

GAZİ

JOURNAL OF ENGINEERING SCIENCES

Comparative Investigation of the Effects of Multiple Burnishing Surface Finishing on the Surface Properties of AISI 8620 Cementation Steel

Ece Ceren Ulaş^{a,*}, Adnan Akkurt^b

Submitted: 25.02.2022 Revised: 26.04.2022 Accepted: 15.06.2022 doi:10.30855/gmbd.0705008

ABSTRACT

Developments in machine manufacturing technology necessitate the quality performance of the finished surfaces to be in parallel. The burnishing method is carried out to surfaces in different geometries, and its effect on the normal machined surface quality has been demonstrated by various scientific studies. However, by subjecting the surface to more than one burnishing process, it is limited to obtain sufficient data on the surface properties of the material. In this study, AISI 8620 cementation steel, which is one of the materials commonly used in machine manufacturing, was preferred especially since a toughness in the core, a hard surface resistant to abrasion on the peripheral surface, and a ductile structure in impact work at required. The material was prepared 20 mm diameter with the turning method under the same machining parameters. On 4 of the 5 leveled surfaces prepared; In the examinations and comparisons made after the burnishing process applied from 1 burnishing number to 4 burnishing numbers, the best results were obtained in terms of surface roughness in 2 burnishing operations and surface hardness in 3 burnishing operations. The worst values were obtained in 1 burnishing operation for surface roughness and 4 burnishing operations for surface hardness.

Çoklu Ezme Yüzey Bitirme İşleminin AISI 8620 Sementasyon Çeliği Yüzey Özelliklerine Etkilerinin Karşılaştırılmalı İncelenmesi

ÖZ

Makine imalat teknolojisindeki gelişmeler bitirilmiş yüzeylerin kalite performanslarını aynı paralelde olmasını zorunlu kılmaktadır. Ezme yöntemi farklı geometrideki yüzeylere uygulanmakta olup normal işlenmiş yüzey kalitesine etkisi çeşitli bilimsel çalışmalarla ortaya konmuştur. Ancak yüzeyin birden fazla sayıda ezme işlemine tabi tutulmasıyla yüzey özellikleri hakkında yeterli veriye malzeme özelinde ulaşabilmek sınırlıdır. Yapılan çalışmada özellikle çekirdekte tokluk çevresel yüzeyde aşınmaya dayanıklı sert yüzey ve darbeli çalışmalarda sünek bir yapı gerektiği için makine imalatında yaygın kullanılan malzemelerden AISI 8620 sementasyon çeliği tercih edilmiştir. Malzeme 20 mm çapında tornalama yöntemi ile aynı işleme parametreleri altında hazırlanmıştır. Hazırlanan 5 kademeli yüzeyin 4'üne; 1 ezme sayısından 4 ezme sayısına olacak şekilde uygulanan ezme işlemi sonrasında yapılan inceleme ve karşılaştırmalarda 2 ezme işleminde yüzey pürüzlülüğü 3 ezme işleminde ise yüzey sertliği bakımından en iyi sonuçlar elde edilmiştir. En kötü değerler ise yüzey pürüzlülüğü için 1 ezme işleminde yüzey sertliği için ise 4 ezme işleminde elde edilmiştir.

Keywords: AISI 8620, burnishing, number of passes, surface properties, microstructure, surface roughness, surface hardness

^{a,*} Gazi University,
Graduate School of Natural and Applied
Sciences,
Dept. of Industrial Design Engineering
06560 - Ankara, Türkiye
Orcid: 0000-0002-1399-1005
e mail: ececerenulas@gmail.com

^b Gazi University,
Technology Faculty,
Dept. of Computer Engineering
06560 - Ankara, Türkiye
Orcid: 0000-0002-0622-1352

*Corresponding author:
ececerenulas@gmail.com

Anahtar Kelimeler:

AISI 8620, ezme, ezme sayısı, yüzey özellikleri, mikro yapı, yüzey pürüzlülüğü, yüzey sertliği

1. Giriş (Introduction)

Ezme işlemi soğuk şekillendirme olarak bilinmektedir. İmalat sanayinde dış yüzey sertliği normal malzeme sertliğine oranla daha yüksek olması istenilen ve yüzey pürüzlülüğü daha hassas olması beklenen parçalarda yüzey bitirme işlemi olarak uygulanmaktadır. Ezme işlemi ile yüzey üzerinden talaş kaldırma işlemi ile oluşan çiziklerin çentik etkisini ortadan kaldırması parça ömrünü de (dayanımını) artırmaktadır. Bunun dışında temaslı ve darbeye maruz kalan yüzeylerde çevresel sertliğin fazla merkeze doğru sertliğin ise düşük olması istenen yüzeyler için de ideal bir yüzey bitirme işlemi olduğu bilimsel çalışmalarla ortaya konmuştur[1-3]. Yine yapılan çalışmalarda işlem sırasında malzemeye bağlı olarak seçilmiş parametrelerin elde edilen yüzey özellikleri üzerinde belirleyici olduğu tespit edilmiştir[4-6].

Literatürdeki yüzey bitirme işlemlerine yönelik çalışmalar değerlendirildiğinde; mikro yapı ve SEM görüntülerinden en homojen tane yapısının ezme işlemi ile elde edildiği ve yüzey deformasyonun en düşük olduğu ayrıca yüzey pürüzlülüğü olarak da en iyi sonucun yine ezme yöntemi ile elde edildiği tespit edilmiştir. Silindirik iç ve dış yüzeyler için uygulanan yöntemler (delme, tornalama, taşlama, raybalama, honlama) genel olarak karşılaştırıldıklarında en iyi yüzey özelliklerinin (yüzey pürüzlülüğü, yüzey sertliği, dayanım ve bunların dışında yüzey daireselliği ve yüzey silindirikliği) her bir parametre için en iyi sonuçların ezme yöntemi ile elde edildiği belirlenmiştir. Ancak doğru işleme parametreleri seçilmediğinde ezme yöntemi ile elde edilen yüzeylerde yüzey pürüzlülük artışlarının yanı sıra aşırı ezme kuvveti etkisi ve gereksiz ezme işlem sayısının artışı ile beraber kullanma şeklinde çatlama, kırılma, kopmaların meydana geldiği belirlenmiştir [7-17]. Silindirik iç yüzeye yönelik olan çalışmalar [7-12], silindirik dış yüzeye yönelik çalışmalar[13-14] ve düzlemsel yüzeye yönelik çalışmalar [15-17] dir.

Literatürde farklı özelliklerdeki malzemelere ezme işlemi uygulandığı ve işlemin yüzeye etkisinin incelendiği birçok çalışma mevcuttur. Alaşım elementleri krom, nikel ve molibden olan AISI 8620 sementasyon çeliğinin üretimde yaygın kullanılması ve kullanım öncesi malzemenin özelliklerini geliştirmeye yönelik çeşitli uygulamaların (borlama, karbürleme, sementasyon vb. ısı işlemler) yapıyor olması malzemenin seçilmesinde etkili olmuştur. Belirtilen ısı işlemlerin söz konusu malzemenin üretilmiş parça yüzey özelliklerine etkisinin ezme işlemi ile sağlanıp sağlanamayacağı sorusunun cevabına yönelik herhangi bir verinin olmaması malzemenin tercihinde etkili olmuştur.

AISI 8620 sementasyon çeliği yüzey özelliklerini geliştirmesine yönelik yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde;

Calik ve arkadaşları karbürlenmiş ve borlanmış AISI 8620 çeliğinin sertlik ve aşınma davranışlarını incelemiştir. İncelemeler sırasında işlenmiş yüzey; difüzyon tabakası, geçiş bölgesi ve bor - karbondan etkilenmeyen matris olarak 3 ayrı bölgeye ayrılmıştır. EDS ve XRD analizleri sonucunda en belirgin fazların sırasıyla Fe₂B, α-SiC ve Fe₃C olduğu anlaşılmıştır. Borlama işlemi ile elde edilen sertliğin karbürlenmiş numunelere kıyasla yüksek olduğu ve aşınma davranışını önemli ölçüde iyileştirdiği görülmüştür. Ayrıca borlanmış yüzeyin karbürlenmiş yüzeye kıyasla daha pürüzsüz olduğu, karbürlenmiş ve borlanmış numunelerin difüzyon tabakalarının sırasıyla 5-6 µm ve 55-65 µm olduğu ve sertlik-aşınma özellikleri arasında doğrusal bir ilişki olduğu anlaşılmıştır [18].

Çelik ve arkadaşları AISI 8620 malzemenin hazırlanan numunelerin yüzeylerini geliştirmek için SiC/C tozlarını parça üzerinde açmış oldukları kanallara doldurarak TIG yüzey tarama yöntemi ile kompozit malzeme türünde elde ettikleri yüzeylerin mikro yapı ve SEM incelemeleri, yüzey ile merkez arasında sertlik dağılımı, yüzey pürüzlülüğü değişimleri ve aşınma dayanımlarını incelemiştir. Yüzey sertliğindeki artış buna bağlı olarak aşınma dayanımında olumlu sonuç elde ediyorken sürtünme katsayısının da azaldığını tespit etmişlerdir[19]. Yapılan çalışmada elde edilen sonuçlar beklenen doğrultuda açığa çıkmıştır.

Kumar ve arkadaşları AISI 8620 sementasyon çeliğine değişken akım ve ısı girdisi parametreleri ile TIG ark (TIGA) yöntemi uygulayarak yüzeydeki kaynak izotermi, termal çevrimi ve soğuma hızını analitik olarak modellenmiş sonrasında deneysel çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Yapılan çalışmalarda mikro yapı, sertlik değişimi ve kalıntı gerilimlerini incelemiştir. Sonuç olarak TIGA yöntemi ile yüzey sertliğinin %80 oranında artış olduğu görülürken aynı yüzeyde basma artık gerilmelerinin oluştuğu ortaya konulmuştur [20].

Alshareef ve arkadaşları AISI 8620 sementasyon çeliği malzemeye uyguladıkları ezme işlemi ile malzeme yüzeyinde meydana gelen değişimleri doğrulamak amacıyla model oluşturmayı hedeflemişlerdir. Yaptıkları çalışmada ısıl işlem ve tornalama işlemi ile elde edilen numunelere bilyeli ezme işlemi (6 mm çaplı bilye uçlu takım kullanılmış) uygulamış ve elde edilen yüzeyler üzerinde incelemeler yapmışlardır. Optik mikroskop ile yapılan incelemelerde tornalama ve tornalama+ezme işlemlerinde mikro yapı kalınlığında yaklaşık 12 – 18 µm değişim gözlemlenirken nano boyutlu tane tabakasında değişim gözlenmemiştir. Yüzey pürüzlülüğü incelendiğinde tornalama işlemi sonrasında ezme işlemi gerçekleştirildiğinde sadece tornalamış yüzeye kıyasla %60 iyileşme gözlenmiştir. Artık gerilme irdelendiğinde ise basınç arttıkça gerilmenin azaldığı, ilerleme hızı arttıkça gerilmenin arttığı belirtilmiştir ve 125 m/dak ezme hızında maksimum artık gerilmenin olduğu ortaya konmuştur. Yapılan analitik çalışmalarda ise oluşturulan lineer regresyon modelinde yaklaşık %81 R2 değeri ile ezme parametreleri arasında güçlü korelasyon saptanmış ve Anova analizi ile basınç ve ilerleme hızının kalıntı gerilimi oluşumunda en etkin parametre olduğu ortaya konmuştur [21].

AISI 8620 sementasyon çeliği malzemenin işlenebilirlik özelliklerine yönelik birçok çalışma yapılmış olup bu çalışmalar sonrasında uygulanan yöntem ve işleme bağlı olarak yüzey pürüzlülük, yüzey sertliği, aşınma davranışı ve yüzeyde oluşan artık gerilmelere yönelik bulgular ortaya konmuştur[22-24].

Ezme parametrelerine bağlı yüzey özelliklerindeki değişimler (yüzey pürüzlülüğü ve sertlik değişimleri) hakkında araştırmacılar tarafından yapılan analizleri kapsayan birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar sonucunda yüksek devir hızları ve düşük ilerlemelerde yüzey pürüzlülük değerinin düştüğü tespit edilmiştir. Düşük devir ve yüksek ilerleme hızlarında sertliğin düştüğü ezme sayısı arttıkça sertliğin de arttığı elde edilen veriler ile ortaya konmuştur [25-26]. Takım geometrisinin ezilerek elde edilecek yüzeye etkilerini araştırmaya yönelik çalışmalar da bulunmaktadır[27-30]. Ayrıca ezme işlemi ile tamamlanacak yüzeyleri içeren parçaların pürüzlülük ve sertlik dışındaki özelliklerinin (örneğin mikro yapı) önemli olduğu, geçiş sayısına bağlı olarak taneciklerdeki incelmeler beraberinde martenzitik dönüşümün olumlu etkilendiğini buna bağlı olarak da yüzey sertlikte önemli gelişmeler olduğunu ve martenzit miktarının sertlik değişiminde etkili olduğunu gösteren çalışmalar da gerçekleştirilmiştir[31-33].

Genel olarak konu ile ilgili bilimsel çalışmalar değerlendirildiğinde ezme sayısının elde edilen yüzey özelliklerine etkilerinin olduğu (bazı çalışmalarda en etkin parametre olduğu) vurgulanmıştır. Ancak unutulmaması gereken her bir malzeme türüne göre seçilecek ezme derinliği ezme sayısına doğrudan etki etmektedir. Ezme derinliği çok küçük boyutlarda tercih edilerek onlarca kez ezme yapılabilir ancak üretim maliyetleri düşünüldüğünde bu durumun tercih edilmesinin söz konusu olamayacağı açıktır. Yapılması gereken ezme takım üreticilerinin her malzeme türü için belirlemiş oldukları ezme parametre ve ezme derinliklerini kullanarak o martenzitik malzeme özelinde kaçınıcı tekrar ezme işleminin yüzey özellikleri üzerinde en iyi sonucu verdiğinin belirlenmesidir. Sonrasında ise ezme işlemi devam ettiğinde yüzey özelliklerindeki bozulmanın başladığı sayı belirlenerek ideal ezme sayısı tespit edilmelidir. Bu durum değerlendirildiğinde literatürdeki bazı çalışmaların önerilen ezme derinliğinden çok daha küçük değerlerde seçilerek ideal yüzey için ezme sayısının fazla gösterilmesi saha uygulamalarında geçerli olmayacaktır.

Malzeme türüne göre seçilmiş olan ezme parametreleri yüzey özelliklerine doğrudan etki eder. Bu da ezme parametrelerinin doğru seçilmesinin önemini ortaya koymaktadır. Ezme işleminin genel anlamda tüm malzeme yüzeylerinde olumlu etkisi olduğu bilinmektedir. Ancak ezme işlem sayısının yüzeyi belli bir tekrardan sonra bozduğu ve her bir malzeme için kaç kez ezme işlemi yapılacağı kritik öneme sahiptir. Yapılan çalışma bu durumu hedefleyerek gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgular ve değerlendirmeler detaylıca ele alınmıştır.

2. Deneysel Çalışmalar (Experimental Studies)

2.1. Malzeme ve numune hazırlama (Material and sample preparation)

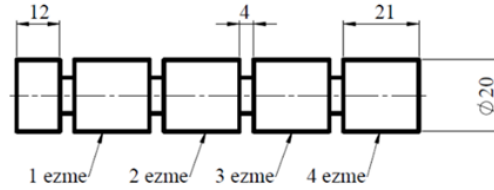
Çevreden merkeze doğru tokluk özelliğinin arttığı çevresel yüzeylerinde ise düşük karbon içermesinden dolayı sementasyon ve nitrasyon gibi ısıl işlemlerle sert ve aşınmaya dayanıklı, darbeye maruz kalan ortamlarda sünek yapısı ile darbe etkisini sönmüleyen bir çelik türü olması nedeniyle yapılan çalışma için AISI 8620 (20NiCrMo2) tercih edilmiştir. Sementasyon ve nitrasyon genellikle

parçanın çevresel yüzey özelliklerini (sertlik, aşınma direnci vb.) geliştirmek için uygulanan ısıl işlemlerdir. Ezme yönteminin de parça çevresel yüzey özelliklerinden sertliklerini artırmak için uygulandığı bilinmektedir. Malzeme tercihinde ezme yönteminin ısıl işlemlere alternatif olup olmayacağını belirlemek için yapılan çalışma gerçekleştirilmiştir. Isıl işlemleri ile malzemeye yüksek sıcaklıkta ısı girdisi ve soğumalar sonrası yüzey üzerinde istenmeyen çatlakların oluşumu söz konusu olmakta iken ezme işlemi ile işleme yöntemlerinden kaynaklı oluşabilen çatlaklar/çizikler onarılmaktadır. Bu özelliği ile ezme yöntemi tercih ediliyorken sementasyon ve nitrasyon gibi çok önemli ısıl işlemleri uygulamadan da istenilen sertlik değerine ulaşıp ulaşılamayacağı malzeme tercihinde etkili olmuştur. Tablo 1'de AISI 8620 çeliğinin kimyasal bileşimi verilmiştir.

Tablo 1. AISI 8620 kimyasal bileşimi (% ağırlık oranı) (Chemical composition of AISI 8620 (% rate)) [34]

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni
Min.	0.17	-	0.65	-	-	0.35	0.15	0.4
Maks.	1.23	0.04	0.95	0.035	0.004	0.7	0.25	0.7

AISI 8620 sementasyon çeliği malzeme Taksan TTC-630 modeli CNC torna tezgâhında 448 m/dak kesme hızı, 0.35 mm/devir ilerleme hızı ve 1.25 mm talaş derinliği ile Şekil 1'de görülen numuneler halinde hazırlanmıştır (aynı numuneden 4 adet olacak şekilde). Hazırlanan her bir numune tüm yüzeyler (4 kademe) önce belirlenmiş olan ezme parametreleri ile ezilmiştir. Daha sonra aynaya yakın olan ezilmiş kademe bırakılarak diğer üçü 2 kez ezilmiş, daha sonra aynaya yakın 2 tanesi bırakılmış baştaki ikisi 3 kez ezilmiş devamında ise puntaya yakın olan kademe dördüncü kez ezilmiştir. Bu şekilde ezilmiş numuneler elde edilmiştir. Söz konusu işlem 4 farklı numune için tekrar edilmiştir. Ezme işleminde Şekil 2'de görülen Yamato SKUV20 ezme takımı kullanılmıştır. Ezme işlemi sırasında seçilmiş olan parametreler Tablo 2'de verilmiştir. Tabloda yer alan değerler ve tezgâh işleme parametreleri sabit tutulmuş ezme sayısının elde edilen yüzeye etkisinin belirlenebilmesi için sadece ezme sayısı değişken olarak belirlenmiştir. Şekil 3'te ise ezme işlemi deney düzeneğinin şematik gösterimi verilmiştir.



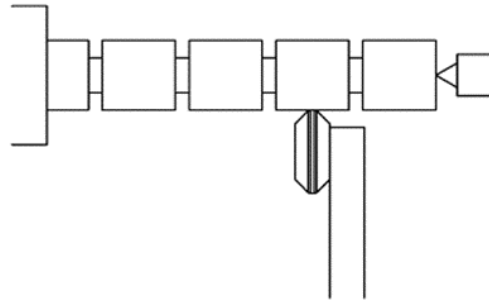
Şekil 1. Ezme işlemi ile hazırlanan numune (Sample prepared with burnishing)



Şekil 2. Ezme takımı (Burnishing tool) [35]

Tablo 2. Ezme parametreleri (Burnishing parameters)

Ezme devir sayısı	500 m/dak
Ezme ilerleme hızı	0.09 mm/devir
Ezme derinliği	0.1 mm
Ezme çapı	20 mm
Ezme durumu	Islak işleme şartlarında
Ezme sayısı	1 - 2 - 3 - 4



Şekil 3. Deney düzeneği (Experimental setup)

2.2. Metalografik çalışmalar (Metallographic studies)

Ezme işlemi ile tamamlanmış olan malzeme metalografik incelemeler için ATM Brillant 250 disk kesme cihazı kullanılarak numuneler $\text{Ø}20 \times 21$ mm boyutlarında (ezme sayısına göre) kesilmiştir. Her bir ezme sayısına göre ayrılmış numuneler hedeflenen özelliklerin tespit edilebilmesi için tekrar ortadan kesilerek 8 farklı numune (her ezme sayısından ikişer adet) olarak elde edilmiştir (Şekil 4). Her ezme sayısından birer numune ATM Opal 460 cihazı kullanılarak bakalite alınmış daha sonra hazırlanmış olan bu numunelere ATM Sapphire 550 cihazı ile farklı kalınlıklardaki yüzey iyileştirme elemanları kullanılarak temizleme, parlatma işlemleri sonrasında malzeme için belirlenmiş olan dağlayıcı kullanılarak dağlama işlemi gerçekleştirilmiş olup metalografik tespitlerin yapılması için numuneler hazırlanmıştır.



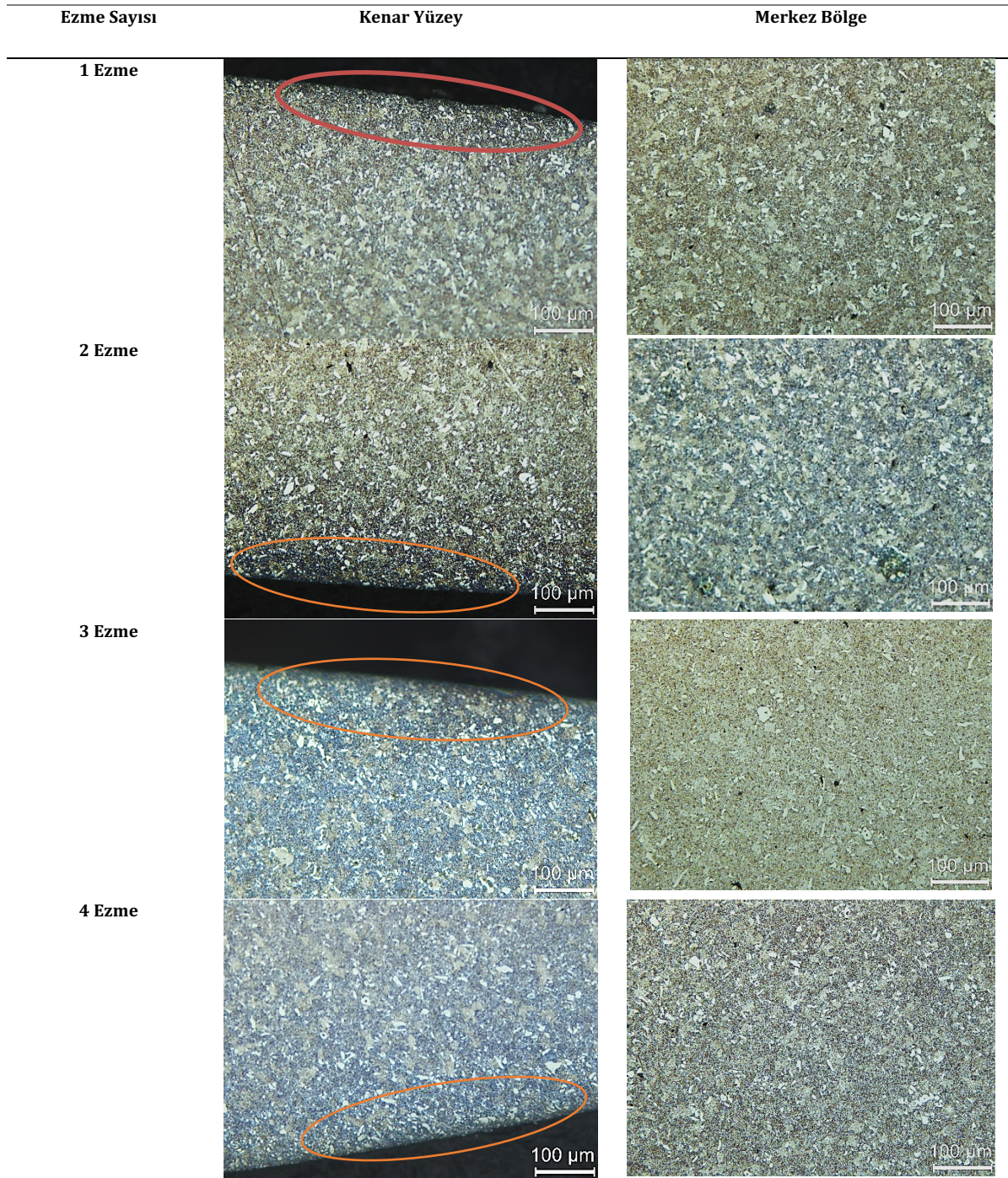
Şekil 4. Numune hazırlama işlem basamağı (Sample preparation process step)

3. Deneysel Sonuçlar ve Tartışma (Experimental Results and Discussion)

3.1. Ezme işleminin mikroyapıdaki etkisinin incelenmesi (Investigation of the effect of burnishing on the microstructure)

Farklı sayıda ezilerek elde edilen numune yüzeylerinin mikro yapıları optik mikroskop marifetiyle (Leica DMI 5000 M) incelendiğinde ezme sayısının mikro yapı üzerinde etkisi net bir şekilde tespit edilmiştir. Ezilen yüzey bölgesi ile ezme işleminin etkilemediği merkez bölgesinin karşılaştırmalı mikro yapı görüntüleri Şekil 5'te verilmiştir. Elde edilen görüntülerden numune yüzey morfolojisi incelendiğinde ezme sayısındaki artış ile beraber kenar bölgede karbür tanelerinin yoğunlaştığı tespit edilmiştir (işaretlemeler ile belirtilmiştir).

Ezme sayısına bağlı olarak yüzey geometrisindeki değişimler değerlendirildiğinde 1 kez ezilen numune kenar yüzeyinde belirgin yüzey geometri bozuklukları olduğu tespit edilmiştir. 2 kez ezilerek elde edilen numune kenar yüzeyi değerlendirildiğinde 1 ezme numunesi yüzeyinde bulunan bozukluklarının büyük oranda giderildiği tespit edilmiş ve ölçüm aletleri ile belirlenmiştir (Çizelge 1). 2 ezme operasyonu ile elde edilen yüzey incelendiğinde karbür tanelerinin kenara doğru yoğunluğunun arttığı bununda tek ezmeye göre daha sert bir yüzeye sebep olduğu açıktır ve bu durum ölçümler ile de saptanmıştır (Çizelge 2). 3 ezme işlemi değerlendirildiğinde ise kenar yüzeyin ikinci yüzeye oranla biraz daha kötü ancak karbür yoğunluğunun çok daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu durum 2 ezme ile 3 ezme işlemi uygulanan numunelerin yapılan ölçümlerinde net bir şekilde ortaya çıkmaktadır (Çizelge 1 ve Çizelge 2). 4 ezme işlemi ile elde edilen yüzey değerlendirildiğinde ise 3 ezmeye oranla yüzey pürüzlülüğünde ve sertlikte görüntü ve ölçüm sonuçlarında da görüleceği gibi bir bozulma söz konusudur (Çizelge 1 ve Çizelge 2).

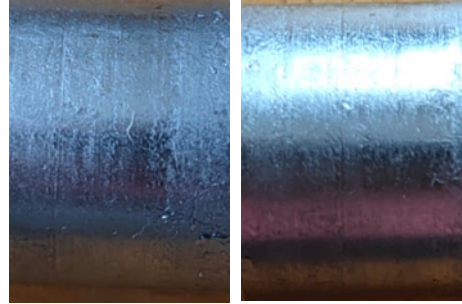


Şekil 5. Ezme sayısına bağlı olarak numune mikro yapı değişimlerinin karşılaştırılması (Comparison of sample microstructure changes depending on the burnishing number)

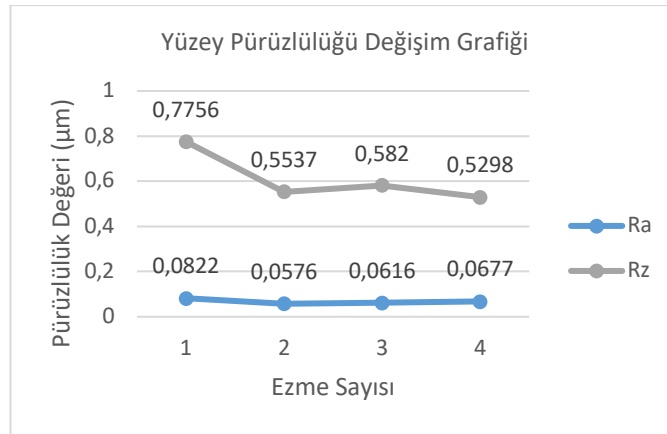
3.2. Ezme işlemi sonrası yüzey pürüzlülüğünün incelenmesi (Investigation of surface roughness after burnishing)

Tornalanarak elde edilen yüzeylere farklı sayıda uygulanan ezme işlemi sonrasında lazer pürüzlülük cihazı ile (Hommel Tester T8000) yapılan temassız pürüzlülük ölçümleri ile elde edilen ortalama ve maksimum pürüzlülük değerleri Şekil 7'de verilmiştir. Şekil 7'den de görüleceği gibi malzeme yüzeyi pürüzlülük yönüyle değerlendirildiğinde 2 ezmenin AISI 8620 sementasyon çeliği için ideal ezme sayısı olduğu ancak 1 ezme ile oluşturulan yüzeylerin diğer sayıdaki ezmelere oranla daha kötü olduğu belirlenmiştir. Makine imalat sanayindeki uygulama şekli değerlendirildiğinde parçaların tek ezme ile bitirilmelerinin uygun olmadığı oysa aynı yüzey bir kez daha ezildiğinde pürüzlülük yönüyle mükemmel yüzeye ulaşılacağı şeklinde yorumlanabilir. Elde edilen veriler değerlendirildiğinde 2 ezmeden sonraki ezme işlemlerinin yüzey pürüzlülüğüne olumsuz etki edeceği göz önünde bulundurulmalıdır. Yüzeyin sertlik özelliğini artırmak için ezme sayısı artırılabilir. Ancak yapılacak

yeni ezme işlemlerinin parça yüzey pürüzlülüğünü olumsuz etkileyeceği göz ardı edilmemelidir. Yapılan çalışmada ezme sayısı 4 ve sonrası malzemenin pürüzlülük değerlerini olumsuz etkilediği gibi yüzeyde aşırı pekleşmeye (tabakalaşma oluşumuna) sebep olarak çatlama, kırılma, kabuklanma gibi istenmeyen durumların oluştuğu tespit edilmiştir (4 ezmeden sonra seçili numunelere 5 ve 6 ezme uygulanmış ancak pürüzlülük ölçümü ve yüzey özelliği belirleme işlemleri gerçekleştirilememiştir) (Şekil 6).



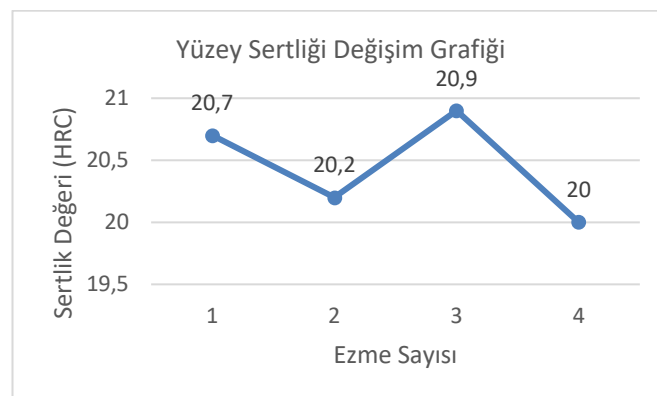
Şekil 6. 5 ve 6 ezme sayısı ile işlenmiş yüzey görüntüsü (5 and 6 with burnishing machined surface view)



Şekil 7. Yüzey pürüzlülüğü incelemesi (Surface roughness investigation)

3.3. Ezme işlemi sonrası yüzey sertliğinin incelenmesi (Investigation of surface hardness after burnishing)

Numunelere uygulanan ezme işlemlerinin sonrasında elde edilen yüzeylerde yapılan mikro sertlik ölçümleri her bir ezme sayısına göre Şekil 8'de verilmiştir. Verilen çizelge incelendiğinde her bir ezme sayısı ile elde edilen sertlik değerinin karşılaştırılması sonucunda maksimum sertliği 3 ezme işlemi ile minimum sertlik değerinin ise 4 ezme işlemi ile oluştuğu tespit edilmiştir.



Şekil 8. Yüzey sertliği incelemesi (Surface hardness investigation)

4. Sonuçlar (Conclusions)

Makine imalat sanayinde yaygın kullanıma sahip AISI 8620 sementasyon çeliği üzerinde gerçekleştirilen ezme işlemleri ile bu malzeme kullanılarak üretilen iş parçalarının hangi ezme sayısının parça yüzey özelliklerine nasıl bir etkisinin olduğu araştırılarak elde edilen sonuçların yayınlanması ile rutin uygulamaların (sadece tormalama ya da tormalanmış yüzeyin tek ezme ile bitirilmesinin tam olarak uygun olmadığı) yetersiz olduğu konusunda farkındalık oluşturmak hedefiyle yapılan çalışmada elde edilen sonuçlar;

- AISI 8620 sementasyon çeliği için yüzey pürüzlülüğü en iyi olsun hedefi ile üretilen parçalara 2 ezme uygulanması gerektiği tespit edilmiştir.
- 1 ezme sayısının yapılan ezme işlemleri içerisinde en olumsuz olduğu ve 2 ezmenin sonrasında yapılan 3 ve 4 ezmelerin yüzey pürüzlülüğünü giderek bozduğu tespit edilmiştir.
- Üretilen parçanın en yüksek yüzey sertliğine ulaşması hedefleniyor ise 3 ezme işleminin yapılması gerektiği ancak 4. ezme işlemi yapıldığında ise sertlik değerinde büyük düşüşlerin olacağı göz önünde bulundurulmalıdır.
- Yüzey sertliğinde daha iyi sonuç elde edilmesi için yapılan 3 ezme işleminin yüzey pürüzlülüğünün bozulmasına sebebiyet vereceği bilinmeli ve o parça için hangi özelliğin daha önemli olduğu değerlendirilerek ezme sayısına karar verilmelidir. Özetle daha sert bir yüzey elde ediliyorken yüzey pürüzlülüğünün bozulmasının göze alınıp alınmayacağı değerlendirilmelidir.

Teşekkür (Acknowledgment)

Çalışma FYL-2022-7555 proje numarası ile Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (BAP) tarafından desteklenmiştir. Destekleri için Gazi Üniversitesine teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması Beyanı (Conflict of Interest Statement)

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması bildirilmemiştir.

Kaynaklar (References)

- [1] D. Mahajan and R. Tajane, "A review on ball burnishing process," *International Journal of Scientific and Research Publications*, vol. 3, no. 4, pp. 1-8, 2013.
- [2] S. Dzionk, B. Sciborski and W. Przybylski, *In Advances in Manufacturing II: Problems of Flaking in Strengthening Shaft Burnishing*. Poland: Springer, 2019, pp. 108-121.
- [3] S. C. Cagan, C. I. Pruncu and B. B. Buldum, "An investigation into ball burnishing process of magnesium alloy on CNC lathe using different environments." *Journal of Magnesium and Alloys*, vol.8, no.4, pp. 1061-1070, 2020. doi: 10.1016/j.jma.2020.06.008
- [4] T. Dyl, "The influence of burnishing parameters on the hardness and roughness on the surface layer stainless steel," *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, vol. 82, no. 2, pp. 63-69, 2017.
- [5] H. Yılmaz and S. Recep, "Effect of ball burnishing treatment on the fatigue behavior of 316L stainless steel operating under anodic and cathodic polarization potentials," *Metallurgical and Materials Transactions A*, vol. 49, no. 11, pp. 5393-5401, 2018. doi:10.1007/s11661-018-4889-4
- [6] I. O. Tugay, A. Hosseinzadeh and G. G. Yapıcı, "Hardness and wear resistance of roller burnished 316L stainless steel," *Materials Today: Proceedings*, vol. 47, no. 10, pp. 2405-2409, 2021. doi:10.1016/j.matpr.2021.04.363
- [7] A. Akkurt and İ. Ovalı, "Ezme ve Geleneksel Bitirme İşlemlerinin Al 6061 Alüminyum Alaşımı Parçaların Yüzey Pürüzlülüğü ve Daireselliği Üzerine Etkisi," *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, vol. 15, no. 3, pp. 371-382, 2009
- [8] İ. Ovalı, İ., & A. Akkurt, "Comparison of burnishing process with other methods of hole surface finishing processes applied on brass materials," *Materials and Manufacturing Processes*, vol. 26, no. 8, pp. 1064-1072, 2011. doi: 10.1080/10426914.2010.536931
- [9] A. Akkurt, "Comparison of roller burnishing method with other hole surface finishing processes applied on AISI 304 austenitic stainless steel," *Journal of Materials Engineering and Performance*, vol. 20, no. 6, pp. 960-968, 2011. doi: 10.1007/s11665-010-9718-x

- [10] A. Akkurt and İ. Ovalı, "Improving the surface topography of mild steel with the burnishing process," *International Journal of Materials Research*, vol. 105, no. 10, pp. 1004-1016, 2014. doi: 10.3139/146.111112
- [11] A. Akkurt, A. Kurt, A. Özdemir and U. Şeker, "Comparison of hole surface finishing processes with roller burnishing method applied in copper materials," *Gazi University Journal of Science*, vol. 27, no. 1, pp. 721-734, 2014
- [12] H. Ökmen & E. R. Ümit, "Ti6Al4V alaşımında esnek honlama ve silindirik parlatma işlemlerinin delik yüzey özelliklerine etkilerinin incelenmesi," *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, vol. 28, no. 2, pp. 128-135, 2020. doi: 10.31796/ogummf.697885
- [13] P. Kaldunski, R. Patyk, L. Kukielka, L. Bohdal, J. Chodor & A. Kulakowska, "Numerical analysis and experimental researches of the influence of technological parameters burnishing rolling process on fatigue wear of shafts," *AIP Conference Proceedings*, vol. 2078, no. 1, 2019. doi: 10.1063/1.5092085
- [14] M. Arsalani, M. R. Razfar, A. Abdullah and M. Khajezadeh, "Fatigue behavior improvement of hardened parts using sequential hard turning, grinding, and ball burnishing operations," *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*, vol. 235, no. 1, pp. 87-99, 2021. doi:10.1177/1464420720951889
- [15] A. Skoczylas and Z. Kazimierz, "Studies on the selected properties of C45 steel elements surface layer after laser cutting, finishing milling and burnishing," *Advances in Science and Technology*, vol. 10, no. 32, 2016. doi:10.12913/22998624/65127
- [16] F. Sönmez, H. Başak, A. Güral and Ş. Baday, "Investigating the efficiency of secondary aging and burnishing process in friction stir welded Al-7075-T6 material," *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, vol. 19, no. 10, pp. 1515-1520, 2018. doi:0000-0003-1718-892X
- [17] A. Skoczylas and Z. Kazimierz, "Selected properties of the surface layer of C45 steel parts subjected to laser cutting and ball burnishing," *Materials*, vol. 13, no. 15, pp. 3429-3448, 2020. doi:10.3390/ma13153429
- [18] A. Calik, A. Duzgun, A. E. Ekinici, S. Karakas and N. Ucar, "Comparison of hardness and wear behaviour of boronized and carburized AISI 8620 steels," *Acta Physica Polonica A*, vol. 116, no. 6, pp. 1029-1032, 2009
- [19] O. N. Çelik, M. Ulutan, H. Gaşan, Ü. Er and S. Buytoz, "Effects of graphite content on the microstructure and wear properties of an AISI 8620 steel surface modified by tungsten inert gas (TIG)," *Surface and Coatings Technology*, vol. 206, no. 6, pp. 1423-1429, 2011. doi:10.1016/j.surfcoat.2011.09.009
- [20] R. Kumar, P. K. Ghosh & S. Kumar, "Thermal and metallurgical characteristics of surface modification of AISI 8620 steel produced by TIG arcing process," *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 240, pp. 420-431, 2017. doi:10.1016/j.jmatprotec.2016.10.020
- [21] A. J. Alshareef, I. D. Marinescu, I. M. Basudan, B. M. Alqahtani and M. Y. Tharwan, "Ball-burnishing factors affecting residual stress of AISI 8620 steel," *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 107, no. 3, pp. 1387-1397, 2020. doi:10.1007/s00170-020-05119-x
- [22] S. Roy, J. Zhao, P. Shrotriya & S. Sundararajan, "Effect of laser treatment parameters on surface modification and tribological behavior of AISI 8620 steel," *Tribology International*, vol. 112, pp. 94-102, 2017. doi:10.1016/j.triboint.2017.03.036
- [23] S. Kumar, "Gra of SAE 8620 for optimizing surface roughness and material removal rate," *International Journal of Engineering Sciences & Research Technology*, vol. 7, no. 4, pp. 2277-9655, 2018. doi:10.5281/zenodo.1228661
- [24] M. A. Erden & F. Aydın, "Wear and mechanical properties of carburized AISI 8620 steel produced by powder metallurgy," *International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials*, vol. 28, no. 3, pp. 430-439, 2021. doi:10.1007/s12613-020-2046-8
- [25] C. S. Jawalkar & R. S. Walia, "Study of roller burnishing process on En-8 specimens using design of experiments," *Journal of mechanical engineering research*, vol. 1, no. 1, pp. 38-45, 2009.
- [26] G. Basar & F. Kahraman, "Prediction of surface hardness in a burnishing process using taguchi method, fuzzy logic model and regression analysis," *Sigma Muhendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, vol.36, no. 4, pp. 1283-1295, 2018.
- [27] A. M. Hassan, "The effects of ball and roller burnishing on the surface roughness and hardness of some non-ferrous metals," *Journal of materials processing technology*, vol. 72, no. 3, pp. 385-391, 1997. doi:10.1016/S0924-0136(97)00199-4
- [28] H. et al., Hamadache, "Characteristics of Rb40 steel superficial layer under ball and roller burnishing," *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 180, no. 1-3, pp. 130-136, 2006. doi:10.1016/j.jmatprotec.2006.05.013
- [29] H. Başak and F. Sönmez, "Haddleme işleminde haddleme aparat tipinin (bilyeli, makaralı, çift makaralı) yüzey pürüzlülüğü ve yüzey sertliğine etkilerinin incelenmesi," *Politeknik Dergisi*, vol. 18, no. 3, pp. 125-132, 2015. doi:10.2339/2015.18.3, 125-132
- [30] D. Shivalingappa, "The influence of ball and roller burnishing process parameters on surface integrity of Al 2024 alloy," *Materials Today: Proceedings*, vol. 27, pp. 1337-1340, 2020. doi:10.1016/j.matpr.2020.02.614
- [31] C. H. Fu, M. P. Sealy, Y. B. Guo and X. T. Wei, "Austenite-martensite phase transformation of biomedical Nitinol by ball burnishing," *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 214, no. 12, pp. 3122-3130, 2014. doi:10.1016/j.jmatprotec.2014.07.019

[32] A. J. Tadi, S. R. Hosseini, & M. N. Semiromi, "Formation of Surface Nano/Ultrafine Structure using Deep Rolling Process on the AISI 316L Stainless Steel," *Material Science & Engineering International Journal*, vol. 1, no. 3, pp. 88-93, 2017. doi:10.15406/MSEIJ.2017.01.00015

[33] R. Jerez-Mesa, G. Fargas, J. J. Roa, J. Llumà and J. A. Travieso-Rodriguez, "Superficial effects of ball burnishing on trip steel AISI 301LN sheets," *Metals*, vol.11, no. 1, pp. 82-94, 2021. doi: 10.3390/met11010082

[34] Önerler, "8620 Çelik (AISI 8620, 20NiCrMo2, 1.6523) Özellikleri", 2022. [Çevrimiçi]. Available:<https://www.onerler.com.tr/tr/8620-celik/> . [Erişim tarihi: 15.02.2022]

[35] Yamato, "SKUV20 – Yamato Single Roll Modular Tool", 2022. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.yamatoroll.eu/skuv20-yamato-single-roll-modular-tool/>. [Erişim tarihi: 20.02.2022]

This is an open access article under the CC-BY license

