

Ezme ve Geleneksel Bitirme İşlemlerinin Al 6061 Alüminyum Alaşımı Parçaların Yüzey Pürüzlülüğü ve Daireselliği Üzerine Etkisi

The Effects of Burnishing and Conventional Finishing Processes on Surface Roughness and Roundness of the Al 6061 Aluminum Parts

Adnan AKKURT ^{a,*} ve İsmail OVALI^b

^aGazi Üniversitesi, Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi, Endüstriyel Teknoloji Eğt. Bölümü, 06830, Ankara

^bHacettepe Üniversitesi, Hacettepe Meslek Yüksekokulu, Makine Resim Konst. Programı, 06532, Ankara

Geliş Tarihi/Received : 29.04.2009, Kabul Tarihi/Accepted : 25.06.2009

ÖZET

Ezme işlemi, sertlikte artış ve optimum yüzey pürüzlülüğü gibi ek avantajlar sağladığı için yüzey bitirme işlemi olarak her geçen gün artarak kullanılmakta ve makine parçalarının performanslarında artan talepleri karşılamada popüler hale gelmektedir. Metal ve alaşımlarının delik işleme yöntemleri olan; matkapla delme, tornada delik işleme, raybalama, delik taşlama, honlama ve ezme yöntemleri ile işlenmeleri sonucunda istenen özelliklerde dairesel yüzeyler elde etmek oldukça güçtür. Bu çalışmada, ezme ve diğer yöntemler ile elde edilen yüzey karakteristiklerinin değerlendirilmesi yapılmıştır. Delik iç yüzeylerinin dairesellikleri Al 6061 alüminyum alaşımı malzemedeki hazırlanmış olan numuneler üzerinde incelenmiş ve yöntemler karşılaştırılmıştır. Deneysel sonuçlar; delik daireselliğinin önemsendiği işlemlerde ezme yönteminin tercih edilmesi gerektiğini göstermektedir. Ayrıca elde edilen yüzey sertlikleri karşılaştırıldığında Al 6061 alüminyum alaşımı malzeme için ezme yönteminin üstünlüğü ortaya çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler : Al 6061 alaşımı, Mikroyapı, Yüzey Pürüzlülüğü, Delik delme operasyonları.

ABSTRACT

Burnishing is used increasingly as a finishing operation which gives additional advantages such as increased hardness and optimum surface roughness and becoming more popular in satisfying the increasing demands of machine component performance. It is very difficult getting rounded surfaces which are desired where hole machining process (turning, honing, reaming and burnishing). In this study, surface characterizations of getting surface with burnishing and other machining process was evaluated. Especially, inner surface of hole was examined and machining process compared. In the present work, Al 6061 aluminum alloy is selected as work piece material. The experimental results showed that burnishing process must be used where roundness is important. In addition, advantage of burnishing process for Al 6061 aluminum alloy material come out when comparing hardness of hole surface.

Keywords : Al 6061 aluminum alloy, Microstructure, Surface Roughness, Drilling operation.

1. GİRİŞ

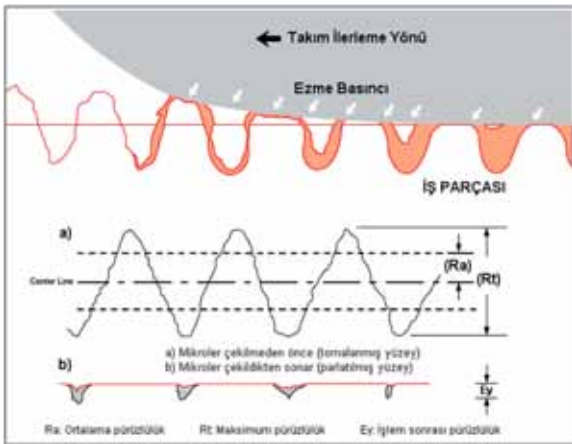
Yüzey bitirme işlemleri (son işlem) makine üretiminde her geçen gün daha önemli hale gelmektedir. İyi bir bitirme yüzey kalitesi makine parçalarının aşınma dirençlerini, yük taşıma kapasitelerini, takım ömrünü ve yorulma öze-

likleri üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir. Diğer bir taraftan kaba bir bitirme yüzeyi ise aşınmayı artırır, yorulma dayanımının azalmasına ve verilen tolerans değerlerinde parça üretimini zorlaştırır (Hassan ve Bsharat, 1996a; Hassan ve Abdel-Wahhab, 1996).

* Yazışılan yazar/Corresponding author. E-posta adresi/E-mail address : adnanakkurt_2010@hotmail.com (A. Akkurt)

Delme, tornalama, raybalama, taşlama, honlama vb. yüzey bitirme yöntemleri makine imalat sanayinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemlerde istenilen yüzey kalitesinin elde edilmesi talaş kaldırmaya bağlı olduğu için işleme (talaş) izleri ileride yüzey aşınmalarına ve geometrik tolerans problemlerine sebep olabilmektedir. Gelişmekte olan teknoloji ile makine imalat sanayi bitirme yüzey özelliklerinin önemli olduğu parçaların üretiminde ezerek yüzey elde etme işlemini tercih etmektedirler. Ezme işlemi, talaşsız ve diğer yöntemlere göre daha basit bir işlem olmasından dolayı oldukça iyi bir yüzey kalitesi sunmaktadır (Rajasekariah ve Vaidyanathan 1975; Murthy ve Kotiveerachari 1981; Hassan ve Abdel-Wahhab, 1996; Hassan ve Bsharat, 1996b).

Bu yöntemde; iş parçasının yüzeyine sert ve pürüzsüz küresel uçlu silindirik bilyeler belli kuvvetler altında temas ettirilir. Bu işlem sonucunda temas yüzeyinde plastik deformasyon meydana gelmektedir (Şekil 1).

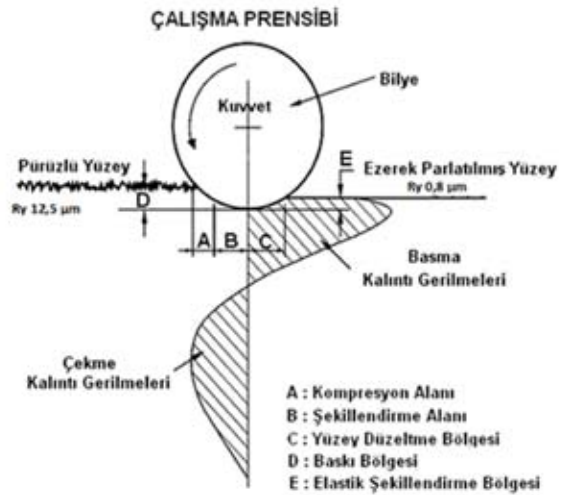


Şekil 1. Ezme işleminin şematik olarak gösterilmesi.

Deformasyonun etkisi ile yüzeydeki düzensizlikler giderilmektedir. İşlem sırasında malzeme yüzeyinde meydana gelen yoğun plastik deformasyonun sonucunda oluşan deformasyon sertleşmesi ile yüzeyde sert bir katman oluşumu sağlanmış olur (Şekil 2). Yüzeyde oluşan bu sert katman aşınma direncinin de önemli şekilde artmasını sağlamaktadır (Shneider, 1967; Rajasekariah ve Vaidyanathan 1975).

Metal yüzeyini ezerek parlatmak sanılabileceği gibi her koşul altında yuvarlanma ve ilerleme hareketini oluşturmakla mümkün olmaz. Özellikle parlatma işlemi için özel bilye yada mil-bilye tasarım ve kombinasyonları gerekmektedir.

Şekil 2'de küresel yuvarlanma elemanı için ezme işlemi gösterilmiştir. Uygun 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 (E) gerçekleşir. Bu bölgede yuvarlanma elemanı 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 1mm derinliğe kadar nüfuz eder. Ezme kuvveti kaldırıldıktan sonra, dislokasyon artışı ve pekleşmeye bağlı sertleşen yüzey tabakasının altında elastik gerilmeler toplanır ve yüzeyde basma kalıntı gerilmeleri oluşur.



Şekil 2. Ezme işleminde kalıntı gerilim dağılımının şematik olarak gösterilmesi.

Literatürde incelendiğinde ezme işlemi, ezme takımı malzemesi ve formu, makine ve işlem parametrelerinin etkilerini inceleyen araştırmalarla karşılaşmak mümkündür (Hassan ve Bsharat, 1996a; Hassan ve Abdel-Wahhab, 1996). Fakat ezme işleminin, diğer delik yüzey işleme yöntemlerinin tümünü bir arada inceleyen, deliğin silindiriklik gibi yüzey karakteristiği özellikleri üzerindeki etkisinin bir arada incelendiği bir araştırma ile karşılaşılmamıştır (Loh ve Tam, 1988; Zum-Gahr, 1987). Özellikle havacılık ve otomotiv sanayindeki gelişmeler sonucunda delik yüzey işlemlerinin önemi oldukça artmıştır. Bu çalışmanın amacı bahsedilen

gelişmeler değerlendirildiğinde deliklere uygulanan bu yöntemlerin malzemenin mekaniksel ve metalürjik özelliklerine etkilerini araştırmak, elde edilen yüzeylerin dairesellik ve silindiriklik özellikleri incelemektir. Ayrıca hangi yöntemin diğerlerine üstünlüğünün ne olduğunu deneysel olarak ortaya koymaktır. Bu amaçla havacılık ve otomotiv sanayinde yoğun kullanıma sahip Al 6061 alüminyum alaşımı malzeme seçilmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2. 1. Malzeme ve Numune Hazırlama

Alüminyum ve alaşımları çeliğe oranla oldukça düşük yoğunlukları (2.7 g/cm^3), yüksek elektrik ve ısı iletkenlikleri ve atmosfer şartları da dahil olmak üzere bir çok ortamda korozyona karşı yüksek dayanımları olan malzemelerdir. Bu alaşımların çoğu yüksek sünekliklere sahip olmalarından dolayı kolayca şekillendirilebilmektedir.

Çalışmalarda kullanılan Al 6061 alüminyum alaşımının kimyasal kompozisyonu Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Al 6061 alüminyum alaşımının kimyasal kompozisyonu (% oranı).

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

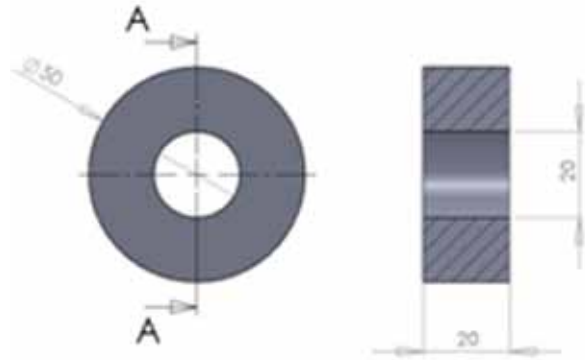
Bu malzeme ağırlıkça hafif ve özellikle havacılık ve otomotiv endüstrisinde çok yoğun kullanılmakta olduğundan dolayı seçilmiştir. Deneysel numuneleri çubuk şeklindeki dolu malzemelerden, ön işlem olarak CNC torna tezgahında yüzey temizleme işleminden sonra matkap ile delinmiş ve daha sonra hazırlanan numunelere çalışmada incelenen yöntemler uygulanmıştır.

Deneysel numuneleri $\text{Ø}50 \times 25 \text{ mm}$ boyutlarında hazırlanmış Şekil 3 ve işlem sonrası numunelerde oluşacak değişim Şekil 4a ve 4b'de modellendiği gibidir.

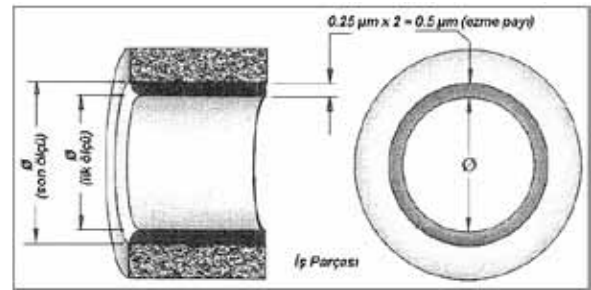
2. 2. Delik Delme İşlemleri

Deneysel numunelerinin öncelikli olarak iç çapları delinmiştir. İşlem Taksan TTC-630 modeli bir CNC tornada gerçekleştirilmiştir. Başlangıç

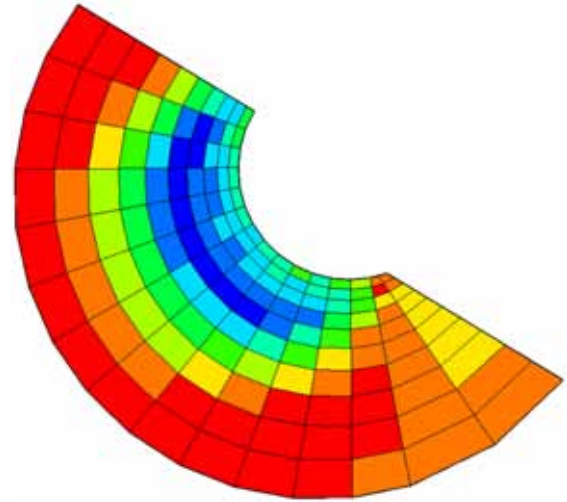
tornalama koşulları tüm numunelerde aynı tutulmuş ve kesme hızı 50 m/dak , ilerleme $0,2 \text{ mm/devir}$ olarak seçilmiştir.



Şekil 3. Deneysel numunesi.



Şekil 4a. Ezme işlemi sonrası görünüm.



Şekil 4b. Ezme işlemi yüzey geometri modellemesi.

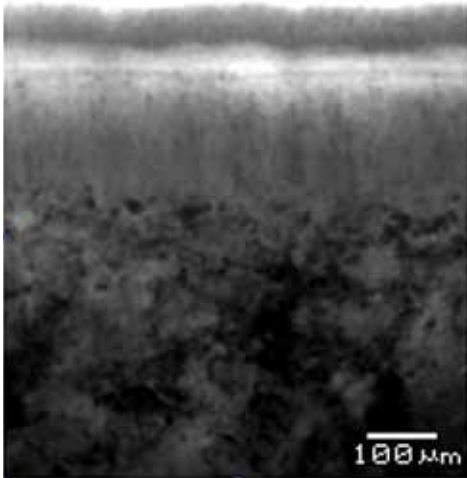
2. 3. Delik Delme Sonrası Uygulanan Yüzey İşlemleri

CNC torna tezgahında tüm numunelerin son yüzey işleme pasoları bırakılarak delinmiş ve daha sonra Al 6061 alüminyum alaşımı malzeme

meye göre her bir bitirme işlemi için önerilen parametreler seçilerek; tornalama, taşlama, raybalama, honlama ve ezme yüzey işlemleri uygulanmıştır. İç çapları tornalanan numunelerden bir grubuna sütunlu matkap tezgâhında $\varnothing 15 - 21$ mm (ayarlı raybalarda olduğu gibi) arasında ezme işlemi yapabilen bir ezme takımı kullanılarak 20 mm çapında ezme işlemi uygulanmıştır. Ezilmiş yüzeyin SEM görüntüsü Şekil 5'de verilmiştir. Ezme işleminde kullanılan takım Şekil 6'da, kullanılan deney seti Şekil 7'de şematik olarak gösterilmiştir.

Ezme işlemi sırasında bilyeler, takım ve iş parçası temas yüzeyi arasına talaş girmesini engellemek amacıyla sürekli olarak temizlenmiştir. Anti korozyon ve soğutma özelliğine sahip Superoll soğutma yağı kullanılarak işlem gerçekleştirilmiştir.

Tüm numunelerde ezme şartları aynı tutulmuştur (Tablo 2). Ezme zamanı arttığında daireselliğin olumsuz etkilenmesinden dolayı optimum ezme zamanı seçilmiştir. Ezme parametreleri içerisinde dairesellik üzerinde önemli bir etkiye sahip diğer bir parametre de ezme derinliği diğer bir ifade ile nüfuziyet derinliğidir. Ezme derinliğinin malzemelerin yapısal özelliklerine göre belli bir derinliğe kadar artması, delik daireselliğini daha iyi hale getirdiği bilinmektedir. Fakat bütün malzemeler için ezme payının ve ezme derinliğinin aşırı seçilmesi yüzeyin yanmasına ve yüzeyden pulanma şeklinde parçacıkların kopmasına sebep olmaktadır (Loh ve Tam, 1988; Zum-Gahr, 1987).

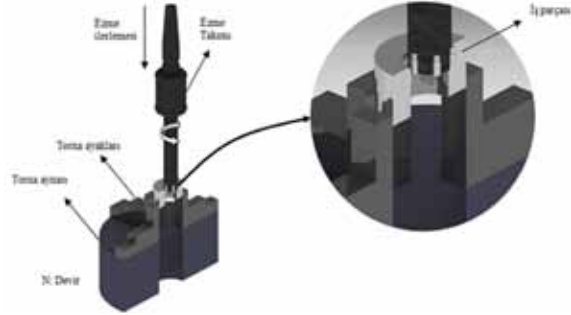


Şekil 5. Ezme işlemi sonrası yüzey SEM görüntüsü.



1. Konik mil; 2. Ezme bilyesi; 3. Kafes; 4. Kovan kapağı; 5. Rondelâ; 6. Yay; 7. Rondelâ; 8. Rulman; 9. Kovan; 10. Ayar dişlisi; 11. Pim; 12. Kontra somunu; 13. Sap.

Şekil 6. Deneylerde kullanılan ezme takımı.



Şekil 7. Ezme işleminde kullanılan deney seti.

Tablo 2. Ezme parametreleri.

Ezme hızı	1.50 m/sn
Ezme derinliği	0.5 mm
Ezme çapı	20 mm
Ezme zamanı	60 sn
Ezme şartları	Yağlı
İşlenen malzeme sertliği	55 HV

2. 4. Metalografik Çalışmalar

Delik yüzey bitirme işlemleri uygulandıktan sonra her bir deney numunesinden $12 \times 12 \times 10$ mm parçalar kesilmiş ve mikroyapı incelemeleri için standart (zımparalama+parlatma) metalografik işlemler uygulanarak numuneler hazırlanmıştır. Dağlayıcı olarak Keller dağlayıcısı kullanılmıştır. Mikro yapıların görüntülenmesi işleminde Leica marka optik mikroskop kullanılmıştır.

3. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

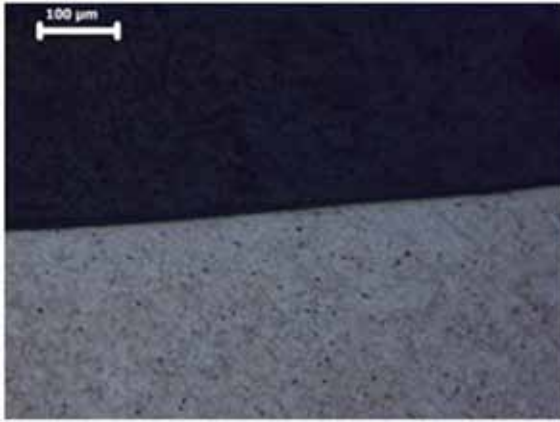
3. 1. Delik Bitirme İşlemlerinin Malzemenin Mikroyapısı Üzerine Etkisi

Her bir delik yüzey bitirme işlemi hazırlanmış olan numunelere uygulandıktan sonra elde edilen yüzeylerin detaylı metalografik incelemesi yapıldığında her bir yöntemin özelliğinden kaynaklı yapısal değişimlerin oluştuğu gözlenmiştir (Şekil 8 a; b; c; d; e; f). Bu yüzey mor-

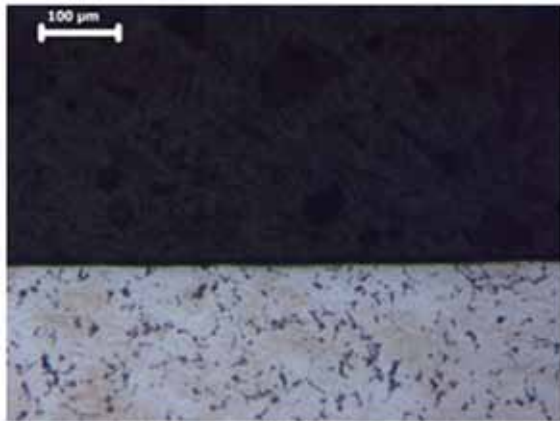
folojileri incelendiğinde honlama ve ezme yöntemlerine ait yapıların bir birine benzediği ve yüzey pürüzlülüğünün en az olduğu görülmektedir. Honlama işleminde mikro ölçekte işleme söz konusu olduğundan yüzey kalitesi üst seviyededir. Taşlama ve honlama işlemlerinde abrasif taneciklerin yüzeyde çok ince bir tabakada termal etkilerden dolayı ergime ve bunun sonucunda da yüzeyde ince bir tabaka oluşturur. Plastik olarak deforme olan veya ergiyen kısımları tümsek kenarlarına akarak ince bir tabaka oluşturur.



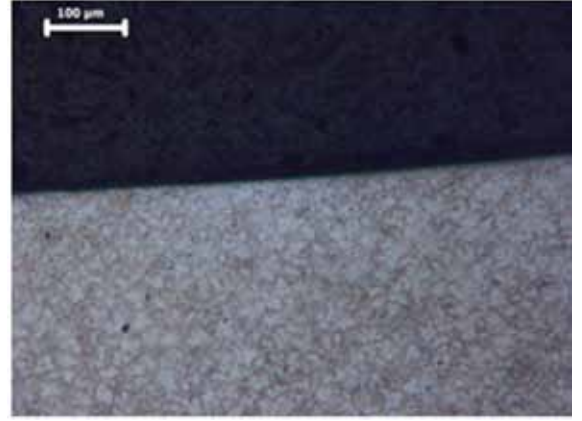
Şekil 8a. Matkap ile delme.



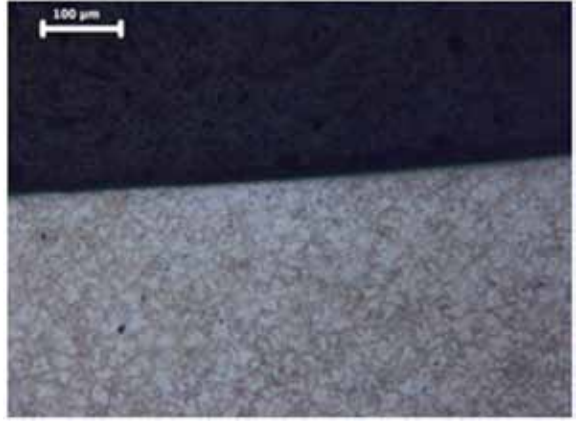
Şekil 8b. Tornalama.



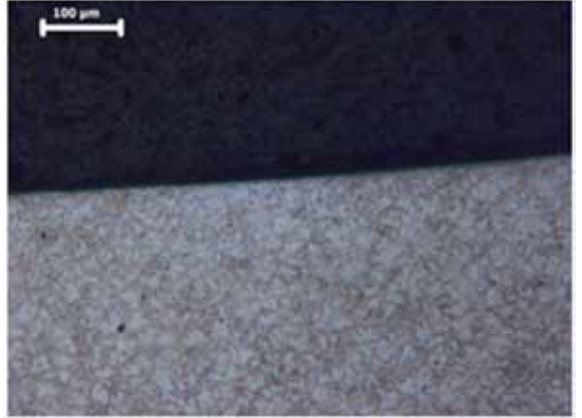
Şekil 8c. Raybalama.



Şekil 8d. Taşlama.



Şekil 8e. Honlama.



Şekil 8f. Ezme.

Şekil 8. Yüzey işleme yöntemlerine bağlı olarak mikro yapıların değişimi.

Matkapla işleme yönteminde ise delik yüzeyinde deformasyon miktarının yoğunluğu, malzeme kaybı ile oluşmuş krater boşlukları ve bunun sonucunda delik yüzeyinde belirgin bir kaba yapının ortaya çıktığı görülmektedir. Tornalama yönteminde matkapla delmeye benzer olmasına rağmen daha düzgün bir yüzey ortaya çıkmaktadır. Taşlama ve raybalamada orta kalitede delik yüzeyinden

söz etmek mümkündür. Diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında ezme işleminde yapısı daha homojen ve deformasyondan daha az etkilenmiş bir yüzey elde edilmiştir. Taşlama ve Honlama işlemlerinde kesme sıvıları kullanılmasına rağmen yüzeyde belli derinliklerde yanmadan kaynaklı yapı değişimi gözlenmektedir.

3. 2. Delik Bitirme İşlemleri Sonrası Yüzey SEM Görüntüleri

Ön delikleri delinen numuneler her bir delik yüzeyi bitirme işlemleri uygulanmış ve elde edilen yüzeylerin 1000 büyütme ile SEM fotoğrafları çekilmiştir (Şekil 9a, b, c, d, e, f). SEM fotoğrafları elde edilen yüzeyleri ve işlemin etki alanını gösteren yüzeylerin üstten görüntüleri çekilmiştir.

Ezerek elde edilen yüzey dik bakıldığında ezme işleminden etkilenen bölge çok net görünmekte olup, ezilen yüzey diğer bitirme işlemleri ile elde edilen yüzeylerle karşılaştırıldığında en pürüzsüz yüzey olduğu görülmektedir.

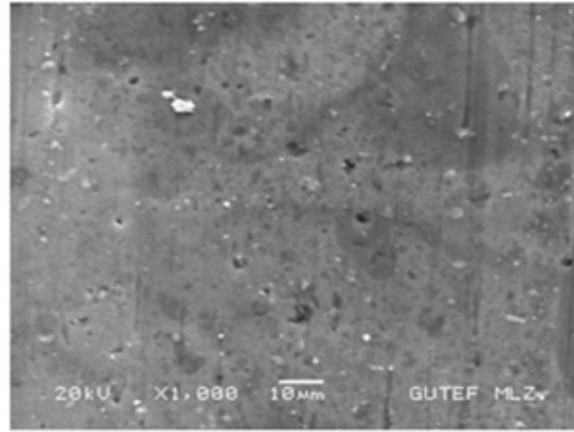
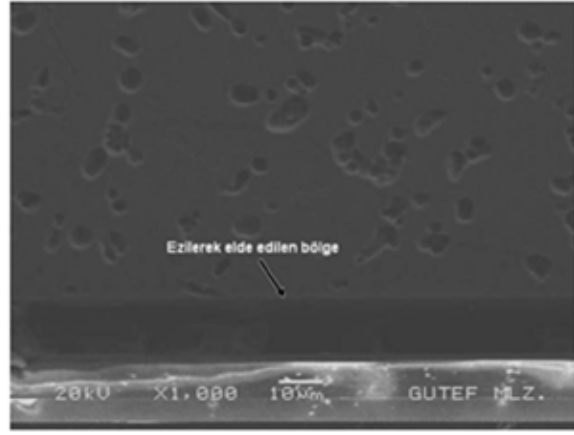
Honlama işlemi ile elde edilen yüzeye dik bakıldığında işlemten etkilenen bölgenin yok denecek ölçülerde olduğu ve elde edilen yüzeye bakıldığında ezme işleminden sonra en iyi sonuçların elde edildiği görülmektedir.

Hassas yüzey tornalamada elde edilen yüzeye dik bakıldığında işlemten etkilenen bir bölgenin olduğu çok net görülmekte olup, tornalanan yüzeyin bozuk bir yapıda olduğu çok açık görülmektedir.

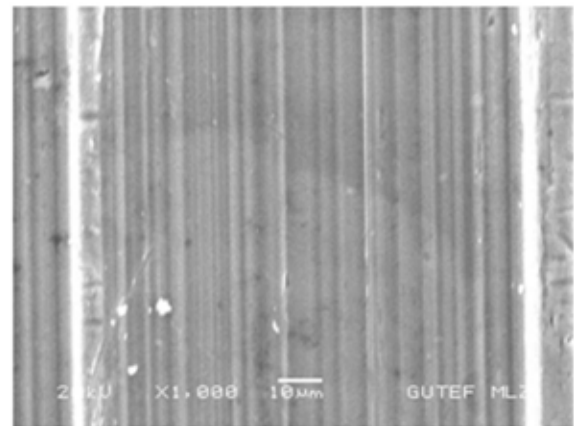
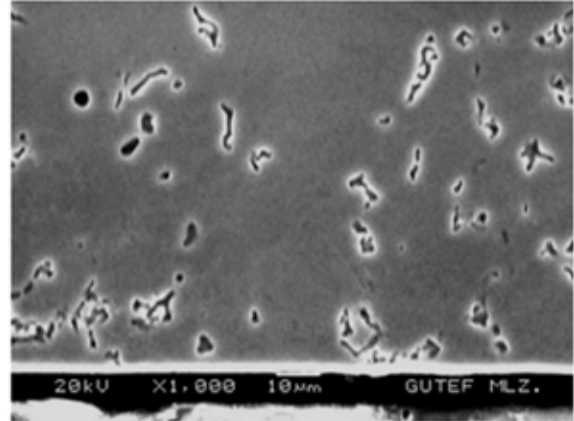
Matkapla delinerek elde edilen yüzeye dik bakıldığında işlem sırasında meydana gelen deformasyonun kesme kenarından iç bölgelere doğru etkisi çok açıkça görülmekte olup, matkapla elde edilen bitirme yüzeyinin diğer bitirme işlemlerine göre çok kötü olduğu görülmektedir.

Raybalanarak elde edilen yüzeye dik bakıldığında belli bir derinliğe kadar deformasyon etkisi çok net görünüyorken, elde edilen yüzeyin ortalama bir kalitede olduğu çok açık görülmektedir.

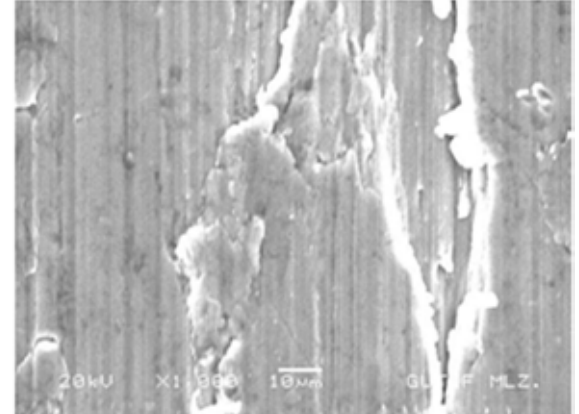
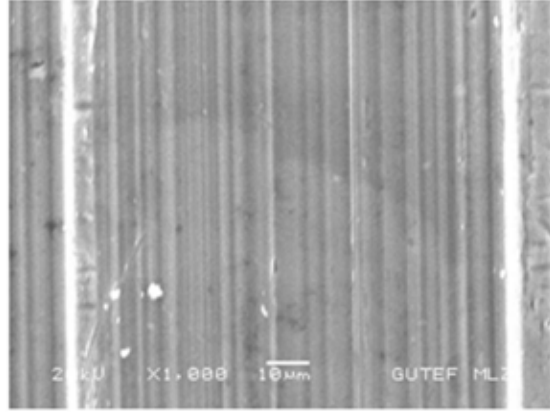
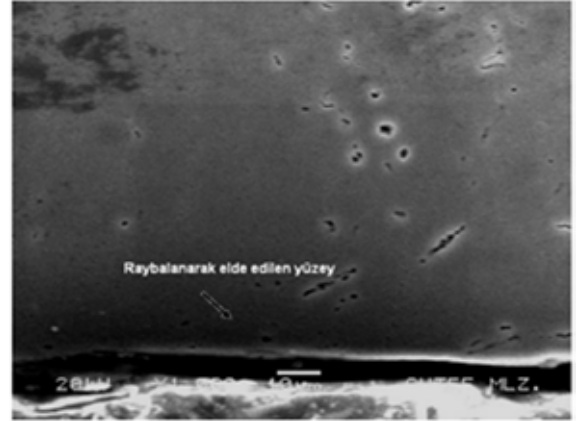
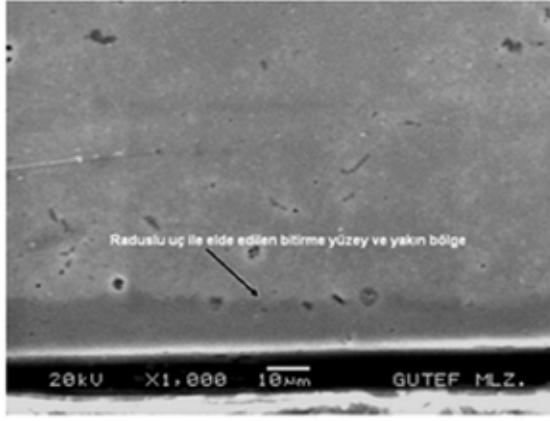
Taşlanarak elde edilen yüzeye dik bakıldığında işlenmiş yüzey ve yakın bölgesinde küçük oranlarda da olsa bir deformasyonun söz konusu olduğu görülmekte olup, taşlanarak elde edilen yüzey ortalama bir yüzey kalitesine sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 9a. Ezme.

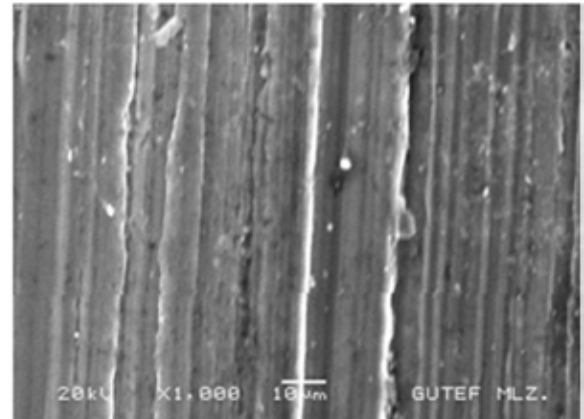
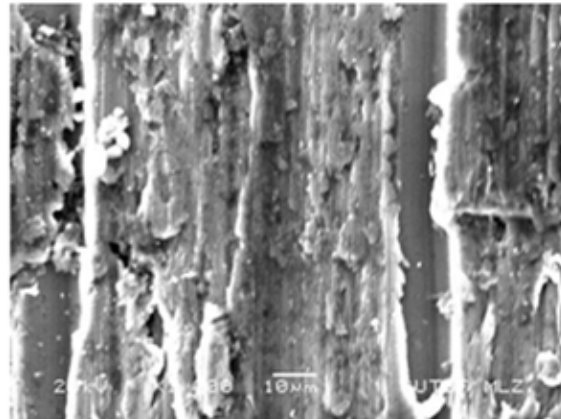
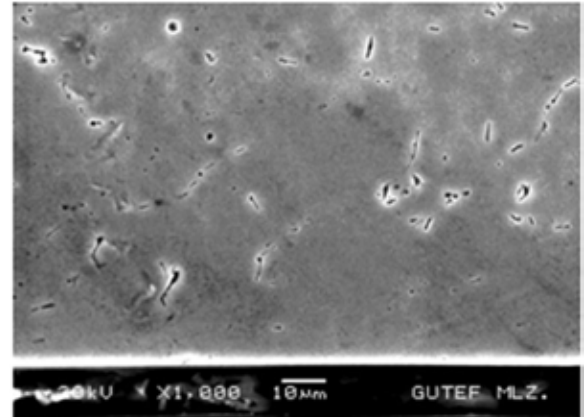
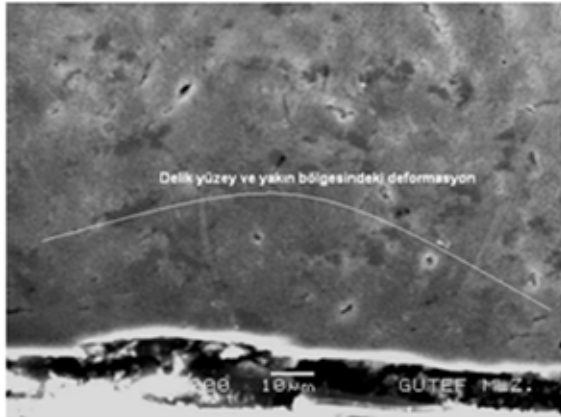


Şekil 9b. Honlama.



Şekil 9c. Tornalama.

Şekil 9e. Raybalama.



Şekil 9d. Matkapla delme.

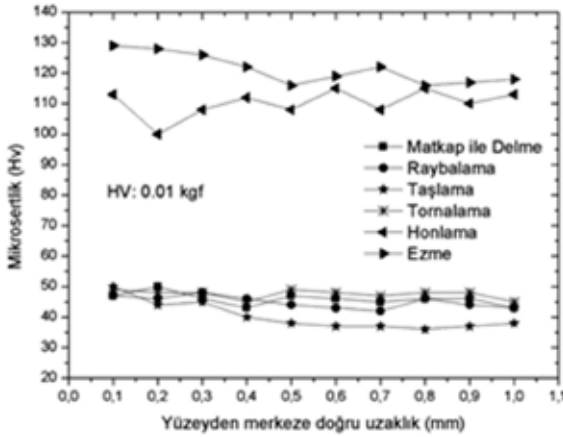
Şekil 9f. Taşlama.

Şekil 9. Yüzey işleme yöntemlerine bağlı SEM görüntüleri ve yorumlar.

3. 3. Delik Bitirme İşlemlerinin Mikrosertlik Üzerine Etkisi

Yüzey bitirme işlemlerinden matkapla delme, tornalama, taşlama ve raybalama ile işleme sırasında yüzeyde oluşan ısının etkisiyle sertliğin honlama ve ezme yöntemlerine oranla daha düşük olduğu ortaya çıkmıştır (Şekil 10). Honlama sırasında meydana gelen anlık ısı nedeniyle sertlikte çok az bir kayıp söz konusu olmaktadır, ezme işleminde sertlik değerleri tüm diğer iç yüzey bitirme işlemlerinden daha yüksek olmuştur.

Ezme sırasında meydana gelen yoğun plastik deformasyondan dolayı deformasyon sertleşmesi (pekleşme) oluşur ve sertlikte önemli derecede bir artış meydana gelir. Tüm yöntemler değerlendirildiğinde en iyi sertlik değerleri ezme işlemi sonucunda elde edilmiştir. Yapılan literatür araştırmalarında görülmüştür ki, ezme işlemi tüm malzeme yüzeylerinde sertliğin artmasına sebep olmaktadır (Czichos, 1978). Elde edilmiş olan sonuçlarda literatür tarafından desteklenmektedir.

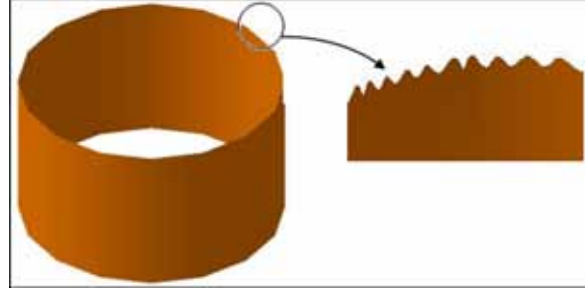


Şekil 10. Değişik yüzey işleme yöntemlerine bağlı olarak yüzeyden merkeze doğru mikro sertliklerin değişimi.

3. 4. Tornalama Sonrası Delik Delme İşlemlerinin Dairesellik üzerine Etkisi

Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda ezme prosesinin deney numunelerinin mikro sertliklerinde ve daireselliklerinde önemli derecede bir değişikliğe sebep olduğu görülmüştür. Örneğin Şekil 11'de bir şaft incelendiğinde, farklı ölçme aletlerinde ölçüm yapıldığında şaftın dış çapı aynı ölçülür fakat şaft çok büyük büyütmelemlerde incelendiğinde yüzeyde düzensiz kulakçıkların olduğu görülmektedir.

Bu kulakçıklar şaftta kuvvet uygulandığında yükün büyük bir kısmını taşımakta ve gerilim yığılmalarına sebep olmaktadır (Hamrock ve Dowson, 1977; Bouzid v.d. 2001; Dixit ve Dixit, 1997; Al-Bsharat, 1994).



Şekil 11. Şaftın incelenmesi.

Çalışmada dairesellik testleri Hommel-Etamic marka dairesellik ölçüm cihazında gerçekleştirilmiştir. Dairesellik çalışma esnasında dönen parçaların mekanik özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Daireselliğin bozulması takım aşınması, takımın doğru pozisyonlanmamasından ya da kesme sırasında uygulanan kuvvetlerin düzensizliğinden kaynaklanmaktadır. Dairesellik aralığı, kesme hızı, ilerleme, paso kalınlığı, paso sayısı vb birçok parametreden etkilenmektedir (Pettersson ve Jacobson, 2003).

Ezme işleminde daireselliği ve yüzey karakteristik özelliklerini etkileyen en önemli parametrelere biri paso sayısıdır paso sayısının artması dairesellikte önemli düşümlere sebep olmaktadır. Bu azalmada plastik deformasyon sonucunda oluşan aşırı deformasyon sertleşmesine atfedilmektedir (Axir ve İbrahim, 2005).

Bu nedenden dolayı bu çalışmada paso sayısı minimum tutulmuş ve ezme işlemi tek pasoda yapılmıştır. Ezme işleminde dairesellik üzerinde önemli diğer bir parametre de ezme kuvvetidir. Ezme kuvvetinin belirli oranda artması deforme olan ezme yüzeyinin homojenliğini artırdığından daireselliğin önemli derece artmasına sebep olduğu daha önce yapılan çalışmalarda belirlenmiştir. Bunun yanında ezme kuvvetinin belirli bir limiti aşması sonucunda yüzeyde kesme kayıplarından dolayı yüzeyde süreksizliklere sebep olmaktadır. Ezme kuvvetinin tüm bu etkileri göz önüne alınarak yapılan deneylerde ezme kuvveti 160 N olarak belirlenmiş ve optimum sonuçlar alınmıştır.

Deneysel çalışma sonuçları göstermiştir ki gele-

neksel işleme yöntemlerine göre çok daha iyi bir dairesellik aralığı ezme işlemi ile elde edilmiştir. Bu çalışmanın en önemli amaçlarından bir tanesi ezme prosesinin dairesellik üzerindeki etkisini incelemektir. Şekil 12 a, b, c, d, e, f'de geleneksel bitirme yöntemleri ile ezme yöntemin deney parçalarının daireselliği üzerindeki etkisi gösterilmiştir. Grafiklerde görüldüğü gibi en iyi dairesellik ve silindiriklik özelliğinin ezme işlemi sonucunda elde edildiği görülmüştür.



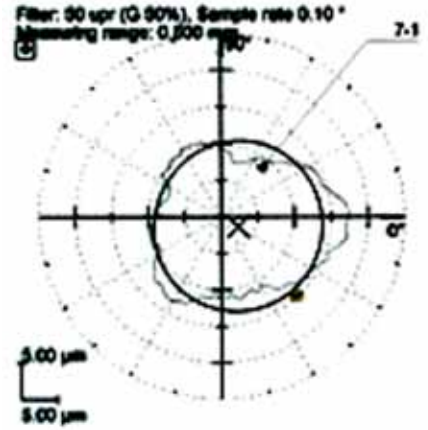
Şekil 12a. Matkap.



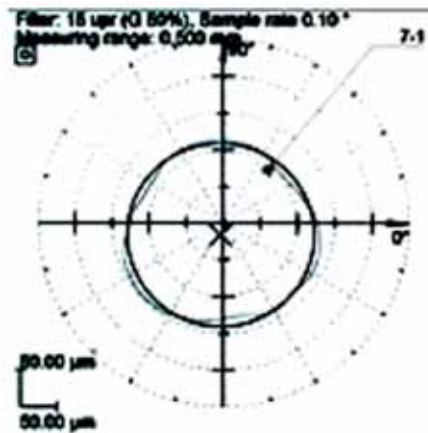
Şekil 12b. Taşlama.



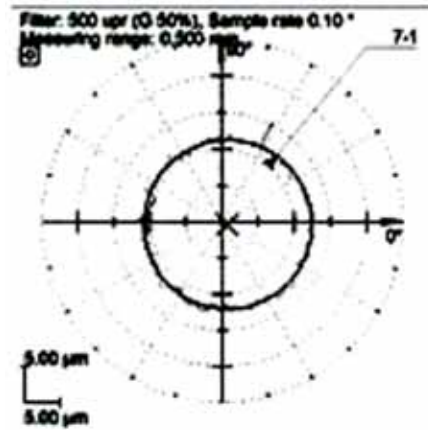
Şekil 12c. Raybalama.



Şekil 12d. Tornalama.



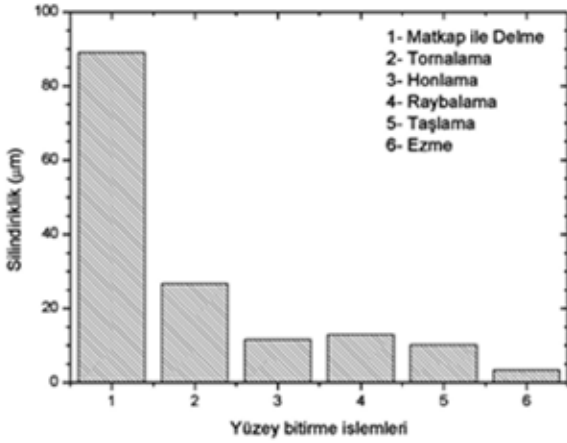
Şekil 12e. Honlama.



Şekil 12f. Ezme.

Şekil 12. Değişik yüzey işleme yöntemlerine bağlı olarak daireselliklerin değişimi.

Çalışmada incelenen diğer bir özellik de işlem sonrası elde edilen yüzeyin silindiriklik değerlerinin incelenmesi işlemidir. Numuneler incelendiğinde silindiriklik değerleri en kötüden en iyiye sıralandığında en iyi yüzey silindirikliğinin de ezme ile yüzey bitirme işleminde elde edildiği görülmüştür (Şekil 13).



Şekil 13. Yüzey bitirme işlemleri sonucunda elde edilen silindiriklik değerlerinin karşılaştırılması.

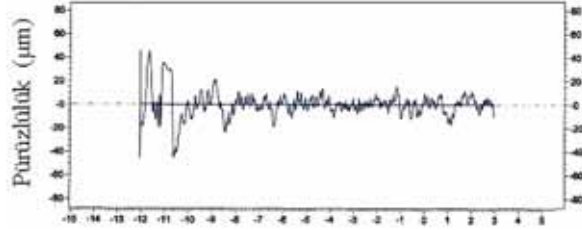
3.5. Tornalama Sonrası Delik İşlemlerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

Şekil 14'de değişik yüzey işleme işlemleri uygulanmış numunelere ait yüzey pürüzlülüğü grafikleri gösterilmektedir. Bu grafiklerden de görüldüğü üzere yüzey işleme yöntemleri arasında en iyi yüzey kalitesi diğer bir ifade ile en az yüzey pürüzlülüğü ezme işleminde elde edilmiştir. Ezme yönteminde yüzey pürüzlülüğünü etkileyen en önemli parametrelerden biri de ilerlemedir.

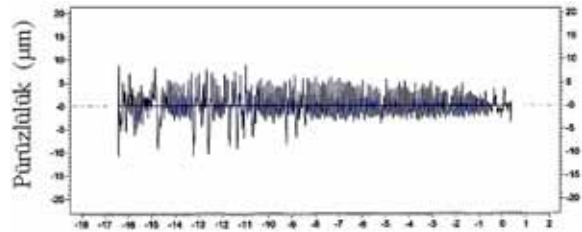
Daha önce yapılan çalışmalardan görülmüştür ki ilerlemenin artması ile yüzey pürüzlülüğünde artışlar meydana gelmektedir. Bu azalmanın da yüksek hızlarda ezme takımının işlenen yüzey üzerinde aşırı titreşiminin sebep olduğuna atfedilmektedir. İlerleme hızının 2m/sn geçmemesi gerektiği belirlenmiş ve ideal ilerlemenin de 1-1.9m/sn olduğu belirlenmiştir (Chou, 2003). Bu çalışmada ilerlemenin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki bu etkileri dikkate alınarak ilerleme 1.50m/sn olarak belirlenmiştir. Ezme ve Honlama işlemlerinde yüzey kalitesinin birbirine yakın olduğu belirlenmiştir. Fakat buna rağmen ezme sırasında meydana gelen yoğun plastik deformasyon sonucu oluşan pekleşmenin etkisi ile en yüksek sertlik bu numunelerde elde edilmiştir.

Şekil 14a, b, c, d, e, f'de grafiklerin bir birine yakın görünmesine rağmen ölçüklerinin

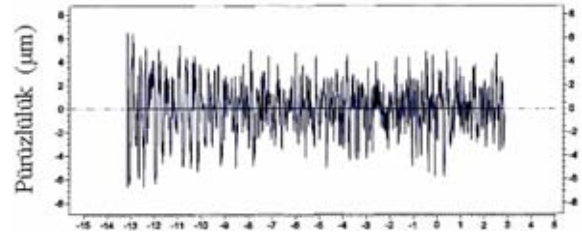
farklı olmasına dikkat edilmelidir. Örneğin Matkapla delmede yüzey pürüzlülüğü maksimum Ra 40 µm iken ezme ile elde edilen yüzeyin yüzey pürüzlülüğü maksimum Ra 0,6 µm'dir. Matkapla delmede yüzey pürüzlülüğünün bu kadar yüksek olmasının sebebi; delme işlemi sırasında yüzeye uygulanan düzensiz kesme kuvvetleridir.



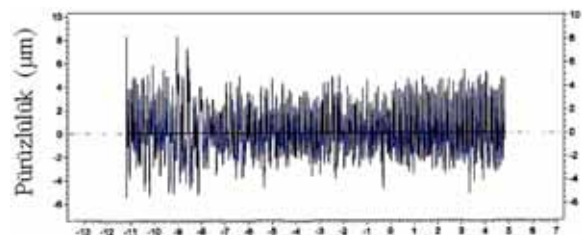
Şekil 14a. Matkap ile delme.



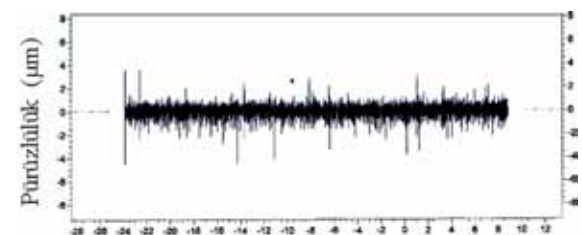
Şekil 14b. Tornalama.



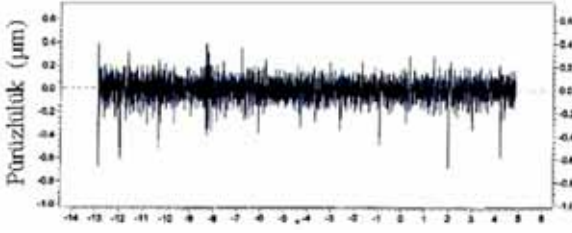
Şekil 14c. Raybalama.



Şekil 14d. Taşlama.



Şekil 14e. Honlama.



Şekil 14f. Ezme.

Şekil 14. Değişik yüzey işleme yöntemlerine bağlı olarak yüzey profillerinin (Ra) değişimi.

4. SONUÇLAR

Ezme yöntemi talaş kaldırarak işleme yöntemleri ile karşılaştırıldığında birçok avantaja sahiptir. Yapılan bu çalışmanın sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Deneysel numunelerine uygulanan bitirme işlemlerinin sonucunda en iyi dairesellik ezme işlemi uygulanan numunelerde elde edilmiştir.
- En iyi mikro sertlik ezme işlemi uygulanan numunelerde görülmüştür. Sertlik değerlerinin bu şekilde yüksek çıkmasının sebebi de diğer bitirme yöntemlerinde işlem sırasında yüksek bir sıcaklığa sahip bir işleme bölgesinin oluşması ve ısının yapıyı etkileyerek sertliği azaltmasına atfedilmektedir.
- Özellikle matkap işlemde plastik deformasyonun maksimum seviyede olduğu bunun sonucunda yüzeyde aşırı miktarda bozulma

olduğu gözlenmiştir.

- Ezme ve Honlama işlemleri sonucunda elde edilen yüzeylerin birbirine benzediği görülmüştür bunun yanında ezme yüzeyleri daha uniform bir yapıya sahip olduğu gözlenmiştir.
- Tüm numunelere uygulanan deneyler sonucunda elde edilen optimum yüzey karakterizasyonu ve mekanik özellikler kombinasyonunun ezme işleminde elde edildiği görülmüştür.
- İşlem sonrası yüzeyin birlikte çalışacağı el-eman ile arasındaki sürtünme kuvvetinde azalma ve istenen ölçülerde kalibrasyon imkanı tanımaktadır.
- Ezerek sertleştirilen ve dayanım artırılan parçanın aşınmaya karşı direnci de artmış olacaktır. Ayrıca delik yüzeyinde çentik etkisi yapan mikro çatlakların ortadan kaldırılması sonucu delik ömründe belirgin bir artış söz konusudur.
- Ezme işlemi, talaş, toz vb. atıkların olmaması nedeni ile çevre dostu bir işleme yöntemidir.

5. TEŞEKKÜR

Çalışmanın gerçekleşmesi için destek veren YAMASA Yazıcı Makine Sanayi ve Ticaret Limited şirketine ve ASSAB KORKMAZ Çelik ve Isıl İşlem A.Ş.'ye teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

AL-Bsharat, A. S. H. 1994. Investigation into the effect of burnishing process on some properties of cylindrical metallic materials, MSc Thesis, Jordan University of Science and Technology.

Axir, M. H., Ibrahim, A.A. 2005. Some surface characteristics due to center rest ball burnishing. J. Mater. Process. Technol. (167), 47–53.

Bouid, S. W., Ben-Salah, N., and Lebrun, J. L. 2001. Influence of machining by finishing milling on surface characteristics. J. Mach. Tools Manuf., (41), 443-50.

Chou, Y. K. 2003. Hard turning of M50 steel with different microstructures in continuous and intermit-

tent cutting, Wear. (225), 1388–1394.

Czichos, H. 1978. Tribology a system approach to the science and technology of friction, lubrication and wear. Elsevier, Amsterdam. pp. 130-132.

Dixit, U. S. and Dixit, P. M. 1997. A study of residual stresses in rolling, Int. J. Mach. Tools Manuf. 37 (6), 837-53.

Hamrock, B. J., Dowson, D. 1977. Isothermal elastohydrodynamic lubrication of point contacts, Part III: fully flooded results. J Lubrication Technol 264-276.

- Hassan, A. M., AL-Bsharat, A. S. 1996a. Influence of burnishing process on surface roughness hardness and microstructure of some nonferrous metals, *Wear.* (199), 1-8.
- Hassan, A.M., AL-Bsharat, A.S. 1996b. Improvement in some properties of non-ferrous metals by the application of ball burnishing process, *J. Mater. Process. Technol.* 59 (3), 250-256.
- Hassan, A.M., Abdel-Wahhab. O.M., 1996. The effects of roller-burnishing on some properties of non-ferrous metals, MSc Thesis, Jordan University of Science and Technology.
- Loh, N.H, Tam S.C. 1988. Effects of ball burning parameters on surface finish: a literature survey and discussion. *Precis Eng.* 10 (4), 215-220.
- Murthy, R.L., Kotiveerachari, B. 1981. Burnishing of metallic surfaces a review, *Prec. Eng.* (3), 172-179.
- Pettersson, U., Jacobson. S., 2003, Influence of surface texture on boundarylubricated sliding contact. *Tribol Int.* (36), 857-64.
- Rajasekariah, R., Vaidyanathan, S. 1975. Increasing the wear-resistance of steel components by ball bur-nishing, *Wear.*, (34), 183-188.
- Shneider, Y. G. 1967 Characteristics of burnished components, *Mach. Tooling.* 38 (1) 19-22.
- Zum-Gahr, K. H .1987. Microstructure and wear of materials. Elsevier. pp. 80-82. Amsterdam.