

Bilyeli Dövme Uygulanmış AA1050 Alüminyum Malzemenin Metalografik İncelenmesi

Zehra ALKAN*¹, Remzi VAROL², Ramazan SELVER²

¹Süleyman Demirel Üniversitesi, Keçiborlu MYO, Makine ve Metal Teknikerliği Bölümü, 32700, Isparta

²Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, 32260, Isparta

(Alınış / Received: 28.07.2015, Kabul / Accepted: 13.06.2016, Online Yayınlanma / Published Online: 22.06.2016)

Anahtar Kelimeler

AA1050 alüminyum malzeme,
Bilyeli dövme,
Metalografik inceleme

Özet: Bu çalışmada bilyeli dövme uygulanmış AA1050 malzemenin metalografik incelemesi yapılmıştır. Bilyeli dövme işleminde S230, S330 ve S460 bilyeler seçilmiştir. Bilyeli dövme işlemi hazırlanan numunelere uygulanmıştır. Bilyeli dövme işlemi uygulanmadan önce ısıl işlem yapılmıştır. Metalografik incelemeler sonucunda AA1050 malzemede oluşan deformasyon etkisiyle içyapıda ve yüzey kalitesinde değişimler gözlenmiştir. Bilye çaplarındaki büyüme dövülen bölgede deforme olan tabaka kalınlığında artışa sebep olmuştur. AA1050 malzemede bilyeli dövme işlemi sonucunda aşırı plastik deformasyona uğramış bölgelerin yer yer hasara uğradığı tespit edilmiştir.

Metallographic Examination of Shot- Peened AA1050 Aluminium Material

Keywords

AA1050 aluminium material,
Shot peening,
Metallographic examination

Abstract: In this study, metallographic investigation was carried out on shot peened AA1050 aluminium material. S230, S330 and S460 steel shots were selected and used for shot peening process. Shot peening was applied prepared samples. Heat treatment was made prior to shot peening process. As a result of metallographic examination, changes were observed in the micro structure and surface quality due to plastic deformation of the AA1050 material. Increasing the shot diameter, an increase in layer thickness deformed in shot peened surface was observed. In AA1050 material, as a result of shot peening process, a damage at some areas of severe plastic deformation surfaces was determined.

1. Giriş

Bilyeli dövme işlemi dövülecek malzeme üzerine bu malzemeden daha sert, genellikle küre şekilli dökme demir, çelik, cam, seramik gibi malzemelerden yapılmış bilyelerin dövülecek malzeme üzerine batmasını sağlayacak büyüklükte bir hız verilerek fırlatılması ile yapılan bir mekanik yüzey işlemidir. Dövme etkisi dövülen parçanın birim yüzey alanı başına çarpan bilye sayısına, kullanılan bilyelerin kütlesi, hızı, şekli ve boyutlarına bilyelerin fırlatılma açısı ve özelliklerine, bilye malzemesi ve dövülen parça malzemesine bağlıdır. Bilye malzemeleri dökme çelik, dökme demir, cam, paslanmaz çelik, kesme tel ve seramiktir. Bilye boyutunun dövülen parçayı hasara uğratmayacak maksimum büyüklükte bilye çapı olması genel kuraldır. Yüksek dövme şiddeti gerektiğinde, diğer parametreler sabit kabul edilirse, büyük bilye çapı seçilmesi tavsiye

edilmektedir. Dövülen malzemenin sertliği ne olursa olsun, bilye çapı büyüdükçe plastik deformasyona uğramış tabaka derinliği artmaktadır. Ayrıca dövülen malzemelerin sertlik değeri düştükçe, söz konusu tabaka derinliğinin hızla arttığı gözlenmektedir [1].

Bilyeli dövme işleminde, işlem parametreleri olarak bilye sertliği, çapı ve hızı ve bunların ısıl etkilerle bağıntıları ele alınabilir. Bu durumda özellikle yüksek çarpma hızlarında sıcaklığın artık gerilme alanını etkilediği ortaya çıkmış ve bilye hızının artmasının oldukça fazla plastik deformasyona sebep olduğu görülmektedir. Ayrıca bilye çapının artması plastik deformasyon bölgesinin büyümesine sebep olmaktadır [2].

Bilyeli dövme ve farklı bir yüzey işlemi arasında yorulma aşınması miktarı karşılaştırılabilir. Titanyum alaşımının yorulma aşınması direncini iyileştirmek

için iyon ark kaplama tekniği yapılır. Bunun için 350 °C'de TC17 titanyum alaşımı üzerine TiN/Ti kompozit kaplama uygulanır. Daha sonra yüksek sıcaklıkta yorulma aşınması direnci, yağlama özellikleri, sünekliği, mikro sertliği, yapıştırma mukavemeti gibi özellikler incelenebilmektedir. İyon ark tekniği ile kaplama sonunda yüksek sertlikte uygun süneklik, mükemmel yapışma mukavemeti ve yüksek yatak dayanımı gibi özellikler görülmektedir. TiN/Ti kompozit kaplama yapıldıktan sonra bilyeli dövme uygulanmış Ti alaşımında yorulma aşınması direncinin tek başına bilyeli dövme uygulanmış ya da tek başına kaplama yapılmış duruma göre daha düşük olduğu görülebilir [3].

Bilyeli dövme işleminin tane boyutuna etkisi incelendiğinde düşük karbonlu çelik ve ticari saflıkta titanyum malzemelerde Almen dövme şiddetinin (ADŞ) azalması ile yüzey sertlik değerlerinde de azalmanın gerçekleştiği görülmüştür. Ayrıca Almen dövme şiddeti azaldıkça malzemelerin yüzeyine uygulanan plastik deformasyon o oranda azalmaktadır. Aşırı bilyalı dövme ile aşırı plastik deformasyon, yüzeyde ve yüzeyin hemen altındaki bölgelerde yaklaşık 50 µm lik bir tabakada tanelerin incelmeye neden olmaktadır. Optik ve taramalı elektron mikroskop (SEM) görüntülerinden elde edilen bu tabaka görüntülerinde iç kısımlardaki orijinal tanelerden farklı olarak uzamış ve deforme olmuş tanelerin varlığına rastlanılmaktadır. Özellikle C4-6 ADŞ ve daha ağır bilyalı dövme şartlarında aşırı plastik deformasyonla birlikte oluşan ince taneli tabakaların yanı sıra yüzeyde çok sayıda çatlak oluşmaktadır [4].

Bir alüminyum alaşımı olan AA 2024'e Zn esaslı bilye ile dövme işlemi uygulanarak yüzey sertleştirilmesi yapılan bir çalışmada farklı bilyeli dövme şartlarında dövülerek mekanik özelliklerin değişimi araştırılmıştır. Bilyeli dövme işlemi 0.3 MPa hava basıncı ile uygulanmıştır. Bilyeli dövme işlemi sonucunda AA 2024 malzemenin yüzey sertliği 65 HV den 140 HV kadar çıkmıştır. Bu çalışma sonucunda dövme yapılan bölge boyunca birkaç yüz nanometre derinlikte aşırı plastik deformasyon bölgesi elde edilmiştir. Bu bölgede Al ve Zn tabanlı nano kristalli mikro yapı oluşmuştur. Bu yapı içindeki tane boyutları Al için 87 nm ve Zn için 13 nm ortalama boyutlara sahiptir. Bu çalışma sonucunda Zn esaslı bilye kullanılarak yapılan dövme işlemi sonrası yüzeyde mekanik alaşımlama oluşturulmuş, çökelmiş ikinci faz niteliği taşıyan bir yapıya sahip ince bir dövülmüş tabakanın varlığı belirlenmiştir [5].

Al alaşımı 7075-T651 malzemesinin yorulma ve mikro sertlik özellikleri farklı dövme şartları ile bilyeli dövme işleminden sonra ortaya çıkan değişim araştırılmıştır. Bu araştırma sonuçlarına göre bilyeli dövme işleminin dinamik yükler altındaki elemanlarda olumlu etkiler oluşturduğu ortaya konulmuştur. Bilyeli dövme işlemi sonucunda

AA7075-T651 malzemesinde yorulma dayanımında artış, yüksek gerilme uygulanmış numunelerde, yaklaşık iki katına çıkmıştır. Yüzeyde oluşturulan artık basma gerilme bölgesi çatlak oluşumunu geciktirmiş ve/veya daha iç kısımlarda çatlak oluşmasına neden olmuştur [6].

Bilyeli dövme, dövülen malzemenin yüzeyinde, ince bir tabakada kalıcı baskı gerilmesi meydana getirirken aynı anda malzemenin dövülmeyen iç kısımlarında dövülen yüzey tabakası derinliği arttıkça büyüyen kalıcı çekme gerilmesi meydana getiren bir yüzey işlemidir. Bu çalışmada bilyeli dövme için AA 1xxx serisine ait AA 1050 levha halinde bulunabilecek alaşımsız teknik alüminyum olarak da isimlendirilen AA1050 malzemesi seçilmiştir. Bu malzeme alaşım elemanı bulundurmaz. Bu nedenle yumuşak ve dayanımı düşüktür. AA1050 malzemenin kolay plastik deforme edilebilme özelliğinden dolayı bilyeli dövme işleminden sonra tane yapısındaki değişimlerin kolay incelenebilmesi açısından özellikle seçilmiştir.

2. Materyal ve Metot

Al alaşımlarının yoğunluk değerleri düşüktür. AA1050 malzeme yumuşak ve dayanımı düşük, plastik olarak şekillendirilebilme özelliği ise çok iyidir.

AA1050 malzemesinin yüzey özelliklerini tespit etmek için ilk önce dövme işlemi uygulanacak numunelerin dövme şartları ve boyutları belirlenmiştir. Bu numunelerin hazırlanmasında 3 mm kalınlığında 120 mm x 120 mm boyutlarında ısıl işlem görmüş levha malzemeler kullanılmıştır.

Dövme işlemi sırasında numuneler 25 mm çapında dairesel olarak dövülmüştür. Dairesel numuneler için dövme işlemine ait dövme parametreleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. AA1050 malzemenin dairesel çaplı deney numuneleri için dövme parametreleri

Bilye Tipi	S-230	S-330	S-460
Dövme Süresi (s)	20	20	20
	40	40	40
	60	60	60
	80	80	80
	100	100	100
	120	120	120

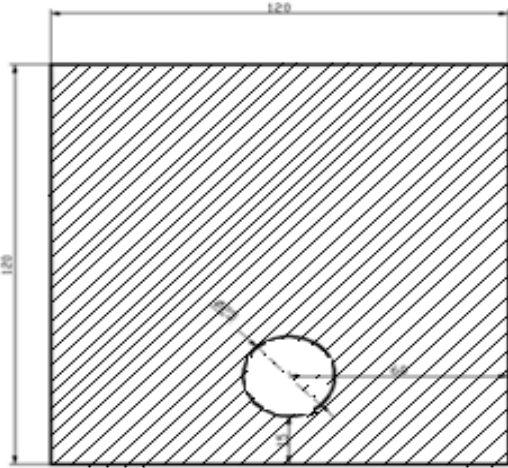
Bu çalışmada AA1050 malzemedeki dövme işlemi sonucu farklı bilye çapı ve dövme sürelerine bağlı olarak ortaya çıkan plastik deformasyona uğramış tabaka kalınlıklarının tespiti yapılmıştır. Bunun için belirlenen dövme parametreleri kullanılarak dövülen malzemelerin optik mikroskop görüntülerinden

tabaka kalınlıkları alınmıştır. Tabaka kalınlığı ölçümü en az üç defa alınarak bu ölçümlerin ortalaması değerlendirilmeler için kullanılmıştır.

2.1. Deneysel çalışmalar

AA1050 malzeme için ısıl işlem olarak gerilme giderme tavlama yapılmıştır. Bu amaçla uygun boyutlara getirilerek hazırlanan AA1050 numuneleri 350 °C 'de 1 saat bekletildikten sonra fırında yavaş soğumaya bırakılmıştır. Uygulanan bu ısıl işlem sonucu malzemede mevcut olan artık gerilmeler ortadan kaldırılarak, malzemeler bilyeli dövmeye hazır hale getirilmiştir. Bu işlemlerden sonra bilyeli dövmeye işlemi uygulanacak Al levhalar için dövmeye parametreleri belirlenmiştir.

Isıl işlem görmüş AA1050 malzemeler, Tablo 1'de verilen dövmeye parametrelerine göre dairesel 25 mm çapında ve 3 kalınlıkta numunelere bilyeli dövmeye işlemi yapılmıştır. Bu işlemin sağlıklı olabilmesi için Şekil 1'de görüldüğü gibi master boyutlandırılarak hazırlanmıştır.



Şekil 1. Dairesel çaplı numuneler için dövmeye master ölçüsü

Koruyucu master bilyeli dövmeye işleminde çok uygulanan bir yöntemdir. Sadece dövülecek kısma bilyelerin çarpması, diğer kısımların korunması amaçlanmaktadır. Taralı alan bilyelerin çarptığı sırada numunenin korunması için kapatılan bölgeyi göstermektedir.

Belirlenen her bir dövmeye süresi boyunca malzemeler üzerindeki koruyucu mastardan dolayı sadece master üzerindeki açık alan dövmeye işlemine tabi tutulmuştur. Dövmeye süreleri ve dövmeye işlem sırası belirlenen malzemeler dövülerek hazır hale getirilmişlerdir.

AA1050 malzemesinin mikro yapı özellikleri ve tane boyutu değişimleri incelenmiştir. Dövülen yüzeye dik kesitte inceleme yapabilmek için numuneler enine kesilmiştir. Alüminyum numunelerin yüzeyine barker metodu ile elektro dağlama yapılmış ve ZEISS marka optik mikroskopla görüntülenmiştir. Dövmeye şartları

tüm işlemlerde aynı tutulmaya çalışılmıştır. Dövmeye şartlarında; bilyelerin sabit hızla parçaya vurmasını sağlayacak eleman olan nozul ucu ile iş parçası arasındaki mesafe 10-15 cm, nozul ucu ile iş parçası arasındaki açı 90° olarak sabit tutulmuştur. Dövmeye şartlarının sabit tutulmasıyla aktarılan enerji sadece bilye hızı ve bilye kütlesine bağlı olacaktır. Burada değişken sadece bilye çapı olduğu için dövmeye işlemi sırasında bilyelerin taşıdığı kinetik enerji bilye kütlesinin bir fonksiyonudur. Bu sebeple bilye kütlesi (çapı) küçüldükçe, aktarılan enerji azalır. Böylece soğuk dövmeye işlemi sonucunda plastik deformasyon esnasında tane kırılması daha da azalmış olur.

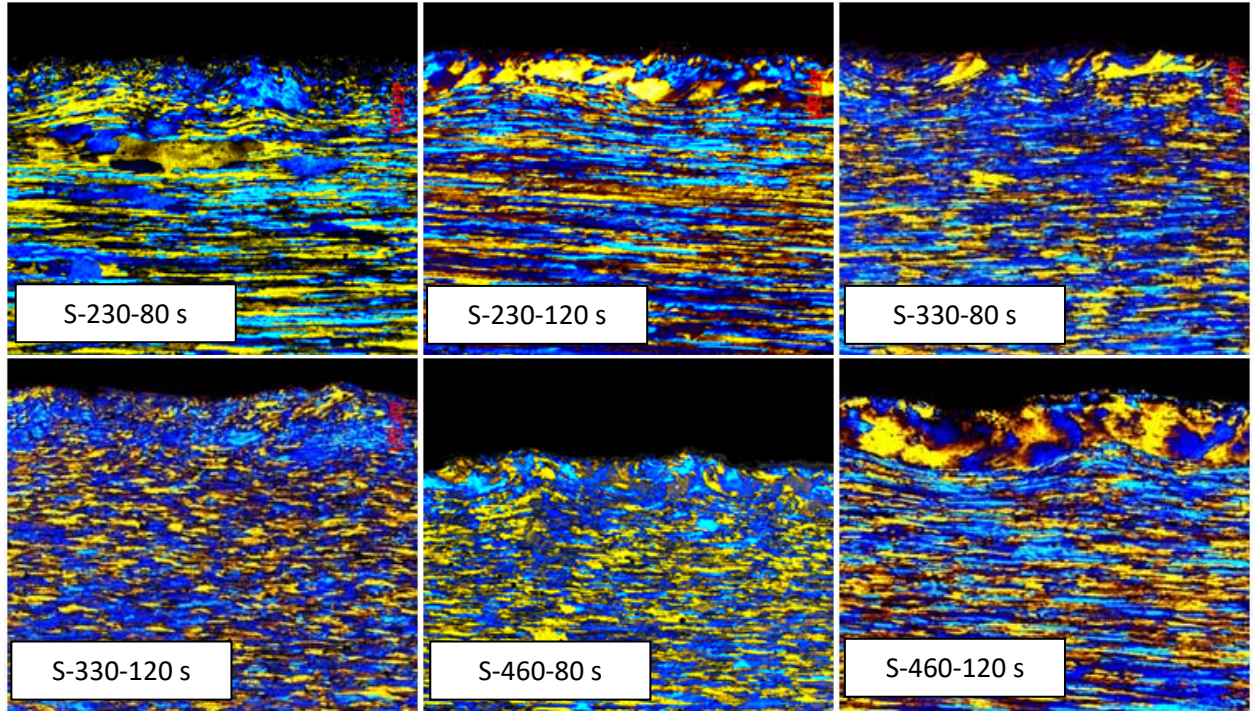
3. Bulgular

Şekil 2'de AA1050 ısıl işlem görmüş malzemenin S230, S330, S460 çelik bilye kullanılarak 80 s ve 120 s dövmeye süresi içyapı görüntüleri verilmiştir [7]. Burada dövmeye işlemi sonrasında AA1050 malzemede oluşan deformasyon etkisiyle haddelenmiş haldeki tane yapısında değişimler ve yüzey kalitesinde bozulmalar dikkati çekmektedir. Burada içyapısı görülen dövülmüş malzemeler karşılaştırıldığında S230 bilye çapı için süre arttıkça tane boyutlarındaki değişim açıkça görülebilmektedir. Tane inceliği artmaktadır. Tane kırılması soğuk deformasyon ile oluşur. Bunun ortaya çıkabilmesi için hacimsel dövmeye olduğu gibi dışarıdan enerji verilerek yeni yüzeylerin oluşturulması gerekir. Bilyeli dövmeye sadece yüzeyde soğuk dövmeye olduğu için "V" hızına sahip "m" kütleli (S230, S330, S460 küre şekilli bilyelerin kütlesi) bilyelerin kinetik enerjisi dövülen levhalarda yüzeye çarpma esnasında yüzeydeki bir tabakada bilyelerin sahip olduğu enerji harcanarak yeni yüzeylerin oluşumu gerçekleşmiştir. Bu durum mevcut tanelerin kırılarak tane inceliğinin ortaya çıkması anlamına gelmektedir. Dövmeye işlemi ile aşırı plastik deformasyonun etkisi numunede sadece yüzeyde belli kalınlıkta tabakada oluşmaktadır. Bilye çaplarının küçülmesiyle aktarılan enerjinin düşmesi sonucu tane kırılması daha az meydana gelmiş, dövülerek deforme edilmiş tabaka kalınlığı da azalmıştır. Bilye çapının büyümesi ise dövülen bölgede dövülerek deforme edilen tabaka kalınlığında artışa sebep olmuştur.

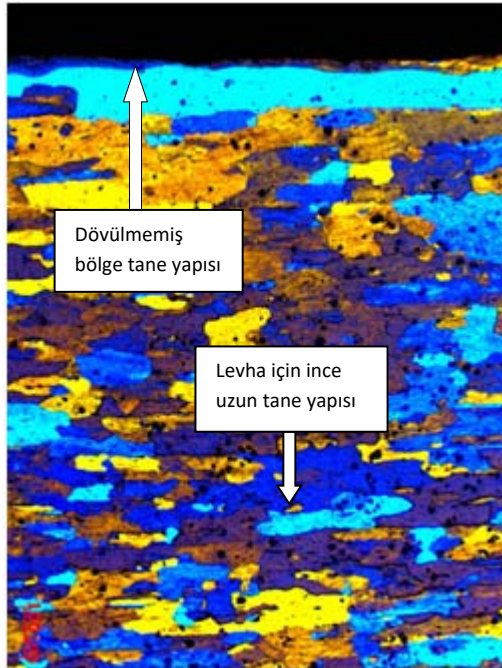
S460 bilye çapı için dövmeye süresi arttıkça iç yapıdaki değişim görülebilmektedir (Şekil 2). Dövmeye işleminin ya da aşırı plastik deformasyonun etkisi ile numune yüzeyinde bir tabaka oluşmasına rağmen iç bölgelerde tane yapısı değişmemektedir.

Deformasyon bölgeleri ve tane inceliği görülen artık baskı gerilmeli tabakanın kalınlığı dövmeye süresindeki artışla daha da belirgin hale gelmektedir.

Şekil 3'de de dövmeye işleminin uygulanmadığı AA1050 malzemede tane yapılarının ince uzun yönelmiş ve levha için uygun tane yapısında olduğu görülmektedir.



Şekil 2. AA1050 ısıtılmış malzeme S-230-330-460 bilye çapı ve dövme süresi 80-120 s için mikro yapı görüntüleri (x50)



Şekil 3. AA1050 ısıtılmış dövülmemiş numune (x50)

3.1. Bilyeli dövme işlemi parametrelerinin plastik deformasyona uğramış tabaka kalınlığına etkisi

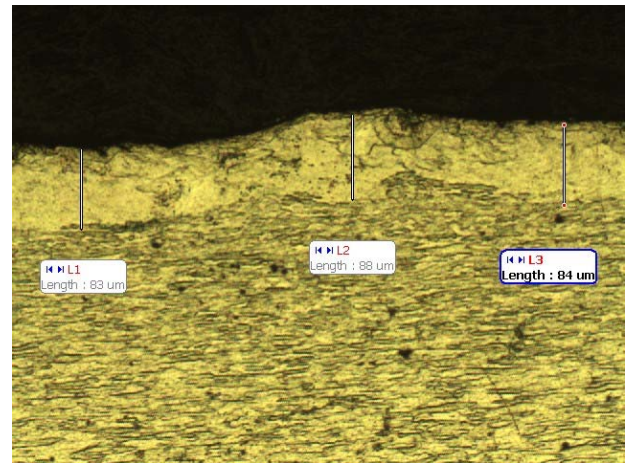
AA1050 malzeme için optik mikroskopla yapılan ölçüm sonuçlarının ortalamaları Tablo 2'de verildiği gibidir.

Bu sonuçların elde edilmesinde kullanılan S460 bilye çapı ve dövme süresi 80 s şartlarında dövülen numunenin tabaka kalınlığı ölçümlerinin alındığı,

örnek görüntü Şekil 4'te verilmiştir. Şekil 4'te S460 bilye çapı ve 80 s dövme süresi şartlarında dövülen AA1050 levha numunenin tane incelmeye uğramış tabaka kalınlığının ölçümü ve bulunan rakamlar verilmektedir.

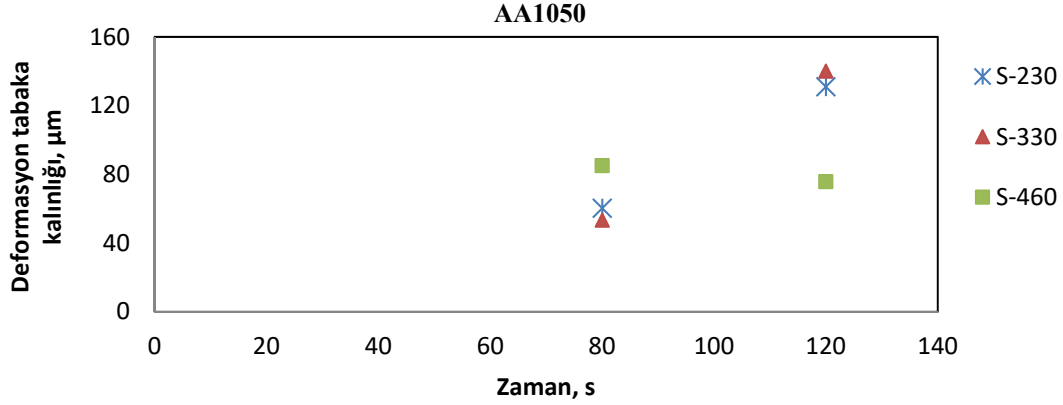
Tablo 2. AA1050 Isıl işlem görmüş malzemenin deformasyon tabaka kalınlığı

Süre [s]	Tabaka Kalınlığı [μm]		
	S-230 Çift	S-330 Çift	S-460 Çift
80	60	53	85
120	131	140	75



Şekil 4. S460 bilye çapı ve 80 s dövme süresi olan AA1050 numunenin tabaka kalınlığının tespiti (x100)

Burada, diğer numunelerde olduğu gibi, üç veya dört farklı noktadan tabaka kalınlığı ölçümü yapılmıştır.



Şekil 5. AA1050 için dövme süresi ve deformasyon kalınlığı arasındaki ilişki

Ölçüm değerlerinin yer yer kısmi değişiklik göstermesi yüzeyin dövülme homojenliğine, bilyelerin taşıdığı enerji miktarına, her bölge veya noktanın bilyelerce çarpışma sayısı veya yoğunluğuna bağlıdır. Şekil 4'te verilen metal mikroskobu görüntüsünde bilyeli dövme sonrası soğuk plastik deforme olmayan iç bölgeler gözle belirgin bir şekilde ayırt edilebilmektedir.

AA1050 malzeme için bilyeli dövme işleminde kullanılan bilye çapı değerleri ve dövme süresine bağlı olarak dövülmüş tabaka kalınlığı değerleri Şekil 5'te verilmektedir. AA1050 malzeme için bilye çapı sabit tutulduğunda dövme süresi arttıkça işlem sonrası plastik deformasyona uğramış tabaka kalınlığı genel olarak artmaktadır. S230 ve S330 bilyelerin kullanılması durumunda dövme süresinin 80 s 'den 120 s'ye çıkarılması durumunda tabaka kalınlığı hızlı bir artış gösterirken, S460'da bu durum ortaya çıkmamıştır. S460 bilye 'de ortalama çap 1,16 mm iken S230 bilye için bu rakam 0,58 mm mertebesinde. Hava basıncının dövme işlemleri esnasında sabit olmasından dolayı S460 bilyenin yüzeye çarpma hızının diğer bilyelere göre daha düşük olmasına sebep olmuştur. Bilye kütlesi (m) ve (V) bilye hızına bağlı aşağıdaki gibi ifade edilen aktarılan enerji (E), denklem (1)'de verildiği tarzda oluşacaktır.

$$E = \frac{1}{2} m V^2 \quad (1)$$

Bu eşitliğe göre S460 bilye ile yapılan dövme işlemi esnasında dövülen yüzeye aktarılan enerjinin daha az olması nedeniyle S460 bilye için bu aralıkta deformasyon tabaka kalınlığında artış görülmemiştir.

3.2. AA1050 malzemede aşırı dövmenin içyapıya etkisi

Şekil 6 ve Şekil 7'de AA1050 malzemenin S-230 ve S-330 bilye çaplarında 120 s dövme süresi şartlarında aşırı dövme etkisi sonucu ortaya çıkan içyapıları görülmektedir [7]. Burada malzemenin içyapısında ve yüzeydeki bozulmaya sebep sırasıyla homojen

olmayan dövme işlemi ve 120 s süre gibi oldukça fazla süreli dövme işleminin aşırı plastik deformasyona neden olmasıdır.

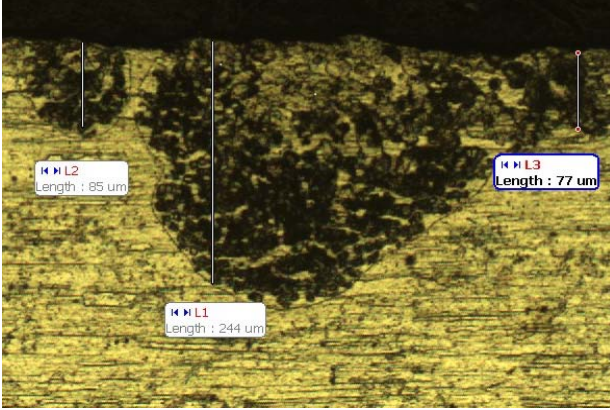
Dövme süresi t arttıkça aktarılan enerji artmaktadır. İç bölgelerde elastik deformasyon oluşurken yüzey bölgesine aktarılan enerji miktarı arttıkça aşırı dövme etkisi ortaya çıkmaktadır. Yüzeyin bir bölge veya noktasında dövme esnasında çok kısa süreli bekleme yapıldığında o nokta veya bölge (Şekil 6'da 244 µm derinlikli bölge) daha aşırı dövülmektedir. Aşırı bilyeli dövmenin bir başka zararlı etkisi Şekil 7'de 256 µm derinlikli bölgede ortaya çıkan yüzeysel çatlamlar ve parçalanmadır. Şekil 6 ve Şekil 7'de verilen aşırı dövme etkileri bilyeli dövme işleminde istenmeyen durumlardır. Mümkün mertebe bu tür etkilerden kaçınmak gerektiği açıktır. Bu nedenle her bir malzeme grubu/ alaşımı için optimum bilyeli dövme şartlarının belirlenmesi çok önemli ve gereklidir.

Yılmaz (2004) demir esaslı parçalara farklı yüzey sertleştirme işlemleri uygulanması ve bu işlemlerin malzeme üzerindeki etkilerini araştırdığı çalışmada bilyeli dövme sonucu malzeme içyapısını da araştırmıştır. Aşırı iç gerilmeler içeren numunelerin soğuk bilyeli dövme işlemi sonrasında yüzeyde bozulmalar, bölgesel kırılmalar tespit etmiştir. Bu bozulmalar ve kırılmalar Şekil 6 ve 7'de görülen yapıya benzerlik göstermektedir [8].

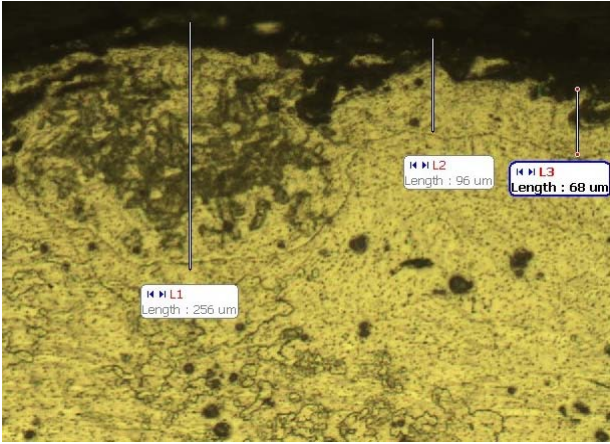
Aşırı plastik deformasyon sonucu malzeme yüzeyinde bozulmalar meydana gelmiştir. Soğuk dövme sırasında plastik deformasyon oluşmakta, dövülen malzemenin yüzey tabakasında pekleşme ve sertlikte artış meydana gelmektedir. Böylece malzemenin daha gevrek bir yapıya sahip olması söz konusudur. Soğuk deformasyona devam edilmesi (dövme şiddeti ve dövme süresinin yüksek olması) hasarın oluşumuna neden olmuştur.

Malzemelerin içyapılarına bağlı özellikler akma mukavemeti ($R_{p0.2}$), sertlik, çekme mukavemeti (R_m), süneklik, kırılma tokluğu, yorulma dayanımı, sürünme dayanımı, korozyon direnci, aşınma, termal

iletkenlik, elektrik iletkenliği olarak sayılabilir. Malzemelerin içyapılarına bağlı olmayan özellikleri elastisite modülü E, yoğunluk, poisson oranı, ısıl genişleme katsayısı ve özgül ısı kapasitesidir [9]. Dolayısıyla mekanik yüzey işlemi olarak bilyeli dövme, malzemelerin pek çok özelliğini değiştirebilecek bir kapasiteye sahip olduğu açıktır.



Şekil 6. AA1050 malzemenin S-230 çaplı bilye ile 120 s süre dövme sonucu görülen aşırı deformasyon (x100)



Şekil 7. AA1050 malzemenin S-330 çaplı bilye ile 120 s süre dövme sonucu ortaya çıkan aşırı deformasyonun yüzeyi bozması (x100)

4. Tartışma ve Sonuç

AA1050 malzemede dövme işleminin etkisi dövülen numunenin yüzeyinde en fazla 150 µm'lik bir tabakada olduğu belirlenmiştir. Bu değer daha önceki yapılan çalışma sonuçları ile uyumludur. Aşırı plastik deformasyona uğramış tabaka kalınlığı bilyeli dövme işlemi parametrelerine göre değişmektedir. Dövme şiddetinin yüksek değerlere eriştiği durumlarda dövülmüş yüzeyde bozulmalar (hasar olarak nitelendirilebilecek değişimler) ortaya çıkmıştır. Plastik deformasyonun oluşması, tane kırılmasının gerçekleşmesi için daha büyük enerjiye ihtiyaç vardır. Dövülen malzemenin sertlik ve dayanım değeri, yüzeyde plastik deforme olan tabakanın kalınlığını etkilemektedir. Büyük bilye çapında deformasyon kalınlık değerinin düştüğü görülmüştür. Burada S460 bilye çapında yeterli dövme şiddetine hava basıncının düşük olmasından dolayı ulaşılamadığı sonucuna varılmıştır. Her bir

malzeme grubu için mutlaka bilyeli dövme işlemi şartlarının deneysel belirlenmesi ve o malzemeden imal edilen / edilecek iş / makine parçalarının çalışma yerlerindeki gerekliliklere bağlı olarak sonuçların irdelenmesi gerekmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma, BAP 2308-D-10 "Alüminyum Alaşımlarında Bilyeli Dövmenin Fiziksel, Mekanik, ve Yüzey Özelliklerine Etkisi" başlıklı proje kapsamında gerçekleştirilmiştir. Bu projeyi destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederiz.

Kaynakça

- [1] Varol, R., 1990. 2024 Alüminyum Alaşımının Yorulma Ömrü Üzerine Farklı Bilyeli Dövme İşlem Parametrelerinin Etkisi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- [2] Rouquette, S., Rouhaud, E., François, M., Roos, A., Chaboche, J.L., 2009. Coupled Thermo-Mechanical Simulations of Shot Impacts: Effects of The Temperature on The Residual Stress Field Due to Shot-peening. Journal of Materials Processing Technology. 209, 3879-3886.
- [3] Zhang, X., Liu, D., Tan, H.B., Wang, X.F., 2009. Effect of TiN/Ti Composite Coating and Shot Peening on Fretting Fatigue Behavior of TC17 Alloy at 350 °C. Surface & Coatings Technology. 203, 2315-2321.
- [4] Ünal, O., 2011. Bilyeli Dövme İşleminin Tane Boyutuna Etkisinin Deneysel İncelenmesi. Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 85 s, Bartın.
- [5] Cho, K.T., Song, K., Oh, S.H., Lee, Y.K., Lim, K.M and Lee, W.B. 2012. Surface hardening of aluminum alloy by shot peening treatment, Materials Science and Engineering A 543, 44-49.
- [6] Zupanc, U., Grum, J. 2011. Surface Integrity of Shot Peened Aluminium Alloy 7075-T651, Strojniski vestnik- Journal of Mechanical Engineering, 57, 379-384.
- [7] Alkan, Z., 2014. Alüminyum Alaşımlarında Bilyeli Dövmenin Fiziksel, Mekanik, ve Yüzey Özelliklerine Etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 101 s, Isparta.
- [8] Yılmaz, S.S., 2004. Demir Esaslı T/M Parçaların Yüzey Sertleştirme İşlemlerinin Fiziksel ve Mekanik Özelliklerine Etkisi. Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 162 s, Manisa.
- [9] Ashby, M.F., Jones, D.R.H., 2006. Engineering Materials 2, 3th. Edition, Elsevier, Oxford.