



# Haddeleme (Galetaj) İle 5083 Al-Mg Malzeme Yüzeyinin İşlenmesi, Haddeleme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğü Ve Yüzey Sertliğine Etkilerinin İncelenmesi

Hüdayim BAŞAK<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>*Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Bölümü*

*Başvuru: 20/11/2014 Düzeltme: 30/12/2014 Kabul: 13/01/2015*

## ÖZET

Haddeleme işlemi, talaşlı imalatta son işleme operasyonu olarak kullanılmaktadır. İşlem uygulandığı iş parçası yüzeylerinde iyileşme, sertliğin artması, malzeme yorulmasına karşı dayanıklılık ve aşınma direnci gibi avantajları da beraberinde getirmektedir. Bu işlemde ana prensip malzeme yüzeyini ezme olduğundan bu ezme mekanizması ve işlem parametreleri malzeme yüzey pürüzlülüğü ve sertliği üzerinde anahtar rol oynar. Bu çalışmada, 5083 Al-Mg malzemesi, 100-200-300-400 N baskı kuvveti, 0,15-0,25-0,35-0,45 mm/dev ilerleme miktarı, 100-200-300 dev/dk devir sayıları ve 11,112-13,494-15,081-16,669 mm bilye çapları olarak farklı parametreler kullanılarak haddeleme işlemine tabi tutulmuştur. İşlem sonunda haddeleme işleminde kullanılan parametrelerin yüzey pürüzlülüğü ve sertliğine etkileri belirlenmeye çalışılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Haddeleme işlemi, Yüzey pürüzlülüğü, Yüzey sertliği

## ABSTRACT

Burnishing process is a post-processing operation used to obtain good surface quality. Burnishing process has some advantages such as increase of surface hardness and decrease of surface roughness on the surface work piece on which it is applied, resistance against material fatigue and abrasion resistance. As the main principle in this process is to crush the surface of material, this crushing mechanism and process parameters plays a key role on the roughness and hardness of material surface. In this study, 5083 Al-Mg material was burnished using different parameters as burnishing force of 100-200-300-400 N, feed rate of 0,15-0,25-0,35-0,45 mm/rev, number of revolution 100-200-300 rev/min and ball diameter of 11,112-13,494-15,081-16,669 mm. At the end of the process the effects of parameters used for the duration of burnishing on surface roughness and surface hardness had been determined.

**Keywords:** Burnishing Process, Surface Roughness, Surface Hardness.

## 1. GİRİŞ

Haddeleme işlemi, iş parçası yüzeylerinin talaş kaldırılmadan ezilmek suretiyle işlenmesi tekniğine verilen isimdir. Bu işlem elde edilen yüzeyin kalitesini (yüzey pürüzlülüğü iyileşmesi) arttırmakta ve malzemeye ait mekanik özelliklerin de (sertleşme, aşınma direnci, yorulma direnci) iyileşmesini sağlamaktadır. Bu noktada, haddeleme işlemi, bu özelliklerin de istenildiği durumlarda taşlama (yüzey ve

silindirik) işlemine göre tercih edilen bir olgu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Makine imalat tekniğinde öteden beri kullanılmakta olan bu işleme yöntemi, elde edilen yüzeyin üstün kalitesi, uygulanan yüzeyde malzemeye ait mekanik özelliklerin iyileşmesi (yüzeyin sertleşmesi) ve seri üretimde verimliliğinin yüksek olması sebebiyle taşlama tekniğine üstünlük sağlamaktadır. İş parçası yüzey pürüzlülüğüne ve yüzey sertliğine etki edebilecek birçok faktör bulunmaktadır. Bu faktörlerden bazıları; iş

\*Corresponding author, e-mail: hbasak@gazi.edu.tr

parçasının fiziksel ve mekanik özellikleri kimyasal bileşimi, kullanılan takımın malzemesi, geometrisi, yüzey kalitesi ve rijitliği, soğutma ve yağlama ekipmanlarının kinematığı, ısı transfer özelliği ve akışkanlığı, ayrıca işleme veya şekil verme işleminin karakteristiği olarak söylenebilir [1-4]

Yüzey pürüzlülüğü değerini iyileştirmek için birçok işleme metodu (frezeleme, taşlama, parlatma, honlama, alıştırma) kullanıldığı gibi haddeleme işlemi de bu işlem için kullanılan bir işleme metodu olarak karşımıza çıkmaktadır. Ucunda ezici ve düzleştirici olarak bilye kullanılan haddeleme işlemi iş parçasının yüzey katmanlarında talaş kaldırmaksızın plastik şekillendirme gerçekleştiren soğuk sonlandırma işlemi olarak tanımlanabilir. Bu sonlandırma işleminin amacı boyutsal bir doğruluk elde etmek değil parça üzerinde uygun bir yüzey pürüzlülük değeri oluşturmak [5-10], iş parçasının aşınma ve korozyon dirençlerini arttırmak [11-13], parçaya ait yorulma ve çekme dayanımlarında iyileştirmeler sağlamak [11, 12, 14] ve parça yüzey katmanlarında iyileştirilmiş mikro sertlik değerlerine ulaşmak [15-17] olarak açıklanabilir.

Literatür çalışmaları incelendiğinde haddeleme işleminin farklı malzemelerde uygulandığı görülmektedir. Alüminyum ve alaşımları (Döküm Al-Cu alaşım, 7075 T6, AA2014, AA 7178, AA 7075, 6061-T6, Al 6061) [1,11,15,17] ile çelik (plastik kalıp çelikleri, çelik, ısıl işlem görmüş ve temperlenmiş çelik, sertleştirilmiş çelik, AISI 5140, St37, X5CrNiMo17-12-2) [6,18] en çok kullanılan uygulama malzemesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunun sebebinin Alüminyum alaşımlarının ve çeliklerin endüstrideki kullanım alanının çok geniş olması olarak söylenebilir. Ayrıca literatürde polimerler [19], pirinç [20] titanyum [21] ve bakır [22] gibi bazı malzemelerin de haddeleme işlemine tabi tutuldukları ve deneysel bazı çalışmaların yapıldığı görülmektedir.

Bu çalışmanın amacı, haddeleme işleminde kullanılan parametrelerin (ilerleme miktarı, baskı kuvveti, bilye yarıçapı ve devir sayısı) deney malzemesinin yüzeyinde meydana getireceği etkileri incelemek olarak belirlenmiştir. Haddeleme işleminde kullanılan gibi parametrelerin iş parçası yüzeyinde oluşturacağı yüzey pürüzlülüğü, yüzey sertliği ve malzeme dayanımına etkileri incelenmiştir.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Haddeleme aparatının tasarımı için öncelikle literatürde yer alan ve dönel parçalar için kullanılan haddeleme aparatlarının çalışma prensipleri göz önünde bulundurulmuştur. Tasarımın başlangıç aşamasında hem dikey işleme merkezli freze tezgahında kullanılabilecek, hem de ucunda ezici takım olarak kullanılabilecek bilye bulunan, aynı zamanda da prizmatik parçaları haddeleyebilecek bir aparatın tasarımı ve imalatı gerçekleştirilmiştir.

Aparatın çalışma prensibi şöyledir: Haddeleme aparatı, CNC freze tezgahına bağlanarak, iş milinden aldığı hareket ile eksantrik olarak dönmeye başlar. Aparatın uç kısmında bulunan bilyenin ucu,

eksantrik dönme hareketi ile malzeme yüzeyine temas ederek ezme işlemini gerçekleştirir. Haddeleme işleminin oluşturacağı ezme sonucu, malzeme yüzeyinde oluşacak izin çapı 20 mm olacak şekilde ayarlanmıştır. Bu izin çapı eksantrik miktarının azaltılıp çoğaltılması ile değiştirilebilir. Haddeleme sırasında baskı kuvvetini ayarlamak ve tezgah iş milinde eksantrik hareketten dolayı meydana gelecek titreşimi minimum seviyeye indirmek için yay sistemi kullanılmıştır. Bu sayede tezgaha Z eksenine yönünde gelebilecek ani kuvvet bindirmeleri (bilyenin sıvama yapması, malzeme birikmesi vb. sebeplerden dolayı Z yönündeki yüklemeler) kullanılan bu yay sayesinde elimine edilmektedir. Haddeleme operasyonu esnasında farklı bilye çaplarının aynı parametrelerde yüzey pürüzlülüğü ve yüzey sertliğine etkileri de araştırılmıştır. Bu bilyelerin aynı aparatta kullanımını temin etmek için farklı bilye tutucu somunlar tasarlanmış ve imatları gerçekleştirilmiştir. Haddeleme aparatına ait resim Şekil 1 de verilmiştir.



Şekil 1. Deneysel haddeleme aparatı

Deneysel haddeleme alüminyum parçaları piyasadan 10 mm kalınlığında temin edilmiştir. Deney numunelerinin tezgah tablasına sürekli aynı şekilde ve rijit olarak bağlanabilmesi için bir bağlama kalıbı tasarlanmıştır. İmalatı gerçekleştirilen bu kalıp sayesinde deney numunelerinin tezgah tablasına çok rahat bir şekilde sökülüp takılabilmesi temin edilmiştir. Böylelikle de, deneylerin seri bir şekilde yapılabilmesi sağlanmıştır. Bu çalışma kapsamında yapılan deneylerde kullanılan parametreler Tablo 1 de verilmiştir.

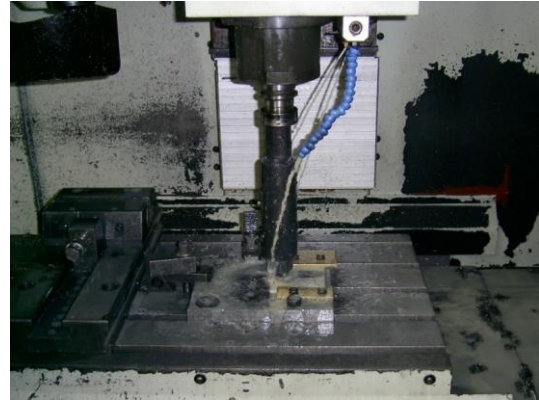
Tablo 1. Haddelemede kullanılan deney parametreleri

Haddelenecek Malzeme	5083 Al-Mg
Kuvvet (N)	100-200-300-400
İlerleme (mm/dev)	0,15-0,25-0,35-0,45
Devir Sayısı (dev/dk)	100-200-300
Bilye Çapı (mm)	11,112-13,494-15,081-16,669
Kullanılan tezgah	Taksan 40T1500 bir dik işleme merkezli CNC freze tezgahı.
Bütün deneylerde soğutma sıvısı kullanılmamıştır.	

Tablo 1 de verilen parametreler birbirleriyle eşleştirildiklerinde 192 adet deney seçeneği karşımıza çıkmaktadır. Bu deneylerin sonucunda yüzeylerde meydana gelen yüzey pürüzlülüğü ve yüzey sertliği değerleri ölçülerek hazırlanan deney kartlarına işlenmiştir. Her deney numunesinden 2 adet yüzey pürüzlülüğü ve 4 adet de yüzey sertliği ölçümü gerçekleştirilmiştir. Bu ölçülen değerlerin ortalaması alınarak o deney numunesinin belirlenen işleme şartlarına bağlı olarak ortalama yüzey pürüzlülüğü ve yüzey sertliği değerlerine ulaşılmıştır. İşlem yapılmamış (haddeleme işlemine tabi tutulmamış) Alüminyum malzemesinin yüzey pürüzlülüğü ve yüzey sertlik

değerlerinin belirlenebilmesi için 10 ar adet pürüzlülük ve sertlik ölçümü yapılarak parçaların ortalama yüzey pürüzlülük ve sertlik değerleri elde edilmiştir. Herhangi bir işlem yapılmamış alüminyum parçalarına ait ortalama yüzey pürüzlülüğü  $5,26 \mu\text{m}$  ve ortalama yüzey sertliği de  $19,6 \text{ HB}$  olarak ölçülmüştür.

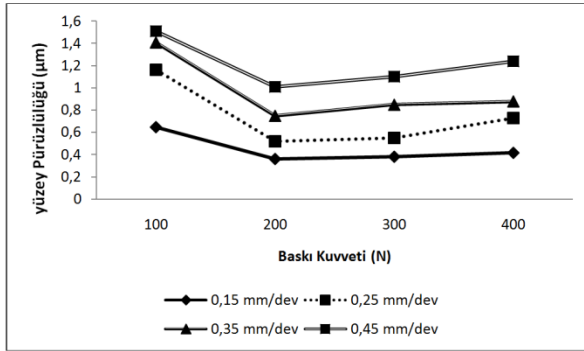
Hazırlanan deney parametrelerine göre Alüminyum levhalar bir bağlama aparatı vasıtasıyla tezgah tablasına bağlanmış ve daha önceden tasarımı ve imalatı yapılmış olan haddeleme aparatı ile belirlenen parametrelerle haddeleme işlemine tabi tutulmuşlardır. Haddeleme işlemlerinin gerçekleştirildiği, dik işleme merkezli CNC tezgahı ve haddeleme aparatının yer aldığı çalışma sistemi, Şekil 2' de verilmiştir.



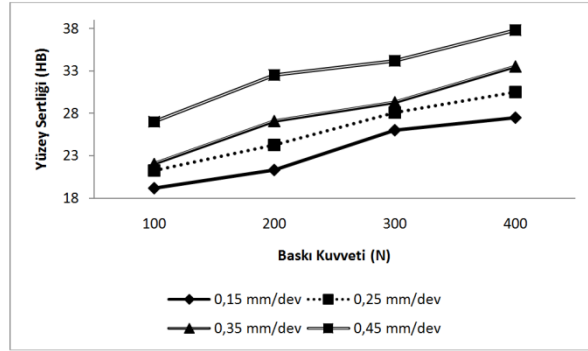
Şekil 2. Aparatın Haddeleme işleminde kullanımı

### 3. DENEY PARAMETRELERİNİN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ VE YÜZEY SERTLİĞİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

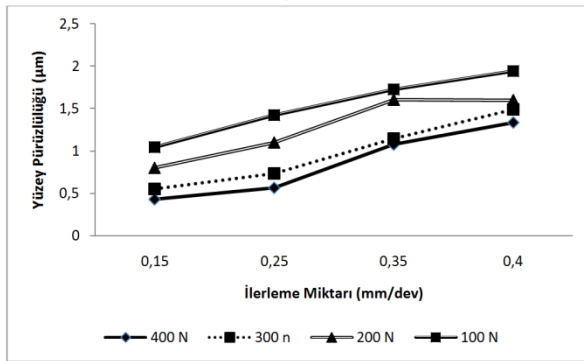
Çalışmanın bu bölümünde deneyde kullanılan parametrelerin yüzey pürüzlülüğü ve yüzey sertliğine etkileri incelenmiştir. Şekil 3 de verilen grafikler yapılan deneysel çalışmalardan örnekleme metodu ile seçilmiş datalar kullanılarak elde edilmiştir. Genel olarak datalar incelendiğinde elde edilen grafiklerle uyumlu oldukları gözlemlenmiştir.



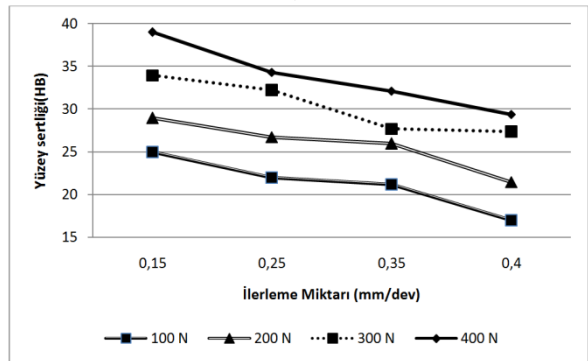
a)



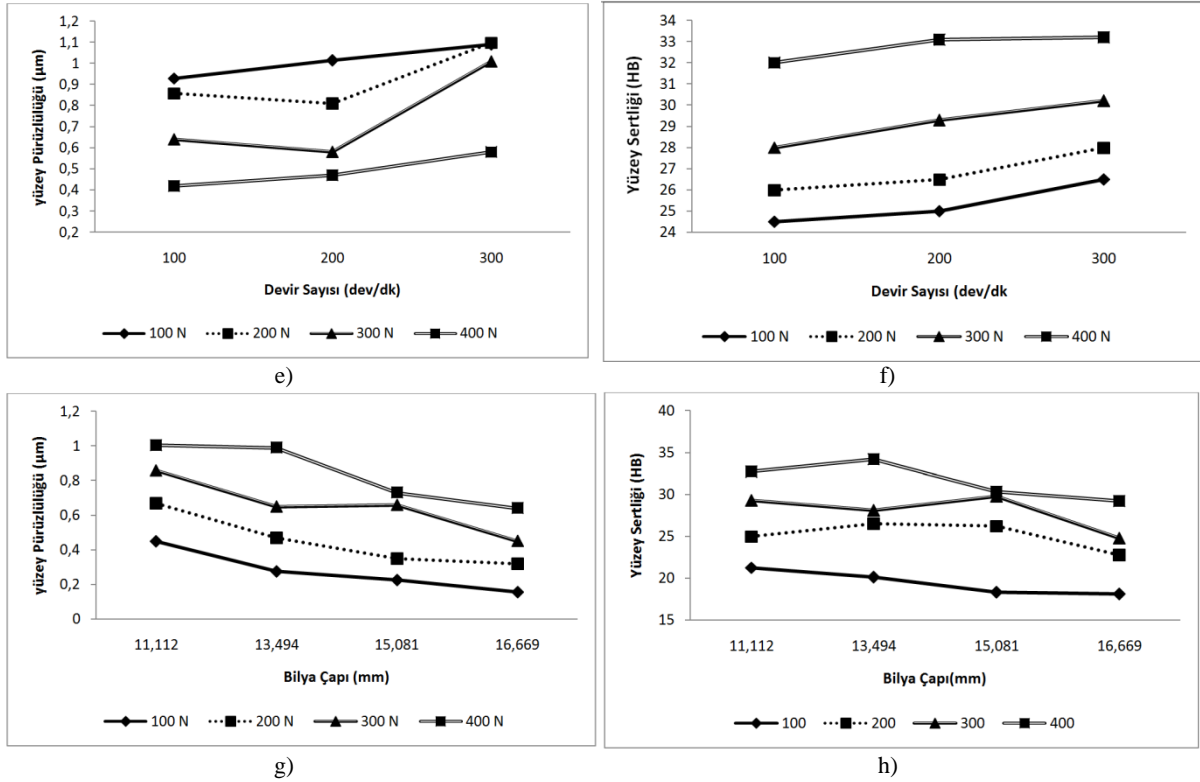
b)



c)



d)



Şekil 3. Deneysel parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü ve yüzey sertliği üzerindeki etkileri

Yapılan deneysel çalışmalarda baskı kuvvetinin artması ile yüzey sertliğinin arttığı genel olarak elde edilen deney sonuçlarına göre söylenebilir (Şekil 3b). Aynı şekilde baskı kuvvetinin artmasının yüzey pürüzlülüğüne olumlu yönde etki ettiği fakat belli bir kuvvetten sonra yüzeyde bozulmalar meydana getirdiği söylenebilir (Şekil 3a). Özellikle 300 N kuvvetten sonra yüzeyde bozulmalar meydana gelmeye başlamıştır. İlerleme miktarının artması ile yüzey sertliğinin azaldığı ve yüzeyde bozulmalar (yüzey pürüzlülüğünü olumsuz etkilediği) meydana getirdiği genel olarak elde edilen deney sonuçlarına göre söylenebilir (Şekil 3 c-d). Örnek verilerde en iyi yüzey pürüzlülüğü ve sertliği değerleri 0,15 mm/dev ilerleme miktarı ve 400 N baskı kuvvetinde elde edilmiştir.

Devir sayısının artması ile yüzey sertliğinin arttığı genel olarak elde edilen deney sonuçlarına göre söylenebilir. Devir sayısının 300 dev/dk. ve baskı kuvvetinin de 400 N olduğu durumda en iyi yüzey sertliği değeri elde edilmiştir. Yüzey pürüzlülüğü için de 100 dev/dk. ve 400 N baskı kuvvetinde elde edilmiştir. 200 dev /dk. yüzey pürüzlülüğü değerlerinde özellikle 200 ve 300 N baskı kuvvetlerinde bir iyileşme olmuş ve sonra da tekrar yüzey pürüzlülüğünde bir artış tespit edilmiştir. Bunun sebebinin bu şartlarda yüzeyde sıvama gerçekleşmesinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Bilye çapının artmasının genel olarak yüzey sertliğinin azalmasına sebep olduğu söylenebilir. En iyi yüzey sertliği 400 N baskı kuvvetinde ve 13,494 ile 11.112 mm çapındaki bilye uçları ile elde edilmiştir. Bunun sebebinin küçük çaplı bilyelerin parçaya daha fazla batarak yüzeye nüfuz etmesi ve bu durumun da yüzey sertliğini olumlu etkilemesi olduğu düşünülmektedir. Yüzey pürüzlülüğü için de bilye

çapının artmasının yüzeyde iyileşmelere sebep olduğu söylenebilir. En iyi yüzey pürüzlülüğü 16,669 mm çapındaki bilye ile elde edilmiştir. Küçük çaplı bilyeler sertlik olumlu yönde etkilerken büyük çaplı bilyeler de pürüzlülüğü olumlu yönde etkilemektedirler.

#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, haddelme işlemi yapılırken kullanılan parametrelerin parça yüzeyinde meydana getirdiği etkiler incelenmiştir. Haddelme işleminde kullanılan ilerleme, baskı kuvveti, devir sayısı ve bilye çapı gibi parametrelerin iş parçası yüzey pürüzlülüğünü, yüzey sertliğini olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir ve elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Yüzey sertliği artan baskı kuvveti ile artmıştır. Aynı şekilde baskı kuvvetinin artışının yüzey pürüzlülüğüne de olumlu etkisi olduğu tespit edilmiştir.
- İlerleme miktarının artışı, yüzey sertliğinin düşmesine, pürüzlülük değerinde ise iyileşmelere sebep olmuştur. Yüzey sertliği için en iyi ilerleme miktarının 0.15 mm/dev ve 400 N baskı kuvveti olduğu tespit edilmiştir.
- Devir sayısı parametresi göz önünde bulundurulduğunda en iyi yüzey pürüzlülüğünün 100 dev/dk ve 400 N kuvvette elde edildiği görülmektedir. Devir sayısının artması yüzeyin bozulmasına sebep olmaktadır. Yapılan deneylerde devir sayısındaki değişmelerin yüzey sertliğinde çok büyük etkiler meydana getirmediği görülmüştür. Devir sayısı arttıkça yüzey sertliğinde de küçüğe olsa artışların olduğu tespit edilmiştir.

- Bilye çapının artması yüzey pürüzlülüğüne olumlu yönde etkilemektedir. Deneylerde 16.669 mm (kullanılan en büyük bilye çapı) çapındaki bilye ile yapılan haddelme işlemi en iyi yüzey pürüzlülüğünü vermiştir. Alüminyum parça için en iyi yüzey sertliği 13.394 mm bilye çapında elde edilmiştir.

#### KAYNAKLAR

1. Basak H., Goktas H.H., "Burnishing process on al-alloy and optimization of surface roughness and surface hardness by fuzzy logic", **Materials and Design**, 30, 1275–1281, 2009.
2. Gusel L., Rudolf R., Kosec B., "Analysis of A Strain Rate Field in Cold Formed Material Using The Visioplasticity Method", **Metallurgija**, 48, 2, 103–107, 2009.
3. Karpe B., Kosec B., Kolenko T., Bizjak M., "Heat Transfer Analyses Of Continuous Casting By Free Jet Melt spinning Device", **Metallurgija**, 50, 1,13–16, 2011.
4. Vukelic D., Miljanic D., Randjelovic S., Budak I., Dzunic D., Eric M., Pantic M., "A burnishing process based on the optimal depth of workpiece penetration, **Materials and technology**, 47, 1, 43–51, 2013.
5. El-Axir M.H., Othman O. M., Abodiena A. M., "Study On The Inner Surface Finishing Of Aluminum Alloy 2014 By Ball Burnishing Process", **Journal of Materials Processing Technology**, 202, 1–3, 435–442, 2008.
6. El-Axir, M. H., "An investigation into roller burnishing", **International Journal of Machine Tools &Manufacture**, 40, 1603-1617, 2000.
7. Hamadache H., Laouar L., Zeghib N. E., Chaoui K., "Characteristics of Rb40 steel superficial layer under ball and roller burnishing" **Journal of Materials Processing Technology**, 180 1–3, 130–136, 2006.
8. El-Axir M. H., Ibrahim A. A., "Some surface characteristics due to center rest ball burnishing", **Journal of Materials Processing Technology**, 167, 1, 47–53, 2005.
9. Fang-Jung S., Chih-Cheng H., "Surface finishing of hardened and tempered stainless tool steel using sequential ball grinding, ball burnishing and ball polishing processes on a machining centre", **Journal of Materials Processing Technology**, 205, 1–3, 249–258, 2008.
10. Liviu L., Sorin N. V., Ioan M., "Effects of Working Parameters on Surface Finish in Ball-Burnishing of Hardened Steels", **Precision Engineering**, 29, 253–256, 2005.
11. Hassan A.M. and Momani A.M.S., "Further Improvements in Some Properties of Shot Peened Components Using the Burnishing Process", **International Journal of Machine Tools &Manufacture**, 40, 1775–1786, 2000.
12. A.M. Hassan and Al-Bsharat A.S., "Improvements in Some Properties of Non-Ferrous Metals by the Application of the Ball-Burnishing Process", **Journal of Materials Processing Technology**, 59, 250–256, 1996.
13. Palka K., Weron'ski A., and Zaleski K., "Mechanical Properties and Corrosion Resistance of Burnished X5CrNi 18-9 Stainless Steel", **Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering**, 16, 57–62, 2006.
14. Gharbi F., Sghaier S., Hamdi H., Benameur T., "Ductility improvement of aluminum 1050A rolled sheet by a newly designed ball burnishing tool device" **Int. J. Adv. Manuf. Technol.**, 60, 1–4, 87–99, 2012.
15. El-Axir M.H., Othman O.M., and Abodiena A.M., "Improvements in Out-of-Roundness and Microhardness of Inner Surfaces by Internal Ball Burnishing Process", **Journal of Materials Processing Technology**, 1–3, 196, 120–128, 2008.
16. El-Axir M.H. and El-Khabeery M.M., "Influence of Orthogonal Burnishing Parameters on Surface Characteristics for Various Materials", **Journal of Materials Processing Technology**, 1–3, 132, 82–89, 2003.
17. El-Khabeery M.M and El-Axir M.H., "Experimental Techniques for Studying the Effects of Roller-Burnishing Parameters on Surface Integrity", **International Journal of Machine Tools &Manufacture**, 41, 1705–1719, 2001.
18. Shiou F. J., Chen C. H., "Free form surface finish of plastic injection mold by using ball-burnishing process", **Journal of Materials Processing Technology**, 140, 248–254, 2003.
19. Lowand K. O., Wong K. J., "Influence of ball burnishing on surface quality and tribological characteristics of polymers under dry sliding conditions", **Tribology International**, 44, 144–153, 2011.
20. Hassan A. M. and Maqableh A. M., "The effects of initial burnishing parameters on

- non-ferrous components”, **Journal of Materials Processing Technology**, 102, 115-121, 2000.
21. Tian Y., Shin Y. C., “Laser-assisted burnishing of metals”, **International Journal of Machine Tools & Manufacture**, 47, 14–22, 2007.
  22. Thamizhmanii S., Saparudin B. and Hasan S., “A study of multi-roller burnishing on non-ferrous metals”, **Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering**, 22, 2, 2007.