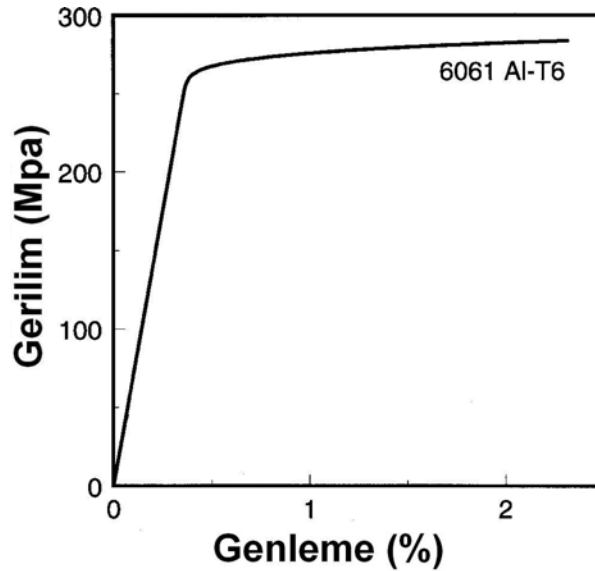
Şekil 9.3 Yüzey pürüzlülüğü parametreleri

Yapmış olduğumuz çalışma da, gerek kullanım alanı genişliği bakımından, gerekse de elimizdeki imkanlar doğrultusunda iğneli değme metodu kullanılarak yüzey pürüzlülüğü ölçümleri yapılmıştır.

10. MAKARALI PERDAHLAMANIN SONLU ELEMANLAR MODELİ

10.1 Ön Çalışma

Modelleme çalışmalarında ortaya çıkan sonuçların, deneysel yollarla elde edilen gerçek verilerle karşılaştırılması yapılır ve modellemenin gerçeğe uygunluğu değerlendirilir. Makaralı perdahlama işleminin modellenmesi aşamasında literatür araştırması yapılarak, sonlu elemanlar modelinin esas alınabileceği gerçek deneysel veriler incelendi. Literatür taraması sonucunda yayınlanmış makale ve yazılar içerisinde yeterli deneysel veriler bulunamadı. Yayınlanmış çalışmaların tümünde bir ya da birden fazla bilgi gizlilik ilkelerinden dolayı açıklanmamış ve bu bilgilerin noksanlığı da modellemenin bu çalışmalar temel alınarak yapılmasını imkansız kılmıştır. Böylece modelin kurulabilmesi için kendi oluşturacağımız makaralı perdahlama takımı ve yapacağımız deneysel çalışmanın sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak modellenmesine karar verilmiştir. Kullanım kolaylığı ve uygulanabilirlik açısından kendi tasarladığımız tek makaralı silindirik perdahlama takımı ve iş parçası olarak da yine bu perdahlama takımının uygulanabilir olması açısından düz bir yüzey seçilmiştir. Modellemenin gerçeğe uygunluğu açısından elimizdeki imkanlar doğrultusunda yüzey pürüzlülüğünün esas alınmasına karar verilmiştir. Yapmış olduğumuz deneysel çalışma modellemeye esas alınarak bitirme tezi sürdürülmüştür.



Şekil 10.1 Çalışmada kullanılan malzeme gerilim-genleme grafiği

Çalışmada perdahlama takımı makarası olarak çapı 12 mm olan sert metal makara kullanılmıştır. Modellemeye esas oluşturan deneysel çalışmada kullanılan malzeme geniş kullanım alanına sahip olması ve plastik şekillendirilmeye olan yatkınlığı sebebiyle alüminyum alaşımları içerisinde Al 6061 – T6 olarak seçilmiştir. Bu malzeme özellikle otomotiv ve havacılık endüstrisinde fitting parçaları, bağlantı elemanları ve sızdırmazlık elemanları imalatında kullanılmaktadır ve artan bir kullanım sahasına sahiptir. İş parçası, yüzey pürüzlülüğünün daha belirgin olması için mil şeklindeki ham malzemenin testere ile kesilmesi sonucu elde edilmiş ve parça yüzeyi makaranın oturabilmesi için her iki tarafından simetrik olarak taşlanmıştır.

Çizelge 10.1 Çalışmada kullanılan iş parçasının özellikleri

Elastiklik Modülü	68,9 GPa
Poisson Oranı	0,33
Akma Dayanımı	276 MPa
Çekme Dayanımı	310 MPa
Kopma Uzaması	12 %

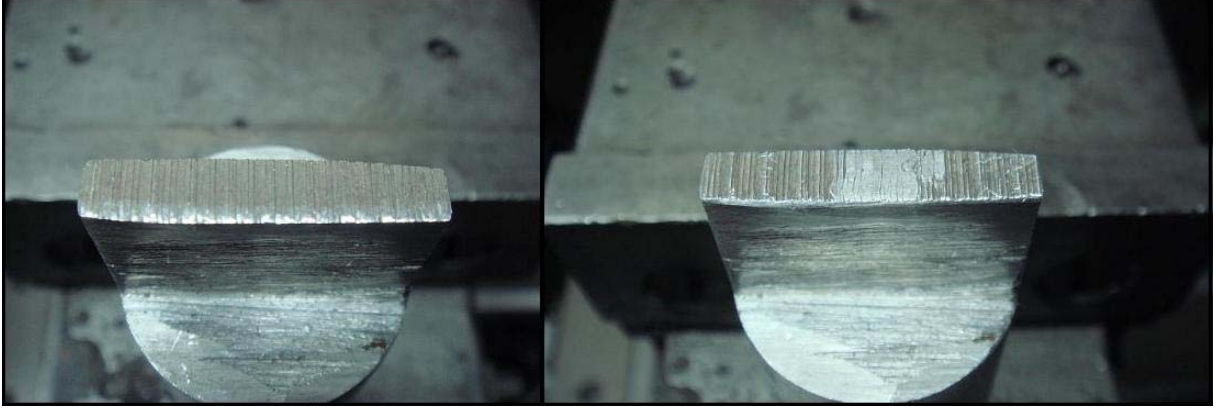
Çizelge 10.2 Çalışmada kullanılan iş parçasının kimyasal analizi

% Si	% Fe	% Cu	% Mn	% Mg	% Zn	% Cr	% Ti	% Al
0,61	0,22	0,35	0,02	0,94	0,01	0,08	0,01	Kalan

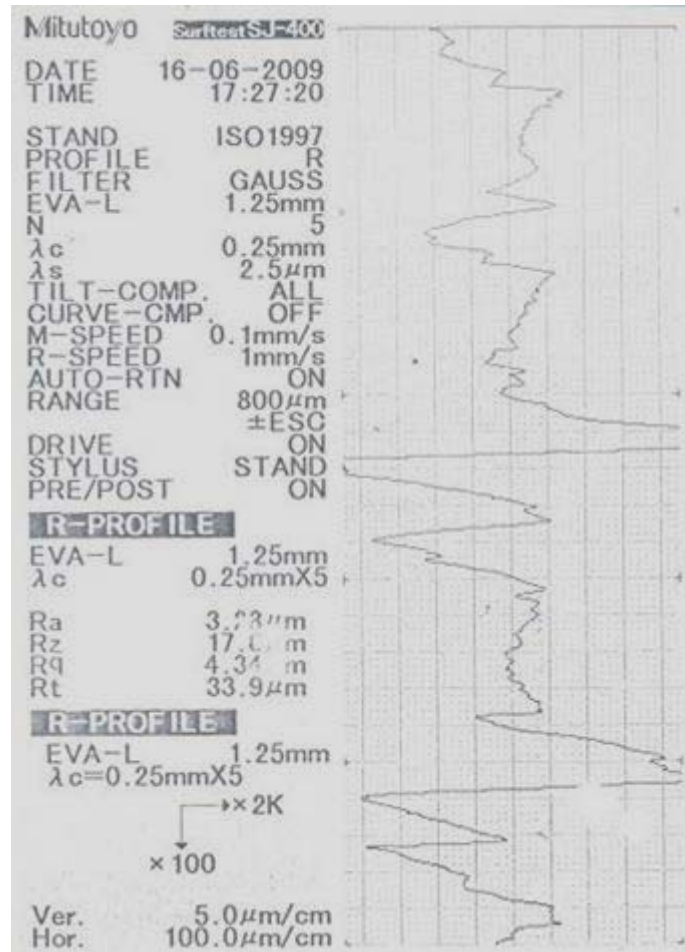


Şekil 10.2 Çalışmada kullanılan makaralı perdahlama düzeneği

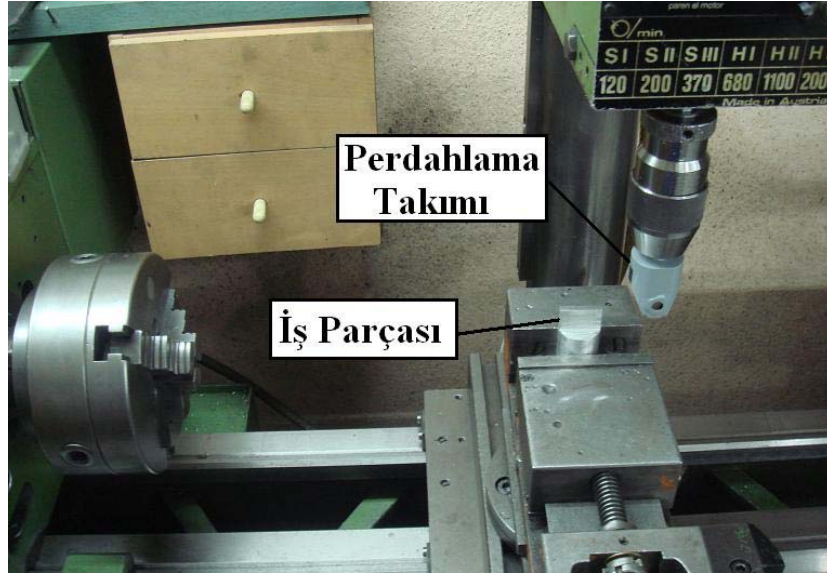
İş parçası yüzey pürüzlülüğü makaralı perdahlama öncesinde Mitutoyo SJ-400 Surface Roughness cihazı kullanılarak ölçüldü.



Şekil 10.3 Makaralı perdahlama öncesi ve sonrası yüzeyin değişimi

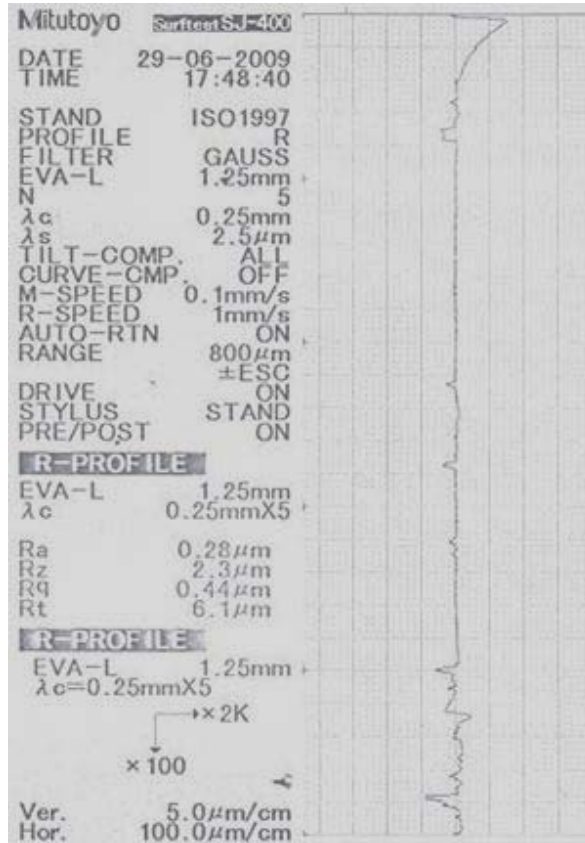


Şekil 10.4 Makaralı perdahlama öncesi elde edilen yüzey pürüzlülüğü



Şekil 10.5 Çalışmada kullanılan tek makaralı perdahlama takımı ve iş parçası

Perdahlama takımına ilk olarak 0,05 dalma hareketi, daha sonra 6 mm dairesel dönme hareketi verildi. İşlem sonrasında iş parçası üzerinde 1,25 mm uzunluğundaki yüzeyin pürüzlülük yapısı ölçüm cihazından çıktı alındı.

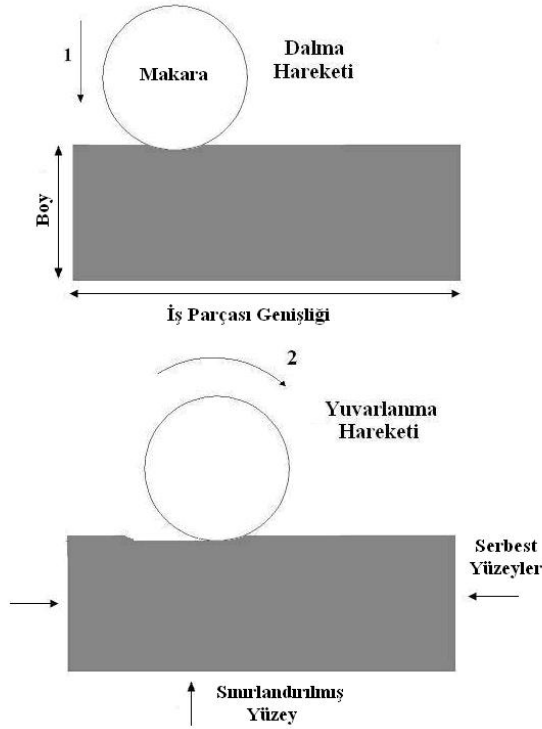


Şekil 10.6 Makaralı perdahlama sonrası elde edilen yüzey pürüzlülüğü

10.2 Modelleme

Modelleme aşamasında sonlu elemanlar yazılımı olan ANSYS 11 kullanılmıştır. Çalışmada parça deforme olabilen, makara ise rijit kabul edilmiştir. Modelleme çalışmalarında hem iş parçasının hem de makaranın deforme olabilen malzemeler olarak tanımlanmasının sonuçları ancak %3 oranında etkilediğini Beres vd. (2004) yaptığı çalışmada ortaya konmuştur. Bununla birlikte hem iş parçası, hem de makaranın deforme olabilen malzemeler olarak kabul edilmeleri yapılan modellemenin sadece çözüm süresini arttırdığı yine bu çalışmada belirtilmiştir.

Yapılan ilk modelleme çalışmalarında, iş parçası yüzey pürüzlülüğü ihmal edilerek makaranın iş parçası üzerindeki hareketi modellenmiştir. Buna göre modelde parçanın alt yüzeyi bu yönde sınırlandırılmakta ve diğer yüzeyler serbest bırakılmaktadır. Makara ilerlemesi yer değiştirme kontrollü olarak modellenerek ilk paso derinliği verildikten sonra makara döndürülerek modelleme çalışmaları yapılmıştır. Makara yarım daire ve rijit olarak modellenmiştir.

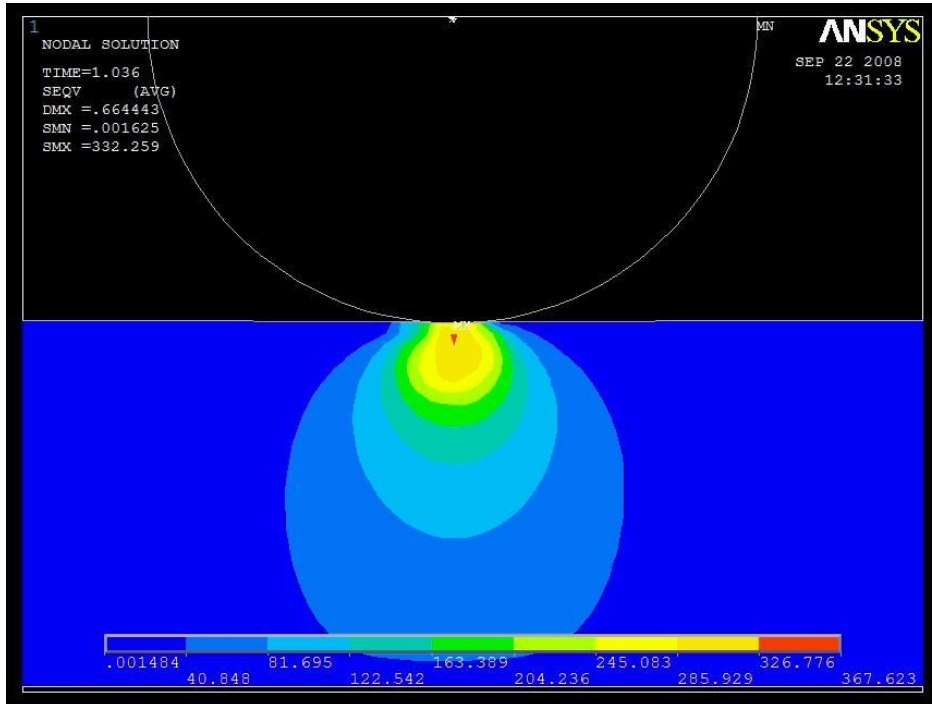


Şekil 10.7 Modelin şematik gösterimi

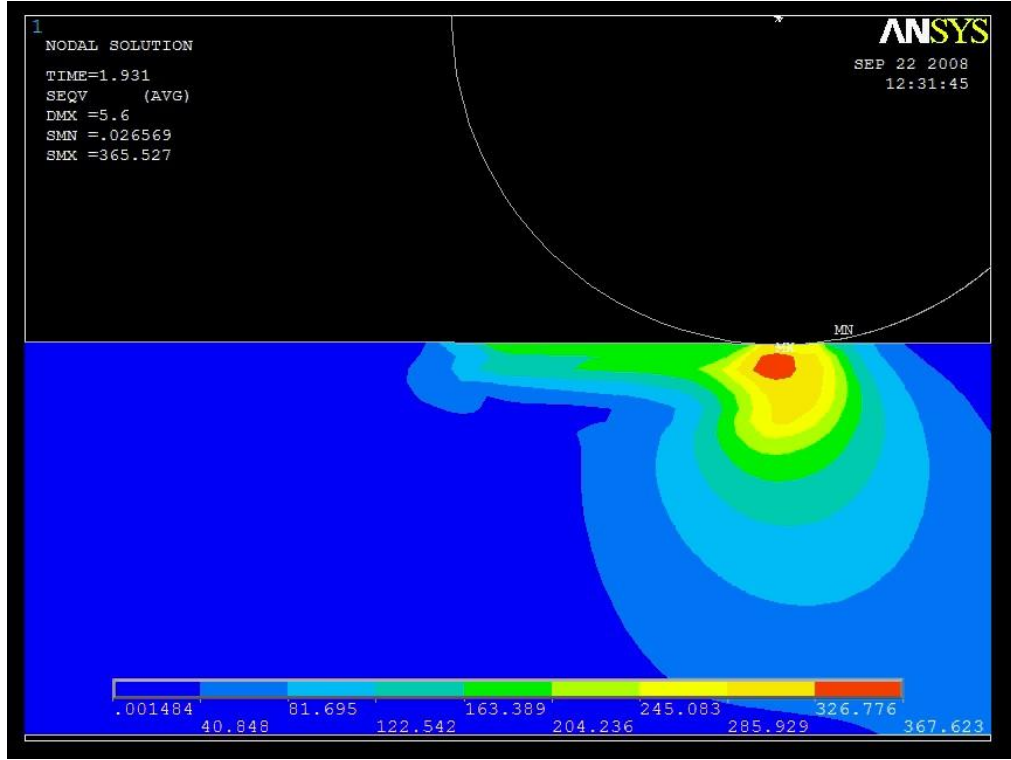


Şekil 10.8 Modelin mesh yapısı

Makara ilk paso derinliğine indikten sonra yarıçapı kadar dönme hareketi verilerek modelleme yapılmıştır.

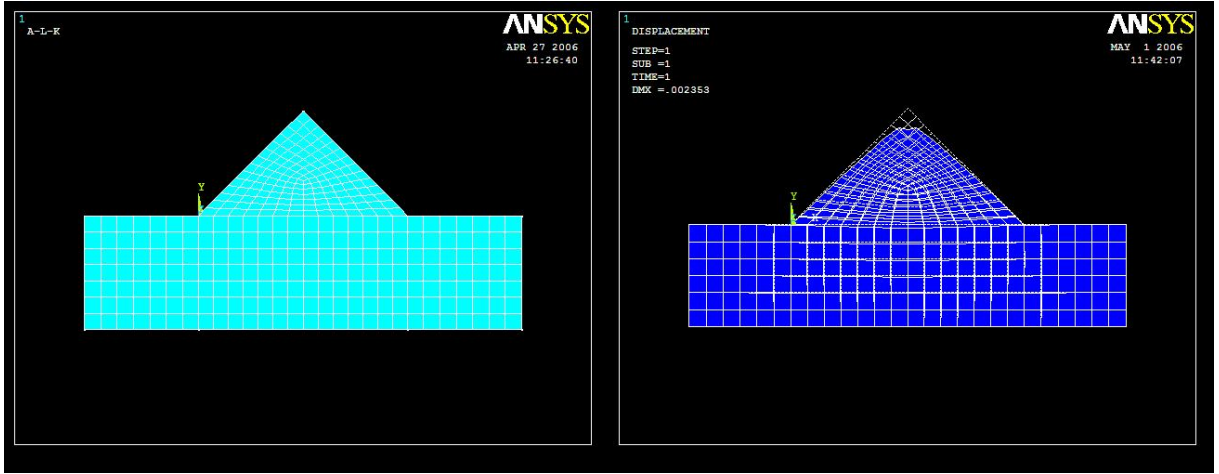


Şekil 10.9 Makaranın ilk basma derinliği



Şekil 10.10 Makaranın ilerlemesi sonucu oluşan gerilme dağılımı

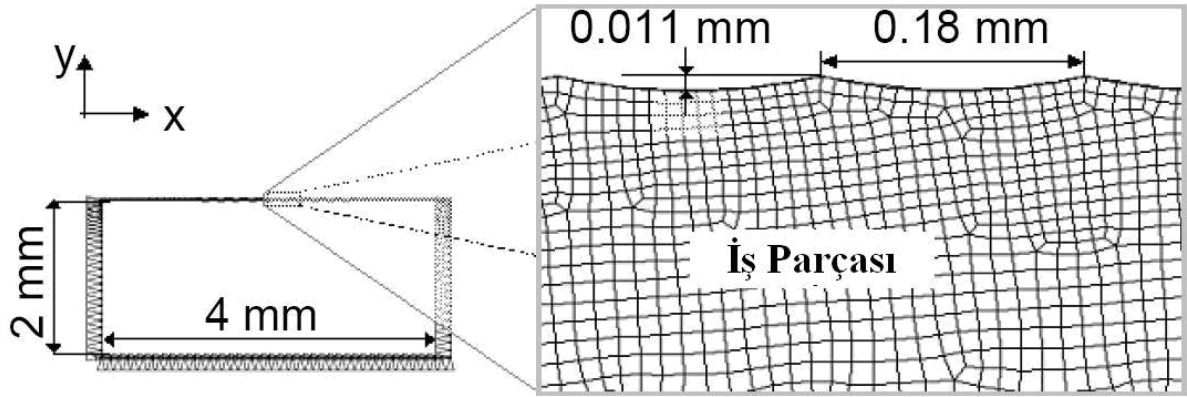
Modellemenin bir basamak daha ileriye götürülmesi aşamasında, yüzey pürüzlülüğünün de modele eklenmesi düşünüldü ve modelde elde edilecek yüzey pürüzlülüğünün gerçekte elde edilen yüzey pürüzlülük değerleriyle karşılaştırılması için çalışmalar yapıldı. Bu aşamada literatür taraması yapılarak modellemelerde yüzey pürüzlülüğünün nasıl elde edildiği incelendi. Perdahlama modellemelerinde genel olarak artık gerilmelerin esas alındığı, çoğu kez yüzey pürüzlülüğünün ihmal edildiği görüldü. Yüzey pürüzlülüğünün de modellendiği çalışmalarda pürüzlülüğün teorik olarak formüllerle veya kabullerle elde edildiği görüldü. Prasad vd. (2006) yaptığı çalışmada yüzey pürüzlülüğünü üçgen geometri biçiminde modelleyerek modelleme yapmıştır. Burada üçgenin yüksekliğini yüzey pürüzlülüğüne eş kabul etmiştir.



Şekil 10.11 Prasad vd. (2006) modelinde kullanılan yüzey pürüzlülük formu

Sartkulvanich ve Altan (2007) bilyalı perdahlama işleminin sonlu elemanlar metodu kullanılarak modellenmesi çalışmasında yüzey pürüzlülüğünü teorik olarak kabul etmiş ve modellemiştir.

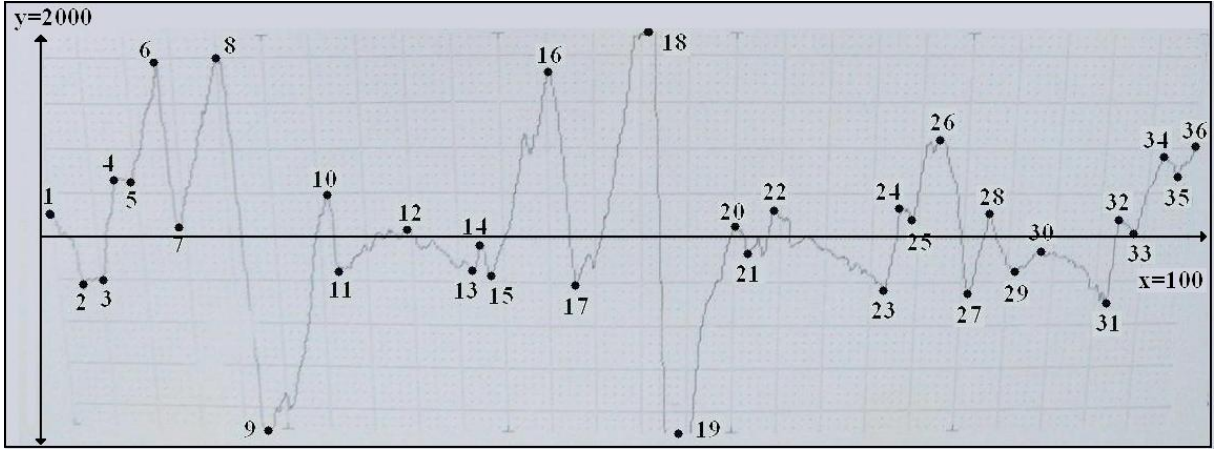
$$R_{z,th} = r_e \cdot \left[1 - \sqrt{1 - (f/(2r_e))^2} \right] \approx f^2/(8r_e) \quad \begin{array}{l} f = \text{İlerleme (mm/dev)} \\ r_e = \text{Takım radüsü} \end{array}$$



Şekil 10.12 Sartkulvanich ve Altan (2007) modelinde kullanılan yüzey pürüzlülük formu

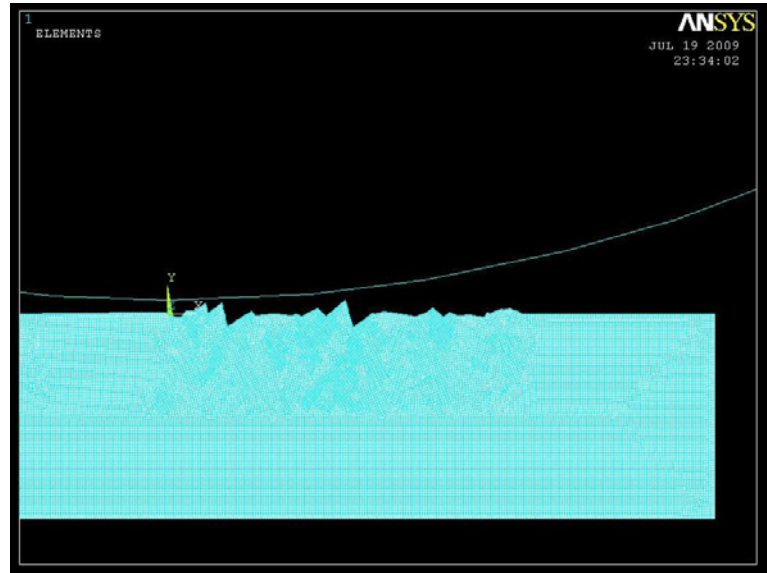
Makaralı perdahlama işleminin modellenmesi çalışmasında, yüzey pürüzlülüğünün bu çalışmalardan farklı bir biçimde modellenmesine karar verildi.

Buna göre yüzey pürüzlülük ölçüm cihazından alınan çıktı üzerindeki yüzey pürüzlülüğünü oluşturan tepciklere ve çukurcuklara koordinat noktaları atandı.



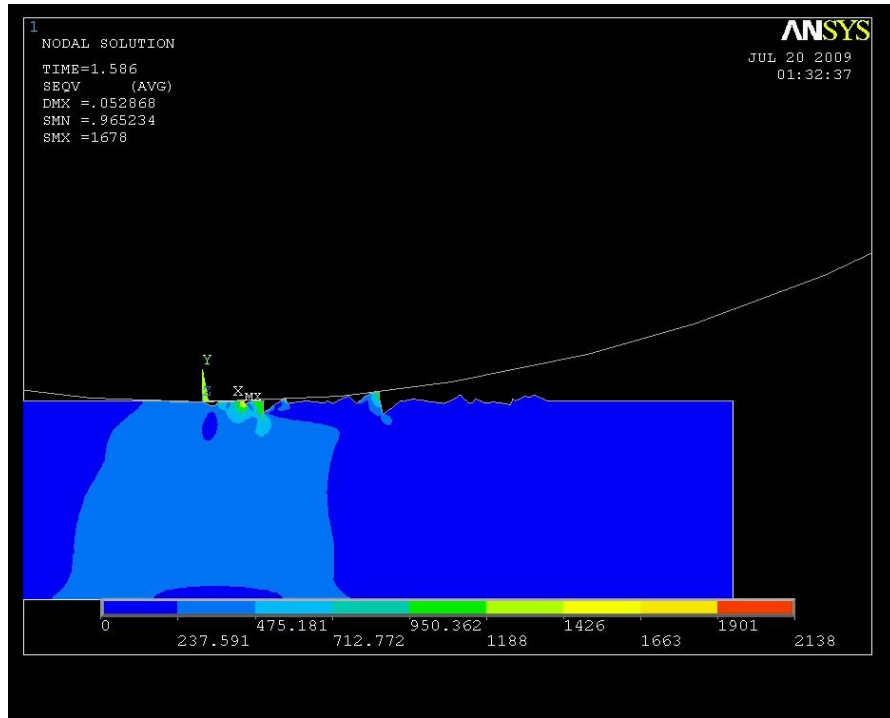
Şekil 10.13 Yüzey pürüzlülüğü koordinat noktaları

ANSYS 11 programı içerisinde keypointler vasıtasıyla noktasal koordinatlar oluşturuldu. Koordinat noktaları çizgilerle birleştirilerek alan ve yüzey oluşturuldu. Kenar boyutu 0,01 mm olan dörtköşeli meshleme yapıldı. İki boyutlu plastik şekil verme çalışmalarında iyi sonuçlar veren birinci dereceden Plane 182 elemanı iş parçası için, Targe 169 ve Conta 172 ise temas yüzeyleri için kullanıldı. Toplamda 13141 eleman ve 15328 nod kullanıldı.

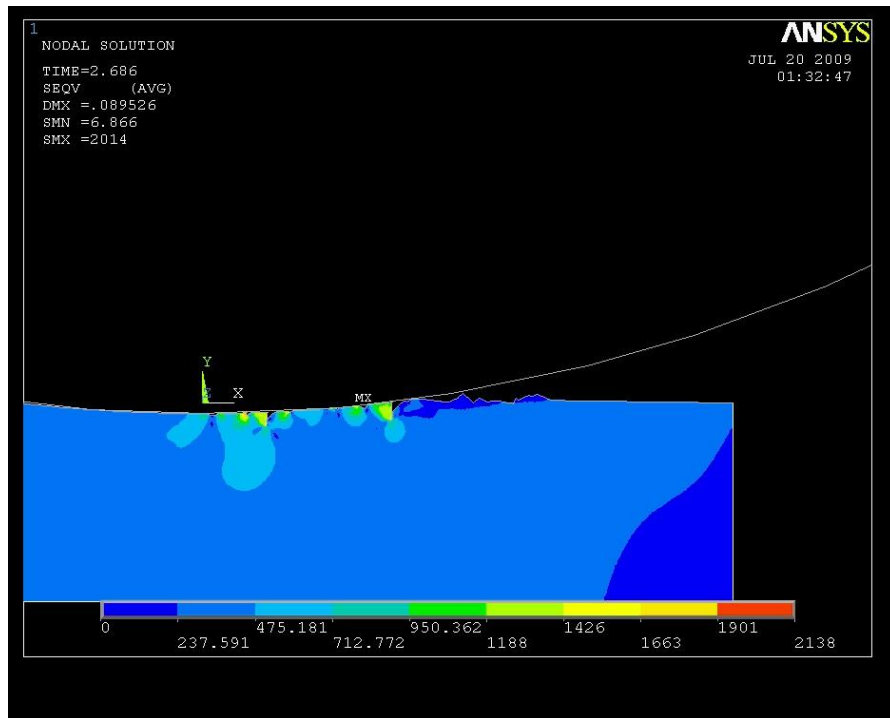


Şekil 10.14 ANSYS 11 programı içerisinde yüzeylerin görünümü

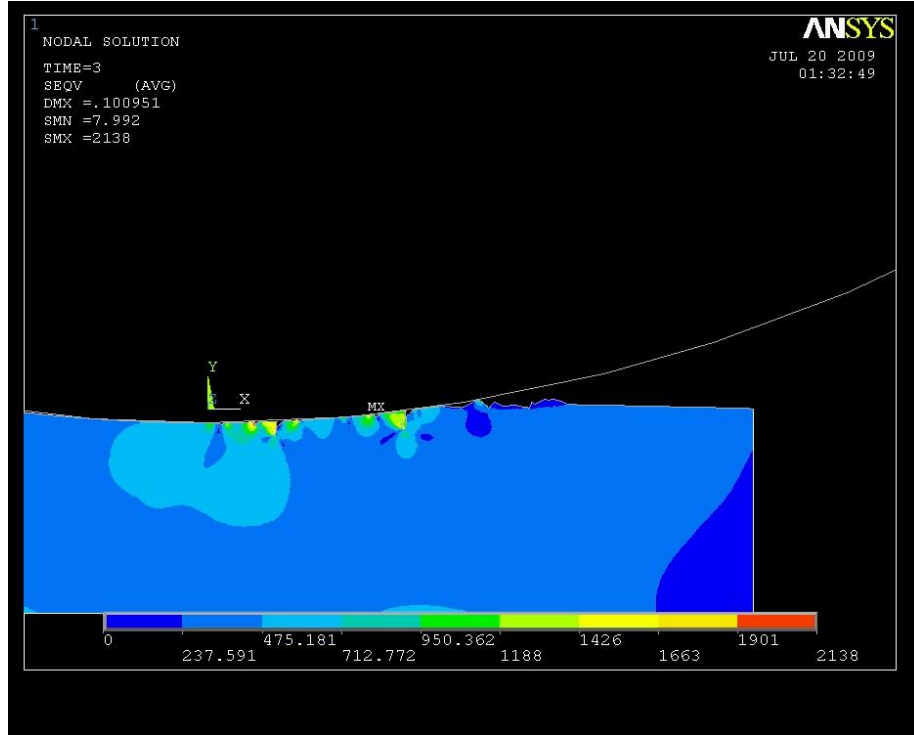
Rijit ve yarım daire olarak tanımlanan makara 0,05mm dalma derinliği verilerek iş parçası pürüzlü yüzeyine indirildi. İş parçası, modelimizde alt yüzeyinden ve yan yüzeylerinden bütün yönlerde sınırlandırılarak sınır şartları belirlendi.



Şekil 10.15 0,052868 mm dalma sonrası yüzeyin görünümü

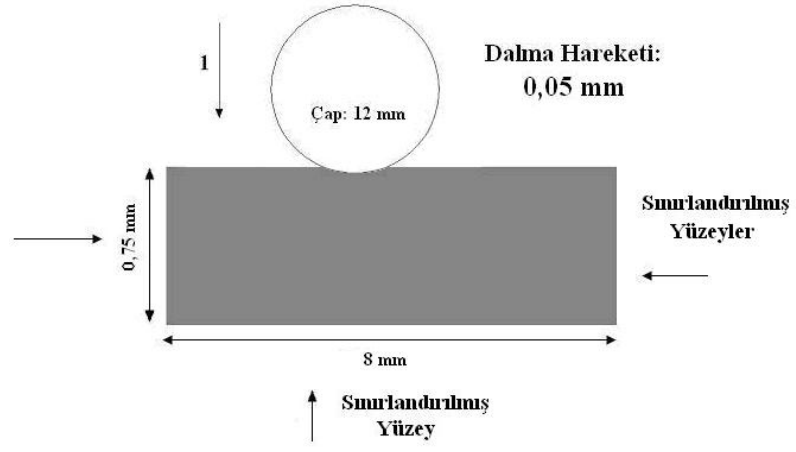


Şekil 10.16 0,089526 mm dalma sonrası yüzeyin görünümü



Şekil 10.17 0,100951 mm dalma sonrası yüzeyin görünümü

Yüzey pürüzlülüğünün modellenmediği, makara hareketinin dalma ve yuvarlanma olarak verildiği ilk modelleme çalışmalarında makaranın hareketinde herhangi bir sorun yaşanmadı. Gerilme dağılımı ve malzeme akışı modelleme sonucunda incelenebildi. Fakat yüzey pürüzlülüğünün modellendiği çalışmalarda bu aşamada converge (yakınsama) sorunları yaşandı. Makaraya ilk dalma hareketi verildikten sonra yüzeydeki pürüzlülük değişimi ve pürüzlülüğü oluşturan tepeciklerin çukurlara doğru hareketi modelleme sonucu elde edildi. Fakat makaraya ikinci hareketi olan yuvarlanma hareketi verildiği zaman bir veya birden fazla yapısal elemanda çok fazla biçimsel bozulma görüldü, bu aşamada modelleme yetersiz kaldı ve model burada kesildi. Modelin geliştirilmesine yönelik öneriler bir sonraki başlıkta toplandı.



Şekil 10.18 Modelin şematik gösterimi

11. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada makaralı perdahlama işleminin modellenmesinde özellikle yüzey pürüzlülüğünün değişimine farklı bir bakış açısı sunulmuştur. Yüzey pürüzlülüğü değme iğne metodu ile ölçülerek elde edilen sonuçlar koordinatlar vasıtasıyla iki boyutlu modellenmiştir. Makaranın yüzeye uyguladığı baskı sonucu yüzeydeki değişim, pürüzlerin yeni oluşumu ve pürüz geometrisinin plastik deformasyon sonucu elde ettiği yeni görünüm incelenmiştir. Sonuç olarak makara ilk hareketinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerinin anlaşılması aşamasında modelleme başarılı sayılmıştır. Makaraya ikinci yuvarlanma hareketinin verilebilmesi için daha profesyonel şartlarda modellemenin kurulması gerekmektedir. Pürüzlü yüzey geometrisi çok küçük elemanlardan oluşmaktadır, dolayısıyla plastik deformasyon sonucu malzeme akışı ile birlikte modeli oluşturan elemanlar bozulmakta ve biçimsel olarak dağılmaktadır. Teknolojinin imkan kıldığı şartlarda uygulanan load step sayısı arttırılarak ya da mesh yapısı daha da ufaltılarak model tekrar kurularak makaraya dönme hareketi verilebilir.

Yapılan bu çalışmalar sonrasında makaralı perdahlama işleminin geliştirilebileceği açıkça görülmektedir. Gerçekte makaralı perdahlama işlemi üç boyutludur. Kurduğumuz bu modelde yüzey iki boyutlu olarak tanımlanmıştır. Yüzey pürüzlülüğü üç boyutlu ölçülerek yapılacak modellemelerde daha gerçekçi sonuçlar elde edilecektir. İleriki yapılacak çalışmalarda makara ile iş parçası temas yüzeyi arasındaki sürtünme ve ortaya çıkan ısı modele dahil edilebilir. Bunun yanı sıra makara yüzeyindeki pürüzlülük yine modele dahil edilerek gerçeğe daha yakın sonuçlar elde etmek mümkün olabilir.

Yine bu çalışmada yer alan tek makaralı ezme modellemesi kullanılarak birden fazla makaranın kullanıldığı iç ezerek parlatma ya da dış ezerek parlatma modellemelerine doğru bir geliştirme yapılabilir.

Sonuç olarak bu tez çalışması ile günümüzde taşlama, honlama gibi yüzey bitirme proseslerine alternatif olan makaralı perdahlama işleminin modellenmesine, özellikle yüzeydeki pürüzlülük değişimlerinin irdelenmesine farklı bir görüş ortaya konmuştur. Gelecekte modelleme üzerinde yapılacak iyileştirmeler ile proses parametrelerinin belirlenmesinde daha iyi sonuçlar elde edilerek zaman ve iş gücü sarfiyatı azaltılabilir. Çalışmalar sonrası alınan olumlu sonuçlar ve eksiklerin belirlenmiş olması, bu konu üzerinde günümüzde yapılan ve ileride de yapılacak olan çalışmalara fayda sağlamaktadır.

KAYNAKLAR

- Akkurt, A., (2009), “Delik Yüzeylerine Uygulanan Yüzey İyileştirme İşlemlerinin Alüminyum Alaşımı Malzemeler Üzerinde Araştırılması”, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, 13-15 May. 2009, Karabük
- Baca, J. ve Chaus A.S., (2004), “Effect of Plastic Deformation On The Structure and Properties Of Cast Iron With Globular Graphite”, Metal Science and Heat Treatment, 46:188-191
- Beres, W., Li, J. ve Patnaik P.C., (2004), “Numerical Simulation Of The Low Plasticity Burnishing Process For Fatigue Property Enhancement”, Proceedings ASME Turbo Expo Power For Land, Sea and Air, 14-17 Haz. 2004, Viyana
- El-Axir, M.H., (2000), “An Investigation Into Roller Burnishing”, International Journal of Machine Tools & Manufacture, 40:1603-1617
- El-Axir, M.H. ve El-Khabeery, M.M., (2003), “Influence of Orthogonal Burnishing Parameters On Surface Characteristics For Various Materials”, Journal of Materials Processing Technology, 132:82-89
- El-Khabeery, M.M. ve El-Axir, M.H., (2001), “Experimental Techniques For Studying The Effects of Milling Roller Burnishing Parameters On Surface Integrity”, International Journal of Machine Tools and Manufacture, 41:1705-1719
- El-Tayeb, N.S.M. ve Brevern, K.O.L., (2006), “Influence of Roller Burnishing Contact Width and Burnishing Orientation On Surface Quality and Tribological Behaviour of Aluminium 6061”, Journal Of Materials Processing Technology, 186:272-278
- Gardin C., Courtin S., Bertheau D., Bezine G. ve Hamouda, H.B.H., (2006), “The Influence of Roller Burnishing On The Fatigue Crack Propagation In Notched Round Bars – Experimental Observations Under Three-Point Bending”, Fatigue Fracture Engineering Material Structure, 30:342-350
- Hamadache, H., Laouar, L., Zeghib, N.E. ve Chaoui, K., (2006), “Characteristic of Rb40 Steel Superficial Layer Under Ball and Roller Burnsining”, Journal of Materials Processing Technology, 180:130-136
- Has, E., (2007), Bilyeli Perdahlama İşleminin Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Simülasyonu, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü
- Hassan, A.M., (1995), “An Investigation Into The Surface Characteristics of Burnished Cast Al-Cu Alloys”, Int. J. Mach. Tools Manufact., 37:813-821
- Hassan, A.M., Al-Jalil, H.F. ve Ebied, A.A., (1997a), “Burnishing Force and Number of Ball Passes For Optimum Surface Finish of Brass Components”, Journal of Materials Processing Technology, 83:176-179

Hassan, A.M., (1997b), “The Effects of Ball and Roller Burnishing On The Surface Roughness and Hardness of Some Non Ferrous Metals, Journal of Materials Processing Technology, 72:385-391

Luo H., Liu, J., Wang, L. ve Zhong, Q., (2006), “The Effects of Burnishing Parameters On Burnishing Force and Surface Microhardness”, Int. J. Mach. Tools Manufact., 28:707-713

Lur’e, G.B. ve Shteinberg Y. I., (1969), “Microstructure of The Surface Layer Of Gray Cast Iron After Hardening-Finishing”, Metal Science and Heat Treatment, 11:351-353

Maluf, O., Milan, M.T. ve Spinelli D., (2003), “Effect of Surface Rolling On Fatigue Behaviour of a Perlitic Ductile Cast Iron”, Journal of Materials Engineering and Performance, 13(2):195-199

Prasad, K. E., Nahavandi, S., Mohammed, M.H. ve Aditya, V.N., (2006a), “Prediction of Residual Stresses In Roller Burnished Components – A Finite Element Approach”, International Journal Of Applied Engineering Research, 10(2):153-163

Prasad, K.E., Krishna, R.M., Janardhan, G.R., Raju, A.V.S. ve Nahavandi, S., (2006b), “Experimental Investigation and Finite Element Analysis For The Study of Residual Stresses In Roller Burnished Components”, International Journal of Applied Engineering Research, 1:427-436

Sai, W.B. ve Sai, K., (2004), “Finite Element Modeling of Burnishing of AISI 1042 Steel”, Int. J. Adv. Manuf. Technol., 25:460-465

Sartkulvanich, P. ve Altan, T., (2007), “Finite Element Modeling of Hard Roller Burnishing: An Analysis on the Effects of Process Parameters Upon Surface Finish and Residual Stresses”, Journal of Manufacturing Science and Engineering, 129:705-716

Sürücü, M., (1987), Konik Makaralı Parlatma, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Thamizhmanii, S., Sapparudin, B. ve Hasan, S., (2007), “A Study Of Multi-Roller Burnishing On Non-Ferrous Metals”, Journal of Achievements In Materials And Manufacturing, 22:95-98

Yamasa, (2008), Ezerek Parlatma Takım ve Makineleri, Yamasa Ltd. Şti.

İNTERNET KAYNAKLARI

www.ecoroll.com

www.cogsdill.com

www.matweb.com

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 20.01.1984

Doğum yeri İstanbul

Lise 1998-2002 Nişantaşı Anadolu Lisesi

Lisans 2002-2006 Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi
Makine Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 2006-2009 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Müh. Anabilim Dalı, İmal Usulleri Programı

Çalıştığı kurumlar

2006-2009 Coşkun Otomat A.Ş.