



Nida Katı

Sermin Ozan

Fırat University, Elazığ-Turkey
nkati@firat.edu.tr; serozan@firat.edu.tr

<http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2014.9.3.2A0086>

**AISI 420 ÇELİĞİNİN SÜRTÜNME KAYNAK YÖNTEMİ İLE
BİRLEŞTİRİLEBİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

ÖZET

Bu çalışmada, ergitme kaynak yöntemleri ile birleştirilmesi güç olan martenzitik paslanmaz çelik (AISI 420) sürtünme kaynak yöntemi ile birleştirilmiştir. Kaynak esnasında üç farklı devir kullanılmış ve sürtünme basıncı, sürtünme süresi, yığma süresi ve yığma basıncı gibi parametreler sabit tutulmuştur. Kaynak işleminden sonra, kaynak ara yüzeyleri SEM ile incelenmiştir. Daha sonra bu parçalar mikro sertlik testine tabi tutulmuştur. Kaynaklı bağlantıların mekanik dayanımlarının belirlenmesi için kaynaklı parçalar çekme testine tabi tutulmuştur. İncelemelerin sonunda, AISI 420 martenzitik paslanmaz çeliğin sürtünme kaynak yöntemi ile problemsiz bir şekilde kaynak edilebildiği gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Paslanmaz Çelik, AISI 420, Sürtünme Kaynağı
Mikro yapı, Mekanik özellikler

**INVESTIGATION OF JOINABILITY BY FRICTION WELDING METHOD OF AISI 420
STEEL**

ABSTRACT

In this study, martensitic stainless steel (AISI 420) that is difficult to bond by fusion welding methods joined by friction welding. During welding, three different rotational speeds were used and parameters such as friction pressure, friction time, forging pressure and forging time were kept constant. After the welding process, welding interfaces were examined by SEM. Then these parts were subjected to microhardness test. Welded parts were subjected to tension test for determine the mechanical strength of welded joints. After investigations, AISI 420 martensitic stainless steel was observed that without a problem can be welded by friction welding.

Keywords: Stainless Steel, AISI 420, Friction Welding,
Microstructure, Mechanical Properties



1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Günümüzde gelişen teknoloji ile birlikte, farklı malzemelerin birleştirilerek kullanılması gereksinimi ortaya çıkmıştır. İki farklı alaşımdaki çeliğin birleştirilmesinde en uygun yöntemin kaynaklı birleştirme olduğu bilinmektedir [1]. Kaynak işleminin sonrasında, kaynak bölgesinin özelliklerinin, birleştirilen farklı alaşımdaki çeliklerin özelliklerinden doğal olarak farklı olması önemli sorunları gündeme getirmiştir. Çok değişik kaynak yöntemleri içerisinde ergitme kaynak yöntemlerinin kullanılması, bu sorunları daha da arttırmaktadır [2]. Ergitme kaynak yöntemlerinin cüruf kalıntısı, porozite gibi kaynak hatalarına açık bir yöntem olması ve soğuma nedenli makro düzeyde iç gerilmelerin oluşması bu yöntemlerin önemli dezavantajları olup, kaynağın mukavemetini düşürmektedir. Bu sebeple farklı bileşimdeki malzemelerin birleştirilmesinde eğer boyutları ve şekilleri müsaade ediyorsa, bir ergitme olayının olmaması ya da sınırlı olması, çok daha az kaynak hatası içermesi ve kaynak sonrası minimum iç gerilmelere sahip olması nedenleriyle katı hal kaynak yöntemleri, ergitme kaynağı yöntemlerine büyük üstünlük sağlamaktadır [3]. Bu katı hal kaynak yöntemlerinden en önemlisi ve uygulanabilirliği en fazla olan sürtünme kaynağı yöntemi ile ilgili çalışmalar, değişik malzeme ve parametrelere göre, birçok bilim adamı tarafından gerçekleştirilmiştir [4].

Sürtünme kaynağı elektriksel enerji veya diğer enerji kaynaklarından yaralanmaksızın, çalışma parçalarının ara yüzeylerinde mekanik olarak oluşturulan sürtünme yoluyla üretilen mekanik enerjinin termal enerjiye dönüştürülmesiyle elde edilen ısıdan yararlanılarak yapılan bir katı hal kaynak tekniğidir [5].

Martenzitik paslanmaz çelikler, bileşimlerinde %12-18 Cr ile %0,1-1 C içeren manyetik, soğuk şekillendirilebilen çeliklerdir. Bu çeliklerden karbon oranı yüksek olanlar talaşlı yöntemle işlenebilirler. Paslanmaz çeliklerin önemli bir gurubunu oluşturan ve tokluğu yüksek olan bu çeliklerin, atmosfer ve değişik kimyasal ortamlarda korozyon dirençleri yüksektir [6].

Martenzitik paslanmaz çelikler ergitme kaynak yöntemleri ile birleştirildiklerinde, karbon oranlarına bağlı olarak bir takım sorunlarla karşılaşmaktadır. Bu sorunlar bünyelerinde buldukları karbon oranına bağlı olarak değişmektedir. Yüksek oranda karbon bulduran paslanmaz çeliklerde kaynak kabiliyeti düşmekte ve ITAB'da sertlik ve gevreklik meydana gelmektedir [7].

Ellis, literatüre dayanarak yapmış olduğu sürtünme kaynaklı bağlantılarda kaynak kalitesini etkileyen parametrelerin; sürtünme basıncı, dönme hızı, sürtünme süresi ve yığılma basıncına bağlı olduğunu belirtmiştir [8]. Satyanarayana vd., paslanmaz çelik çiftini sürtünme kaynak yöntemi ile birleştirmiş ve mikroyapı, mekanik özellikler ve kırılma davranışı üzerinde kaynak parametrelerinin etkilerini incelemişlerdir [9]. En uygun kaynak parametrelerini belirleyerek, sağlıklı kaynakların ancak belirli kaynak parametrelerinin kombinasyonları ile elde edilebileceğini belirtmişlerdir. Kirik vd., çalışmalarında MMC-AA6061 Alüminyum çiftinde takviye partikül ve hacim oranının mikroyapı özelliklerine etkisini araştırmışlardır. Devir sayısı arttıkça karşılıklı bölgelerde difüzyonun arttığı ve buna paralel olarak çekme dayanımının arttığını ifade etmişlerdir [10]. Taşkın vd. yaptıkları çalışmada AISI 430 ve AISI 1010 çelik çiftini farklı devir ve farklı sürtünme basıncı kullanarak sürekli tahrikli sürtünme kaynak makinesinde birleştirmişlerdir. Mikroyapı ve mikrosertlik sonuçları incelendiğinde tüm kaynaklı numunelerin birleşme bölgelerinde meydana gelen mikroyapısal değişiklikte önemli farklılıklar gözlemlenmiş ve artan devir sayısına bağlı olarak ITAB'ın

genişlediğini ve aşırı deformasyona uğramış bölgede sertliğin azaldığını görmüşlerdir [11].

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICATION)

Martenzitik paslanmaz çeliklerin ergitme kaynak yöntemleriyle birleştirilmesinde birtakım kaynak hataları meydana gelmektedir. Bu kaynak hataları malzemelerin bağlantı mukavemetini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle martenzitik paslanmaz çelik sürtünme kaynak yöntemi ile birleştirilerek kaynak hataları en aza indirilmeye çalışılmış ve bağlantı mukavemetinin artırılması hedeflenmiştir.

3. DENEYSEL ÇALIŞMA (EXPERIMENTAL STUDY)

Bu çalışmada 25 mm çapında ve 90 mm boyunda AISI 420 kalite martenzitik paslanmaz çelik kullanılmıştır. Kullanılan çeliğin kimyasal kompozisyonunun belirlenmesi amacı ile spektral analiz yapılmıştır. Bu analiz sonucundan elde edilen değerler Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. AISI 420 çeliğinin kimyasal kompozisyonu
(Table 1. Chemical composition of steel AISI 420)

Malzeme	Alaşım Elementi (% wt)					
	C	Mn	Si	P	S	Cr
AISI 420	0.15	1.00	1.00	0.040	0.030	14.0

Deney sırasında kullanılacak malzemeler torna tezgâhında sürtünme kaynak işlemi için hazır hale getirildikten sonra sürekli tahrikli sürtünme kaynak makinesinde 700, 1000 ve 1300 dev/dk olmak üzere üç farklı devirde kaynak işlemleri gerçekleştirilmiştir. Kaynak esnasında sürtünme basıncı, sürtünme süresi, yığma basıncı ve yığma süresi gibi parametreler sabit tutulmuştur. Deney esnasında kullanılan kaynak parametreleri Tablo 2'de gösterilmiştir.

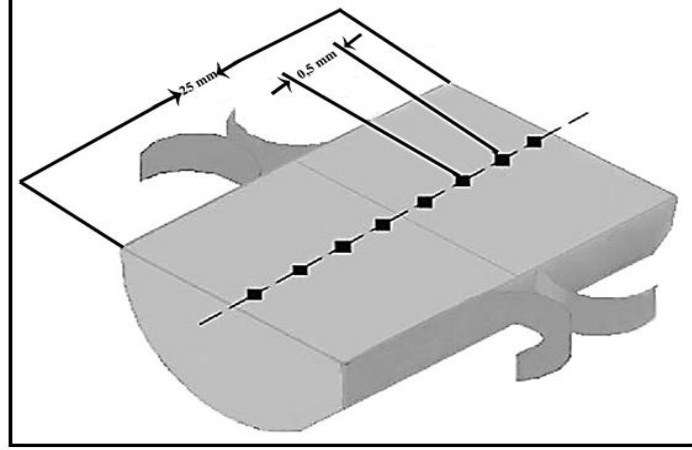
Tablo 2. Deney esnasında kullanılan kaynak parametreleri
(Table 2. Welding parameters used during the test)

Numuneler	Devir Sayısı (dev/dk)	Sürtünme Süresi (s)	Sürtünme Basıncı (MPa)	Yığma Süresi (s)	Yığma Basıncı (MPa)
A1	700	10	50	6	60
A2	1000	10	50	6	60
A3	1300	10	50	6	60

Numuneler kaynak işleminden sonra, kaynak ara yüzeyinin incelenmesi amacı ile birleşme ara yüzeyine dik doğrultuda ve 25 mm boyunda kesilmiştir. Daha sonra ana yapıya ulaşmak amacı ile numuneler orta eksenlerine kadar METKON SERVOCUT hassas kesme cihazında kesilmiştir. Numune boyutlarının büyük olması sebebiyle merkezden başlayarak 7 mm derinliğinde numuneler elde etmek için ikinci bir kesme işlemi uygulanmıştır ve böylelikle daha küçük ve düzgün numuneler elde edilmiştir. Daha sonra bu numuneler birleşme bölgesinde meydana gelen yapısal değişikliklerin incelenmesi için, sırasıyla 80,120, 240, 400, 600, 800, 1000 ve 1200 mesh'lik zımpara ile zımparalandıktan sonra 3 µm'lik elmas pasta ile parlatılarak dağlanmıştır. Kaynak ara yüzeyinde meydana gelen mikro yapısal değişikliklerin gözlemlenmesi için numuneler taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile incelenmiştir.

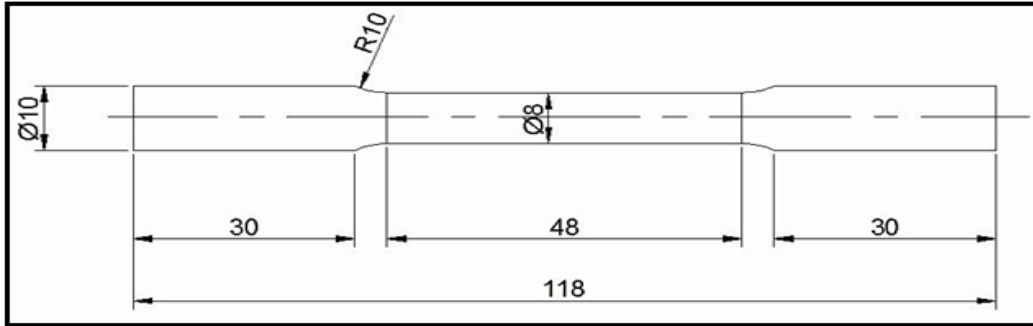
Sürtünme kaynağı ile birleştirilmiş numunelerin sertlik değişimlerini incelemek amacı ile mikro sertlik ölçümleri yapılmıştır. Mikro sertlik ölçümleri, EMCOTEST DuraScan marka mikro sertlik cihazı

ile 1 N yük uygulanarak, numunelerin tam orta ekseninden ve kaynak kesitine dik olacak şekilde bir hat üzerinden 0.5 mm aralıklarla ve 10 sn'lik yükleme hızında gerçekleştirilmiştir. Mikro sertlik ölçümlerinin yapıldığı bölgeler Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Mikrosertlik ölçümü yapılan noktaların şematik gösterimi
(Figure 1. Schematic representation of the point being microhardness measurements)

Sürtünme kaynağı yapılmış numunelere çekme testi uygulamak amacı ile kaynak yapılmış numuneler universal torna tezgâhında soğutma sıvısı kullanılarak hassas bir şekilde işlenmiş ve TS 138'e uygun ölçülere getirilmiştir. Çekme deneyleri, SHIMADZU AG-X 50 KN marka çekme cihazı ile 50.000 N yük altında ve 1mm/dk çekme hızında standartlara uygun olarak yapılmıştır. Deney numunelerine ait ölçüler Şekil 2'de gösterilmektedir.

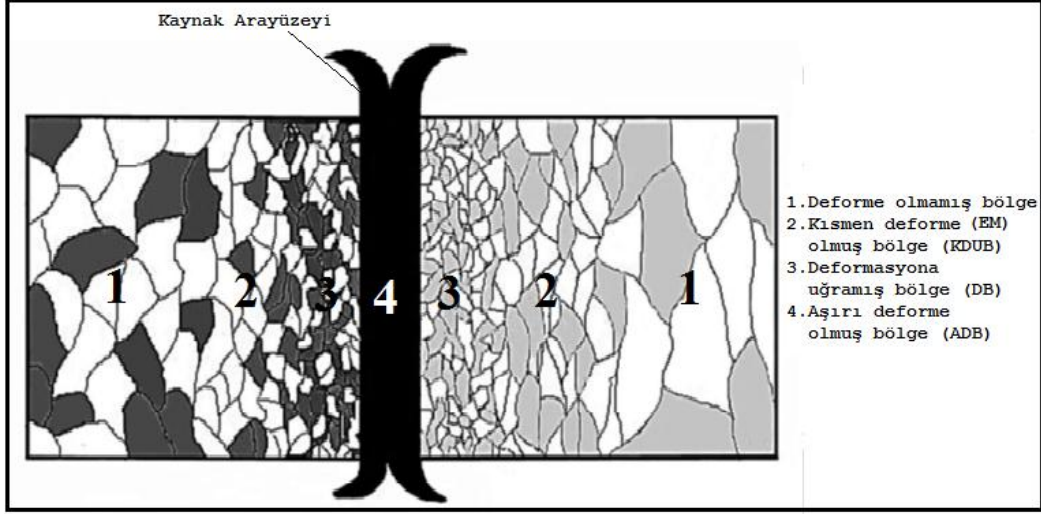


Şekil 2. Çekme deney numunesi
(Figure 2. Tensile test specimens)

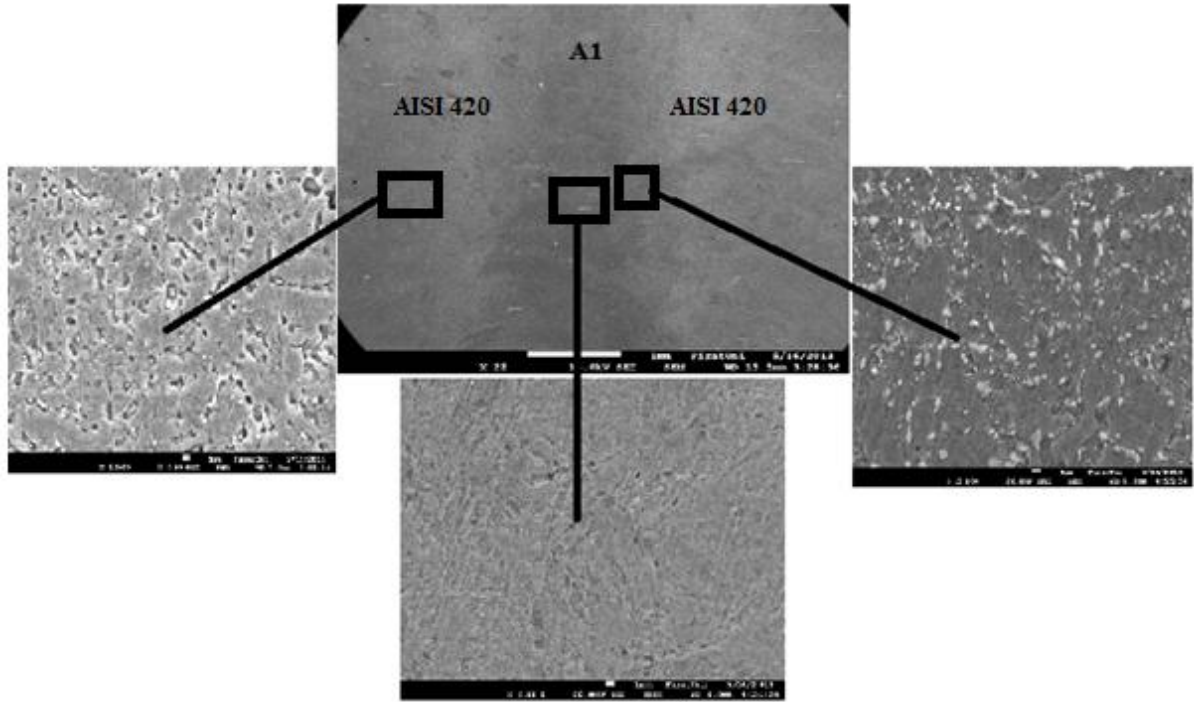
4. DENEY SONUÇLARI (EXPERIMENTAL RESULTS)

Sürtünme kaynak yönteminde, kaynak sonrası birleşme ara yüzeyinde meydana gelen yapısal değişim bazı araştırmacılar tarafından üç farklı bölgeye ayrılarak incelenmiştir. Bu bölgeler Şekil 3'de gösterildiği gibi; esas malzeme (EM), deformasyon bölgesi (DB), kısmen dönüşüme uğramış bölge (KDUB), olarak isimlendirilmektedir. Bununla birlikte deformasyon bölgesi (DB), içinde kalan, ancak yapısal olarak farklılık gösteren aşırı deforme olmuş bölgenin (ADB) varlığı yapılan detaylı SEM çalışması ile belirlenmiştir. Aşırı deforme olmuş bölgenin deformasyon bölgesinin dışında, ilave bir bölge olarak kabul edilmesi ile yapı dört farklı bölüm olarak belirlenmiş ve incelenmiştir. Tanımlanan bu dört bölgenin boyutlarının, işlem

parametrelerine bağlı olarak değişim gösterdiği literatürde vurgulanmaktadır [12 ve 13].

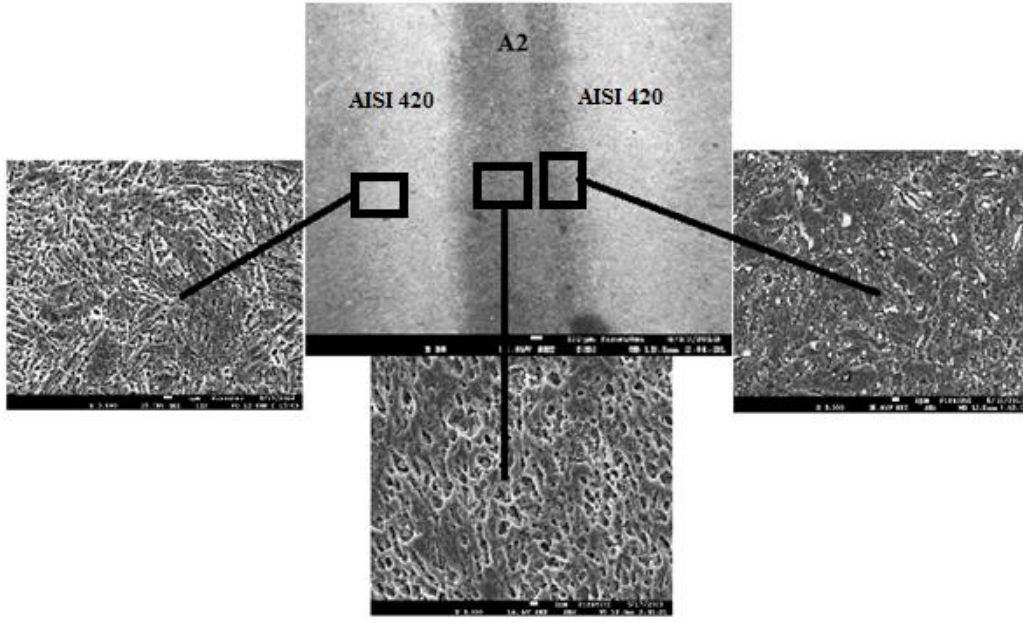


Şekil 3. Sürtünme kaynaklı numunelerin mikro yapı değişimi
(Figure 3. Microstructure exchange of friction welded samples)



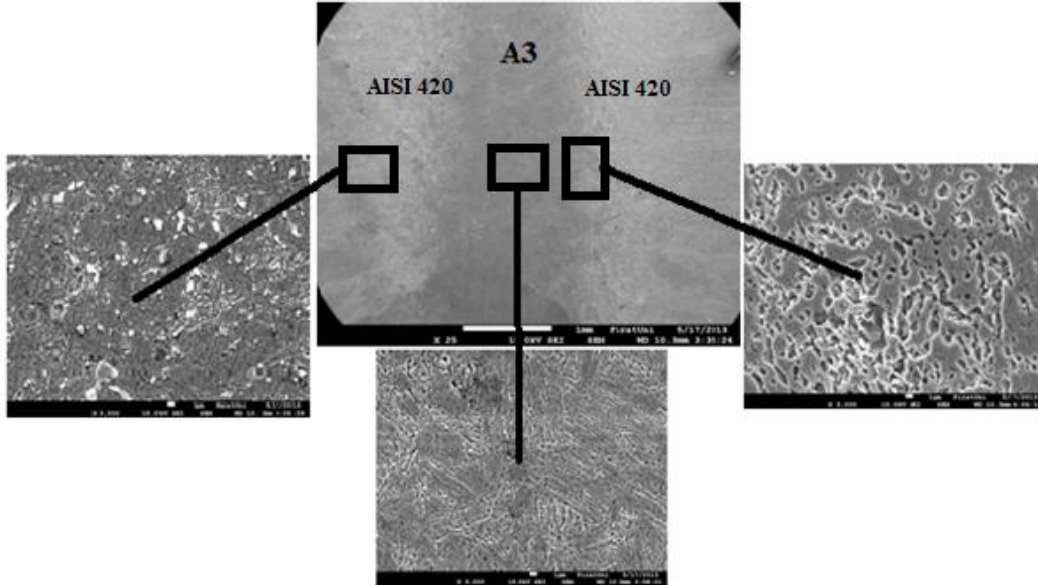
Şekil 4. A1 no'lu numunenin ara yüzey SEM görüntüleri
(Figure 4. SEM images of the interface of the sample A1)

700 dev/dk devir sayısı ile birleştirme işleminin gerçekleştirildiği kaynaklı bağlantının ara yüzeyinden alınan SEM fotoğrafları incelendiğinde, birleşme ara yüzeyinde, çatlak ve bağlantısız bölgeye rastlanmamıştır. Bağlantı bölgesinde deformasyona uğramış bir bölge (DB) ve bu bölgenin bitişiğinde basıncın etkisiyle dövülmüş tanelerden oluşan bir bölgenin olduğu görülmektedir (Şekil 4).



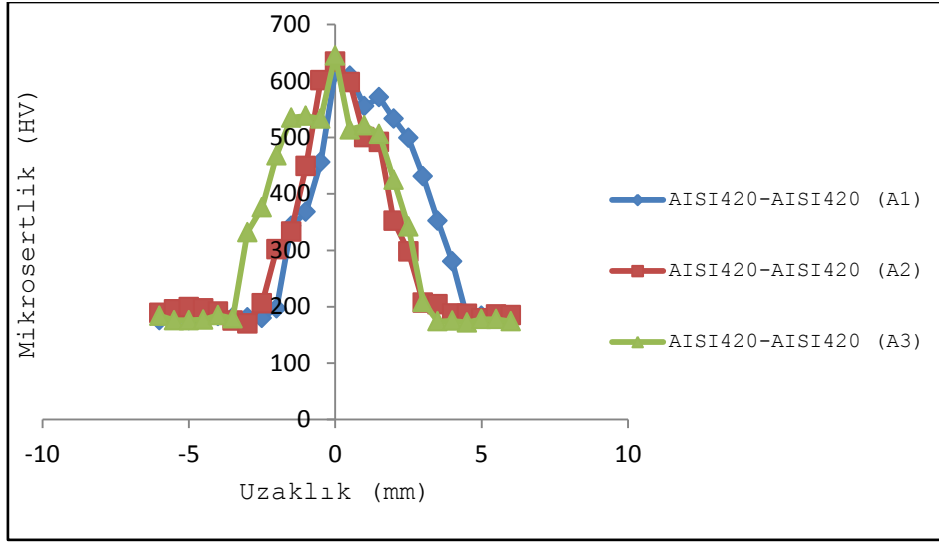
Şekil 5. A2 no'lu numunenin ara yüzey SEM görüntüleri
(Figure 5. SEM images of the interface of the sample A2)

1000 dev/dk devir sayısı ile birleştirme işleminin gerçekleştirildiği kaynaklı bağlantının ara yüzeyinden alınan SEM fotoğrafları incelendiğinde, birleşme ara yüzeyinde boşluğa ve çatlığa rastlanmamıştır. Yapılan SEM incelemelerinde aşırı deformasyon bölgesi (ADB) çok net olarak görülmektedir. ADB'deki tanelerin uygulanan basıncın etkisiyle kaynak ara yüzeyine paralel doğrultuda yönlendiği tespit edilmiştir. ADB bölgesindeki tane yönelmesi KDUB ve DB'deki mikroyapı resimlerinde görülmektedir (Şekil 5). A1 numunesi ile A2 numunesi mukayese edildiğinde bu bölgedeki tanelerin artan devir sayısına paralel olarak deformasyona uğrama miktarlarının arttığı görülmüştür.



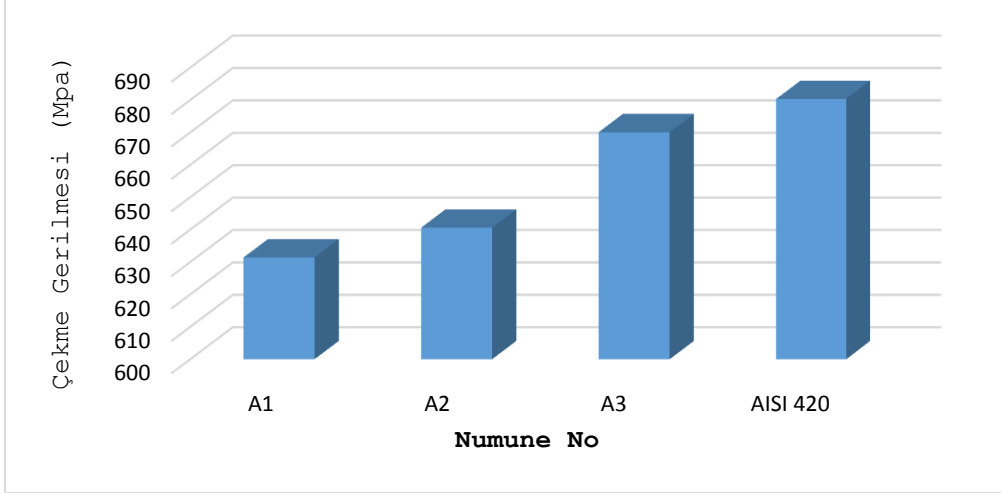
Şekil 6. A3 no'lu numunenin ara yüzey SEM görüntüleri
(Figure 6. SEM images of the interface of the sample A3)

1300 dev/dk devir sayısı ile birleştirme işleminin gerçekleştirildiği kaynaklı bağlantının ara yüzeyinden alınan SEM fotoğrafları incelendiğinde, birleşme ara yüzeyinde boşluk, çatlak ve bağlantısız bölgeye rastlanmamıştır. A3 numunesinin aşırı deformasyon bölgesinin A1 ve A2 numunelerinin aşırı deformasyon bölgelerinden daha geniş olduğu mikroyapı SEM fotoğraflarından açıkça görülmektedir. KDUB'deki tanelerin basıncın etkisiyle kaynak ara yüzeyine paralel doğrultuda yönlendikleri görülmektedir (Şekil 6).



Şekil 7. A1, A2 ve A3 no'lu numunelerin kaynak bölgelerindeki mikro sertlik dağılımları
(Figure 7. Microhardness distributions of the source region of A1, A2 and A3 samples)

Farklı devir sayılarında birleştirilen A1, A2 ve A3 numunelerine ait mikro sertlik grafikleri Şekil 7'de verilmiştir. Bu kaynaklı bağlantılara ait sertlik dağılımları incelendiğinde her üç numunede de benzer bir dağılımın olduğu görülmektedir. AISI 420 çeliğinin ortalama sertlik değerinin 186 vickers olduğu yapılan ölçümlerle belirlenmiştir. Farklı devirlerde birleştirilen bu numune gruplarına bakıldığında kaynak ara yüzeyinde sertlik değerlerinin maximum olduğu görülmüştür. Kaynak ara yüzeyinden esas malzemeye yaklaştıkça sertlik değerleri düşmüş ve esas malzemenin sertlik değerine yakın sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 8. Numunelerin çekme deneyi sonuçları
(Figure 8. The tensile test results of samples)

AISI 420/AISI 420 çelik malzeme çifti sürtünme kaynak yöntemi ile birleştirildikten sonra numuneler incelenmiş ve devir sayısının çekme dayanımı üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir (Şekil 8). Bu değerlendirmeler sonucunda artan devir sayısına paralel olarak numunelerin çekme gerilmeleri değerlerinde bir miktar artışın olduğu görülmüştür. Artan devir sayısı ile birlikte ara yüzeyden sıcaklığın etkisi ile daha fazla miktarda malzeme dışarı atılır ve ara yüzeyde malzemenin mukavemetini olumsuz etkileyecek bileşikler de dışarı atılmış olur, dolayısıyla çekme gerilmesi değerleri artar. Ayrıca düşük devir sayılarında plastik deformasyon için gerekli olan sıcaklığa ulaşamadığından kaynaklı bağlantıların mukavemetleri daha düşüktür. Çekme gerilmesi değerlerindeki artışın bir sebebi de devir sayısının artması ile birlikte daha fazla miktarda martenzitin temperlenmesine bağlanabilir. Bu nedenle en düşük çekme gerilmesi değeri 700 dev/dk devir sayısı ile A1 numunesinde görülmüştür.

5. GENEL SONUÇLAR (GENERAL CONCLUSIONS)

Bu çalışmada AISI 420 martenzitik paslanmaz çelik sürtünme kaynak yöntemi ile birleştirilmiş ve bu birleştirmenin sonucunda;

- Ergitme kaynak yöntemi ile birleştirilmesi zor olan AISI 420 martenzitik paslanmaz çeliğin boşluksuz ve çatlaksız bir şekilde sürtünme kaynak yöntemi ile kaynak edilebildiği görülmüştür.
- Kaynaklı bağlantıların mikro yapı SEM fotoğrafları incelendiğinde birleşmemiş bölgelere rastlanmamıştır.
- Mikro yapı fotoğraflarından devir sayısı arttıkça deformasyon bölgesinde bir genişleme meydana geldiği gözlenmiştir. Bu durum, artan devir sayısı ile malzemenin aynı sürede daha fazla sürtünmesine ve ısı girdisinin artmasına bağlanmıştır. Kısmen deformasyona uğramış bölgenin, artan devir sayısına bağlı olarak daraldığı gözlenmiştir.
- Mikro sertlik testi sonuçlarına göre AISI 420 çeliğinin ortalama sertlik değerinin 186 Vickers olduğu yapılan ölçümlerle belirlenmiştir. A1, A2 ve A3 numunelerinde ana malzemenin kaynak ara yüzeyine yaklaşıldıkça sertlik değerinin arttığı görülmüştür. En yüksek sertlik değeri, 645 Vickers ile 1300 dev/dk devir sayısı ile birleştirilen A3 numunesinde görülmüştür.
- AISI 420 çeliğinin çekme mukavemeti yapılan çekme deneyi sonunda 680,328 MPa olarak bulunmuştur. Deney numunelerinde en yüksek



çekme mukavemeti 1300 dev/dk devir sayısı ile birleştirilen A3 numunesinde 670,06 MPa olarak bulunmuştur ve numunelerin hepsinin kaynağın dışındaki bir bölgeden koptuğu görülmüştür.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Anık, S., (1983). Kaynak Teknolojisi El Kitabı, İTÜ Makine Fakültesi.
2. Yılmaz, M., (1983). Farklı takım çeliklerinin sürtünme kaynağında kaynak bölgesinin incelenmesi, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
3. Tülbentçi, K. ve Yılmaz, M., (1989). "Farklı takım çeliklerinin katı hal kaynağı", II. Ulusal Kaynak Sempozyumu Bildiri Kitabı, İTÜ, 303-314, İstanbul.
4. Özdemir, N., (2002). Tane küçültülmüş düşük alaşımlı yüksek karbonlu çeliklerin sürtünme kaynağı ile birleştirilebilirliğinin araştırılması, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
5. Sönmez, F., (2007). Sürtünme kaynağıyla birleştirilmiş yüksek hız çeliği (HSS) ve AISI 1040 çeliklerinde mukavemet ve metalürjik özelliklerin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
6. Savaşkan, T., (2000). Malzeme Bilgisi ve Muayenesi, Karadeniz Tek. Üniv. Mak. Müh. Böl. Malz. Bil. Anabilim Dalı, Trabzon.
7. Orhan, N., Aksoy, M. ve Eroğlu, M., (1999). A New Model for Diffusion Bonding and Its Application to Duplex Alloys, Materials Science and Engineering A, 271:458-468.
8. Ellis, C.R.G., (1977). Friction Welding, Some Recent Applications of Friction Welding, Weld.And Metal Fab., 207-213.
9. Satyanarayana V.V., Reddy, M.G., and Mohandas, T., (2005). Dissimilar metal friction welding of austenitic-ferritic stainless steels, Journal of Materials Processing Technology, 160, 2, 128-137.
10. Kirik, I., Özdemir, N. ve Caligulu, U., (2013). "Effect of particle size and volume fraction of the reinforcement on the microstructure and mechanical properties of friction welded MMC to AA 6061 aluminum alloy", KOVOVE MATERIALS, Vol. 51(4), 221-227.
11. Taşkın, M., Çay, V.V. ve Özdemir, N., (2005). Sürtünme kaynağı ile birleştirilmiş AISI 430/Ç 1010 çelik çiftinin ara yüzey mikroyapı değerlendirmesi, Teknoloji, Cilt 8, Sayı 1, 65-70.
12. Özdemir, N., (2005). Investigation of the mechanical properties of friction-welded joints between AISI 304L and AISI 4340 steel as a function rotational speed, Materials Letters, 59, 2504-2509.
13. Kırık, İ., (2012). Sürtünme kaynağı ile birleştirilen AISI 1040/AISI 304L çelik çiftinin elektrokimyasal korozyon davranışının araştırılması, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.