

## THE INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF MACHINING PARAMETERS ON SURFACE ROUGHNESS IN LAPPING

Abdulkadir GÜLLÜ\*

Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü  
06500 Teknik Okullar, ANKARA, e-mail:agullu@gazi.edu.tr

Hikmet ÇALIMLI

Ostim Mesleki Eğitim Merkezi Tesviye Bölümü Ostim, ANKARA

### ABSTRACT

The effects of process time and pressure during lapping were investigated in order to obtain better surface roughness needed in many industrial applications. GG6 Cast steel was chosen as the test material and the specimens were lapped on a surface lapping machine. Experiments were carried out for six different values of time and pressure, which are the most important machining parameters for lapping. Better surface roughness was obtained with higher pressure. The best surface roughness values were obtained in 5 minutes lapping time.

**Key Words:** Lapping process, Lapping pressure and time, Surface roughness

## LEPLEMEDE İŞLEME PARAMETRELERİNİN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

### ÖZET

Bu çalışmada, bir çok endüstriyel alanda ihtiyaç duyulan iyi yüzey pürüzlülüğünü lepleme işlemiyle elde etmek için lepleme zamanı ve lepleme basıncının yüzey pürüzlülüğü üzerine etkileri araştırılmıştır. Malzeme olarak GG6 çelik döküm seçilmiş ve düzlem yüzey lepleme tezgahında leplenmiştir. Leplemede en önemli işleme parametrelerinden olan zaman ve basıncın altı farklı değeri için deneyler yapılmış ve yüzey pürüzlülüğü ölçülmüştür. Yüksek basınçta daha iyi yüzey pürüzlülüğü elde edilmiştir. Deneylerde elde edilen en iyi değerlere 5 dakikalık lepleme süresinde çok yaklaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Lepleme işlemi, Lepleme basıncı ve zaman, Yüzey pürüzlülüğü

### 1. GİRİŞ

Teknolojik gelişmelerle birlikte işlenen yüzey özelliklerinde iyileşme ve ölçü tamlığı konusundaki beklentiler de artmaktadır. 1960'lara kadar yüzey kalitesi için ortalama pürüzlülük değeri olarak 10 µm yeterli kabul edilirken, 2000'li yıllarda bazı parçalarda istenilen yüzey kalitesi 100 nm'ye kadar düşmüştür (1). Teknolojinin hızlı gelişmesi ile birlikte her alanda ölçü tamlığı ve kusursuzluk isteği de artmıştır. Endüstrinin ihtiyaç duyduğu parçaları istenilen kalitede üretmek yeni araştırmalar yapılmasını gerektirmektedir (2).

Tipik bir son işlem metodu olan lepleme, talaş kaldırılarak işlenmiş yüzeylerde, yüksek kalitede yüzey elde etmek amacıyla uygulanan bir talaş kaldırma işlemidir. Lepleme işlemi, dört ana amaçla yapılmaktadır.

- Ölçü tamlığı sağlamak,
- Daha parlak yüzey elde etmek,

### 1. INTRODUCTION

The expectations regarding exact dimensions and improvements of machined surface features with parallel to technological developments. 10 µm average roughness value had been accepted as satisfactory until 1960. However, surface roughness values of some parts have decreased to 100 nm in 2000 (1). Demands for exact dimensions and perfect surface have increased with rapid technological developments. To manufacture parts with the quality desired by industry has required new research works (2).

Lapping that is a finishing method is a chip removing process on surfaces that machined earlier.

- Lapping process is applied for four main purposes:
- To provide dimensional exactness,

- c- Yüzey hatalarını düzelterek geometri düzgünlüğü sağlamak,
- d- Yüzeyler arasında birlikte çalışma uyumu sağlamak (3, 4, 5).

Diğer bitirme işlemlerine göre, lepleme işleminde iş parçasını mıknatıslı veya diğer bağlama kalıpları ile tespit etmeye gerek duyulmaması, leplenmesi gereken iki yüzeyin aynı anda leplenebilmesi ve bu işlem sonucu parçalarda istenilen yüzey kalitesi, ölçü tamlığı ve paralellik sağlanması leplemenin avantajları olarak sayılabilir (9, 10).

Lepleme işlemi çok yavaş ve zaman alıcı bir işleme yöntemi olduğu için parametre değerlerinin en iyi şekilde tespit edilmesi gerekmektedir (6). Lepleme işlemini teorik olarak en iyi şekilde karakterize ederek yapmak çok zordur. Çünkü bu işlemi çok sayıda parametrenin bugüne kadar tam anlayamamış fiziksel ve kimyasal mekanizmalar ile etkilemesi, lepleme işlemini çok karmaşık ve stokastik bir işlem yapmaktadır (7). Bu sebeple lepleme işlemini analiz etmek için deneysel araştırmalar yapılması gerekmektedir (8).

Lepleme verimini etkileyen önemli değişkenler; aşındırıcı tane boyutu ve cinsi, lepleme basıncı, lepleme hızı, lepleme karışım oranı (yağ + aşındırıcı) ve viskozitesi, leplenen malzemenin cinsi, lepleme zamanı, lepleme diski ve lepleme ortamı olarak sıralanabilir (8, 9).

Bu çalışmada, lepleme basıncı ve lepleme zamanın yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

## 2. LEPLEME

### 2.1. Kullanılan Aşındırıcılar ve Aşındırıcı Hareketleri

Lepleme işleminde en yaygın olarak kullanılan aşındırıcılar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Elmas,
- Bor Nitrit,
- Silikon Karbür
- Demir Oksit
- Krom Oksit
- Alüminyum Oksit
- Korindon
- Lal taşı
- Seryum (9,11)

Aşındırıcı, kendisinden daha yumuşak bir malzemeye belli bir kuvvet ve hızda temas edince keskin kenarları ve sivri uçları yardımı ile o malzemedeki küçük talaşlar koparabilen, kristalize ve sert maddelerdir. Çalışma sırasında uygulanan basınç aşındırıcıların kırılmasına sebep olmaktadır. Aşındırıcının kırılmaya karşı gösterdiği direnç çok fazla ise, aşındırıcının keskin kenarları yuvarlanarak körlenir ve kesme işlemi zorlaşır. Aşındırıcının kırılmaya karşı direnci, körlenmiş ucun kırılıp yerine yeni bir ucun oluşmasını sağlayacak şekilde olmalıdır. Lepleme işleminde en çok alüminyum oksit ve silisyum karbür yapay aşındırıcı taneler kullanılmaktadır. Lepleme işleminde kullanılan aşındırıcının kimyasal özelliği de çok önemlidir. Örneğin silisyum karbür alüminyum oksitten daha sert olmasına rağmen, sertleştirilmiş çelik lepleme işleminde, silisyum karbür, alüminyum oksitten daha çabuk körlenmektedir. Bunun sebebi silisyum karbürün çelik içinde erimesi alüminyum

- b- To obtain brighter surfaces,
- c- To provide better geometry by correcting surfaces flaws,
- d- To enable surfaces work together smoothly (3-5).

The advantage of lapping are

- there is no need to clamp parts with fixtures, magnetic or other equipment used for other finishing operations,
- two faces to be lapped can be lapped at the same time,
- higher surface roughness quality, dimensional accuracy and parallelism (9,10).

Since lapping is too slow and time consuming, values of parameters should be determined carefully (6). Determining parameter values perfectly is very difficult. Because a lot of parameters with physical and chemical mechanism that have not been understood exactly affect lapping. Process and make it very complicated operation (7). Therefore experimental investigations are needed to perform in order to analyze lapping operation (8).

Variables affecting lapping efficiency are abrasive particle size, abrasive type, lapping pressure, lapping speed, lapping mixture (oil + abrasive) rate, mixture viscosity, type of material to be lapped, lapping time, lapping disc, lapping environments and the like (8, 9).

In this work, the effect of lapping pressure and lapping time on surface roughness has been investigated.

## 2. LAPPING

### 2.1. Abrasive Used and Abrasive Movements

Abrasives that are commonly used in lapping are as follows;

- Diamond,
- Boron nitride,
- Silicon carbide
- Iron oxide
- Chrome oxide
- Aluminum oxide
- Corundum
- Garnet stone
- Cerium (9, 11)

When abrasive particles which are hard and crystalline touches the material softer than abrasive, with certain force and speed they remove small chips from the material. The pressure applied during operation causes particles to crack. If the resistance of particle against breakage is too high, sharp edges of the particle become dull and cutting operation becomes difficult. The strength of particles against breakage should be at a certain value so that the dull edge breaks and a new cutting edge can appear.

Mostly,  $Al_2O_3$  and  $SiC$  abrasives particles are used in lapping operation. The chemical features of abrasive are also important in lapping. For example, even though  $SiC$  is harder than  $Al_2O_3$ , in lapping of hardened steel  $SiC$  becomes dull faster than  $Al_2O_3$ . The reason of this the melting of  $SiC$  in steel is faster than  $Al_2O_3$ . On the other hand since  $Al_2O_3$  melts in glass it dulls faster. For this reason  $SiC$  is used as abrasive for glass (9 - 12).

okside göre daha hızlı gerçekleşir. Alüminyum oksit ise camda eridiğinden daha çabuk körlenmektedir. Bu sebeple camda aşındırıcı olarak silisyum karbür kullanılmaktadır (9, 10, 11, 12).

Lepleme prosesinin şekil olarak modellendiği, Şekil 1'de görülen tanecik hareketlerinde, birinci tane, talaş kaldırmayarak ve parçanın içine doğru dönerek çentik açmaktadır. İkinci tane parça üzerinde kayarak, küçük de olsa keserek talaş oluşturur. Bu sırada bazı küçük aşındırıcı tanecikleri daha büyük taneler parça içine doğru sürükler. Aşındırıcı taneler, başlangıçta iş parçası yüzeyinden görece fazla talaş kaldırırlar. Basınç altında kırılan ve ufalan aşındırıcı taneler, işlemin sonuna doğru talaş kaldırmak yerine yüzeyi parlatmaya başlar (13).

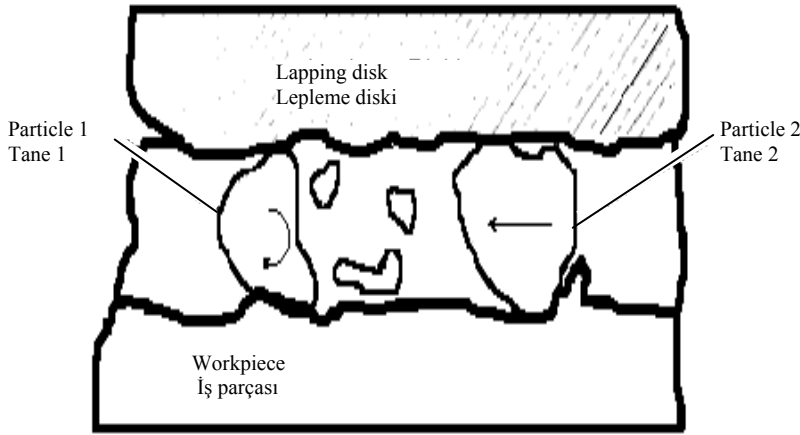


Figure 1. Movements of particles (13)

Şekil 1. Tanecik hareketleri (13)

## 2.2. Lepleme Diski ve Yağları

Lepleme diskleri, genelde yumuşak dökme demir, bakır, pirinç, kurşun veya seramik, kösele, sert keçe veya kumaştan yapılmaktadır. Özel durumlarda ve kaba lepleme işleminde sert ahşap diskler kullanılmaktadır (3, 5). Kösele, sert keçe ve kumaş lepleme diskleri sadece parlatma işleminde kullanılmaktadır. En iyi lepleme diski, yumuşak ve birbirine yakın tanecikli dökme demirden yapılan disklerdir. Dökme demirden yapılan diskler, yüksek ölçü tamlığı ve yüzey pürüzlülüğü sağlarlar (3, 9).

Kullanılan lepleme diski, iş parçasına göre daha yumuşak olmalıdır. Lepleme diskinin sert olması durumunda, aşındırıcılar öncelikle lepleme diskini aşındırır. Daha iyi bir yüzey elde etmek için kanal açılmamış düz yüzeyli lepleme diskleri kullanılmalıdır. Düz yüzeyli lepleme diskleri, parlatma ve iyi yüzey pürüzlülüğü sağlayan küçük aşındırıcı parçaları oluşturarak ortamda tutarlar (9). Lepleme yağı olarak, özel lepleme yağları, petrol türevi madeni yağlar ve gres yağı kullanılmaktadır.

## 3. MALZEME VE METOD

Bu çalışmada, düzlem lepleme tezgahı kullanılmıştır. Deney malzemesi olarak dış çapı 70 mm, iç çap 50 mm ve kalınlığı 15 mm olan 36 adet GG6 çelik döküm malzemesi seçilmiş ve spektrometre cihazı ile kimyasal analizleri

Lapping process is modeled in Figure 1. In particle movements, particle 1 notches in the part as it rotates inwards the part without removing chip. Particles 2 removes very small chips from the workpiece sliding over the part. In the mean time some small particles moves bigger particles towards the inside of the part.

At the beginning abrasives particles remove relatively more chips from the surface of the workpiece. Towards the end of the operation instead of removing chip, broken particles become smaller and polish the surface (13).

## 2.2. Lapping Disks and Oils

Lapping disks are generally made of cast iron, copper, brass, lead, ceramics, leather, hard felt or fabric. In some special cases and rough lapping operations, hard wooden disks are used (3, 5). Leather, hard felt and fabric lapping disks are used for only polishing. The best lapping disks are the ones made of soft cast iron with fine structure. The disks made of cast iron provide high dimensional accuracy and smaller surface roughness (3, 9).

The lapping disk used must be softer than the workpiece. When lapping disk is harder abrasive particles first wear the lapping disk. In order to obtain better surfaces, the lapping disks with flat surfaces cause smaller abrasives which provide better surface roughness and polishing and they keep these particles in the processing environment (9). Special lapping oils, synthetic oils and grease are used as lapping oil.

## 3. MATERIAL AND METHOD

In this work a flat lapping machine tool has been used. 36 GG6 steel cast iron specimens with 70 mm outside diameter, 50 mm inside diameter and 15 mm thick were used and chemical analyses of them were made by a

yapılmıştır (Çizelge 1). Tüm malzemeler, taşlama tezgahında Ra değerleri 1,4-1,9 µm aralığında taşlanmış ve tav fırınında 950 °C sıcaklığında 30 dakika bekletilerek suda sertleştirilmiştir.

Deneyler sırasında tezgaha ait tutucular kullanılmamış, iş parçalarının ölçü ve şekline uygun fiber malzemeden yeni tutucular yapılmıştır. Deney yapılmadan önce lepleme diski gaz yağı ile temizlenmiştir. Deneylerde kullanılan malzeme, cihaz ve tezgah parametreleri Çizelge 2'de verilmiştir.

**Table 1.** Spectral analysis values of GG6 steel cast iron  
**Çizelge 1.** GG6 Çelik Döküm Spektral Analiz Değerleri

Element ( GG6 )	%	Element	%
Karbon ( C ) Carbon	1,007	Bakır ( Cu ) Copper	0,187
Silisyum ( Si ) Silicon	0,247	Kobalt ( Co ) Cobalt	0,0195
Mangan ( Mn ) Manganese	0,317	Alüminyum ( Al ) Aluminum	0,0251
Fosfat ( P ) Phosphate	0,00671	Vanadyum ( V ) Vanadium	0,00392
Kükürt ( S ) Sulfur	0,00332	Wolfram ( W ) Wolfram	0,00787
Krom ( Cr ) Chromium	1,37	Demir ( Fe ) Iron	96,74
Molibden ( Mo ) Molybdenum	0,047	Kalay ( Sn ) Tin	0,0112
Nikel ( Ni ) Nickel	0,153	Antimon ( Sb ) Antimony	0,0548

**Table 2.** The parameters of material equipment and machine tool used in experiments  
**Çizelge 2.** Deneylerde kullanılan malzeme, cihaz ve tezgah parametreleri

Tezgah basınç aralığı/ Machine pressure range	0 - 758 kPa
Basınç kontrolü/ Pressure control	Pnömatik/ Pneumatic
Lepleme disk malzemesi/ Lapping disk material	Dökme demir Cast iron
Disk dönme hızı/ Disk turning speed	147.6 dev/dak 147.6 rev/min
Deney malzemesi/ Test material	GG6
Deney malzeme sertliği/ Test material hardness	60 – 66 HRC
Lepleme aşındırıcısı/ Lapping abrasive	SiC F 220
Lepleme yağı/ Lapping oil	Lapping base 6948
Aşındırıcı yağ karışım oranı/ Abrasive – oil mixture rate	1/4
Ortam sıcaklığı/ Environment temperature	20 ± 1 °C
Yüzey pürüzlülük cihazı/ Surface roughness profilometer	Surftest-211 (Mitutoyo)
Ölçüm sayısı/ Number of measurement	3

Literatürdeki araştırmalarda, lepleme işleminde yüzey pürüzlülüğüne etki eden bir çok parametre olduğu görülmüştür. Bu parametreler; lepleme basıncı, titreşim

spectrometer (Table 1). All specimens were ground on a grinding machine tool between Ra values of 1,4 – 1,9 µm and after keeping in an oven at 950 °C for 30 min they were hardened in water.

During experiments the holders belonging to the machine tool were not used. New holders from fibers suitable for the dimensions and shape of the specimens were made. Before the experiments the lapping disk were cleaned with gasoline. The material, equipment and machine tool parameters used for experiments are given in Table 2.

According to research works, it has been seen that there are many parameters affecting surface roughness in lapping. These parameters are lapping pressure, vibration

hızı, tane boyutu, lepleme zamanı, lepleme disk hızı, leplenen malzemenin sertliği, aşındırıcı cinsi, karışımın oranı, debisi ve lepleme karışımı kullanılıp kullanılmaması olarak sayılabilir. Bu çalışmada lepleme parametrelerinden sonuç üzerinde en fazla etkili olan lepleme basıncı ve lepleme zamanı seçilmiştir. Böylece gereksiz ayrıntılardan kaçınılmıştır. Denede uygulanan basınç ve zaman çizelgesi Çizelge 3’de verilmiştir.

speed, particle size, lapping time, lapping disk speed, hardness of the material lapped, abrasive type, mixture rate, mixture flowing rate and using lapping mixture or not, etc. Since lapping pressure and lapping time are the most affective parameters on the result, they were used as lapping parameters in this work. Thereby unnecessary details were eliminated. The pressure and time table used in the experiment is given in Table 3.

**Table 3.** Pressure and time values applied in the lapping process  
**Çizelge 3.** Lepleme İşleminde Uygulanan Basınç ve Zaman Değerleri

	Basınç / Pressure ( kPa)		Zaman (dak.) /Time (min)
I Hazne Container 1	68.95	482.65	5-10-15-20-25-30
II Hazne Container 2	206.85	620.55	5-10-15-20-25-30
III Hazne Container 3	344.75	689.5	5-10-15-20-25-30

Lepleme karışımı homojen olacak şekilde mikserle karıştırılarak hazırlanmıştır. Dijital göstergeli saatle lepleme işleminin başlamasından itibaren zaman tutulmuştur. Hazneden alınan numuneler benzinle temizlenip oksitlenmemesi için uygun şekilde muhafaza edilmiştir. Dene verilerini kullanarak bilgisayar yardımı ile istatistiksel hesaplar yapılmıştır.

Lapping mixture were prepared by mixers so that it is homogeneous. The lapping process was timed from the beginning of the process with a digital watch. The specimens taken from the container were cleaned by petrol and kept in a suitable environment so that they did not rust. Statistical calculations were done by a computer using the experiment data.

#### 4. DENEYSEL BULGULAR

#### 4. EXPERIMENTAL RESULTS

Verilere uygulanan modelin açıklayıcılık yüzdesi gücünü ifade eden  $R^2$  ve bağımlı değişken (yüzey pürüzlülüğü) üzerinde her bir değişken için hesaplanan regresyon katsayısının önemliliği t testi uygulanarak belirlenmiştir. Bağımsız değişkenin anlamlılık seviyesini gösteren t değeri % 95’e göre hesaplanmıştır. Varyansların homojenliğini test etmek için F testi kullanılmıştır. Olasılık değeri olan P sonucu;  $P > 0,05$  ise iki değişken arasında önemli ilişki olmadığı;  $P \leq 0,05$  ise değişkenler arasında önemli düzeyde ilişki olduğu anlaşılır (15). Yapılan regresyon analizinde lineer olmayan aşağıdaki denklem bulunmuştur. İstatistiksel değerler Çizelge 4.’de denklem katsayıları Çizelge 5’de verilmiştir.

The importance of regression coefficient has been determined by applying t test for  $R^2$  which define explanation per cent power of the model applied to the data and for each variable on the dependant variable (surface roughness). t value which shows the meaningful level of the independent variable were calculated according to 95%. F test were used to test the homogeneity of variances. If P which is the value of probability greater than 0,05 there is no important relation between two variable and if  $P \leq 0,05$  then it means there is a considerable relation between variables (15). The following non-linear equation has been determined after regression analysis. Statistical values are listed in Table 4 and the coefficients of the equation are given in Table 5.

**Table 4.** Statistical values for lapping (material: GG6 steel cast iron)  
**Çizelge 4.** Lepleme işlemi için istatistiksel değerler (Malzeme GG6 çelik döküm)

Regrasyon katsayısı/ Regression coefficient $R^2$	0,963
Düzeltilmiş regrasyon katsayısı/ Corrected regression coefficient $R^2_{Düz.}$	0,948
Varyans oranı/ Variance rate F	66,603
Olasılık/ Probability P	0

$$Ra = a + b.P + c.P^2 + d. P^3 + e. P^4 + f. P^5 + g.t + h. t^2 + i.t^3 + j.t^4 + k.t^5$$

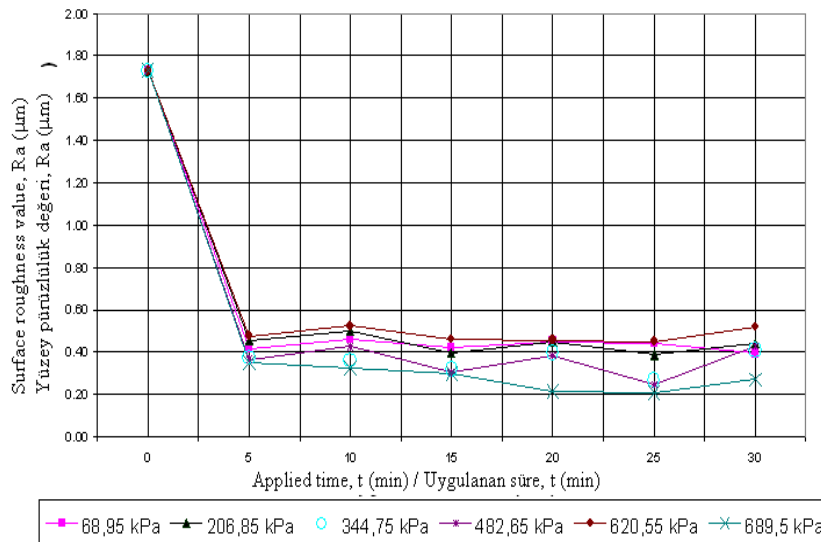
[1]

**Table 5.** Equation coefficients for lapping of GG6 steel cast iron  
**Çizelge 5.** GG6 çelik dökümün leplemesi için denklem katsayıları

Sembol/ Symbol	Kat sayı/ Coefficient	Standart sapma/ Standard deviation	t testi/ t test
a	1,714887573	0,053291259	0,0
b	-0,009523102	0,004789242	0,05739
c	8,0011E-05	3,47598E-05	0,02961
d	-2,90489E-07	1,07473E-07	0,01195
e	4,63247E-10	1,48862E-10	0,00448
f	-2,66127E-13	7,60657E-14	0,0017
g	-0,366341081	0,088777682	0,00034
h	0,05238736	0,01372515	0,00075
i	-0,003368499	0,000970474	0,00183
j	9,8824E-05	3,16323E-05	0,00434
k	-1,07642E-06	3,83683E-07	0,00939

Şekil 2'de verilen GG6 çelik döküm malzemenin grafiğinde görüldüğü gibi lepleme işlemi 5 dakikada çok iyi bir yüzey pürüzlülüğüne ulaşmış ve 10. dakikada yüzey pürüzlülüğünde bozulma görülmüştür. Özellikle 689,5 kPa basınçta, yüzey pürüzlülük değeri zamanla doğru orantılı olarak azalmış bir süre sonra değişmemiş ve 30 dakikada yüzey pürüzlülük değeri artmıştır. En iyi yüzey pürüzlülüğü 689,5 kPa basınç ve 25 dakikada elde edilmiştir. En kötü yüzey pürüzlülüğü 620,55 kPa basınçta ve 10 dakikada oluşmuştur. Büyük iyileşmenin 15. dakikada oluştuğu görülmektedir.

As can be seen from Figure 2, lapping process reached at very good surface roughness in 5 min and after 10 min surface roughness value increased. Especially at 689,5 kPa pressure, surface roughness decreased proportional to time, it did not change between 20 and 25 min and it increased at 30 min. The best surface roughness was obtained at 689,5 kPa pressure and 25 min. The worst surface roughness was obtained at 620,55 kPa pressure and 10 min. Considerable improvements happened at 15 min.



**Figure 2.** The graph of time (t) and surface roughness (Ra) for lapping of GG6  
**Şekil 2.** GG6'nın leplemesinde zaman (t) ve yüzey pürüzlülük (Ra) grafiği

Şekil 3'teki GG6 çelik döküm malzemenin basınca (P) göre yüzey pürüzlülüğü (Ra) grafiğinde görüldüğü gibi lepleme işlemi, başlangıç basıncı olan 68,95 kPa basınçta çok iyi bir yüzey pürüzlülüğüne ulaşmıştır. Büyük iyileşme 344,75 ve 482,65 kPa basınçlarda oluşmuş ve en

As can be seen from the surface roughness (Ra) versus pressure (P) graph of lapping of GG6 steel cast iron, at the beginning pressure 68,95 kPa, very good surface roughness was obtained. Considerable improvement was obtained at 344,75 and 482,65 kPa pressures. The best

iyi pürüzlülük değeri 689,5 kPa basınçta meydana gelmiştir. Basınç 68,95 kPa'dan 206,95 kPa'a çıkarıldığında yüzey pürüzlülüğünde, küçük de olsa bir kötüleşme oluşması ve en büyük pürüzlülük basınç 620,55 kPa olmasına rağmen, basınç ile yüzey pürüzlülüğü arasında doğru bir orantı olduğu söylenebilir.

surface roughness happened at 689,5 kPa pressure. Since surface roughness slightly decrease when pressure increased from 68,95 kPa to 206,95 kPa it can be said that the relation between pressure and surface roughness is proportional even though the biggest surface roughness happened at 620,55 kPa.

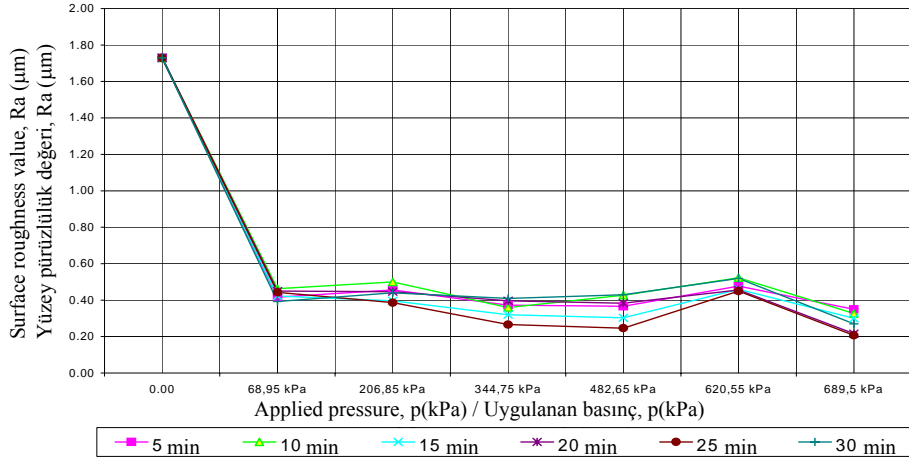


Figure 3. The graph of pressure (P) and surface roughness (Ra) for lapping of GG6

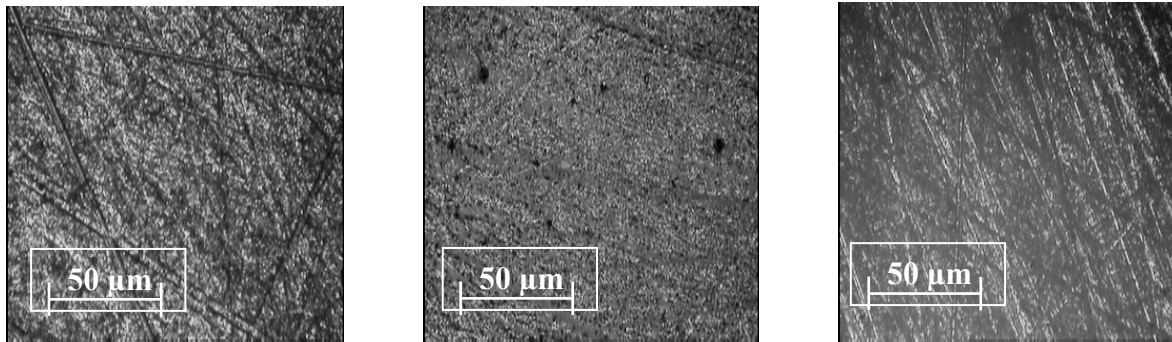
Şekil 3. GG6'nın leplenmesinde basınç (P) ve yüzey pürüzlülük (Ra) grafiği

#### 4.1. Sabit Basınçta (344,75 kPa) Farklı Zamanlara Göre Yüzey Görüntüleri

Şekil 4'de 10 dak, 20 dak ve 30 dak zaman dilimlerinde sabit basınç (344,75 kPa) yüzey görüntüleri görülmektedir. Mikro fotoğraflar incelendiğinde serbest kalan aşındırıcı taneler yüzeyleri çizmiş ve yüzey yönleri paralel olmamıştır. Yüzeydeki çizikler 10. dakikada daha az olmuştur. Lepleme işleminde tanecikler önce talaş alır ve parçalanıp küçülen taneler daha sonra yüzeyi parlatırlar.

#### 4.1. Surface Views at Constant Pressure (344,75 kPa), for Different Time.

In figure 4, surface views at constant pressure (344,75 kPa) and for 10 min, 20 min and 30 min time can be seen. Examining the microphotographs it can be determined that free abrasive particles scratched the surface and directions were not parallel. Scratches on the surface took place more at 10 min and less after 30 min. In lapping process, particles first remove chips from the material then particles become smaller and polish the surface.



a)

b)

c)

Figure 4. Surface views of the specimens of GG6 steel cast iron lapped at different times and 344,75 kPa pressure. a) time 10 min, Ra=0,36 µm b) time 20min, Ra=0,40 µm c) time 30 min, Ra=0,41 µm

Şekil 4. GG6'nın leplenmesinde farklı sürelerde 344,75 kPa basınçta leplenmiş numunelerin yüzey görüntüleri. a) süre 10 dak., Ra=0,36 µm b) süre 20 dak., Ra=0,40 µm c) süre 30 dak., Ra=0,41 µm

#### 4.2. Sabit Zamanda (20 Dak) Farklı Basınçlara Göre Yüzey Görüntüleri

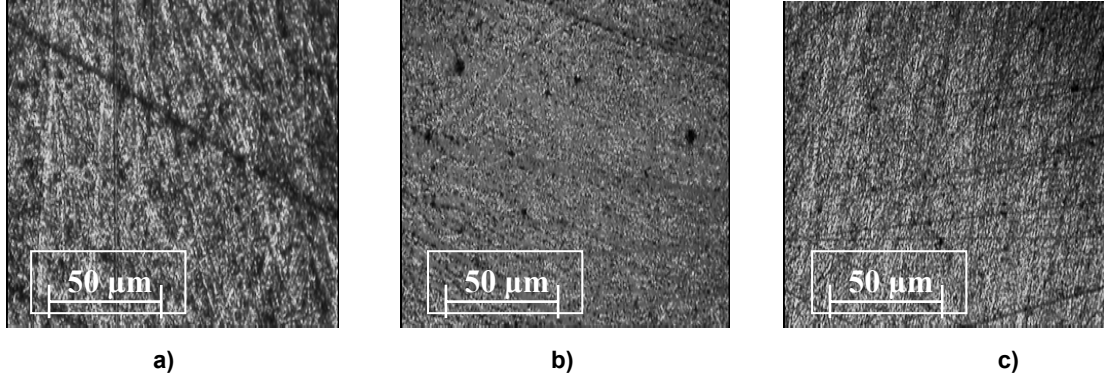
Şekil 5'de malzemelerin, 68,95 kPa, 344,85 kPa ve 689,5 kPa basınçlarda 20 dak leplenmesiyle elde edilen

#### 4.2. Surface Views at Different Pressure and Constant Time (20 min)

When examining the optic microscope views of the surfaces that were lapped at 20 min, 68,95 kPa, and 689,5

yüzeylerin optik mikroskop görüntüleri incelendiğinde, düşük basınçlarda aşındırıcı taneler lepleme diskine gömülmediği için yüzeylerde derin ve rasgele çizikler oluşmuştur. Yüksek basınçlarda çizikler azalmış, siyah noktalar (malzemeye batmış aşındırıcı kırıntıları) artmıştır.

kPa pressure. Arbitrary and deep scratches on the surfaces took place since at low pressures the abrasive particles did not penetrate into the lapping disk. At high pressures, scratches decreased and black points (abrasives penetrated into the material) increased (Figure 5).



**Figure 5.** Surface views of the specimens of GG6 steel cast iron lapped at different pressures and 20 min. a) Pressure 68,95 kPa, Ra=0,45 µm b) Pressure 344,75 kPa, Ra=0,40 µm c) Pressure 689,5 kPa, Ra=0,22 µm

**Şekil 5.** GG6'nın leplenmesinde farklı basınçlarda 20 dak. sürede leplenmiş numunelerin yüzey görüntüleri. a) Basınç 68,95 kPa, Ra=0,45 µm b) Basınç 344,75 kPa, Ra=0,40 µm c) Basınç 689,5 kPa, Ra=0,22 µm

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Lepleme işleminde var olan çok sayıdaki parametrenin hepsinin tam olarak değerlendirilmesi çok zor ve zaman alıcıdır. Bu yüzden bu çalışmada en önemlileri olduğu düşünülen basınç ve zaman parametrelerinin pürüzlülük üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Sonuçlar kısaca şöyle özetlenebilir.

- Basınç ve zaman ile lepleme işlemiyle elde edilen yüzey kalitesi arasında lineer bir ilişki bulunmaktadır.
- En düşük basınçta ve 5 dakikada yapılan lepleme işleminde yüzey pürüzlülüğünde çok belirgin bir iyileşme olmakta ve işlem sonucu elde edilen en iyi pürüzlülük değerine çok yaklaşılmaktadır.
- Lepleme zamanının uzaması durumunda kayda değer bir iyileşme olmamaktadır. Ancak burada leplemeye başlama şartları göz önünde tutulmalıdır. Ne kadar iyi bir değerle leplemeye başlanırsa sonuç o kadar iyi olacaktır. Kaba bir yüzeyle leplemeye başlanırsa lepleme süresinin uzaması da kaçınılmazdır.
- Yüksek basınçta, yüzey pürüzlülüğünde iyileşme daha hızlı olmaktadır.
- Basıncın artması durumunda yüzey pürüzlülüğünde iyileşme olmakla birlikte bazen aşındırıcı taneler, yüzeyde karmaşık ve derin çiziklerin oluşmasına da sebep olmaktadır. Bu nedenle lepleme işleminde basınç kontrolü yüzey kalitesi açısından kritik öneme sahiptir.

Leplemede tane büyüklüğü de yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkilidir. Birim hacimdeki tane sayısı arttıkça leplemede elde edilen pürüzlülük değeri de iyileşecektir. Bu yüzden daha iyi yüzey sonuçları için aşındırıcı sayısı seçimine dikkat edilmelidir.

## 5. RESULTS AND SUGGESTIONS

The exact evaluation of the whole parameters of lapping process is very difficult and time consuming. Therefore, in this work the effects of pressure and time that are the most important parameters on surface roughness were investigated. The results obtained can be summarized as follows:

- There is a linear relationship between the surface quality obtained by lapping and pressure applied, time spend.
- At the lowest pressure and in lapping process in 5 min, surface roughness improve significantly and the surface roughness approaches to the best surface roughness obtained by lapping processes.
- When the lapping time prolongs, there is not considerable improvements in surface roughness. The better value the lapping process starts the better result is obtained. If the lapping process begins with a rough surface, lapping time last longer.
- The improvement of surface roughness will be faster under high pressure.
- Even though better surface roughness can be obtained under high pressure, sometimes high pressure causes complex and deep scratches in the surface. For this reason, pressure control has a critical importance in terms of surface quality in lapping.

Abrasive size is also effective on surface roughness. The more abrasive particles accumulate in a unit volume, the better surface roughness can be obtained in lapping. Therefore, the number of abrasive particles is very important for better surface quality.



#### KAYNAKLAR/ REFERENCES

1. Nobuhide, I., Hitoshi, O., Sei, M., Toshio, K., Toshiro, K., B., P., "Finishing characteristics of brittle materials by ELID-lap grinding using metal-resin bonded wheels", *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 38 (7): 747-762 (1998).
2. Dominic, S., Kyusojin, A., Isobe, H., Kaneko, Y., "Development of a new lapping method for high precision ball screw. (1 Report) -feasibility study of a prototyped lapping tool for automatic lapping process", *Precision Engineering*, 25(1): 63-69 (2001).
3. Krar, S. F., Check, A. F., *Technology Of Machine Tools Fifth Edition*, **Mc Graw Hill**, New York, 180-183 (1997).
4. Bawa, H.S., *Workshop Technology, 2*, **McGraw Hill Publishing Company Limited**, New Delhi, 320-321 (1995).
5. Bağcı, M., Erişkin, Y., Aslaner, M., *Taşlamacılık ve Alet Bileme Teknolojisi*, **Millî Eğitim Basımevi**, İstanbul, 454-470 (1982).
6. Verspui M.A., De W., G., "Three-body abrasion: influence of applied load on bed thickness and particle size distribution in abrasive processes", *Journal European Ceramic Society*, 17 (2-3): 473-477(1997).
7. Perdo, L.G., De M., Jose D. B., "Effect of crystal orientation on lapping and polishing processes of natural quartz", *IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control*, 47 (5): 1217-1227 (2000).
8. Kim, J.D., Choi, M.S., "Study on the optimization of the cylindrical lapping process for engineering fine-ceramics (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) by the statistical design method", *Journal of Materials Processing Technology*, 52(2-4): 368-385 (1995)
9. <http://www.mfginfo.com> (2000).
10. Krar, S. F., Oswald, J. W., Amand, J.E. St., *Technology Of Machine Tools*, **Mc Graw Hill**, New York, 136-138 (1984).
11. Hallaçoğlu, İ., *Aşındırıcılar*, **Kastaş Yayınevi**, İstanbul, 4-28 (1999).
12. Akkurt, M., *Talaş Kaldırma Prensipleri ve Takım Tezgahları*, **Birsen Yayınevi**, İstanbul, (1996).
13. Jeong, K.,D., Choi, M. S., "Stochastic approach to experimental analysis of cylindrical lapping process", *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 35 ((1): 51-59 (1995).
14. Jiang, W., Liu, X. L., "Lapping technique of InP single crystal wafer", *Crystal Research and Technology*, 32 (2): 243-247 (1997).
15. Özdamar, K., *Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi 1*, **Kaan Kitabevi**, Eskişehir, 549-586 (2002).