

Ömer Eyercioğlu

Prof. Dr.

Gaziantep Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi,
Mak. Müh. Bölümü,
Gaziantep, TÜRKİYE

Kürşad Göv

Doc. Dr

Gaziantep Üniversitesi, Havacılık,
ve Uçay Bilimleri Fak. Uçak ve.
Uçay Müh. Gaziantep, TÜRKİYE

Adem Aksoy

Gaziantep Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi,
Mak. Müh. Bölümü,
Gaziantep, TÜRKİYE

Mehmet Aladağ

Gaziantep Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi,
Mak. Müh. Bölümü,
Gaziantep, TÜRKİYE

Bağlantı Elemanları Şekillendirme Kalıplarının Aşındırıcı Akışkan Yöntemiyle Parlatılması

Bu çalışmada, bağlantı elemanları (cıvata, somun vb.) kalıplarının yüzey parlatma işlemlerinde aşındırıcı akış işleme yöntemi (AFM) kullanılmıştır. Tel elektro-erozyon ile kesilen kalıp bileşenlerinin, yüzey pürüzlülüğü, aşındırıcı akışkanla işleme öncesi ve sonrasında ölçülerek yüzey kalitesinin değişimi incelenmiştir. Bulgular, elektro-erozyon nedeniyle oluşan beyaz katman tabakasının tamamen ortadan kaldırıldığını ve son yüzey pürüzlülüğünün (Ra) 1,5 µm'den 0,4 µm'ye azaltıldığını göstermiştir. Yüzey kalitesinin artışı, kalıp malzemesinin sertliğiyle orantılıdır.

Anahtar Kelimeler: Aşındırıcı Akışkanla İşleme, Dövme Kalıbı, Yüzey işlemleri

GİRİŞ

Bağlantı elemanları (cıvata, somun, vb), birden çok istasyona sahip, ardışık dövme, ekstrüzyon ve çapak kesme kalıplarının kullanıldığını preslerde imal edilmektedir [1]. Şekillendirme işlemi soğuk, ılık ya da sıcak şekillendirme olarak uygulanabilmektedir. Son dönemde gelişen standartlar ve ekonomik nedenlerden dolayı bağlantı elemanlarının hafifletmesi, montaj sistemlerini kolaylaştırılması, titreşim ve yorulma dirençlerini artırması konuları giderek önem kazanmaktadır. Bu nedenle, önde gelen otomobil şirketleri, giderek daha üstün mekanik özelliklere sahip ve karmaşık bağlantı elemanlarını tercih etmektedir [2]. Bu parçaların, artan geometrik karmaşıklığı nedeniyle, dövme kalıplarında yeni üretim yöntemlerine duyulan ihtiyaç artmıştır. Aşınma direnci ve kullanım süresi genellikle bağlantı elemanı şekillendirme kalıplarının yüzeylerinin kalitesine bağlıdır. Karmaşık geometri ve düşük toleranslar, kalıp yüzeylerinin son işleminin (parlatma) başarısı üzerinde olumsuz etkilere sahiptir. Gerekli yüzey kalitesini elde etmek, bazen çok uzun ve emek-yoğun el işçiliği gerektirmekte, bazen de klasik yüzey parlatma yöntemlerinin kapasitesinin ötesine geçmektedir. Karmaşık yüzeyli hassas parçaların yüzey parlatması için aşındırıcı akışkanla işleme (AFM) yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntem havacılık, uçak, tıbbi ve diğer hassas imalat

alanlarında uygulanmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir [3].

Aşındırıcı akışkanla işleme yöntemi, basınç altındaki macunun iş parçası yüzeylerinde hareket etmesiyle yüzeyin parlatılmasını sağlar. Bu yöntem sayesinde, klasik parlatma yöntemleri ile elde edilemeyen ya da çok uzun süren yüzey pürüzlülüğü değerlerine ulaşıldığını yapılan çalışmalar ile ortaya konulmuştur [3]. Aşındırıcı akışkanla işleme yöntemindeki temel parametreler; akışkan parametreleri, işlem parametreleri ve iş parçası parametreleri olarak sınıflandırılmaktadır [4]. İşlem parametreleri; uygulanan basınç, çevrim sayısı ve kullanılan aşındırıcı macunun akış hızı ve hacmidir. İş parçası parametreleri; iş parçasının malzeme özellikleri, geometrisi ve mekanik işleme (torna, freze, elektro-erozyon vb) yöntemidir. Akışkan parametreleri ise viskozite, sıcaklık, aşındırıcı tane boyutu, aşındırıcı oranı ve aşındırıcı türüdür. Yüzey pürüzlülüğünü etkileyen en önemli parametreler aşındırıcı parametreleri olarak kabul edilmektedir [5].

Jain ve arkadaşları tarafından yapılan başka bir çalışmada, deneysel sonuçlara yakın, kabul edilebilir sonuçların elde edilebileceği bir teorik model belirlenmiştir [6]. Yaptıkları farklı bir çalışmada ise, macun viskozitesine bağlı olan parametreleri belirlemişlerdir. Buna göre, macun

viskozitesi; aşındırıcı tane büyüklüğü ile doğru orantılı, aşındırıcı oranı ve sıcaklıkla ters orantılıdır. Yüksek viskozitenin daha yüksek malzeme kaldırma oranı sağladığı ve daha düşük yüzey pürüzlülük değeri ortaya koyduğu görülmüştür [7]. Flenther ve Fioravanti [8] aşındırıcı macun için polimerik taşıyıcı olarak poliborosiloksan kullanmıştır. Bu çalışmada, aşındırıcı oranının aşındırıcı boyutu ve polimerik taşıyıcı özelliklerinden daha etkili olduğu kanıtlanmıştır. Polyborosiloksan kullanılan farklı çalışmalarda, alüminyum oksit (AlO₂), silisyum karbür (SiC) ve garnet gibi aşındırıcılar kullanmıştır. Gov ve arkadaşları tarafından yapılan bir araştırmada, aşındırıcı türlerinin, aşındırıcı akışla işlenmiş yüzeyler üzerindeki etkileri incelenmiştir [9]. AFM işlemi sırasında yüzeylere etkiyen kuvvetlerin ölçüldüğü bir çalışmada ise aşındırıcı macun parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri test edilmiştir [10,11].

Farklı şekillerde üretilmiş yüzeylerin aşındırıcı akışkanla işleme üzerine Loveless ve arkadaşları [12] tarafından yapılan bir araştırmada, taşlama, frezeleme, tornalama ve tel erozyon yöntemi ile üretilmiş yüzeyler üzerinde çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, en iyi yüzey pürüzlülüğü değerleri tel erozyon yöntemiyle işlenmiş yüzeyler üzerinde ortaya çıkmıştır. Elektro-erozyonla işlenmiş farklı malzemeler (H13 takım çeliği, Ti-6Al-4V, AISI D2 takım çeliği) üzerine yapılan deneylerde, beyaz katman tabakasının başarıyla yok edildiği görülmüştür [3]. Söz konusu çalışmada, malzemenin sertliği ve elde edilen yüzey pürüzlülüğü değerleri ters orantılı olduğu görülmüştür [3,13-15].

Bu çalışmada, bağlantı elemanları (civata, somun vb.) kalıplarının yüzey parlatma işlemlerinde aşındırıcı akış işleme yöntemi (AFM) kullanılmıştır. Tel elektro-erozyon ile kesilen kalıp bileşenlerinin, yüzey pürüzlülüğü, aşındırıcı akışkanla işleme öncesi ve sonrasında ölçülerek yüzey kalitesinin değişimi incelenmiştir.

DENEYSEL ÇALIŞMA

Bu çalışmamızda, çift yönlü aşındırıcı akışkanla işleme tezgahı kullanılmıştır (Şekil 1). Tezgah dört kısımdan oluşmaktadır. Ana gövde, tezgahın konstrüksiyonunu oluşturan ve pistonları barındıran kısımdır. Hidrolik ünite sayesinde sistemin ihtiyacı olan güç sağlanmaktadır. Kontrol ünitesi sayesinde aşındırıcı akışkan işlemi için gerekli parametreler belirlenir ve işlem kontrolü sağlanır. Soğutucu ünite ise gerektirdiği durumlarda pistonlar içerisindeki aşındırıcı akışkanı soğutmak için tasarlanmıştır. İşlem, piston içerisindeki aşındırıcı akışkanın, pistonların arasına yerleştirilen iş parçasının yüzeylerinde ileri-geri hareketi ile

meydana gelmektedir. Pistonların tam bir ileri-geri hareketi bir çevrimi ifade etmektedir. AFM tezgahının özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Aşındırıcı Akışkan

Aşındırıcı akışkan, polimerik bir taşıyıcı ve silisyum karbür (SiC) aşındırıcıdan oluşmaktadır. Aşındırıcının boyutu 400 elek ölçüsü (mesh) ve oranı 66% olarak olarak seçilmiştir. Üretilen macunun viskozite değeri 60 Pa.s ve özgül hacmi 1.0 gr/cm³ (oda sıcaklığında) olarak tespit edilmiştir. Aşındırıcı akışkan hazırlandıktan sonra, homojen bir karışım olmasını sağlamak için tezgah içerisine kalıp yerleştirmeden 10 çevrim yapılmıştır.



Şekil 1. AFM Tezgahı

Tablo 1. AFM Tezgahının özellikleri

Hidrolik basınç	10-400 bar
Piston Kapasitesi	6 litre
Piston Çalışma Aralığı	400 mm
Piston Çapı	140 mm

Kalıplar ve AFM İşlemleri

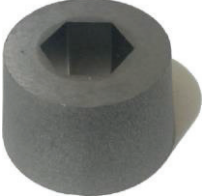


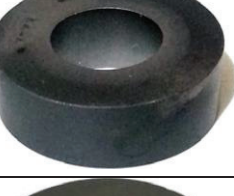

Deneysel çalışmada kullanılan kalıplar Şekil 2'de gösterilmiştir. Kalıplar çelik halkalara sıkı geçme yapılarak kullanılan toz metalden üretilmiş WC-%27Co (G55) çekirdeklerdir. Kalıplar elektro-erozyon yöntemiyle işlenmiş olup, yüzey pürüzlülükleri Mitutoyo SJ401 yüzey ölçüm cihazı ile AFM işlemi öncesinde ve sonrasında ölçülmüştür. Ölçümler kalıpların iç yüzeylerinde farklı yerlerde tekrarlanmıştır. AFM işleminin farklı sertlik ve geometri üzerindeki (heksagonal ve dairesel) etkilerini gösterebilmek amacıyla bağlantı elemanları şekillendirmede sık kullanılan farklı kalıplar

seçilmişlerdir. Kalıpların sertlik değerleri Vickers sertlik ölçümü cihazıyla yapılmıştır.

AFM işlemi için, kalıplar uygun bir şekilde tezgaha yerleştirilmiş ve Tablo 2’de verilen parametre değerleri kullanılarak deneyler gerçekleştirilmiştir. Kullanılan parametrelerle, bir çevrim 150 sn ve bir kalıbın parlatılması için geçen süre 50 dk olarak belirlenmiştir.

Tablo 2. AFM İşlem Parametreleri

Çevrim Sayısı	20
Aşındırıcı Boyutu	400
Aşındırıcı Türü	SiC
Aşındırıcı Oranı	66%wt.
Aşındırıcı akışkan hızı	300 mm/min

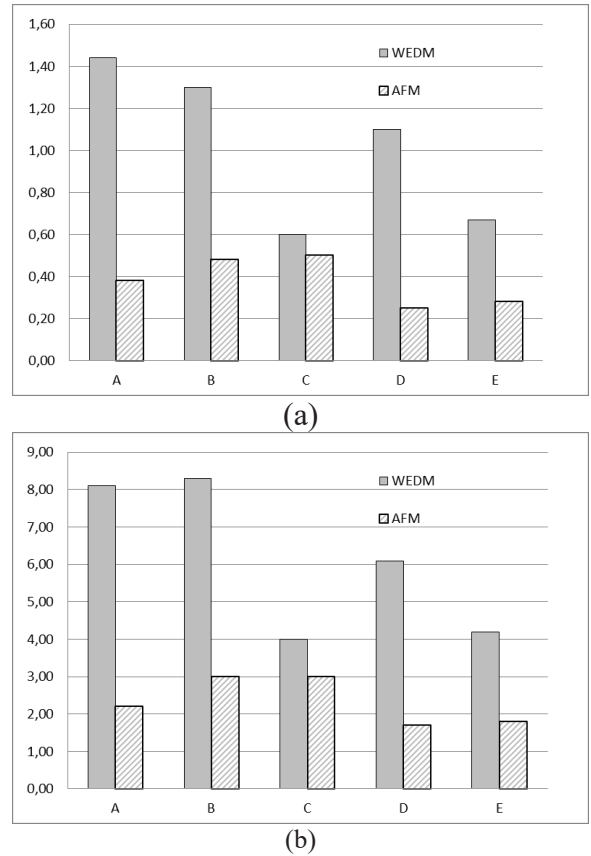
Kalıp	Fotograf
A <i>Dış Ø30 mm</i> <i>Yükseklik 40 mm</i>	
B <i>Dış Ø38 mm</i> <i>Yükseklik 25 mm</i>	
C <i>Dış Ø30 mm</i> <i>Yükseklik 12 mm</i>	
D <i>Dış Ø 40 mm</i> <i>Yükseklik 20 mm</i>	
E <i>Dış Ø40 mm</i> <i>Yükseklik 20 mm</i>	

Şekil 2. Kalıplar

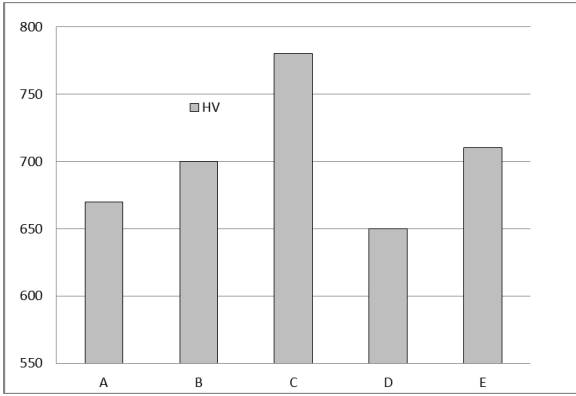
BULGULAR VE TARTIŞMA

Yüzey Pürüzlülüğü

Şekil 3’te, AFM işlemi öncesi ve sonrasında yüzey pürüzlülüğü ölçümleri sonuçları (Ra ve Rz) gösterilmiştir. Bütün kalıplarda AFM işleminin yüzey kalitesini arttırdığı görülmektedir. Ra değerleri 0.5 μm ve Rz değerleri 3 μm ’nin altına düşürülmüştür. Kalıpların sertlik ölçümü sonuçları ve yüzey kalitesindeki yüzde iyileşmenin malzeme sertliğine göre değişimi sırasıyla Şekil 4 ve Şekil 5’te verilmiştir. Malzeme sertliğinin artışıyla yüzey pürüzlülüğündeki iyileşme azalmaktadır. AFM işleminde SiC kullanıldığı ve bütün kalıplar için 20 çevrim yapıldığı dikkate alınarak, sert malzemeler için daha sert aşındırıcılar (bor karbür gibi) kullanmak veya çevrim sayısını arttırmak gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Ancak, bu kalıplarda sürtünmeyi azaltmak için kullanılan yağın yüzeyde tutunabilmesi için yüzey pürüzlülüğünün çok azaltılması uygun değildir. Deneysel çalışmada 0.5 μm Ra değeri hedeflenmiştir.



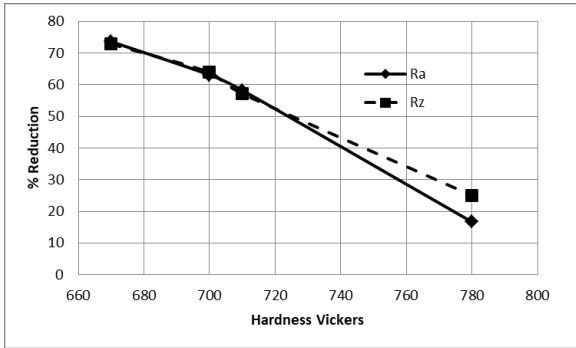
Şekil 3. Yüzey pürüzlülüğü (a) Ra (μm) (b) Rz (μm) tel erozyon kesimi sonrası (WEDM) ve aşındırıcı akışkanla işleme sonrası (AFM)



Şekil 4. Kalıpların Vickers sertlik değerleri

Beyaz Katman Tabakası

Elektro-erozyonla işlenmiş yüzeylerde oluşan beyaz katman tabakasının SEM görüntüsü Şekil 6a'da görülmektedir. Beyaz katman tabakası, ark oluşumu esnasında ergiyip tekrar yüzeye yapışan, pürüzlü ve çoğunlukla mikro-çatlaklar içeren sert bir tabakadır. Bu tabakanın, yüzey parlatma işlemiyle tamamen ortadan kaldırılması, hem yüzey kalitesi ve hem de kalıp ömrü açısından önemlidir. AFM işlemi sonrasında, beyaz katman tabakasının tamamen ortadan kaldırıldığı Şekil 6b'de görülmektedir.



Şekil 5. Yüzey kalitesindeki yüzde iyileşmenin malzeme sertliğine göre değişimi

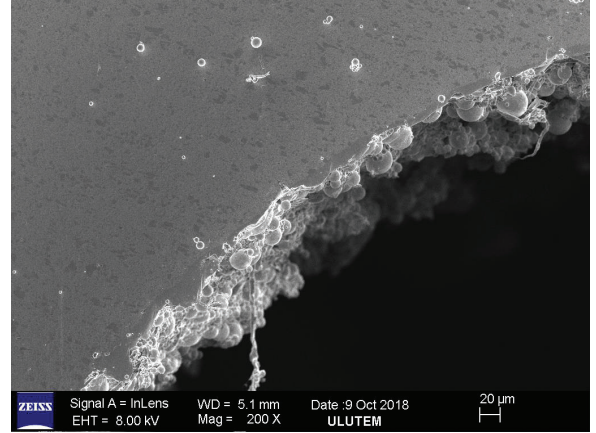
SONUÇ

Bu çalışmada, bağlantı elemanlarının şekillendirilmesinde kullanılan kalıpların, aşındırıcı akışkanla işlenmesinin yüzey kalitesine etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Çalışmadan aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir:

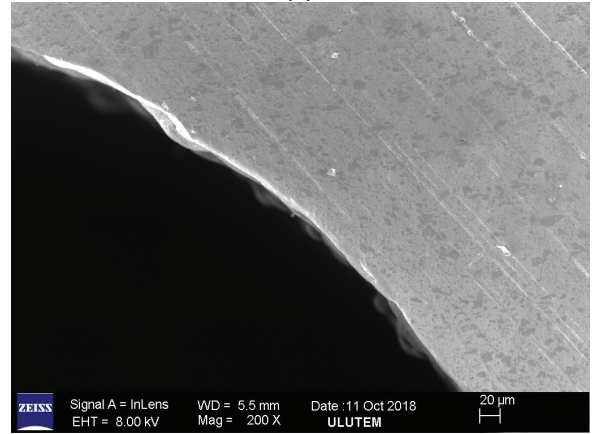
- Aşındırıcı akışkanla işleme (AFM) yöntemi, bağlantı elemanları kalıplarının parlatılmasında hızlı ve etkin bir yöntem olarak kullanılabilir.
- SiC aşındırıcı kullanılarak 20 çevrimde sonucunda yüzey pürüzlülüğü değerleri $Ra < 0.5 \mu m$ ve $Rz < 3 \mu m$ seviyelerine düşürülmüştür.

- Yüzey kalitesindeki iyileşme, iş parçasının sertliğine bağlı olarak %74 ile %17 arasında değişmektedir.

- Elektro-erozyonla elde edilmiş kalıp yüzeylerindeki beyaz katman tabakası, AFM yöntemiyle tamamen ortadan kaldırılmıştır.



(a)



(b)

Şekil 6. Beyaz katman tabakası (a) tel erozyon (WEDM)kesimi sonrası ve (b) aşındırıcı akışkanla işleme (AFM) sonrası

Finishing of Fastener Forming Dies by Using Abrasive Flow Machining Method

In this study, abrasive flow machining method (AFM) was used for surface finishing of fasteners (bolts, nuts, etc.) forming dies. The change in surface quality of the die components cut by wire electrical discharge machining was investigated by measuring the surface roughness before and after the abrasive flow machining process. The results showed that the white layer due to electrical discharge machining was completely eliminated and the final surface roughness (Ra) was reduced from $1.5 \mu m$ to $0.4 \mu m$. The increase in the surface quality is proportional to the hardness of the die material.

Keywords: Abrasive Flow Machining, Forging Die, Surface Processing

TEŞEKKÜR

Yazarlar, bu çalışmada kullanılan deney numunelerinin temininde yardımcı olan Norm Cıvata San. Ve Tic. A.Ş.'ne ve çalışmaya destek sağlayan Gaziantep Üniversitesi BAP birimine teşekkür ederler.

KAYNAKÇA

1. C. Kılıçaslan and U. İnce, Soğuk Dövme Kalıplarında Meydana Gelen Kırılma Sebeplerinin Nümerik Olarak İncelenmesi- Numerical Investigation of Failure Evolution on Cold Forging Dies, *Mühendis ve Makina* 57 (687) (2016) 65–71.
2. N.E. Kılınçdemir et al., Yenilikçi Kalıp Sistemleri Tasarımı İle Eksen Kaçıklığına Sahip Soğuk Dövme Parçalarının Üretimi, *Met. Dünyası Dergisi* (2016).
3. K. Gov, Abrasive Flow Machining of EDMed, Gaziantep University, 2014.
4. L. Rhoades, Abrasive flow machining: a case study, *J. Mater. Process. Technol.* 28 (1–2) (1991) 107–116.
5. V.K. Jain and S.G. Adsul, Experimental investigations into abrasive flow machining (AFM), *Int. J. Mach. Tools Manuf.* 40 (7) (2000) 1003–1021.
6. R.K. Jain and V.K. Jain, Finite element simulation of abrasive flow machining, *Proc. Inst. Mech. Eng. Part B J. Eng. Manuf.* 217 (12) (2003) 1723–1736.
7. V.K. Jain, C. Ranganatha, and K. Muralidhar, Evaluation of Rheological Properties of Medium for Afm Process, *Mach. Sci. Technol.* 5 (2) (2001) 151–170.
8. A.J. Fletcher and A. Fioravanti, Polishing and Honing Processes: An Investigation of the Thermal Properties of Mixtures of Polyborosiloxane and Silicon Carbide Abrasive, *Proc. Inst. Mech. Eng. Part C J. Mech. Eng. Sci.* 210 (3) (1996) 255–265.
9. K. Gov and O. Eyercioglu, Effects of abrasive types on the surface integrity of abrasive-flow-machined surfaces, *Proc. Inst. Mech. Eng. Part B J. Eng. Manuf.* 232 (6) (2018) 1044–1053.
10. A. Agrawal, V.K. Jain, and K. Muralidhar, Experimental determination of viscosity of abrasive flow machining media, *Int. J. Manuf. Technol. Manag.* 7 (2/3/4) (2005) 142.
11. V.. Gorana, V.. Jain, and G.. Lal, Experimental investigation into cutting forces and active grain density during abrasive flow machining, *Int. J. Mach. Tools Manuf.* 44 (2–3) (2004) 201–211.
12. T.R. Loveless, R.E. Williams, and K.P. Rajurkar, A study of the effects of abrasive-flow finishing on various machined surfaces, *J. Mater. Process. Technol.* 47 (1–2) (1994) 133–151.
13. O. Eyercioglu, K. Gov, and A. Aksoy, Abrasive Flow Machining Of Asymmetric Spur Gear Forging Die, in 6th Int. GAP Eng. Conf. – GAP2018, (2018): pp. 426–443.
14. K. Gov and O. Eyercioglu, Abrasive Flow Machining of Ti-6AL-4V, in Int. Sci. Technol. Conf., (2017): pp. 2146–7382.
15. K. Gov, O. Eyercioglu, and M.V. Cakir, Hardness effects on abrasive flow machining, *Stroj. Vestnik/Journal Mech. Eng.* 59 (10) (2013) 626–631.