

SÜRTÜNME KARIŞTIRMA VE ELEKTRİK ARK KAYNAK TEKNİKLERİ İLE BİRLEŞTİRİLEN CuZn30 LEVHALARIN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Hüseyin UZUN¹, Ramazan ÖZBEKMEZ²

¹Sakarya Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Metal Eğitimi Bölümü, huzun@sakarya.edu.tr

²Geyve Mesleki ve Teknik Eğitim Merkezi, Sakarya, ramazanozbekmez19@yahoo.com

ÖZET

Bu çalışmada, sürtünme karıştırma kaynak tekniği (SKK) ve elektrik ark kaynak yöntemi kullanılarak CuZn30 alaşımı levhalar birleştirilmiştir. SKK ile yapılan birleştirmelerde karıştırıcı ucun ilerleme hızı sabit tutularak dönme hızının birleştirme özelliklerine etkileri araştırılmıştır. Her iki yöntem ile birleştirilen levhaların mekanik özellikleri birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre elektrik ark kaynak yöntemi ile birleştirilen levhaların mukavemet değerleri, SKK tekniği ile birleştirilenlerden daha düşük çıkmıştır. Çünkü elektrik ark kaynak işlemi sırasında çinkonun belirli bir miktarının buharlaştığı tespit edilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda CuZn30 alaşımı levhaların seri üretimi için sürtünme karıştırma kaynak tekniğinin kullanılması, tamir bakım amaçlı birleştirmeler için ise elektrik ark tekniğinin kullanılması önerilmiştir.

Anahtar kelimeler: CuZn30 alaşımı, Sürtünme karıştırma kaynağı, Elektrik ark kaynağı.

COMPARISON OF MECHANICAL PROPERTIES OF CuZn30 SHEETS WELDED BY FRICTION STIR AND ELECTRICAL ARC WELDING TECHNIQUES

ABSTRACT

In this work, the joining of CuZn30 alloy sheets was carried out using by both the friction stir and the electrical arc welding techniques. It was employed different tool rotational speeds with a constant travel speed for friction stir welding (FSW) in order to investigate the effects on the joint performance. The mechanical properties of CuZn30 alloys welded by electrical arc were compared to the properties of CuZn30 alloys welded by FSW. The results show that the mechanical properties of CuZn30 welded by FSW were higher than welded by electrical arc process due to the zinc fume in welds which are likely to be porous. It was not observed zinc fume in FSW weld. It was suggested that it should be preferred the friction stir welding technique for series production and the electrical arc welding for repair of CuZn30.

Keywords: CuZn30 alloys, Friction stir welding, Electrical arc welding.

1.GİRİŞ

Sürtünme karıştırma kaynak tekniği, 1991 yılında merkezi İngiltere’de bulunan Kaynak Enstitüsü (TWI) tarafından bulunan ve geliştirilmeye devam edilen oldukça yeni katı hal kaynak tekniklerinden birisidir. Bu

teknikte, birbirine temas ettirilen levhaların birleştirme bölgesine, yüksek devirde dönen omuzlu bir karıştırıcı ucun daldırılması ve istenilen uzunluk boyunca belirli bir hızda ilerletilmesi sayesinde birleştirme işlemi gerçekleştirilir. Karıştırıcı uç, malzemelere temas ettiği bölge içerisinde sürtünmeden dolayı ısı artışına sebep

olur ve malzemelerin plastik deformasyonu sayesinde birbirleri ile karışarak birleşme işlemi gerçekleşir [1-3]. Literatürde SKS yöntemi ile birleştirilen alüminyum alaşımları [4,5], magnezyum alaşımları [6] ve alüminyum matriksli kompozitler [7,8] hakkında detaylı bilgiye ulaşılırken, bakır-çinko alaşımlarının birleştirilmesi ile ilgili daha az çalışma dikkati çekmektedir [9-11]. CuZn alaşımlarının kaynağında geleneksel eritme tekniklerinin kullanılması halinde bazı kaynak problemleri ile karşı karşıya kalındığı bilinmektedir. CuZn alaşımlarının ısı iletkenliğinin oldukça yüksek oluşu diğer tüm malzemelerden daha fazla bir ısı girdisine ihtiyaç duymaktadır. Dolayısıyla kaynak hızı da düşüktür. Aynı zamanda malzemede çarpılma, çatlak, gözenek ve çinko buharlaşması gibi bazı kaynak hataları ile karşılaşılır. Katı hal kaynak yöntemi olan sürtünme karıştırma kaynağı ile ergitme kaynak tekniklerinde karşılaşılabilecek problemlerin önüne geçmek amacıyla CuZn alaşımlarının birleştirilmesinde bu teknikten yararlanma düşünülmüştür. CuZn alaşımları hakkındaki literatür incelemeleri sonunda gerek kaynak parametreleri, gerekse karıştırıcı uç formu ile ilgili tekrarlanabilir, detaylı bilgi oldukça sınırlı kalmıştır. Bu nedenle CuZn alaşımlarının SKK ile birleştirilebilirliği ve tekrarlanabilir kaynak parametrelerinin tespiti oldukça büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışmada CuZn30 alaşımı levhaların, SKK ile alın alına ve yatay pozisyonda birleştirilmesi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca elektrik ark kaynak yöntemi ile yapılan birleştirmelerde karşılaşılan problemlerin çözümünde SKK'nın etkin olduğunu gösterebilmek için, CuZn30 alaşımı levhalar elektrik ark kaynak yöntemi ile de birleştirilmiştir. SKK yöntemi ile birleştirme işleminde kaynak parametresi olarak değerlendirdiğimiz karıştırıcı ucun ilerleme hızı sabit tutularak, dönme hızı ise değiştirilmiştir. Dolayısıyla karıştırıcı ucun dönme hızının birleştirmeye etkisi incelenmiştir. Her iki yöntemle birleştirilen numunelerin mekanik deneyleri, mikro sertlik özellikleri ve mikro yapı karakterizasyonu yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar kendi aralarında karşılaştırılmıştır. CuZn30 alaşımının SKK ile birleştirilmesinde uygun ve tekrarlanabilir kaynak parametrelerinin belirlenmesine çalışılmıştır.

II. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada, %71.8 Cu ve %28.2 Zn 5mm kalınlığındaki levhasal CuZn30 alaşımı malzeme kullanılmıştır. CuZn30 alaşımının birleştirilme işlemi, elektrik ark ve sürtünme karıştırma kaynak teknikleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Her iki yöntem ile birleştirilen malzemelerden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Sürtünme karıştırma kaynağı yapmak için 4140 çeliğinden CNC torna makinesinde işlenen ve 56 Rockwell'e kadar ısıl işlem ile sertleştirilen karıştırıcı uçlar kullanılmıştır. CuZn30 alaşımı levhaların sürtünme

karıştırma kaynak tekniği ile birleştirilmesinde kullanılan parametreler Tablo 1'de verilmiştir.

CuZn30 levhaların elektrik ark kaynağında, Ø3.25 mm çapında ELCuSn7 (DIN 1733) bronz elektrotlar kullanılmıştır. Bu elektrotun kimyasal bileşiminde %0.5 Mn, %0.10 P, %7 Sn ve %92.4 Cu bulunmaktadır [12]. CuZn30 alaşımının ısı iletkenliği çok yüksek olduğu için, kaynak öncesi 300°C ön tavlama işlemi yapılmıştır. Elektrot, kaynak işleminden önce kurutma fırınında 250 °C'de 30 dakika bekletilmiştir. Kaynak işlemi doğru akım pozitif kutupta (DAPK) gerçekleştirilmiştir. Kaynak işlemi ön ve arka yüzeyden olmak üzere çift pasolu olarak yapılmıştır. Bu çalışmada CuZn30 pirinç levhaların elektrik ark kaynağı ile birleştirilmesinde kullanılan parametreler Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Birleştirmelerde kullanılan ilerleme ve dönme hızları

Karıştırıcı Uçun İlerleme Hızı (mm/dak)	Karıştırıcı Uçun Dönme Hızı (dev/dak)
12.5	500
	630
	1000
	1600

Tablo 2. Elektrik ark kaynak tekniği ile birleştirmede kullanılan elektrot ve kaynak parametreleri

Elektrot türü	Elektrot Çapı (mm)	Kaynak Akımı (Amper)	Kaynak Gerilimi (Volt)	Kaynak Hızı (mm/dak)
ELCuSn7 (DIN 1733)	Ø 3.25	90	21	280
		100	22	300
		120	23	320

TS 5789 çekme deneyi standardına göre hazırlanan numuneler oda sıcaklığında 0,1 mm/sn hızla DARTEC markalı cihaz kullanılarak çekilmiştir. Kaynak bölgesindeki sertlik dağılımının tespiti amacıyla numuneye 10 gr kuvvet uygulanarak mikro sertlik ölçümleri alınmıştır. Mikroyapıların incelenmesi amacıyla metalografik parlatma işlemleri yapılmış olup, parlatılan yüzeyler 5gr Fe(NO₃)₂ + 25ml HCl + 170ml H₂O çözeltisiyle dağlanmıştır. Dağlanmış numunelerin, JEOL MS-6060LV markalı taramalı elektron mikroskobu ile EDS elementer analizleri yapılmıştır. Kaynak bölgesinin mikroyapıları Nikon markalı optik mikroskop yardımıyla çekilmiştir.


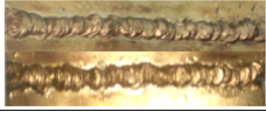


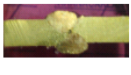
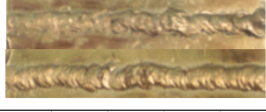
III. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

3.1 Kaynak Dikiş Yüzey Görünümleri

Elektrik ark kaynak tekniği ile birleştirilen CuZn30 levhaların kaynak dikişlerinin yüzey görüntüleri Tablo 3'te verilmiştir. Bu tabloda da görüleceği gibi CuZn30 alaşımı levhaların birleştirilmesinde arkın kontrolünün


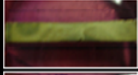



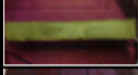


çok zor olması nedeniyle kaynak dikiş görünüşü düzgün olmamıştır. Ayrıca aşırı metal sıçrama problemi ile karşı karşıya kalmıştır.

Tablo 3. Elektrik ark kaynağı ile birleştirmede elde edilen kaynak kesitleri ve yüzey görünüşleri.

Kaynak Parametreleri	Kaynak dikişinin kesit görünüşü	Kaynak dikişinin üstten görünüşü
Akım: 90 Amper Gerilim: 20 Volt Kaynak hızı: 290 (mm/dak)		
Akım: 100 Amper Gerilim: 22 Volt Kaynak hızı: 320 (mm/dak)		
Akım: 120 Amper Gerilim: 26 Volt Kaynak hızı: 360 (mm/dak)		

Sürtünme karıştırma kaynağında elde edilen dikiş yüzey görünüşleri Tablo 4'te verilmiştir. Karıştırıcı ucun ilerleme hızı sabit tutulup (12,5 mm/dak), dönme hızı artırıldığı takdirde dikiş kenarlarında aşırı çapaklar kendini göstermektedir. Kenar çapaklarının oluşmasında en önemli etkenlerden bir tanesi, karıştırıcı uç omzunun birleşme yüzeylerine temas ettiğinde, kaynak ilerleme düzleminde bu yüzeylerin yukarıya doğru kalkma eğilimi göstererek kenar çapakları oluşumuna sebep olmasıdır. Dolayısıyla levhaları iyice sabitlemenin önemi ortaya çıkmaktadır. Diğer bir etken ise omuz kısmının yüzeye çok daha fazla girmesi ve kenarlarda çapak oluşturmasıdır.

Tablo 4. Farklı dönme hızlarında SKK ile yapılan birleştirmelerde meydana gelen dikiş yüzey kalitesi

Karıştırıcı Uçun İlerleme Hızı (mm/dak)	Karıştırıcı Uçun Dönme Hızı (devir/dak)	Dikiş Yüzey Görünüşü	Kaynak Bölgesinin Enine Kesiti
12,5	500		
12,5	630		
12,5	1000		
12,5	1600		

Düzenli bir kaynak yüzeyi için, karıştırıcı ucun omuz kısmı en ideal ölçülerde yüzeye temas etmeli, kaynak esnasında parçalar kesinlikle yukarıya doğru kalkmayacak şekilde çok iyi sabitlenmelidir. Bu önlemler alındığında kaynak dikiş yüzey kalitesi sürtünme

karıştırma kaynak dikişlerinde, elektrik ark kaynak dikişlerinden daha mükemmel oldukları tespit edilmiştir.

Sürtünme karıştırma kaynağında elde edilen kaynak dikiş kesitleri incelendiğinde 500, 630 ve 1000 devir/dak dönme hızlarında gözenek oluşmazken, 1600 devir/dak dönme hızında dikiş kesitlerinin bazı bölümlerinde mikro tünel şeklinde gözenekler oluşmuştur. Yapılan çalışmalarda oluşan bu gözeneklerin dönme hızı artırıldığında ortaya çıktığı görülmüştür. Fakat literatür incelemelerinde karıştırıcı ucun 1600 dev/dak'yı geçmesi halinde bu tarz bir problemle karşılaşmadığı tespit edilmiştir [10]. Bu çalışma ile literatürdeki bilgi farklığının sebebi olarak farklı karıştırıcı uç formu kullanımı söylenebilir. Dolayısıyla belirli bir karıştırıcı uç formu ile uyumlu kaynak parametrelerinin tespiti oldukça önem kazanmaktadır. 5mm kalınlığındaki CuZn30 levhaların elektrik ark kaynağı ile iki pasoda sürtünme karıştırma tekniği ile tek pasoda birleştirilmesi mümkün olmaktadır. İki pasolu elektrik ark kaynak dikişlerinde çok iyi bir temizlik yapılmazsa pasolar arası curuf kalıntısı problemi oluşmaktadır. Sürtünme karıştırma tekniğinde ise düzgün bir karışım bölgesi dikkati çekmektedir. Dolayısıyla sürtünme karıştırma tekniği ile birleştirme eğer ideal parametre kullanılırsa daha ekonomik ve düzgün dikişler vermektir.

3.2 Çekme Deneyi Sonuçları

Çekme deneyi, sürtünme karıştırma kaynak tekniği ve elektrik ark kaynağı ile birleştirilen CuZn30 alaşımı malzemenin mekaniksel özelliklerini belirleyebilmek amacıyla yapılmıştır. Çekme deneyi karıştırıcı uç ilerleme hızı sabit olup, değişen karıştırıcı uç dönme hızlarında elde edilen ve elektrik ark kaynağı ile birleştirilen numunelere uygulanmıştır. Böylece sürtünme karıştırma kaynak parametrelerinin birleştirme özelliklerini nasıl etkilediği tespit edilmeye çalışılmıştır. Aynı zamanda elektrik ark kaynak yöntemi ile birleştirilen levhalardan alınan sonuçlarla SKK numune sonuçları karşılaştırılarak aralarındaki fark belirlenmeye çalışılmıştır. Tablo 5'de SKK ve elektrik ark kaynak yöntemi ile birleştirilen levhaların çekme deneyi sonucu kopan numuneler ve kopmanın nerelerde meydana geldiğini belirten değerlendirmeler yer almaktadır.




Yapılan çalışmalarda 12,5 mm/dak ilerleme hızı ve 500, 630 ve 1000 devir/dak dönme hızlarında elde edilen birleştirmelerde kopma, karıştırılmış bölge dışında yani ITAB içerisinde gerçekleşmiştir. Mekanik özellikler incelendiğinde her üç farklı parametre kullanılarak yapılan birleştirmelerde büyük bir farklılık gözükmemektedir. Sonuçlar, bu parametreler arasında yapılan kaynak işleminin uygunluğunu göstermektedir. 12,5 mm/dak ilerleme hızı ve 1600 devir/dak dönme hızı kullanılarak yapılan birleştirmede ise kopma karıştırılmış bölgede gerçekleşmiştir. Çünkü numunenin koptuğu kaynak dikişinin kesiti incelendiğinde tam orta kısmında



yetersiz karışım bölgesinin ve tünel şeklinde ki gözeneklerin bulunması, kopmanın en zayıf bölge olan Elektrik ark kaynağı ile birleştirilmiş levhaların çekme deneyi sonucu kopan numunelerin kopma yüzeylerine bakıldığında, kopma işleminin kaynak dikişlerinin hemen kenarındaki ergime hattı boyunca gerçekleştiği görülmüştür. Çünkü elektrik ark kaynağındaki birleştirme işleminde, kaynak ergime sıcaklığında pirinç içerisindeki bakır ergiyene kadar çinko buharlaşmakta ve çinko element kaybı ortaya

kaynak dikişinde meydana gelmesine sebep olmuştur.

çıkılmaktadır. Dolayısıyla ergime hattı boyunca mukavemet düşüşü meydana gelebilmektedir. Ayrıca birleştirme çift taraflı kaynak dikişi çekilerek oluşturulduğu için tek pasolu birleştirmelere nazaran çinko kaybının daha fazla olacağı düşünülmektedir. Tablo 6'da ise her iki yöntemle birleştirilen numunelerden elde edilen çekme deneyi sonuçlarını verilmiştir.

Tablo 5. Çekme deneyi sonucu kopan sürtünme karıştırma ve elektrik ark kaynak numuneleri.

Karıştırıcı ucun dönme hızı (dev/dak)	Karıştırıcı ucun ilerleme hızı (mm/dak)	Çekme deneyi sonucu kopan numuneler	Değerlendirme
1000	12,5		Numune ITAB'da kırıldı
630	12,5		Numune ITAB'da kırıldı
500	12,5		Numune ITAB'da kırıldı

Kaynak parametreleri	Çekme deneyi sonucu kopan numuneler	Değerlendirme
Akım: 100 amper Gerilim: 22 volt Kaynak hızı: 320 mm/dak		Numune ergime hattı boyunca kırıldı
Akım: 120 amper Gerilim: 26 volt Kaynak hızı: 360 mm/dak		Numune ergime hattı boyunca kırıldı

Tablo 6. Sürtünme karıştırma, elektrik ark kaynak ve CuZn30 ana malzeme numunelerine ait çekme deneyi sonuçları

Kaynak Yöntemi	Karıştırıcı Ucun Dönme Hızı (dev/dak)	Karıştırıcı Ucun İlerleme Hızı (mm/dak)	% Uzama	Akma Mukavemeti (MPa)	Çekme Mukavemeti (MPa)
Sürtünme Karıştırma Kaynağı	500	12.5	11	125	205
	630		11±3	125±4	229±13
	1000		12±1	142±3	236±6
Elektrik Ark Kaynağı	Kaynak akımı 100 - 120 Amper olan numunelerin ortalama değerleri		12±2	118±9	194±8
CuZn30 Ana Malzemenin Mekanik Özellikleri			30	160	300

3.3 Eğme Deneyi Sonuçları

Sürtünme karıştırma tekniği ile birleştirilen eğme deneyi numunelerinde uygulanan kuvvet, kaynak metalinin tam ortasına gelecek ve kaynak metalinin kök kısmı alt tarafta açıkta kalacak şekilde ayarlanmıştır. İlerleme hızının 12,5 mm/dak dönme hızının 500, 630 ve 1000 devir/dak kaynak parametreleri kullanılarak elde edilen birleştirmelerde eğme deneyi sonucunda numunelerde çatlama veya yırtılma gibi olumsuzluklar oluşmamıştır. İlerleme hızı 12,5 mm/dak ve dönme hızı 1600 dev/dak kaynak parametresi kullanılarak elde edilen birleştirmede ise eğme deneyi sonucunda kaynak dikişinin kök kısmında kaynak dikişi boyunca kök birleşme yüzeylerinde yırtılma ve açılma meydana gelmiştir. Numune kesitleri incelendiğinde karışım bölgesinde gözeneklerin mevcut olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla eğme numunelerinde de bu hata kendini yırtılma ve açılma şeklinde göstermiştir. Elektrik ark kaynağı ile birleştirilen numunelerde ise herhangi bir problem oluşmamıştır.

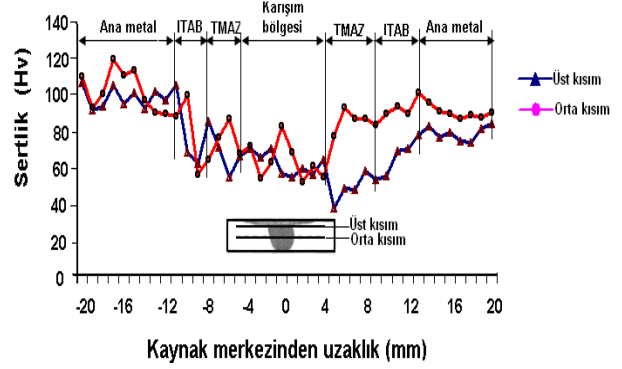
3.4 Mikro Sertlik Ölçümleri

Şekil 1'de SKK ile birleştirilen numunenin üst ve orta bölgesinden alınan mikro sertlik değerleri gösterilmektedir. Şekilde gösterilen mikro sertlik değerleri, SKK tekniği ile 630 devir/dak dönme hızı ve 12,5 mm/dak ilerleme hızı kullanılarak birleştirilen numuneye aittir. Diğer numunelerde de benzer sertlik değişimi görüldüğü için örnek olarak bu numuneye ait sertlik değerleri verilmiştir. Ana metalin sertlik değeri ortalama 100 Hv'dir. Bu değer kaynak merkezine 5 mm mesafede azalmaya başlamakta ve 65 Hv'e kadar düşmektedir. Bu düşüş bölgesi ısıdan etkilenen bölgeyi (ITAB'ı) ve termo-mekanik olarak etkilenen bölgeyi (TMAZ'ı) temsil eder. Kaynak metalindeki sertlik ise minimum seviyededir (60 Hv). Şekilde de görüldüğü gibi, sertlik değişimine baktığımızda kaynak bölgesini; ana metal, ITAB, termo-mekanik olarak etkilenmiş bölge ve kaynak metali olarak dört bölgeye ayırmak mümkündür. Üst ve orta kısımdan alınan mikro sertlik değerleri kaynak bölgesinin belirli bölgelere ayrılması için yeterli olmaktadır.

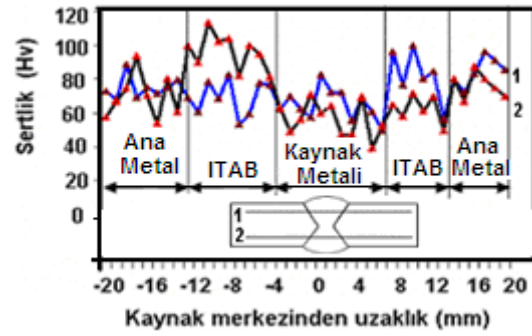
Şekil 2'de elektrik ark kaynağı ile birleştirilen numunelere ait mikro sertlik değerleri gösterilmektedir. Elektrik ark kaynağı bile birleştirilmiş numunelerde ana metalin sertlik değeri ortalama 80 Hv'dir. Kaynak merkezine yaklaştıkça ITAB'ın sertliği artmaya başlamakta ve 100 Hv'e kadar yükselmektedir. Kaynak metalinin sertliğine bakıldığında yaklaşık olarak 60 Hv olduğu görülecektir.

SKK ve elektrik ark kaynağı yöntemleri ile birleştirilen numunelerde kaynak metali ile karışım bölgesi sertlikleri birbirine yakın çıkmıştır. Elektrik ark kaynağı

numunelerinde ITAB bölgesinin sertliğinin ortalama 100 Hv'e ulaştığı görülmekte olup, SKK ile birleştirilen numunelerde ise daha düşük değerlerde olmuştur (65Hv). SKK çekme numunelerinin bir kısmının ITAB'dan kırılmasının bu düşük sertlik değerlerinden dolayı olabileceği tahmin edilmektedir.



Şekil 1. Sürtünme karıştırma kaynağı ile birleştirilen CuZn30 levhanın üst ve orta kısmından alınmış mikro sertlik değer dağılımları



Şekil 2. Elektrik ark kaynağı ile birleştirilen CuZn30 levhaların orta kısmından alınmış mikro sertlik dağılımları

3.5 Mikroyapı Karakterizasyonu

Sürtünme karıştırma kaynağı ile birleştirilmiş CuZn30 alaşımı levhaların kaynak bölgesinde dört önemli mikro yapısal değişimin olduğu tespit edilmiştir. Sürtünme karıştırma kaynağı ile birleştirilen CuZn30 levhaların kaynak sonrasında oluşan kaynak bölgesindeki mikro yapısal bölgeler Şekil 3'te gösterilmektedir. Optik görüntülerden elde edilen bilgilere göre CuZn30 alaşımı levhaların SKK ile birleştirilmesinde elde edilen farklı bölgeler şunlardır: (a) Ana metal, (b) Isı tesiri altındaki bölge (ITAB), (c) TMAZ (Termo-mekanik olarak etkilenmiş bölge) ve (d) Karışım bölgesi. Bu farklı bölgelerin ayırt edilmesinde mikro sertlik ölçümlerindeki farklılıklarda destek vermektedir.

Kaynak bölgesine ait bu kısımların özelliklerini şu şekilde özetleyebiliriz: Ana metalin mikroyapısına (Şekil 3 (a)) bakıldığında 60 -100 µm tane büyüklüğüne sahip

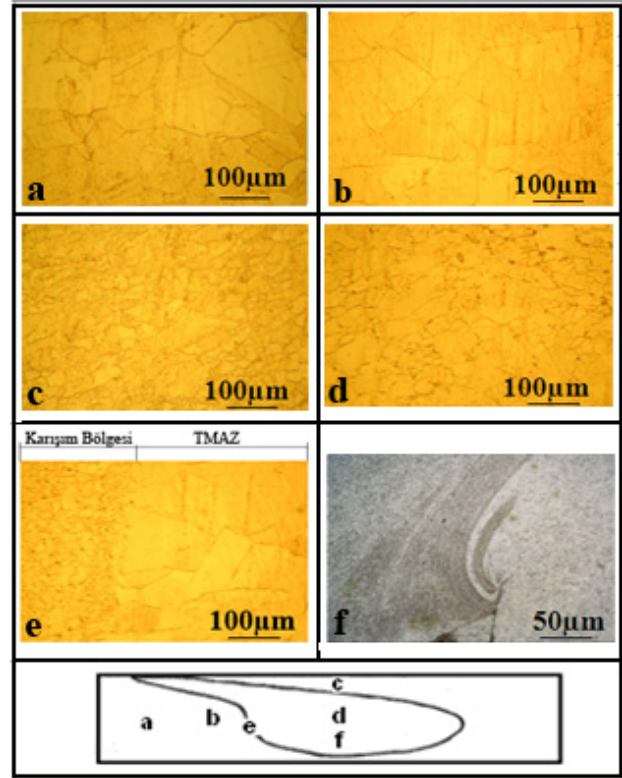
olduğu görülmektedir. Ana metal karışım bölgesinden yeterince uzakta olduğundan, karıştırma esnasında oluşan ısıdan etkilenmemiş olup, bu bölgede plastik şekil değiştirme görülmemektedir.

TMAZ (Şekil 3 (c)) ısı tesiri altında kalan ITAB'a komşu olan bir bölgedir. Bu bölgede karıştırmanın etkisiyle hem plastik deformasyon meydana gelmekte hem de oluşan ısının tesiriyle ana metale göre daha ince taneli bir yapı oluşmaktadır. Karıştırma esnasında oluşan ısı, bu bölgenin mikroyapı ve özelliklerini değiştirir. Bu bölgede taneler kaynak merkezine göre daha kaba yapıdadır (15 - 25 μm) ve taneler yönlenmiştir.

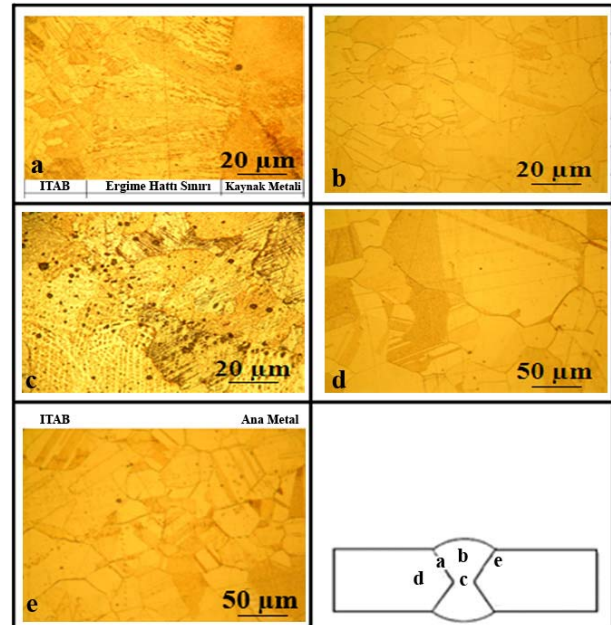
Kaynak merkezi (Şekil 3 (d)) Karıştırıcı ucun malzemeyi hamurumsu hale getirip karıştırdığı karışım bölgesidir. Kaynak işlemi sırasındaki sürtünme ısısı nedeniyle meydana gelen yeniden kristalleşmeden dolayı ince taneli (5-15 μm) bir yapıya sahiptir. Kaynak bölgesi ile termomekanik olarak etkilenmiş bölge (TMAZ) arasındaki karışım bölgesi, (Şekil 3 (e)) küçük ince taneli bir yapıya sahip olup, termomekanik olarak etkilenmiş bölge daha kaba taneli ve yönlenmiş tanelerden oluşmuştur.

Elektrik ark kaynağı ile birleştirilmiş CuZn30 alaşımı levhaların kaynak bölgesinde ana metal ile birlikte toplam dört önemli mikro yapısal değişimin olduğu tespit edilmiştir. Elektrik ark kaynağı ile birleştirilen CuZn30 levhaların kaynak sonrasında oluşan kaynak bölgesindeki mikro yapısal bölgeler Şekil 4'te gösterilmektedir. Bu bölgeleri tanımlamak gerekirse; (a) Ana metal, (b) Kaynak metal, (c) ITAB, (d) Ergime hattı sınırınıdır.

Elektrik ark kaynak tekniği ile birleştirilen CuZn30 levhaların kaynak bölgesinde tespit edilen bölgelerin özelliklerini şu şekilde özetleyebiliriz: Kaynak metal, kimyasal bileşim olarak ana metal ve elektrot metal karışımından ibarettir (Şekil 4 (b)). Kaynak metalinin mikroyapısına bakıldığında orta büyüklükte (20-50 μm) bir tane yapısı görülmektedir. Ergime hattı çizgisinin ana metal tarafında yer alan ITAB (Şekil 4 (d)), kaynak işlemi esnasında uygulanmış olan ısının oluşturduğu çeşitli ısıl çevrimlerden etkilenmiş ve dolayısıyla içyapı değişimine uğramış ısı tesiri altında kalan bir bölgedir. ITAB'a ait mikroyapıya bakıldığında ana metal ve kaynak metaline göre daha iri taneli (80-130 μm) bir yapıya sahip olduğu görülmektedir. Şekil 4 (e) de gösterilen ana metale ait mikro yapı en dış bölgedir. Kaynak metalinden yeterince uzakta olup, ergime esnasında oluşan kaynak banyosunun ısısından etkilenmeyen mikroyapısının ve diğer özelliklerinin değişmediği ana metal bölgesidir.



Şekil 3. Sürtünme karıştırma kaynak tekniği ile birleştirilen CuZn30 levhaların kaynak bölgesine ait mikroyapı fotoğrafları. (a) Ana metalin mikroyapısı, (b) ITAB'ın mikroyapısı, (c) Termo-mekanik olarak etkilenmiş bölgenin (TMAZ) mikroyapısı, (d) Karışım bölgesinin mikroyapısı, (e) Kaynak merkezinden TMAZ'a geçiş bölgesi mikroyapısı ve (f) Kaynağın kök kısmına ait mikroyapı



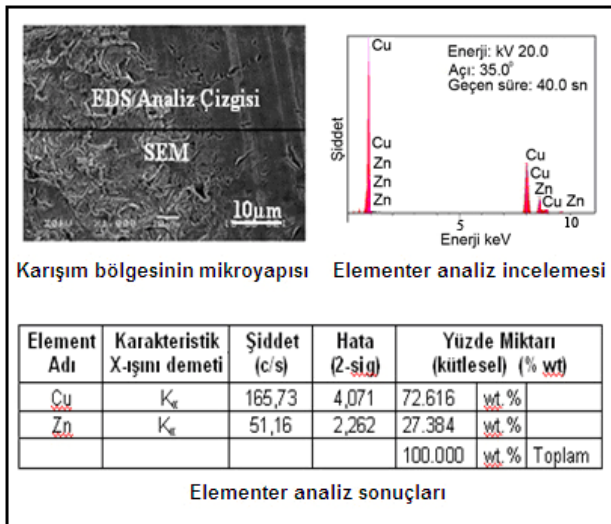
Şekil 4. Elektrik ark kaynak tekniği ile birleştirilen CuZn30 levhaların kaynak bölgesine ait mikroyapı fotoğrafları (a) Ergime hattı sınırı, (b) Kaynak metal, (c) Kaynak metalinin alt kısmı, (d) ITAB (kaba taneli yapı) ve (e) ITAB'dan ana metale doğru geçiş bölgesi

3.6 Elementer Analiz Sonuçları

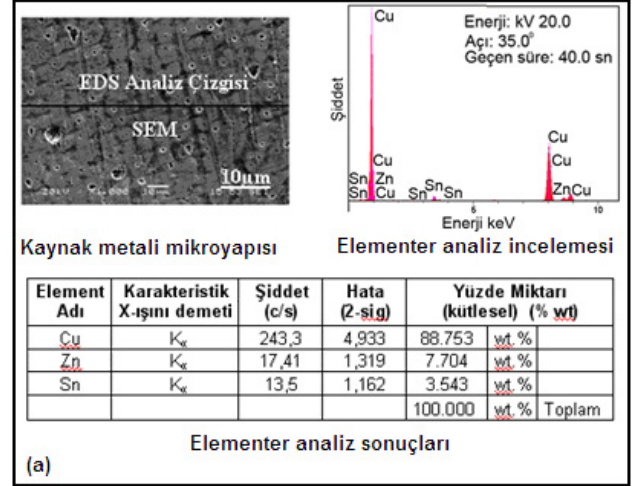
CuZn30 alaşımı levhaların ergitme kaynak teknikleriyle birleştirilmesinde kaynağı olumsuz yönde etkileyen en önemli faktör, alaşım içerisindeki çinko buharlaşması problemidir. Sürtünme karıştırma kaynak yöntemi ve elektrik ark kaynağı ile yapılan birleştirme işleminde kaynak işlemi sırasında çinkonun buharlaşıp buharlaşmadığını kontrol etmek için kaynak bölgesinin ve ana metalin değişik bölgelerinden elementer analiz değerleri alınmıştır.

Şekil 5'te SKK numunelerinin karışım bölgesinden alınan elementer analiz sonuçları gösterilmektedir. Yapılan elementer analiz sonuçlarına göre sürtünme karıştırma kaynak yöntemi ile yapılan CuZn30 alaşımların birleştirilmesinde çinko buharlaşmasının olmadığı tespit edilmiştir. Bu değer, ITAB'da ise % 13'e düşmektedir. Ana metalde ise çinko oranının %28 nispetinde olduğu görülmektedir. Şekil 6'da elektrik ark kaynak tekniği ile birleştirilen numunelerin kaynak metal ve ana metale ait elementer analiz sonuçları gösterilmektedir. Elektrik ark kaynağı ile birleştirilen numunelerin elementer analiz incelemesinde kaynak metalinde yaklaşık olarak % 21 oranında bir çinko buharlaşmasının meydana geldiği tespit edilmiştir.

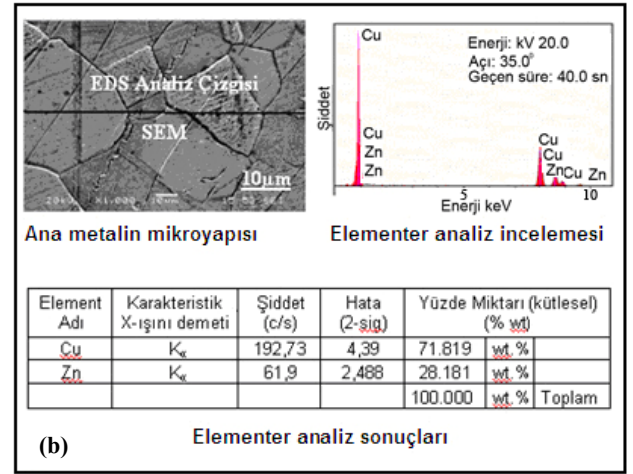
Elementer analiz sonuçlarına göre SKK numunelerinde çinko buharlaşması meydana gelmezken, elektrik ark kaynak tekniği ile birleştirilen numunelerde ise %21 oranında bir çinko buharlaşması dikkati çekmektedir. Bunun da kaynak bölgesindeki mukavemetin düşmesine sebep olacağı tahmin edilmektedir.



Şekil 5. SKK ile birleştirilmiş CuZn30 levhaların karışım bölgesine ait elementer analiz sonuçları



(a)



(b)

Şekil 6. Elektrik ark kaynağı ile birleştirilmiş CuZn30 levhaların (a) Kaynak metaline ve (b) Ana metale ait elementer analiz sonuçları

IV. SONUÇLAR

(1) Bu çalışmada kullanılan karıştırıcı uç formunun CuZn30 levhalarının SKK birleştirilmesi için uygun olduğu görülmüştür.

(2) Karıştırıcı ucun dönme hızları 500 ve 630 devir/dak ve ilerleme hızı olarak 12,5 mm/dak kullanılan kaynak parametreleri ile yapılan birleştirmelerde kaynak hatası oluşmamış ve oldukça iyi bir yüzey kalitesi elde edilmiştir. Dönme hızının 1000 dev/dak ve ilerleme hızının 12,5 mm/dak olarak kullanıldığı birleştirmelerde ise yüzey kalitesi biraz daha düşmüştür. Fakat bu durum mukavemet özelliklerini azaltacak olumsuz bir etki göstermemiştir.

(3) KK ve elektrik ark kaynak yöntemleri ile yapılan birleştirmelerde kaynak metal ile karışım bölgesi sertlikleri birbirine çok yakın değerler çıkmıştır. Elektrik ark kaynak numunelerinde ITAB bölgesinin sertliğinin

100 Hv'e ulaştığı görülmektedir. SKK ile birleştirilen numunelerde ise bu değer (65 Hv) daha düşmüştür.

(4) SKK ve Elektrik ark kaynak tekniği ile yapılan birleştirmelerin elementer analiz incelemesi sonucunda, SKK ile yapılan birleştirmelerde Zn buharlaşması gözükmezken, elektrik ark kaynak tekniği ile birleştirilen numunelerde %21 oranında Zn buharlaşması meydana geldiği tespit edilmiştir.

(5) CuZn30 levhalarının seri üretimine SKK tekniği, tamir bakım kaynağı işlerinde de elektrik ark kaynak tekniği kullanılmasının daha verimli olacağı kanaatine varılmıştır.

KAYNAKLAR

1. Uzun, H., Yılmaz, R., Fındık, F., "Alüminyum Alaşımları İçin Süper Birleştirme Yöntemi: Sürtünme Karıştırma Kaynak Tekniği ve Uygulamaları", Metal Dünyası, 118, 75-82, Mart 2003.
2. Kaluç, E., Bozduman, B., "Sürtünen Eleman ile Birleştirme Kaynak Yöntemi", Makina Magazin, Sayı:27, s.54-61, Temmuz 1998.
3. Çam, G., "Al- Alaşımları İçin Geliştirilen Yeni Kaynak Yöntemleri", Kaynak Teknolojisi III. Ulusal Kongresi Bildiriler Kitabı, Yıldız Teknik Üniversitesi Oditoryumu, İstanbul, s.268-277, 19-20 Ekim 2001.
4. Ataoğlu, H. "Sürtünme Karıştırma Kaynaklı Alüminyum Alaşımlarının İç Yapı ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Antakya, 2002.
5. Threadgill, P.L., "Friction Stir Welds in Aluminium Alloys-Preliminary Microstructure Assesment", TWI Bulletin, March/April 1997.
6. Nagasawa, T., Otsuka, M., "Structure and Mechanical Properties of Friction Stir Weld Joints of Magnesium Alloy AZ31", <http://www.mc.mat.shibaurait.ac.jp/master/abstract/298110.html>, 2006.
7. Uzun, H., "Friction Stir Welding of SiC Particulate Reinforced AA2124 Aluminum Alloy Matrix Composite", Materials and Design 28, pp: 1440-1446, 2007.
8. Uzun, H., Bozkurt, Y., Gülsoy, H.Ö., Salman, S., "Sürtünme Karıştırma Kaynak Tekniği ile Birleştirilen AA2124/SiC/25p Kompozit Malzemenin Yaşlandırma Sertleşmesi Davranışının İncelenmesi", s. 237-240, 11.Uluslararası Malzeme Sempozyumu, Editör: Volkan Kovan, Denizli, Türkiye, 19-21 Nisan 2006.

9. Meran, C., "Pirinç Levhaların Sürtünme Karıştırma Kaynağında Birleştirme Özellikleri", Pamukkale Üniversitesi, Denizli, 5 May 2005.

10. Serindağ H.T., "Pirinç Levhaların Sürtünme Karıştırma Kaynak Yöntemiyle Alın Kaynağı ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi", Mustafa Kemal Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Mayıs 2006.

11. Park H.S., Kimura T., Murakami T., Naganod Y., "Microstructures and Mechanical Properties of Friction Stir Welds of 60%Cu – 40%Zn Copper Alloy" Materials Science and Engineering, A371, p 160-169, 2004.

12. Askaynak-Kobatek, "Kaynak Elektrotları ve Kaynak Telleri Kataloğu", Ağustos 2004.