

BİLYALI DÖVÜLMÜŞ AA2024 ALÜMİNYUM ALAŞIMININ AŞINMA ÖZELLİKLERİ

Remzi VAROL*, Recai Fatih TUNAY**

* Doç. Dr., Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi

** Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi

ÖZET

Bu çalışmada, doğal yaşlandırılmış AA2024 alüminyum alaşımına bilyeli dövme işlemi uygulanarak aşınma özelliklerinin nasıl değiştiği araştırılmıştır. Alüminyum numuneler S230 ve S170 çelik bilyeleri ile S13 cam bilye kullanılarak 16A-28A Almen şiddetlerinde bilyeli dövülmüştür. Dövülmemiş ve bilyeli dövülmüş numunelerin yüzey pürüzlülükleri ölçülmüştür. Bilyeli dövme sonrası yüzey pürüzlülüğünde önemli artışlar olmuştur. Bununla birlikte dövülen numunelerin yüzey sertlik değerleri de yükselmiştir. Dövülmemiş ve bilyeli dövülmüş numunelere kuru adhesiv aşınma deneyleri uygulanmıştır. Aşındırıcı olarak yüzey sertliği RC55 ve yüzey pürüzlülük m olan çelik takoz kullanılmıştır. Aşınma değeri $Ra=0.5$ deneylerinde $v=0.185m/s$ ve baskı kuvveti $F=8N-10N$ alınmıştır. Deney sonuçlarından yol- aşınma miktarı eğrileri çizilerek; yüzey kalitesi, yüzey sertliği ve baskı kuvveti büyüklüklerinin AA2024 alaşımında aşınma özelliklerine etkisi incelenmiştir. Bilyeli dövme sonrası AA2024 alaşımının yüzey sertliği ve pürüzlülüğünü artırmıştır. Çelik bilye ile dövme sonrası cam bilye ile dövme yapıldığında aşınma değerleri azalmaktadır.

Anahtar sözcükler: Bilyeli dövme, yüzey pürüzlülüğü, aşınma, doğal yaşlandırma

ABSTRACT

The changes in wear properties of natural aged AA2024 aluminum alloy after shot peening were investigated. Aluminum specimens were shot peened using S230, S170 steel shots and S13 glass beads to 16A-28A Almen peening intensities. Surface roughness of unpeened and shot peened specimens were measured. It was seen that, important increase in surface roughness were

determined after shot peening. In addition that surface hardness of peened specimens was also increased. Adhesive wear tests were applied to unpeened and shot peened specimens. A hardened steel block with RC55 surface hardness and m surface roughness was used as the abrasive material. $V=0,185$ m/s, $Ra=0.5$ sliding speed and $F=8N-10N$ loads were applied during wear tests. To study the effect of surface roughness, surface hardness and load on the wear properties of AA2024 alloy, using test results distance-weight loss curves were plotted and results were compared to each other. After shot peening surface hardness and surface roughness increase, for AA2024 Aluminum alloy shot peening with glass beads after steel shot peening with steel shots, surface roughness decrease.

Keywords: Shot peening, surface roughness, wear, natural aging

GİRİŞ

Bilyeli dövme; küre şekilli, küçük ve dövülecek malzemelerden daha sert değişik malzemelerden imal edilmiş bilyelerin işlem göreceğ parça üzerine kontrollü şartlarda püskürtülerek yüzeyde sınırlı plastik deformasyon oluşturulma işlemi olarak ifade edilir [1,2]. Bilyeli dövme genellikle soğuk uygulanan bir mekanik yüzey işlemi olmakla birlikte, son yıllarda ılık uygulamalarla ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Bilyeli dövmenin önemli avantajı, işlem göreceğ parçanın üretim yöntemine ve metalin cinsine bağılı olmaksızın uygulanabilirliğidir. Bazı durumlarda parça şekli sınırlamalar getirmekle beraber, işlem parametrelerinde değişiklikler yapılarak çözüme gidilebilmektedir [3]. Bilyeli dövme işlemi dövülen parçanın yüzeyinde heterojen plastik deformasyon oluşturarak, pekleşme yoluyla sertlik artışı ve daha önemlisi kalıcı gerilme oluşturur. Çok fazla sayıdaki bilyelerin akışı bir su jetine benzetilebilir. Bilye jeti içindeki bir tek bilye izole edilerek hareketi incelenirse; küre şekilli bir bilyenin düz bir yüzeye yüksek hızla çapması sonucu çarpışma bölgesinde dövülen malzemenin aktığı gözlenir. Tüm bilye jeti esas alındığında dövülen malzemenin yüzeyinde kısa süreli ve bölgesel akma olayı görülür. Bunun sonucu bilyeli dövülen parçanın yüzey sertliği pekleşme dolayısıyla artarken yüzey kalitesi değişmektedir. Dövülen parçanın dövme sonrası yüzey kalitesi bilye malzemesi, bilye çapı, bilye fırlatma hızı, doyurum oranı, dövülen parça malzemesinin yüzey sertliği ve cinsi gibi parametrelerin bir fonksiyonudur [4]. Dövülen sert malzemelerin dövme sonrası yüzey kalitesinde büyük değişiklikler meydana gelmezken, yumuşak malzeme yüzeylerinde genellikle pürüzlülük değerleri artmaktadır. Ancak dövme öncesi yüzey pürüzlülük değeri, dövme sonrası yüzey kalitesini etkilemektedir. Bilyeli dövme işleminin kendisi bir

bitirme işlemidir. Çok özel uygulamalar dışında ek bir bitirme işi gerektirmez. Dövme sonrası yüzey pürüzlülüğü parçanın kullanım yeri açısından bir kısıtlama getirmediği sürece ilave yüzey işlemi yapılmaz [1]. Yaygın kullanılan bilye malzemeleri dökme çelik, dökme demir, cam, paslanmaz çelik, kesme tel bilye ve seramiktir [5]. Bilyeli dövme işleminde belirlenecek en önemli büyüklük dövme şiddetidir. Dövme şiddetinin belirlenmesinde, standart Almen deney şeritleri kullanılmaktadır [6,7].

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Malzeme ve Yöntem

Deneylerde kullanılan AA2024 Alüminyum alaşımının kimyasal bileşimi Tablo 1'de verilmektedir. AA2024; dayanımı ve sertliği ısıtılabilir bir Al alaşımıdır. Ana alaşım elementi olarak Cu ve Mg içeren AA2024, tabii yaşlanabilen Al-Cu alaşımlarından mekanik özellikleri en iyi olan alaşımdır [8].

Tablo 1. Deneylerde Kullanılan AA2024 Alaşımının Kimyasal Kompozisyonu

Eleman	Cu	Mg	Mn	Fe	Al
% Ağırlık Oranı	4,20	1,20	0,60	0,17	Kalanı

Isıl ve Bilyeli Dövme İşlemleri

Yuvarlak kesitli, soğuk çekilmiş halde alınan 2024 Alüminyum 10mm çap değerine tornada işlenerek getirilmiştir. Malzemenin soğuk çekilmesi ve talaşlı işlenmesi esnasında meydana gelen 10mm çaplı artık gerilmelerin ortadan kaldırılması için çap, L=40mm uzunluğundaki numuneler, 415°C sıcaklıkta 3 saat tutulup havada yavaş soğumaları sağlanmıştır. Bir grup numuneye yumuşatma tavlama uygulanırken, diğer gruptaki numuneler doğal yaşlandırma işlemine tabi tutulmuşlardır. AA2024 alaşımı için en uygun doğal yaşlandırma şartları 500°C sıcaklıkta 30 dakika çözeltiye alma, suda soğutma ve sonra 7 gün süreyle oda sıcaklığında bekletme olarak alınmıştır [4] ve uygulanmıştır. Isıl işlem sonrasında

numuneler S170, S230 çelik bilye ve S13 cam bilye kullanılarak bilyeli dövülmüşlerdir. Her bir malzeme grubuna uygulanan ısıtma işlemi ve bilyeli dövme parametreleri toplu olarak Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Numunelere Uygulanan Isıtma ve Bilyeli Dövme İşlem Parametreleri

Malzeme Grup No:	Uygulanan Bilyeli Dövme ve Isıtma İşlemler
1	415° C'da 30 dak. Bekletme ve Fırında Soğutma (Yumuşatma Tavlama)
2	415° C'da 30 dak. Solüsyona Alma+Suda Soğutma+7 Gün Oda Sıcaklığında Doğal Yaşlandırma
3	Yumuşatma Tavlama Yapılmış+S170 Bilye ile 21-22A Şiddetinde Dövülmüş
4	Doğal Yaşlandırılmış+S170 Bilye ile 27-28A Şiddetinde Dövülmüş
5	Doğal Yaşlandırılmış+S170 Bilye ile 16-18A Şiddetinde Dövülmüş+S13 Cam Bilye ile Dövülmüş
6	Doğal Yaşlandırılmış+S230 Bilye ile 16-18A Şiddetinde Dövülmüş
7	Doğal Yaşlandırılmış+S230 Bilye ile 19-21A Şiddetinde Dövülmüş+S13 Cam Bilye ile Dövülmüş

Isıtma işlemleri SDÜ Makina Mühendisliği Bölümü Laboratuvarında bulunan Electromag ısıtma işlem fırınında gerçekleştirilmiştir. Bilyeli dövme işlemleri Micropeen-Peenmatic 2000S tezgahında gerçekleştirilmiştir. Bilyeli dövme sonrası numunelere herhangi bir ek işlem uygulanmamıştır.

Dövülmemiş ve dövülmüş numunelerin yüzey sertlik değerleri ölçülmüştür. Sertlik ölçme işlemi Karl Frank Weinheim cihazında Vickers ucu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Uygulanan kuvvet 1000 grf'dir.

Hommel Tester T1000 cihazı kullanılarak dövülmemiş ve dövülmüş tüm numunelerin yüzey pürüzlülük değerleri Ra cinsinden ölçülmüştür. Bu değerler yardımıyla bilyeli dövme işlem parametrelerinin yüzey kalitesine etkisi belirlenmeye çalışılmıştır.

Tablo 2'de işlem şartları verilen ısıtma işlem ve bilyeli dövme uygulanmış tüm numune guruplarına kuru halde adhesiv aşınma deneyleri uygulanmıştır. Aşındırılacak numuneler torna tezgahında aynaya bağlanarak $v=0,185\text{m/s}$ çevresel hızla dönmesi sağlanmıştır. Tüm deneylerde hız sabit tutulmuştur. Özel bir aparat yardımıyla aşındırıcı olarak kullanılan çelik takozun , numune üzerine $F=8\text{N}$ ve $F=10\text{N}$ kuvvetlerle basması sağlanmıştır. Aşındırıcı malzemenin yüzey sertlik değeri RC55 ve yüzölçümü 10mm^2 dir. Aşınma mey pürüzlülük değeri $Ra=0,5$ deneylerine başlamadan önce her numune 10-3 hassasiyetli terazide tartılmış ve her 100m yol alındıktan sonra deneye ara verilmiş, numuneler tekrar tartılarak ağırlık kayıpları tespit edilmiştir. Deneylere 1400m yol değerine kadar devam edilmiştir.

DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Dövülmemiş ve bilyeli dövülmüş numunelerin yüzey sertlik ve yüzey pürüzlülük değerleri Tablo 3'te verilmektedir. Tablo 3'te verilen malzeme gurup numaraları Tablo 2'de gösterilen malzeme gurupları ile aynıdır. Adı geçen malzeme guruplarına uygulanan ısıtma işlem ve bilyeli dövme işlemi şartları Tablo 2'de verilen şartlardır.

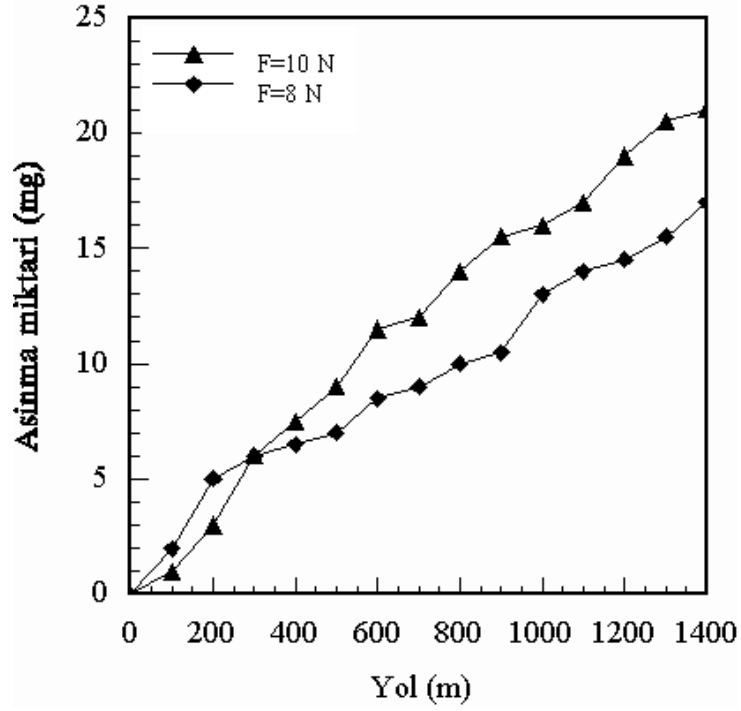
Kuru sürtünmede aşınma miktarı; hız, kuvvet, malzeme cinsi, malzeme yüzey sertliği ve yüzey pürüzlülük değerlerine bağlıdır [9]. Tablo 3 incelendiğinde, deneylerde kullanılan numunelerin yüzey sertlik değerlerinin doğal yaşlandırma sonrası uygulanan bilyeli dövme işlem parametrelerine bağlı olduğu gözlenmektedir. Yumuşatma tavlama sonrası malzemenin sertlik değeri VSD63 iken doğal yaşlandırma sonrası bu değer VSD120 olmuştur. Yumuşatma tavlama uygulanmış malzemenin bilyeli dövme sonrası sertlik değerinde %24 oranında artış meydana gelmiştir. Doğal yaşlandırılmış numunelerin bilyeli dövme sonrasında sertlik değerlerinde en büyük artış %13 mertebesinde dir. Bir soğuk işlem olan bilyeli dövme, AA2024 alaşımı yüzeyinde pekleşmeye neden olmuş ve yüzey sertliğini artırmıştır.

Tablo 3'te verilen yüzey pürüzlülük değerleri, bilyeli dövme işleminin dövülen malzemenin yüzey kalitesine etkisini göstermektedir. m̄Dövülmemiş numunelerin yüzey pürüzlülük değerleri Ra=0.5 m değerine m̄mertebesinde iken 27-28A Almen şiddetinde dövülme sonrası Ra=6.3 yükselmiştir. Dövme şiddeti arttıkça yüzey pürüzlülüğü artmaktadır. Çelik bilye ile dövme sonrası Cam bilye uygulanması durumunda yüzey pürüzlülüğünde azalma tablo 3'te verilen 4 ve 5 ile 6 ve 7 no'lu malzeme guruplarında gözlenmektedir.

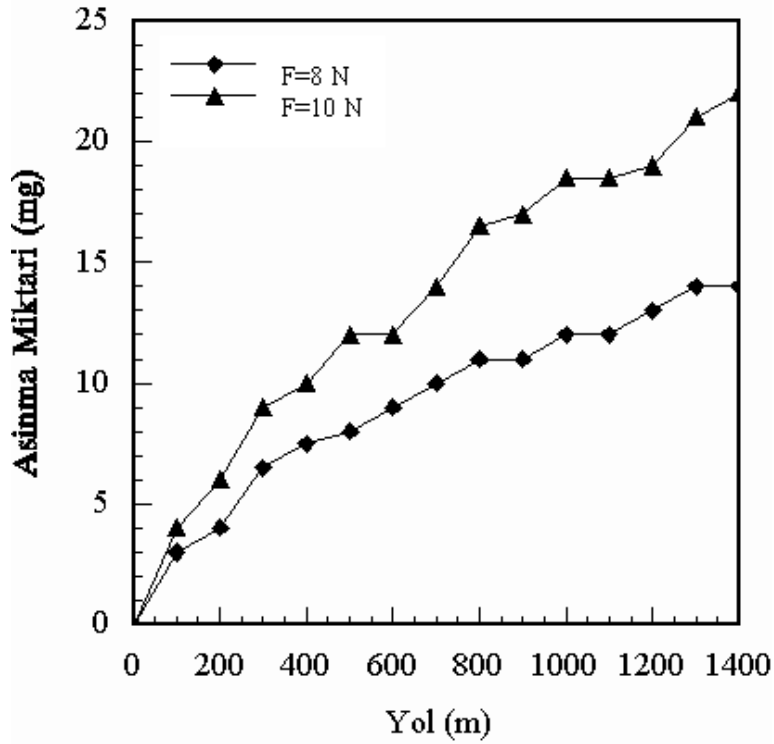
Tablo 3. Farklı Numune Guruplarının Yüzey Sertlik ve Pürüzlülük Değerleri

Malzeme Gurup No:	Yüzey Sertlik Değeri (VSD1)	Yüzey Pürüzlülük Değeri Ra (μ m)
1	63	0.5
2	120	0.5
3	78	4.9
4	126	6.3
5	129	5.4
6	142	6.1
7	135	3.9

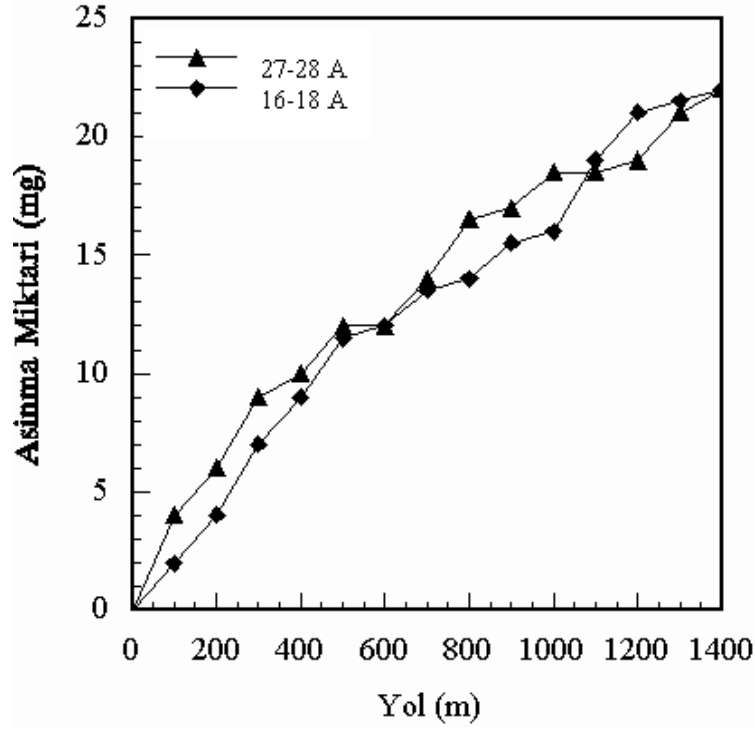
Doğal yaşlandırılmış ancak dövülmemiş numunelerin $v=0.185\text{m/s}$ hız ve $F=8\text{N}$, $F=10\text{N}$ baskı kuvveti şartlarında yapılan aşınma deneylerinin sonuçları kullanılarak çizilen yol-aşınma miktarı eğrileri Şekil 1'de verilmektedir. Herhangi bir bilyeli dövme işi yapılmadığından m̄dir. Burada, aşınma m̄her iki numune gurubunun yüzey kalitesi Ra=0.5 deneylerinde uygulanan baskı kuvvetinin etkisi görülmektedir. Başlangıç yol değerlerinde aşınma miktarları birbirine yakınken, artan yol değerlerinde aşınma miktarı farkları büyümektedir. Şekil 2, doğal yaşlandırma sonrası S170 bilye kullanılarak 27-28A şiddetinde dövülmüş AA2024 numunelerde baskı kuvvetinin aşınma miktarına etkisini göstermektedir. Bu m ve yüzey sertlik değeri m̄numunelerin yüzey pürüzlülüğü Ra=6.3 VSD129 dur. Şekil 1 ve Şekil 2'deki yol-aşınma miktarı eğrileri benzerlik göstermektedir.



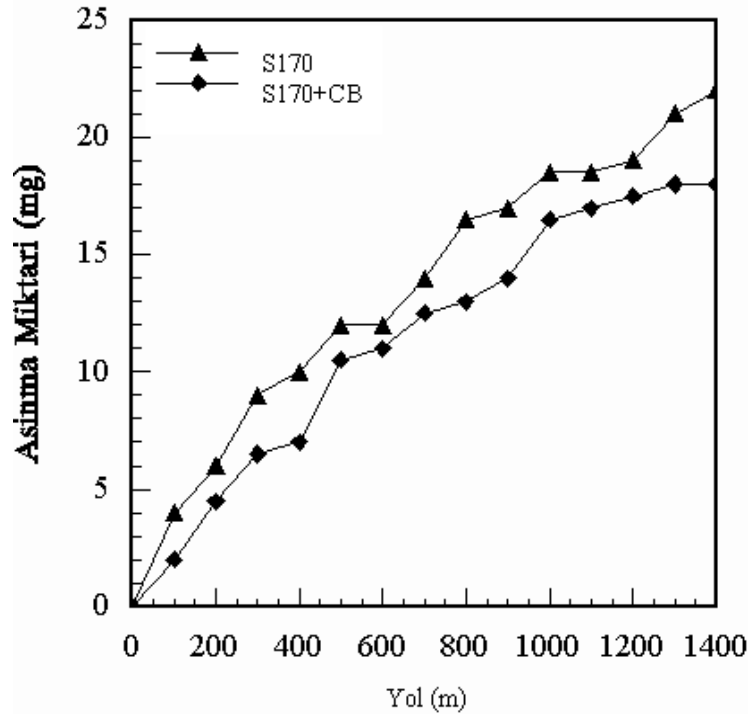
Şekil 1. Doğal Yaşlandırılmış AA2024 Alaşımında Baskı Kuvvetinin Aşınma Miktarına Etkisi



Şekil 2. Doğal Yaşlandırılmış ve S170 Bilye İle 27-28 A Şiddetinde Dövülmüş Numunelerde Baskı Kuvvetinin Aşınma Miktarına Etkisi



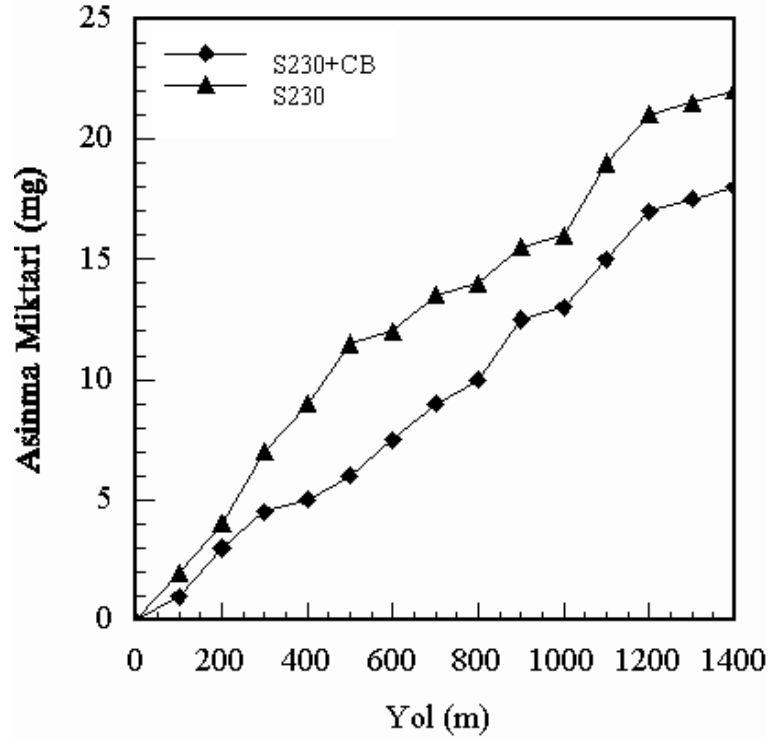
Şekil 3. Bilyeli Dövme Şiddetinin AA2024 Numunelerinin Aşınma Miktarına Etkisi



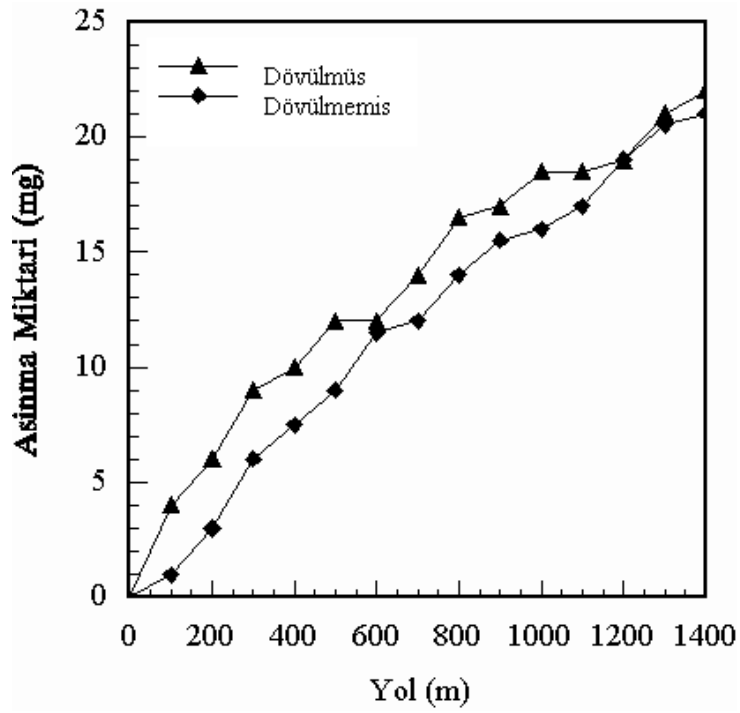
Şekil 4. İlave Cam Bilye İle Dövmenin Aşınma Miktarına Etkisi ($F=10N$, $S=170$ Bilye)

Bilyalı dövme işleminde en önemli parametre dövme şiddetidir. S170 bilye kullanılarak 27-28 A Almen şiddetinde dövülen numuneler için yüzey m ve yüzey sertlik değeri VSD129 dur. S230µpürüzlülüğü Ra=6.3 bilye kullanılarak 16-18A Almen şiddetinde dövülen numuneler için yüzey pürüzlülüğü m ve yüzey sertliği VSD142'dir. Yukarıda verilen şartlardaµRa=6.1 bilyeli dövülmüş numunelerin F=10N değeri için yol-aşınma miktarı ilişkisi Şekil 3'te verilmektedir. 27-28A şiddetinde dövülen numunelerin yüzey pürüzlülüğü daha büyük olmakla birlikte yüzey sertlik değeri daha düşüktür. Bundan dolayı başlangıç yol değerlerinde aşınma miktarları az miktarda da olsa yüksektir. Artan yol değerleri için aşınma miktarları birbirine yaklaşmaktadır. Bunun nedeni; başlangıçta yüzeydeki pürüzler aşınarak ortadan kalkmakta ve yüzeyden iç kısımlara doğru sertlik değeri düşmektedir. Bundan dolayı, belli bir yol alındıktan sonra aşınma miktarları birbirine yakın değerler olmaktadır. Çelik bilye ile dövmeye ilave olarak cam bilye kullanılarak yapılan dövme sonucu yüzey pürüzlülük değerleri küçülmektedir. Şekil 4, S170 çelik bilye ile dövme sonrası cam bilye kullanılarak dövülen numunelerin yol-aşınma miktarı ilişkisini göstermektedir. Cam bilye kullanılarak yapılan m'ye düşerkenµm'den 5.4 µilave dövme sonucu Ra değeri 6.3 yüzey sertlik değeri VSD129 dan VSD132'ye yükselmiştir. İlave cam bilye dövmesi aşınma miktarının azalmasına neden olmuştur. Benzer durum S230 bilye kullanılarak yapılan dövme için de geçerlidir. Şekil 5, S230 bilye kullanılarak yapılan dövme ve ilave cam bilye kullanılarak yapılan dövmenin aşınma miktarına etkisini göstermektedir. Tablo 3'te verilen değerler incelendiğinde, ilave cam bilye ile dövme sonrası yüzey sertlik değerlerinde önemli değişimler meydana gelmezken, yüzey pürüzlülük değerlerinde önemli düşüşler gözlenmektedir. Aşınma miktarlarındaki azalmada esas etkin olan özellik yüzey pürüzlülük değeridir sonucuna erişilmektedir. Şekil 4 ve Şekil 5'te verilen eğriler benzerlik göstermekle birlikte cam bilye uygulaması sonucu aşınma miktarlarındaki azalma (Şekil 5), S170 bilye kullanılarak yapılan dövme ve ilave cam bilye uygulaması sonucu ortaya çıkan aşınma miktarındaki azalmadan (Şekil 4) daha fazladır. Bunun nedeninin yüzey pürüzlülük değerlerindeki azalma miktarları arasındaki belirgin fark olduğu düşünülmektedir.

Şekil 6, doğal yaşlandırılmış; bilyeli dövülmüş ve dövülmemiş numunelerin yol-aşınma miktarı ilişkisini göstermektedir. Dövülmemiş m ikenµ 5 numunelerin yüzey pürüzlülük değeri Ra=0. m'dir.µS170 bilye ile 27-28A şiddetinde dövülmüş numunenin Ra değeri 6.3 Yüzey sertlik değerleri birbirine yakındır. F=10N için, dövülen numunelerin aşınma miktarlarının başlangıç yol değerlerinde yüksek olduğu gözlenmektedir. Yol değerleri arttıkça numunelerin aşınma miktarları birbirine yaklaşmaktadır. Bu durum yukarıda yapılan açıklamalara uygunluk göstermektedir.



Şekil 5. İlave Cam Bilye İle Dövmenin Aşınma Miktarına Etkisi ($F=10N$, S230 Bilye)



Şekil 6. Dövülmüş ve Dövülmemiş Numunelerin Yol-Aşınma Miktarları

SONUÇ

Doğal yaşlandırılmış ve yaşlandırma sonrası farklı Bilyeli Dövmeye parametreleri uygulanarak dövölmüş AA2024 Alüminyum alaşımının adhesiv aşınma deneylerinden aşağıdaki sonuçlar bulunmuştur.

1. Doğal yaşlandırma sonrası yapılan bilyeli dövme sonucu yüzey pürüzlölüğü ve sertlik değerleri artmaktadır.
2. Aynı şartlar için, aşınma deneylerinde uygulanan baskı kuvveti değerleri büyödükçe aşınma miktarı artmaktadır.
3. Bilyeli dövme sonrası cam bilye uygulaması aşınma miktarını azaltmaktadır.
4. Bilyeli dövmede en önemli parametre olan dövme şiddetinin aşınma miktarına etkisi, dövölmüş numunenin yüzey kalitesi ve sertliğine bağlı olmaktadır.

KAYNAKÇA

1. Varol, R., Meriř, C., "Bilyalı Dövmeye : Teori ve Uygulama", Mühendis ve Makina Cilt:34, Sayı : 405, Ekim 1993.
2. Varol, R., Sarıtaş, S., "Bilyalı Dövmeye İşleminin Fe Esaslı T/M Malzemelerin Yorulma Özelliklerine Etkisi" 1.Ulusal Toz Metalürjisi Konferansı, 16-17 Eylül Gazi Üniversitesi, Ankara,1996.
3. Çetin, R., Varol, R., "Bilyalı Dövmeye İşlem Parametrelerinin Yorulma Ömrü Üzerine Etkisi" 4.Denizli Malzeme Sempozyumu, s.427-435, 24-26 Nisan 1991.
4. Çetin, R., Varol, R., Gavgalı, M., "Bilyalı dövme İşleminin 2024-T4 Alüminyum Alaşımının Yüzey Pürüzlölüđü ve Yorulma Ömrü Üzerine Etkisi", 5. Denizli Malzeme Sempozyumu, s.379-388, 7-9 Nisan 1993.
5. Niku-Lari, A., "Shot Peening", 1st Int. Conf. On Shot Peening, Sept. 1981, Paris, Perg. Press,Oxford.
6. Almen, J.O., Shot Peening, Kent's Handbook for Mech. Eng'ns, pp.20-40
7. Campaigne, J., "Controlled Shot Peening", The Shot Peener, 2nd ed. Mishawaka, pp.1-11, 1986.
8. Yölek, M., "Havacılık ve Uzay Sanayi İçin Malzemeler", Müh. ve Mak. sa.338, s.20-23,1988.

9. Yılmaz, F., "Sürtünme ve Aşınma", 9. Uluslararası Met. ve Malzeme. Kong. 11-15.06.1997, İstanbul, s.229-256.