

Alüminyum Alaşımlarında Bilyeli Dövmenin Elektrik İletkenliği Üzerine Etkisi

Zehra ALKAN^{*1}, Remzi VAROL², Ramazan SELVER²

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

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

(Alınış / Received: 28.08.2015, Kabul / Accepted: 28.06.2016, Online Yayınlanma / Published Online: 26.07.2016)

Anahtar Kelimeler

Bilyeli dövme,
Elektrik iletkenliği,
Alüminyum alaşımları

Özet: Bu çalışmada, bilyeli dövme işlemi uygulanmış bazı alüminyum alaşımlarının elektrik iletkenliği incelenmiştir. Metalik malzemelere uygulanan bir mekanik yüzey işlemi olan bilyeli dövme uygulanmış numunelerin elektrik iletkenliğinde değişiklik olup olmadığı deneysel olarak belirlenmeye çalışılmıştır. Bilyeli dövme işlemi özgül kütlesi düşük, korozyon direnci yüksek olan ve yaygın kullanım alanına sahip AA1050 ve AA2024 malzemelere uygulanmıştır. Bilyeli dövme işlemi uygulanacak numunelere dövme öncesi gerekli ısı işlemler uygulanarak ısı işlem uygulamasının etkisi de incelenmiştir. Bilyeli dövme işleminde kullanılan bilye çapları S230, S330 ve S460 olarak seçilmiştir. Bilyeli dövme işlemi hazırlanan levha şekilli numunelere tek taraflı ve iki (çift) taraflı olarak uygulanmıştır. Bilyeli dövme sonrası AA2024 malzemenin elektrik iletkenliği değerinde düşüşler belirlenmiştir.

The Effect of Electrical Conductivity on Shot Peening in Aluminium Alloys

Keywords

Shot peening,
Electrical conductivity,
Al alloys

Abstract: In this study, the electrical conductivity of shot peened some aluminium alloys was examined. The changing in electrical conductivity of as a mechanical surface treatment shot peened aluminium alloys. Shot peening was applied to widely used AA1050 and AA2024 aluminum alloys which have high corrosion resistance and low density. Before shot peening appropriate heat treatments were applied to the specimens. S230, S330 and S460 steel balls were selected as shot and used for shot peening process. Shot peening was applied as single-side and double side of prepared sheet shaped samples. Decreasing in electrical conductivity of shot peened AA2024 samples was determined.

1. Giriş

Bir mekanik yüzey işlemi olarak "Bilyeli Dövme" oda sıcaklığında kalıpsız yapılan bir şekillendirme işlemi olarak da tanımlanmaktadır. Yüzeğe yüksek hızda fırlatılan küçük çaplı bilyeler çekiç etkisi yaparak şekillendirme işlemini gerçekleştirir. Dolayısıyla dövülen parçanın üzerinde hem elastik hem de plastik şekil değişimleri birlikte ortaya çıkar. Yüzeğe meydana gelen artık basma gerilmesiyle birlikte yüzeğe oluşan kalıcı uzama değerleri dövülen parçanın dış bükey olarak şekil almasına neden olacaktır. Uçak kanadı ve bazı tür kaportaların imal yöntemi olarak bilinen gererek şekillendirmeden farklı olarak, bilyeli dövme işlemi saçlara şekil vermede kullanılan önemli bir yöntemdir [1]. Metallerin mekanik özelliklerini değiştirmek ve yüzeğe basma artık gerilmeli tabaka oluşturmak amacıyla bilyeli dövme uygulanmaktadır. Yüzeğe meydana gelen bu plastik deformasyon bilyelerin

yeterli kuvvetle yüzeğe çarpmasıyla oluşur. Bu işlem, işlemin uygulanması açısından, kumlamaya benzemektedir. Bilyeli dövmede yüzeyin yayılarak plastik şekillendirilmesine sebep olan her bir bilye çekiç etkisi yapmaktadır. Böylece yüzeğe belli kalınlıkta bir tabakada tane boyutu ve dolayısıyla mekanik özellikler değişmiş olur. Bilyeli dövme yüzeğe artık basma gerilmesi oluşturan en ekonomik ve pratik yöntemdir. Bilyeli dövmenin ayrıca gelişmiş uçak tasarımlarında metalik kanatlar üzerindeki aerodinamik eğriliğin oluşturulması için de kullanıldığı literatürde belirtilmektedir. Uçak parçalarında tamir sırasında meydana gelen çekme gerilmelerini faydalı basma gerilmelerine dönüştürmek için bilyeli dövmenin servis esnasında da sık sık uygulanması gerekmektedir [2].

Dövülen parçanın bitirme yüzey kalitesi üzerinde, bilye boyutunun önemli etkisi mevcuttur. Bu etki bir yandan bilyelerin çarpma enerjisi ve diğer yanda

çarpma sonucu meydana gelen iz büyüklüğü ile belirlenmektedir. Dövme öncesi dövülen parçanın yüzey pürüzlülük değeri dövme sonrası ortaya çıkacak yüzey kalitesini etkilemektedir. Dövme sonrası yüzeyde meydana gelen izlerin büyüklüğü ve dolayısıyla yüzey pürüzlülüğündeki artış bilye çapı ile doğru orantılıdır [3].

Bilyeli dövme metal parçaların yüzeylerinde basma kalıcı gerilmeleri oluşturarak dinamik yüklemelere karşı performanslarını geliştirmek için kullanılan bir yöntem olarak yaygın uygulama alanı bulmaktadır. Bu alanda yapılan çalışmalar ile bilyeli dövme sonrası yüzeydeki ince bir tabakada oluşan artık basma gerilmelerinin belirlenmesi şeklindedir. Yapılan bir çalışmada bilyeli dövülen Ç1020 çelik numunedeki artık gerilme değerleri elektro-kimyasal katman kaldırma tekniği ve gerinim ölçerler kullanarak incelenmiştir. Değişik şartlarda bilyeli dövülerek elde edilen çeşitli Almen şiddetleri ile artık gerilmeler arasındaki ilişki ortaya konulmaya çalışılmıştır. Almen dövme şiddeti değeri arttıkça yüzeyde oluşan basma artık gerilme değerinin arttığı belirlenmiştir[4].

Bilyeli dövme işleminde, işlem parametreleri olarak hava basıncı değeri, bilye sertliği, çapı ve hızı sayılabilir. Bilye hızının artması plastik deformasyon miktarının artışına sebep olmaktadır. Buna ilave olarak bilye çapının artması plastik deformasyon bölgesinin büyümesine neden olmaktadır. Her iki durum için de hem yüzeydeki sertlik değeri artmakta hem de oluşan artık gerilme değeri artışına bağlı olarak gerilme profilinin şekli değişmektedir. Bunların yanı sıra yüzey pürüzlülüğü değerinde önemli değişimler görülmektedir [5].

Mekanik yüzey işlemi olarak bilyeli dövme işleminde eğer Almen dövme şiddetleri çok yüksek seçilirse sadece yüzey bölgesinde aşırı plastik deformasyon oluşarak malzemede tane incelmeleri ortaya çıkmaktadır. Bu aşırı plastik deformasyon sonrasında mikronaltı tanelerin elde edildiği bazı çalışmalarda rapor edilmiştir[6,7].

Elektrik iletkenliğine aşırı plastik deformasyonun etkisinin belirlendiği bir çalışmada, oda sıcaklığında eş kanallı açısız presleme ile üretilen çok ince tane yapısına sahip Cu-%0,5 Cr alaşımının aşırı plastik deformasyondan sonraki elektrik iletkenliği ve mekanik özelliklerinin değiştiği rapor edilmiştir. Çekme dayanımı 460-484 MPa seviyelerinden 570-579 MPa seviyelerine yükselirken elektrik iletkenliği IACS değerinin %35'ten düşük olduğu deneysel olarak belirlenmiştir [8].

Alaşım elemanları ilavesiyle tane boyutundaki değişimlerin elektrik iletkenliğine etkisi incelenmiştir. Bakır içine % 0,7, % 9,85 ve % 27 Cr ilave edildiğinde elektrik iletkenliği düşmektedir. Cr oranı % 0,7 oranında ilave edildiğinde tane boyutu 209 nm, %9,85 Cr ilave edildiğinde 143 nm ve % 27

Cr ilave edildiğinde tane boyutları 40 nm seviyelerinde ölçülmüştür. Tane boyutunun düşmesi ve tane sınırlarının artması sebebiyle elektrik iletkenliğinde düşüşler belirlenmiştir [9].

2. Materyal ve Metot

Deneysel çalışmalarda kullanılmak üzere, alüminyum alaşımlarından uçak yapı elemanı olarak önemli bir kullanım alanına sahip 2xxx serisine ait AA 2024 ile AA 1xxx serisine ait AA 1050 (levha halinde alaşımsız teknik alüminyum) malzemeleri seçilmiştir. Genel olarak Al alaşımlarının özgül ağırlık değerleri düşüktür. AA2xxx serisi Al alaşımları ısıl işleme sertlik ve dayanımları önemli ölçüde artabilen alaşımlardır. Bunlardan AA2024 alaşımı doğal ve yapay yaşlandırma yapılarak mekanik özellikleri iyileştirilebilen bir alaşımdır. Bu nedenle bu çalışmada AA2024 alaşımı seçilmiştir. AA1050 malzeme özellikle ilave edilmiş alaşım elemanı bulundurmaz. Bu nedenle yumuşak ve mekanik özellikleri düşüktür. Ancak plastik olarak şekillendirilebilme özelliği iyidir. Yüksek dayanım istenmeyen yerlerde kullanım alanı bulmaktadır. İyi plastik şekillendirilebildiği için, bu çalışmada bilyeli dövmenin etkisini daha iyi görebilmek amacıyla bu malzeme özellikle seçilmiştir.

Bilyeli dövme işlemi öncesi AA1050 ve AA2024 malzemeden numunelere farklı ısıl işlemler uygulanmıştır. AA1050 malzemeden numunelerin bir kısmı satın alındığı gibi, bir başka deyişle soğuk haddelenmiş şartlarda bilyeli dövülürken, bir kısmına da ısıl işlem olarak gerilme giderme tavlama uygulanmıştır. Bu amaçla AA1050 numuneleri 350°C sıcaklıkta 1 saat bekletildikten sonra fırında yavaş soğumaya bırakılmıştır. Uygulanan bu ısıl işlem sonucu malzemede soğuk haddeme esnasında oluşan mevcut artık gerilmeler ortadan kaldırılarak numuneler bilyeli dövmeye hazır hale getirilmiştir. AA2024 malzemeden numunelerin bir kısmı satın alındığı gibi kullanılırken bir kısmına ise tabii yaşlandırma işlemi uygulanmıştır. Bu amaçla numuneler 500°C sıcaklıkta 30 dakika süreyle tutularak solüsyona alınmıştır. Bunu takiben suda hızlı soğutulmuş ve tabii yaşlandırma için oda sıcaklığında 10 gün bekletilmiştir. Böylece çökeltme sertleştirmesi de denilen tabii yaşlandırılmış numuneler elde edilmiştir.

AA1050 ve AA2024 malzemelerinin elektrik iletkenliklerini tespit etmek için, dövme işlemi uygulanacak dairesel kesitli levha şekilli numunelerin boyutları özellik ölçümlerinin yapılacağı deney setlerine uygun olarak belirlenmiştir. Bu numunelerin hazırlanmasında kalınlıkları AA1050 için 3 mm ve AA2024 için 3,3 mm olan, 120 mm x 120 mm boyutlarında levha malzemeler kullanılmıştır. Numuneler 25 mm çapında dairesel şekle sahip halde bilyeli dövülmüştür. Bu işlemlerden sonra bilyeli dövme işlemi uygulanacak Al levhalar

için dövme parametreleri belirlenmiştir. Dövme süresince tüm numunelerin dövülmesinde hava basıncı değeri sabit tutulmuştur. Bilye olarak S230, S330 ve S460 çelik bilyeler kullanılarak 20-120 saniye aralığında dövme süreleri uygulanmıştır. Levha şekilli numunelerin yarısının tek yüzeyi bilyeli dövülürken kalan sayıdaki numuneler çift taraflı (her iki yüzeyinden) dövülmüştür. Bilyeli dövme işlemine ait dövme parametreleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. AA2024 ve AA1050 deney numunelerine uygulanan bilyeli dövme işlemi parametreleri

Bilye Boyutu ve malzemesi	S230 Çelik bilye	S330 Çelik bilye	S460 Çelik bilye
Dövme Süresi (s)	20	20	20
	40	40	40
	60	60	60
	80	80	80
	100	100	100
	120	120	120

2.1. Elektrik İletkenliği Ölçümleri

Üç farklı bilye çapı kullanılarak toplam 20-40-60-80-100-120 saniye sürelerde dövme işlemi uygulanan numunelerin elektrik iletkenliği ölçümü, TÜBİTAK MAM Malzeme Enstitüsü'nde bulunan ve Şekil 1'de verilen Dr. Förster Sigmatest marka elektrik iletkenliği ölçüm cihazı ile yapılmıştır. Elektrik iletkenliği için kullanılan cihaz, Eddy akımları yöntemi ile elektrik iletkenliği değerini ölçmektedir. Girdap akımları yöntemi de denilen bu yöntemin temel prensibi; bobin kullanılarak iletken malzemeye uygulanan manyetik alanın, iletkenliği ölçülen malzeme üzerindeki büyüklüğü, malzemeye göre değişen bobin içerisindeki direncin ölçülmesi ve alanların birbirini etkilemesi esas alınarak yapılmaktadır.

3. Bulgular

Farklı bilyeli dövme şartlarında tek taraflı ve çift taraflı bilyeli dövülen numunelerin elektrik iletkenliği ölçümü deneylerinden edilen sonuçlar Tablo 2'de

verilmiştir. Tablo da verilen değerler en az üç ölçüm değerinin ortalama sonuçlarıdır[10]. Çift ve tek taraflı dövülmüş AA1050 malzemesinin elektrik iletkenliğinin dövme şartlarına göre değişimi sırasıyla Şekil 2 ve Şekil 3'te verilmektedir[10]. Şekil 2 ve 3'den görüleceği üzere AA1050 malzemesi için tek ve çift taraflı dövme işlemlerinin elektrik iletkenliği ölçüm sonuçlarını çok fazla etkilemediği görülmektedir.



Şekil 1. Elektrik iletkenliği ölçüm cihazının genel görünüşü

Ayrıca hem çift hem de tek taraflı dövme işlemi için dövme süresindeki artışla elektrik iletkenliğinin azaldığı görülmektedir. Yüzeyde bilyeli dövme sonucu oluşan plastik deformasyona uğramış tabakada iç yapının bozulması, deforme olması, dislokasyon yoğunluğunun artması sonucunda elektrik iletkenliği azalmaktadır. Ancak bu değişimin yüzeydeki plastik deforme olmuş tabaka kalınlığının çok küçük olmasından dolayı çok fazla olmadığı görülmektedir. Bu sonuç literatüre benzerlik göstermektedir[8].

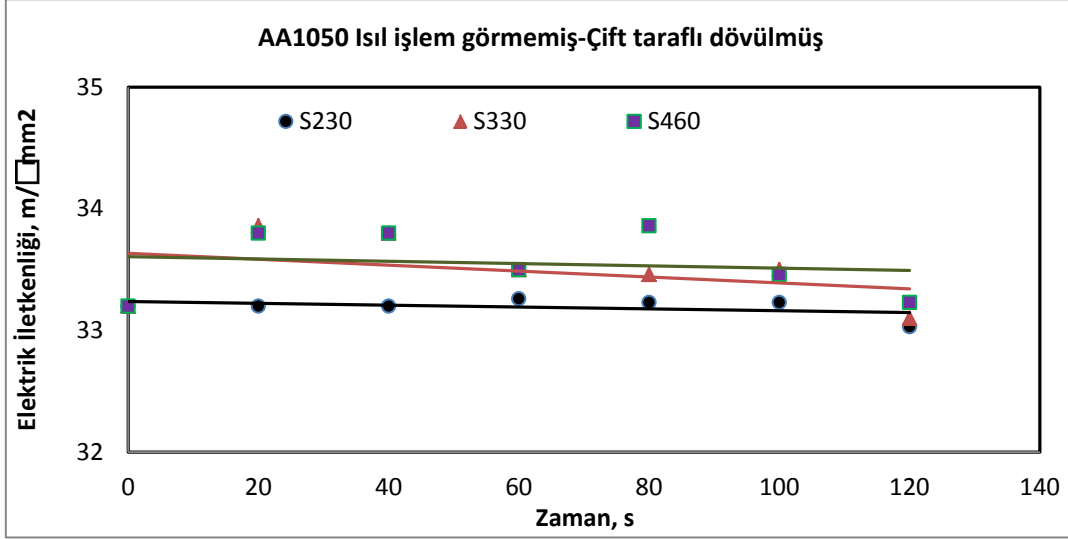
Tablo 2. AA1050 Isıl işlem görmemiş malzemenin elektrik iletkenliği

Dövme Süresi (s)	S230 Çift taraflı dövme	S230 Tek taraflı dövme	S330 Çift taraflı dövme	S330 Tek taraflı dövme	S460 Çift taraflı dövme	S460 Tek taraflı dövme
20	33,20	33,06	33,86	33,73	33,80	33,13
40	33,20	33,00	33,80	33,73	33,80	33,20
60	33,26	33,00	33,50	33,60	33,50	33,53
80	33,23	33,06	33,46	33,50	33,86	32,83
100	33,23	33,13	33,50	33,20	33,46	33,00
120	33,03	33,00	33,10	33,33	33,23	32,93
Bilyeli dövülmemiş	33,20	33,20	33,20	33,20	33,20	33,20

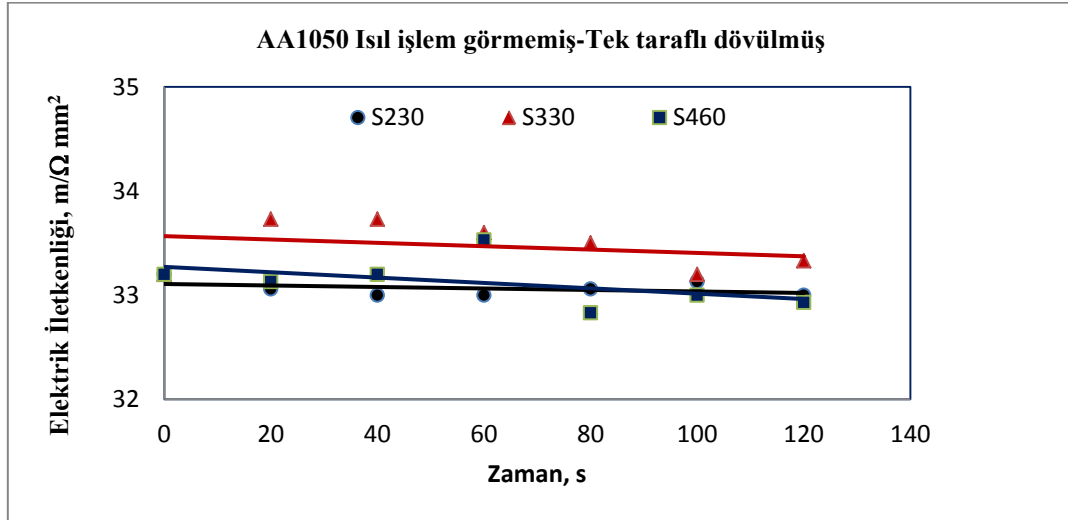
Yüzeysel bilyeli dövme sonucu dövülen numunelerin yüzeyinde 100 μm 'ye kadar erişen bir tabakada mikronaltı taneler oluşmaktadır. Esasen elektrik iletkenliğinde değişime neden olan etki bu tane incelmesidir. Isıl işlem görmüş ve S460 çelik bilye kullanılarak 80 saniye süre ile bilyeli dövülmüş

AA1050 malzemenin yüzeyindeki bir tabakada tane incemesi Şekil 4'te verilmektedir.

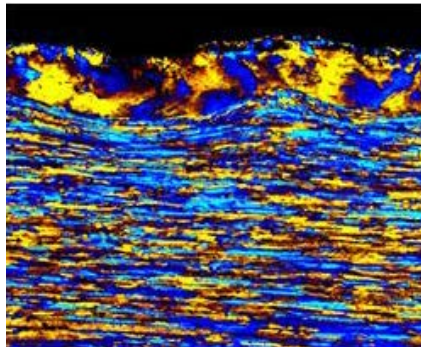
Gerilme giderme Isıl işlemine tabi tutulmuş AA1050 malzemenin numunelerinin Tablo 1'deki dövme şartlarında bilyeli dövme sonrası elektrik iletkenliği ölçüm sonuçları Tablo 3'de verilmiştir.



Şekil 2. AA1050-çift taraflı dövülmüş ısıl işlem görmemiş malzemenin elektrik iletkenliği.



Şekil 3. AA1050-tek taraflı dövülmüş ısıl işlem görmemiş malzemenin elektrik iletkenliği.



Şekil 4. Isıl işlem görmüş AA1050 malzemenin S460 bilye ile 80 s dövülmüş haldeki görünüşü

AA1050 malzemeden levha numunelerin tek yüzünden dövülmüş ve çift yüzünden dövülmüş halde elektrik iletkenliği değerleri Şekil 5 ve Şekil 6'da verilmiştir. Şekil 5 ve 6'dan ısıl işlem uygulanmış çift taraflı dövme yapılmış AA1050 malzeme için dövme süresindeki artış ile elektrik iletkenliğinin arttığı görülürken, tek yüzeyden dövme yapılmış AA1050 malzeme için dövme süresindeki artış ile elektrik iletkenliğinin azaldığı görülmüştür. Burada bu artış ya da azalma dikkate değer derecede büyük değildir. Tablo 2 ve Tablo 3'te verilen bilyeli dövülmemiş, ısıl işlem görmüş ve görmemiş haldeki AA1050 malzemenin elektrik iletkenliği değerleri karşılaştırıldığında ısıl işlem görmüş numunelerin elektrik iletkenliğinin kısmen daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu fark ısıl işlem ile soğuk haddeleme esasında ortaya çıkan plastik deformasyon sonucunda oluşan gerilmelerden, bir başka ifade ile mikro yapıda ortaya çıkan bozulmalardan kaynaklanmaktadır. Isıl işleme tabi tutulmamış, satın alındığı gibi kullanılan AA2024 malzemeden hazırlanan, Tablo 1'de verilen dövme şartlarında dövülmüş numunelerin elektrik iletkenliğinin deney sonuçları Tablo 4'te verilmiştir. Çift ve tek taraflı dövülmüş ısıl işlem görmemiş AA2024 malzemesinin elektrik iletkenliğinin dövme süresine göre değişimi sırasıyla Şekil 7 ve Şekil 8'de verilmiştir. Şekil 7 ve 8'de ısıl işlem uygulanmamış tek ve çift taraflı dövme işlemi yapılmış AA2024 malzemesinin elektrik iletkenliği deney sonuçlarına göre dövme süresindeki artışla elektrik iletkenliğinin azaldığı görülmektedir. Dövme süresinin artması ile doyum oranı artmakta bu durumda yüzeyde aşırı plastik deforme olmuş tabaka kalınlığı artmakta ve buna ilave olarak tane incelmesinde artış ortaya çıkmaktadır[6]. Böylece yüzey bölgesinde artık gerilmeli, aşırı deforme olmuş yapının oluşması elektrik iletkenliğinin kısmen azalmasına neden olmuştur.

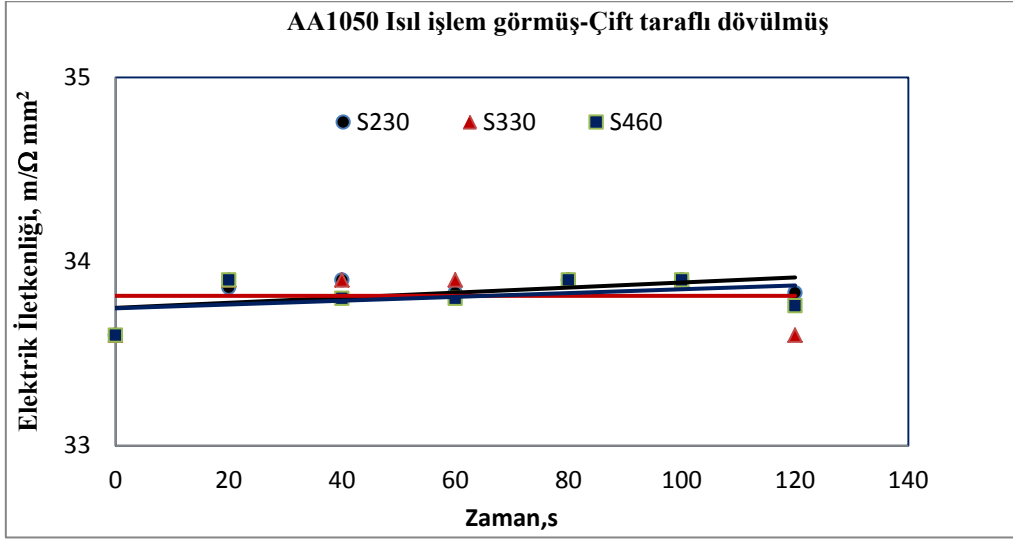
Tablo 5'de yaşlandırma ısıl işlemine tabi tutulmuş AA2024 malzemenin Tablo 1'deki dövme şartlarında bilyeli dövülmesi sonrası deneylerden elde edilen

elektrik iletkenliği değerleri verilmektedir. Tablo 4 ve Tablo 5 karşılaştırıldığında yaşlandırma ısıl işlemine tabi tutulmuş AA2024 malzeme için elektrik iletkenliğinin ısıl işlem görmemiş AA2024 malzemeye göre daha düşük olduğu görülmektedir. Ayrıca AA1050 ile AA2024 malzemelerin elektrik iletkenliği karşılaştırıldığında (Tablo 2 ve Tablo 5, Tablo 3 ve Tablo 4) farklı değerlerin elde edildiği görülmektedir. AA2024 malzemede alaşım elemanlarının elektrik iletkenliğini düşürücü yöndeki etkisi açıkça görülmektedir. AA2024 malzemede yaşlandırma işlemi ile çökelen 2. faz tanecikleri elektrik iletkenliğini düşürmektedir. Yaşlandırma ısıl işlemi uygulanmış ve sonra farklı bilyeli dövme şartlarında dövülmüş AA2024 malzemeden numunelerin tek taraflı ve çift taraflı bilyeli dövme sonrası belirlenen elektrik iletkenliği değerleri kullanılarak çizilen eğriler Şekil 9 ve Şekil 10'da verilmiştir. Şekil 9 ve Şekil 10 incelendiğinde deney sonuçlarına göre S330 ve S460 bilye kullanılması durumunda dövme süresindeki artışla elektrik iletkenliğinin arttığı gözlenirken S-230 bilye çapı kullanılması halinde elektrik iletkenliğinin düştüğü görülmektedir. Buradan bilye çaplarının büyümesi, dövme süresindeki artışa bağlı olarak elektrik iletkenliğini artırmaktadır. Şekil 9 ve 10'dan görüldüğü gibi tek taraflı dövülmüş AA2024 malzemeden numunelerin aynı şartlardaki çift taraflı dövülmüş numunelere göre elektrik iletkenliğinin daha düşük olduğu görülmektedir. Burada bilye çapına bağlı olarak dövülen numunelerde yüzey pürüzlülüğü değişmektedir. Bilye çapı büyüdükçe dövülen numunelerin yüzey pürüzlülüğünün arttığı uzun süredir bilinmektedir[3]. Yüzey pürüzlülüğündeki değişim elektrik iletkenliği ölçüm sonuçlarını etkilemektedir.

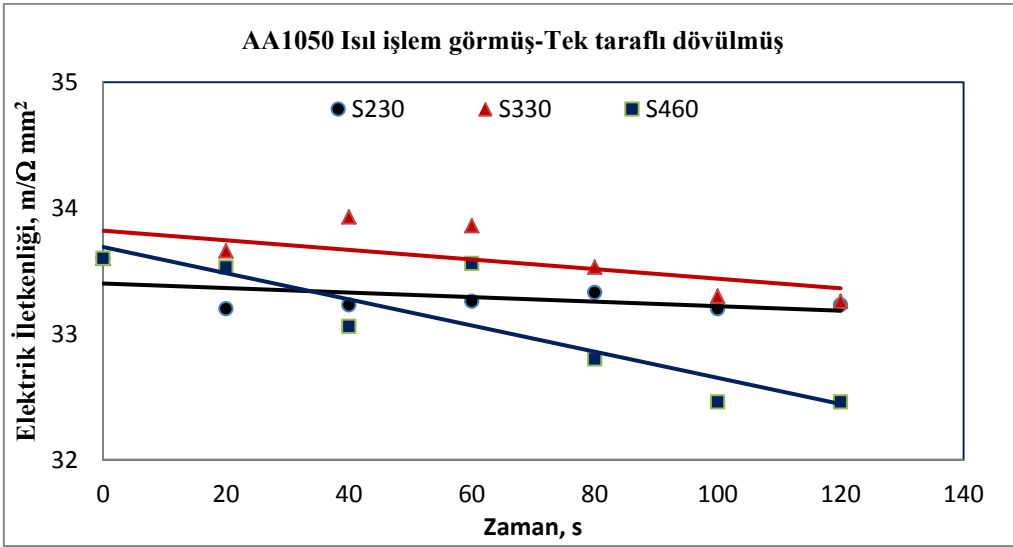
Bu çalışmada kullanılan numuneler çok incedir (3mm). Kalınlık boyunca ölçülen iletkenlik için yüzey pürüzlülüğünün, bu açıdan bakıldığında, daha fazla etkiye sahip olduğu gözlenmektedir.

Tablo 3. AA1050 Isıl işlem görmüş malzemenin elektrik iletkenliği

Dövme Süresi (s)	S230 Çift taraflı dövülmüş	S230 Tek taraflı dövülmüş	S330 Çift taraflı dövülmüş	S330 Tek taraflı dövülmüş	S460 Çift taraflı dövülmüş	S460 Tek taraflı dövülmüş
20	33,86	33,20	33,90	33,66	33,90	33,53
40	33,90	33,23	33,90	33,93	33,80	33,06
60	33,83	33,26	33,90	33,86	33,80	33,56
80	33,90	33,33	33,90	33,53	33,90	32,80
100	33,90	33,20	33,90	33,30	33,90	32,46
120	33,83	33,23	33,60	33,26	33,76	32,46
Bilyeli dövülmemiş	33,60	33,60	33,60	33,60	33,60	33,60



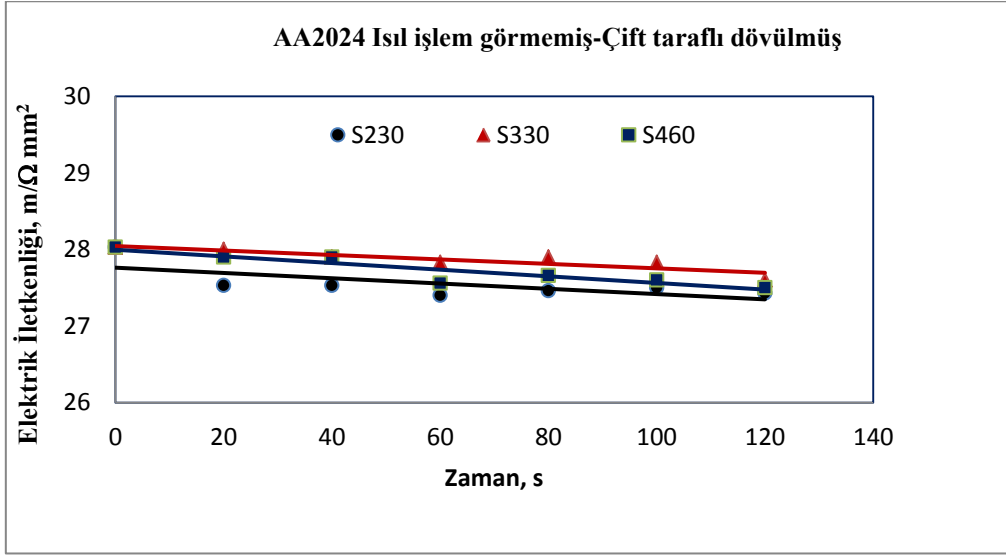
Şekil 5. AA1050-çift dövülmüş ısı işlem görmüş malzemenin elektrik iletkenliği



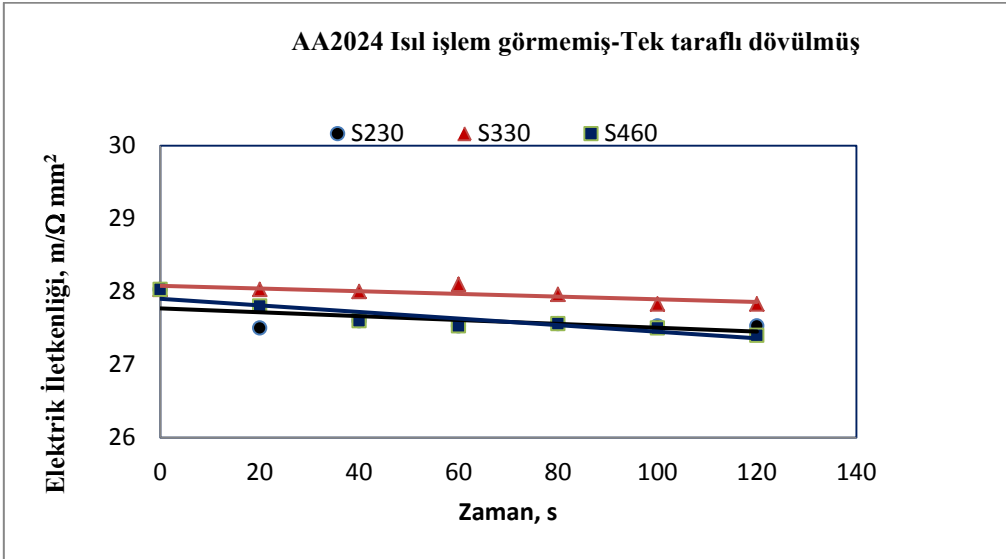
Şekil 6. AA1050 ısı işlem görmüş ve tek yüzeyi dövülmüş numunelerin elektrik iletkenliği

Tablo 4. Isıl işlem uygulanmamış AA2024 malzemenin farklı bilyeli dövme şartlarında dövme sonrası elektrik iletkenliği değerleri

Dövme Süresi (s)	S230 Çift taraflı dövülmüş	S230 Tek taraflı dövülmüş	S330 Çift taraflı dövülmüş	S330 Tek taraflı dövülmüş	S460 Çift taraflı dövülmüş	S460 Tek taraflı dövülmüş
20	27,53	27,50	28,00	28,03	27,90	27,80
40	27,53	27,60	27,90	28,00	27,90	27,60
60	27,40	27,53	27,83	28,10	27,56	27,53
80	27,46	27,56	27,90	27,96	27,66	27,56
100	27,50	27,53	27,83	27,83	27,60	27,50
120	27,43	27,53	27,60	27,83	27,50	27,40
Bilyeli dövülmemiş	28,03	28,03	28,03	28,03	28,03	28,03



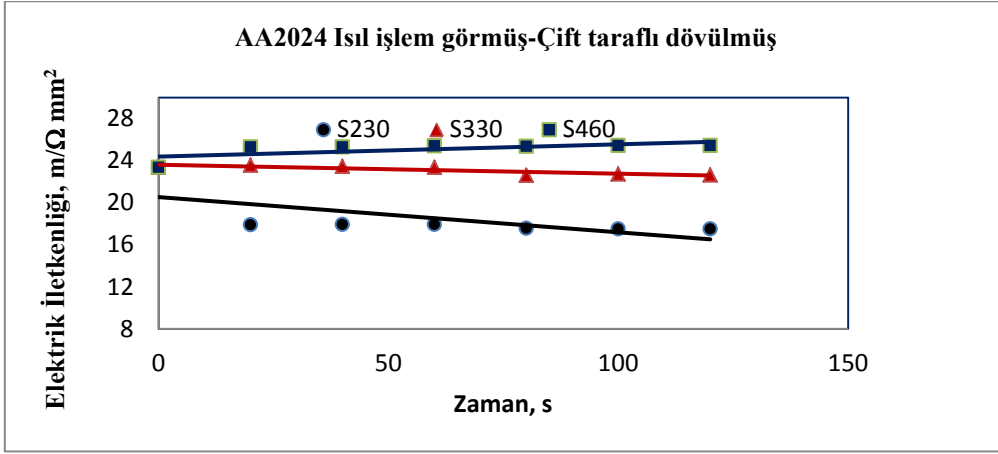
Şekil 7. Çift taraflı dövülmüş ısıl işlem görmemiş AA2024 malzemenin elektrik iletkenliği



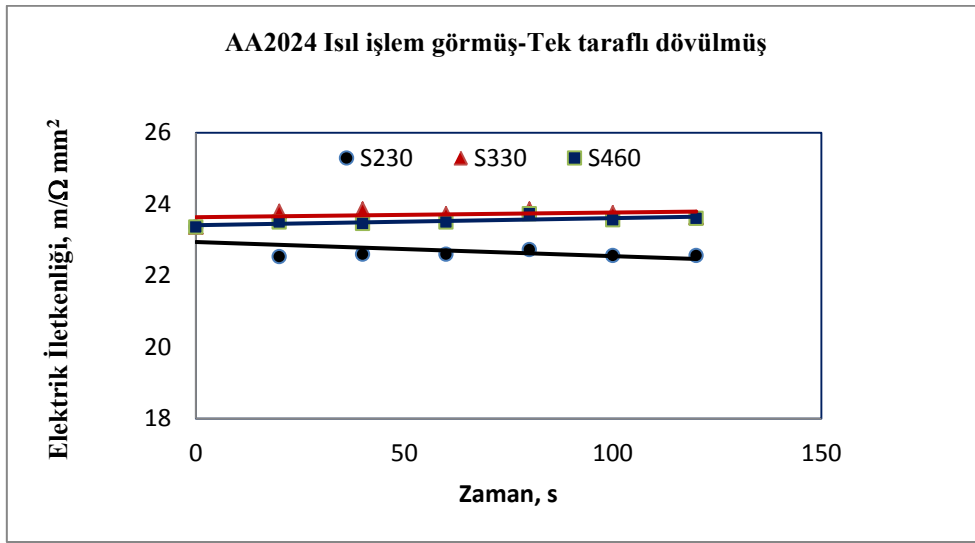
Şekil 8. Tek taraflı dövülmüş ısıl işlem görmemiş AA2024 malzemenin elektrik iletkenliği

Tablo 5. Isıl işlem görmüş AA2024 malzemenin elektrik iletkenliği

Dövme Süresi (s)	S230 Çift Taraflı dövülmüş	S230 Tek Taraflı dövülmüş	S330 Çift Taraflı dövülmüş	S330 Tek Taraflı dövülmüş	S460 Çift Taraflı dövülmüş	S460 Tek Taraflı dövülmüş
20	17,90	22,53	23,56	23,80	25,30	23,50
40	17,93	22,60	23,46	23,86	25,30	23,46
60	17,93	22,60	23,36	23,73	25,40	23,50
80	17,56	22,73	22,60	23,86	25,36	23,73
100	17,50	22,56	22,73	23,76	25,43	23,56
120	17,50	22,56	22,63	23,63	25,43	23,60
Bilyeli dövülmemiş	23,36	23,36	23,36	23,36	23,36	23,36



Şekil 9. AA2024- çift dövülmüş ısıl işlem görmüş malzemenin elektrik iletkenliği



Şekil 10. AA2024- tek dövülmüş ısıl işlem görmüş malzemenin elektrik iletkenliği

Bilyeli dövmede önemli işlem parametreleri bilye çapı, dövme süresi ve hava basıncıdır. Bu üç parametre dövme şiddetini ortaya çıkarmaktadır. Bundan dolayı dövme sonuçları irdelenirken dövme şiddeti esas alınır. Bilye çapı dövülen malzemenin yüzey kalitesini (pürüzlülük) etkilemektedir. Elektrik iletkenliğinde bilyeli dövülen parçadaki plastik deforme olan tabaka kalınlığı boyunca ortaya çıkan iletkenliği düşürücü yöndeki etkiye ek olarak yüzey pürüzlülüğündeki artıştan dolayı ölçüm karakteristiğinden kaynaklanan ilave etki de mevcuttur. Bilye çapı büyüdükçe belli bir optimum noktaya kadar yüzey pürüzlülüğü artar. Pürüzlü yüzeyde elektrik iletkenliği ölçülürken pürüzlerden dolayı kontak temasın azalması elektrik iletkenlik sonuçlarını düşürmektedir.

Bunlara ilave olarak, AA2024 malzemenin dövme süresi arttıkça, büyük bilye çaplarında elektrik iletkenliği değerlerinde artışlar dikkati çekmektedir. Bunun sebebi yüzey pürüzlülüğünde dövme süresi arttıkça büyük bilye çaplarının zamanla yüzey pürüzlülüğünde azalmalar meydana getirerek

elektrik iletkenliğinde temas yüzeyini arttırdığı sonucuna varılmıştır. Böylece malzeme üzerinde artan temas yüzeyi elektrik iletkenliği değerlerinin daha yüksek ölçümüne neden olmaktadır.

4. Tartışma ve Sonuç

AA1050 malzemesi için tek ve çift taraflı dövme işlemlerinin elektrik iletkenliği ölçüm sonuçlarını kayda değer ölçüde etkilemediği görülmektedir. AA2024 malzemenin elektrik iletkenlik değeri AA1050 malzemesine göre daha düşüktür. Bunun nedeni 1xxx serisinin alaşımsız olmasıdır. Alaşım elemanı ilavesi ile mikro yapı ve kafes parametreleri değişmekte ve/veya distorsiyonlar oluşmaktadır. Ayrıca çökelmiş ikinci faz tanecikleri elektrik iletkenliğini düşürmektedir. AA2024 malzemenin dövülmesinde bilye çapı büyüdükçe elektrik iletkenliği değerlerinde kısmi artış görülmüştür. Büyük bilye çaplarında dövme süresi uzadıkça dövülen yüzeyde yüzey pürüzlülüğü değerleri düşmekte ve aynı dövme süreleri için daha küçük bilye kullanılması durumuna göre daha az pürüzlü

yüzey elde edilmiştir. Bu durum da elektrik iletkenliği ölçümünde kontak temas yüzeyini artırarak elektrik iletkenliğini artırmaktadır. AA2024 malzemeye uygulanan yaşlandırma ısıl işleminin bilyeli dövme işlemi ile azalan elektrik iletkenliğinin daha da azalmasına neden olduğu görülmüştür. Bu çalışma literatürde verilen bilgilerle uyum içindedir. Aşırı plastik deformasyon sonucu elde edilmiş ince tane yapısına sahip Al alaşımı olan AA6063 Al alaşımının elektrik iletkenliği üzerine yapılmış çalışma sonuçlarında çekme dayanımı değerinin yükseldiği, elektrik iletkenliği değerinin küçüldüğü görülmüştür. İnce taneli (nano tane yapısına sahip)Al alaşımları mukavemet/ağırlık oranının büyük olması sebebiyle havacılık, inşaat, savunma ve elektronik gibi mühendislik uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadırlar[11]. İnce taneli yapı elde etmek için yapılan çalışmalarda eş kanallı açılmalı presleme (ECAP) yönteminin kullanımı son on yılda oldukça arttığı görülmektedir. Bakır malzeme için yapılan bir araştırmada plastik deformasyon sırasında malzeme içinde artan dislokasyon yoğunluğu ile malzemenin ısı iletimi ve elektrik iletimi gibi fiziksel özelliklerinin kötüleştiği rapor edilmiştir [12].

ECAP yönteminde hacimsel bir plastik deformasyon ve hacimsel boyutta ince taneli yapı elde edilirken, bilyeli dövme ile sadece yüzeyde bölgesel bir plastik deformasyon oluşmakta ve tane incemesi de nano boyutta fakat yüzeyden belli derinlikte bir tabakada gerçekleşmektedir. Bu nedenle bu çalışmada görüldüğü gibi elektrik iletkenliği değerleri bazı dövme parametrelerinde daha az değişme gösterebilmektedir. Metallerde bilyeli dövmenin elektrik iletkenliği gibi fiziksel özelliklerinin değişimi açısından optimum dövme şartlarının belirlenmesi konusu da bu sebepten önem kazanmaktadır. Bu çalışma dövme parametrelerinin optimum şartlarının belirlenmesi için yapılacak çalışmalara dikkat çekmek için bir örnek olarak kabul edilebilir.

Teşekkür

Bu çalışma, BAP 2308-D-10 “ Alüminyum Alaşımalarında Bilyeli Dövmenin Fiziksel, Mekanik, ve Yüzey Özelliklerine Etkisi” başlıklı proje kapsamında gerçekleştirilmiştir. Bu projeyi destekleyen SDÜ BAP Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederiz.

Kaynakça

- [1] Ünal, O., 2011. Bilyeli Dövme İşleminin Tane Boyutuna Etkisinin Deneysel İncelenmesi. Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- [2] Khany, S. E., Moyeed, M.A., Siddiqui, S., Ahmed, S., Baig, M.A., 2015. An Experimental Study of The Effect of Shot Peening on The Low Carbon Steel and Identification of Optimal Process Parameters. 4th International Conference on

Materials Processing and Characterization.2, 3363-3370.

- [3] Varol, R., 1990. 2024 Alüminyum Alaşımının Yorulma Ömrü Üzerine Farklı Bilyeli Dövme İşlem Parametrelerinin Etkisi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- [4] Dülek, E., Karataş, Ç., 2003. Bilyeli Dövülmüş Ç1020 Malzemede Kalıcı Gerilmenin Katman Kaldırma Yöntemi ile İncelenmesi. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 18, 107-116.
- [5] 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 Stres Field Due to Shot-peening. Journal of Materials Processing Technology. 209, 3879-3886.
- [6] Ünal,O., Varol, R.,2014, Almen intensity effect on microstructure and mechanical properties of low carbon steel subjected to severe shot peening, Applied Surface Science,290,40-47.
- [7] Ünal,O., Varol, R.,2015,Surface severe plastic deformation of AISI 304 via conventional shot peening, severe shot peening and repeening, Applied Surface Science, 351, 289-295.
- [8] Wei, K.X., Wei, W., Wang, F., Du, Q.B., Alexandrov, I.V., Hu, J., 2011. Microstructure, Mechanical Properties and Electrical Conductivity of Industrial Cu-0,5%Cr Alloy Processed by Severe Plastic Deformation. Material Science and Engineering .528, 1478-1484
- [9] Dobatkin, S.V., Gubicza, J., Shangina, D.V., Bochvar, N.R., Tabachkova, N.Y., 2015. High Strength and Good Electrical Conductivity in Cu-Cr Alloys Processed by Severe Plastic Deformation. Materials Letters. 153, 5-9.
- [10] Alkan, Z., 2014. Alüminyum Alaşımalarında Bilyeli Dövmenin Fiziksel, Mekanik, ve Yüzey Özelliklerine Etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- [11] Sabirov, I., Murashkin, M.Yu., Valiev, R.Z., 2013. Nanostructured Aluminium Alloys Produced by Severe Plastic Deformation: New Horizons in Development. Materials Science& Engineering A, 560, 1-24.
- [12] Gendalman, O.V., Shapiro, M., Estrin, Y., Hellmig, R.J., Lekhtmakher, S., 2006. Grain Size Distribution and Heat Conductivity of Copper Processed by Equal Channel Angular Pressing. Materials Science and Engineering A. 434, 88-94.