



ISSN:1306-3111

e-Journal of New World Sciences Academy
2012, Volume: 7, Number: 3, Article Number: 2A0077

NWSA-TECHNOLOGICAL APPLIED SCIENCES

Received: April 2012

Accepted: July 2012

Series : 2A

ISSN : 1308-7231

© 2010 www.newwsa.com

İhsan Kırık

Niyazi Özdemir

Firat University

alihsankirik@gmail.com

Elazığ-Turkey

OTOMOTİV ENDÜSTRİSİNDE KULLANILAN SÜRTÜNME KAYNAK MAKİNESİ İMALATI VE FARKLI ÖZELLİKTEKİ AISI 1040/AISI 304L ÇELİK ÇİFTLERİNİN SÜRTÜNME ENERJİSİ KULLANILARAK BİRLEŞTİRİLMESİ

ÖZET

Bu çalışmada, eski bir torna tezgâhı üzerine tarafımızdan tasarım ve imalatı gerçekleştirilen sürtünme kaynak makinesi bileşenleri monte edilerek PLC kontrollü bir sürekli tahrikli sürtünme kaynak makinesi imalatı gerçekleştirilmiş ve farklı özelliklere sahip AISI 1040/AISI 304L çelik çifti sürtünme kaynak yöntemi ile birleştirilmiştir. Kaynak sonrası mikroyapı ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Bilindiği gibi sürtünme kaynağının ana fonksiyonları parçaların bağlanması, sıkıştırılması, basınç altında dönme, sürtünme, frenleme, yığma ve gerekli sürelerin hassas olarak ayarlanmasıdır. Tezgâha yapılan eklentiler sayesinde sürtünme kaynağının başlıca parametreleri olan devir sayısı, sürtünme basıncı, sürtünme süresi, yığma basıncı ve yığma süresi ayarlanabilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Sürtünme Kaynağı, AISI1040, AISI304L, Sürekli Tahrikli Sürtünme Kaynak Makinesi, Otomotiv Endüstrisi

THE DESIGN OF FRICTION WELDING MACHINE USED IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY AND WELDABILITY OF AISI 1040/AISI 304L COUPLES BY USING FRICTIONAL ENERGY

ABSTRACT

In this study, the components of the PLC- controlled continuous drive friction welding machine was designed and manufactured on an old lathe machine, which was produced by us and AISI 1040/AISI 304L steel couple was joined by friction welding. After friction welding, microstructure and mechanical properties of joints were investigated. As is known, the main functions of friction welding parts are the configuration of connecting and tightening the pieces, rotation under pressure, friction, braking, forging, and the necessary time set as sensitive. Due to the attachments of the set-up the main parameters rotation speed, friction pressure, forging pressure, friction time and forging time of the friction welding can be adjusted.

Keywords: Friction Welding, AISI1040, AISI304L, Continuous Drive Friction Welding Machine, Automotive Industry

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Son yıllarda teknolojik gelişmeler yeni malzemelerin geliştirilmesini ve bu malzemelerin birleştirilmesinde güvenle kullanılacak yeni yöntemlerin kullanımını zorunlu hale getirmiştir. Farklı bileşime sahip iki metalik malzemenin geleneksel ergitme kaynak yöntemleri ile birleştirilmesi güç ve problemlidir. Bunlar kaynak bölgesinde çatlama ve kaynak bölgesindeki süreksizliklerdir. Ayrıca, metalik malzemelerin ergitme kaynak yöntemleri ile birleştirilmesi durumunda, birleşme bölgesinde meydana gelen yapısal değişim ve işlem şartlarına bağlı olarak malzeme ve yerel geometrik etkilerin oluşturduğu süreksizliklerde meydana gelen yüksek gerilmeler, kaynaklı bağlantıların hasar sürecinde önemli rol oynayacaktır. Dolayısıyla, bu malzemeler için çatlama riskini ortadan kaldıracak ve içyapıda en az değişikliğe yol açacak birleştirme yöntemleri kullanılması zorunludur. Aynı veya farklı bileşimdeki malzemelerin birleştirilmesinde eğer boyutları ve şekilleri uygun ise, ergitme olayının olmaması ya da sınırlı oluşu, çok daha az sayıda kaynak hatası içermesi ve kaynak sonrası minimum iç gerilmeler oluşturması nedeniyle katı hal kaynak yöntemlerinden biri olan sürtünme kaynağı önemli avantajlar sağlamaktadır [1 ve 3].

Sürtünme kaynağı bir katı hal birleştirme yöntemidir. Konu ile ilgili çalışmalar 1956 yılından sonra başlamış ve yöntemin uygulama alanlarının geliştirilmesi yönünde çalışmalar devam etmektedir. Sürtünme kaynağı, yaklaşık 50 yıldan fazla süreden beridir bilinen ve her geçen gün otomasyon kaynağında geniş bir uygulama alanına sahip olmasına rağmen ülkemizde imalat sektörü tarafından yeterince destek alamamıştır. Pek çok teknik eleman ya sürtünme kaynağı hakkında haberdar değil ya da imalat sektöründe kullanılabilirliği ispatlanmamış bir teknoloji olarak bilmektedir. Sürtünme kaynağı, özellikle simetrik olarak dönebilen hacimli parçaların birleştirilmesinde kullanılan bir katı hal kaynak yöntemi olup avantajları; yüksek malzeme tasarrufu, düşük üretim zamanı ve farklı metalik malzemelerin kaynağında avantaj sağlamasıdır. Sürtünme kaynağı, biri sabit diğeri dönen iki parça ara yüzeylerinde mekanik olarak oluşturulan sürtünme yoluyla üretilen mekanik enerjinin termal enerjiye dönüştürülmesi ile elde edilen sıcaklıktan yararlanarak aksel basınç altında yapılır. Sürtünme kaynağında kaynak süresi boyunca sürtünen yüzeyler aksel basınç altında kalır ve ısıtma safhası ya da sürtünme safhası olarak adlandırılan bu süreç plastik deformasyon sıcaklığı oluşuncaya kadar devam eder. Bu sıcaklıkta dönme hareketi durdurulup aksel basınç artırılarak yağma oluşturulur. Böylece kaynak bölgesi bir tür termo-mekanik işleme uğramaktadır. [4 ve 5].

Sürtünme kaynak makineleri tam mekanize makinelerdir. Parçaların bağlanması, boşaltılması ve oluşan çapakların alınması otomasyon edilebilir. Bilindiği gibi sürtünme kaynağının ana fonksiyonları parçaların bağlanması, sıkıştırılması, basınç altında dönme, sürtünme, frenleme, yağma ve gerekli sürelerin hassas olarak ayarlanmasıdır. Bağlantısı yapılacak parçalarda oluşabilecek küçük bir kayma, hem kötü bir kaynak bağlantısına ve hem de frenleme sisteminin zarar görmesine neden olacağından; numune bağlama aparatları gerekli rijitliğe sahip olmalı, üzerine gelecek momentleri karşılamalı, radyal kaçıklıklar ve titreşimler elimine edilebilmelidir [6 ve 8]. Şekil 1' de sürtünme kaynağı yöntemi ile imal edilmiş parçalara ait örnek resimler görülmektedir [13].



a. Shaft bağlantı elemanları, b. Hidrolik bağlantı elemanları, c. Alimünyum alaşımlı cantlar, d. Tompon şok emiciler, e. Alimünyum bağlantı elemanları, f. Direksiyon milleri, g. Alimünyum süspansiyon bağlantı elemanları, h. Şase bileşeni, ı. Stator bağlantı elemanları, i. Vidalı aktülatör, j. Bi-metalik perçinler, k. Stator pervane ayarlayıcısı, p. Kelebek vana, r. Yüksek basınçlı valf gövdeleri, s. Yağlama elemanları, ş. Jeoloji karotları.

Şekil 1. Sürtünme kaynağı ile birleştirilen parçalar [13]
(Figure 1. Friction welded parts [13])

Genel olarak sürtünme kaynağı makineleri ana gövde, bağlama tertibatları, dönme ve yığıma mekanizmaları, fren sistemi, güç ünitesi, kontrol üniteleri ve kumanda tablosu kısımlarından oluşmaktadır. Sürtünme kaynağı işlemi esnasında oluşacak titreşimler, gerekli incelemeler ve araştırmalar yapılarak sönmülenebilecek şekilde makine dizaynı yapılmalıdır. Ayrıca kaynak süresi boyunca oluşacak radyal ve eksenel kuvvetlerden dolayı parçaların sabitlemesi gerekli ve eksen kaçıklıkların önlenmesi lazım gelir. Bu doğrultuda kaynak ekipmanlarını tutmak için kullanılan bütün durdurma tertibatlarının yeterli güvenliği sağlayacak şekilde dizaynı yapılmalı ve imalatı gerçekleştirilmelidir. Uygulamaların çoğunda otomatik olarak merkezi frenleme tertibatları kullanılmaktadır. Yöntemin uygulanması esnasında eksenel kuvvetlerin tatbikinde mekanik kamlardan veya hava

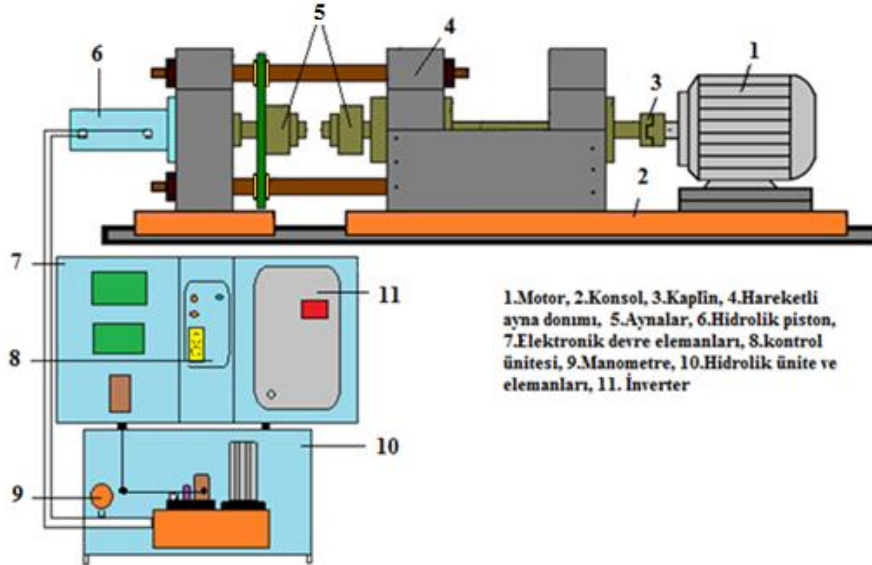
silindirleri gibi değişik ünitelerden de faydalanılsa da genellikle bu maksatla hidrolik silindirler ve üniteleri kullanılmaktadır [9 ve 15].

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICATION)

Bu çalışmanın amacı, dünyada sınırlı sayıda firma tarafından üretimi yapılan sürtünme kaynak makinelerinin ülkemizde imalat ve otomotiv sektörlerinde uygulanabilirliğini yaygınlaştırmak ve sürtünme enerjisinden yararlanarak makine parçalarının üretmek, daha kısa zaman, düşük maliyet ve ustalık becerilerine bağımlılığı en az seviyeye indirmektir.

3. SÜREKLİ TAHRİKLİ SÜRTÜNME KAYNAK MAKİNESİNİN TASARIM VE İMALATI (DESIGN AND MANUFACTURING OF A DIRECT DRIVE FRICTION WELDING MACHINE)

Şekil 2'de şematik resmi verilen sürekli tahrikli sürtünme kaynak makinesi, Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Metal Eğitimi Bölümü Atölyesinde imal edilmiştir. Bu kaynak makinesi düzeneği beş ayrı bileşenden oluşmaktadır. Bunlar; dönerli ayna, aksel hareketli ayna, hidrolik güç ünitesi, ısı detektörü ve elektronik kumanda ünitesi.



Şekil 2. Sürekli tahrikli sürtünme kaynak makinesinin şematik resmi (Figure 2. Schematic drawing of continuously driven friction welding machine)

3.1. Dönerli Ayna (Rotating Chuck)

Tezgâh kızağı üzerine tahrik motoru ile aynı eksenle bağlanmış olan dönerli ayna; 11.1 Kw'lık SİMENS marka DC motor ve bu tahrik motoru kontrol eden 11.1 Kw'lık SİMENS marka midi vektör invertör kullanılmıştır. Dönerli torna aynasını kumanda eden tahrik motoru devir sayısı, 0-5 V arası DC gerilime sahip hız kontrol ünitesi tarafından 0-3500 dev/dak aralığındaki her devir sayısında çalışabilecek şekilde kontrol edilmektedir. Ayrıca, sürtünme kaynağında önemli bir parametre olan frenleme ve frenleme süresi, inverter üzerinden tahrik motoruna DC gerilim uygulanarak kontrol edilebilmektedir.

3.2. Aksel Hareketli Ayna (Axial Movable Chuck)

Hareketli ayna, tezgâh üzerine dönerli ayna ile maksimum 0.002 eksen kaçıklığında Ø60mm çapındaki dört adet eksenleme mili üzerine

bağlanmış ve 120mm stroklu hidrolik piston mili yardımıyla ileri geri hareketini yapmaktadır. Dönerli ayna ile eksenel hareketli ayna donanımını birbirine bağlayan bu dört adet mil, eksenel hareketli aynanın ileri geri hareketi esnasındaki titreşimleri ve eksen kaymaları önlemektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Dönerli ayna ve eksenel hareketli ayna donanımı
(Figure 3. Axially movable chuck and rotating chuck hardware)

3.3. Lazer Isı Detektörü (Laser Heat Detector)

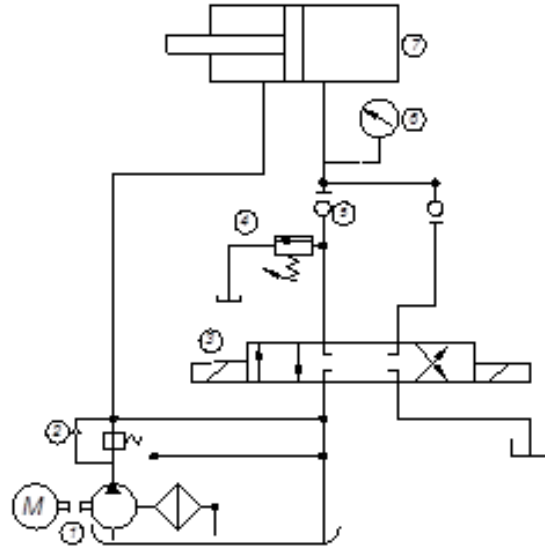
Sürtünme kaynağı işlemi esnasında birleştirilecek malzemeler arayüzeyinde oluşan sıcaklığın tespiti amacıyla, 250-1800 °C arasında sıcaklık ölçümü yapabilen IGA 15 PLUS marka sıcaklık ölçer lazer ısı detektörü kullanılmıştır. Sıcaklık ölçümü, cihaz kaynaklı bağlantıların birleşme arayüzeyine odaklı 70 cm uzağa sabitlenerek, 0.5sn aralıklarda yapılan ölçümler bilgisayar ortamına aktarılarak gerçekleştirildi. IGA 15 PLUS marka lazer ısı detektörüne ait görüntüler Şekil 4' te verilmiştir.



Şekil 4. Lazer ısı detektörüne ait görüntüler
(Figure 4. The images of the laser heat detector)

3.4. Hidrolik Sistem (Hydraulic System)

Şekil 5'te şeması verilen hidrolik sistem; hidrolik silindir, valf grubu ve popa motor ünitesinden oluşmaktadır. Pompa motor ünitesi, radyal pistonlu 0-350 bar arası bir sıvı basıncı üretmektedir. Pistonun ileri yöndeki basıncı 3 No'lu yön kontrol valfi hattındaki 2 No'lu basınç ayar valfi ile sağlanır. Ayrıca dışarıdan veriler DA2 dijital veri ayarlayıcısı ile girildiğinde basınç ile hız valfleri belirlenen süre, basınç ve hızda pistonun ileri hareketini sağlamaktadır. DA2 +9, 0 ve -9V arası voltaj değerlerinde komutları HNC 1085 basınç kontrol valfine ve HNC 4075 hız kontrol valfine göndererek piston hareketini sağlamaktadır.

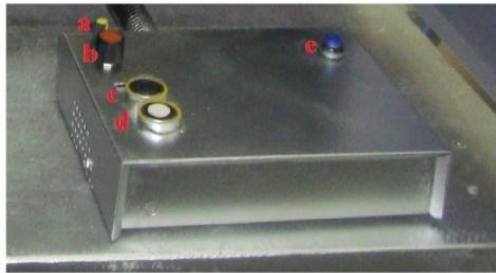


(1. Hidrolik pompa motor ünitesi, 2.Basınç ayar valfi, 3.Selenoid kumandalı yön kontrol valfi, 4.Akış ayar kontrol valfi, 5.Çekvalf, 6.Manometre, 7.Hidrolik silindir)

Şekil 5. Sürekli tahrikli sürtünme kaynak makinasının hidrolik devresi
(Figure 5. Hydraulic circuit of continuous drive friction welding Machine)

3.5. Manuel Kontrol Paneli (Manual Control Panel)

Şekil 6'da resmi verilen kontrol paneli, kaynak işlemlerinin otomasyondan bağımsız gerçekleştirmek amacıyla geliştirilmiştir. Kontrol paneli üzerine ileri- geri tuşu, basınç ayarı kontrol düğmesi, pistonun ilerleme hızını sağlayan ayar düğmesi yerleştirilmiştir. Kontrol paneli yardımıyla istenilen basınç ve hızda pistonun hareketi sağlanabilmektedir. Aynı zaman da motrun start, stop ve istenilen devirde hareketini sağlayan potlarda yerleştirilmiştir.



a-Piston ilerleme hız kontrol düğmesi
b-Basınç kontrol düğmesi
c-Piston ileri hareket düğmesi
d-Piston geri hareket düğmesi
e-Motor start ve stop düğmesi

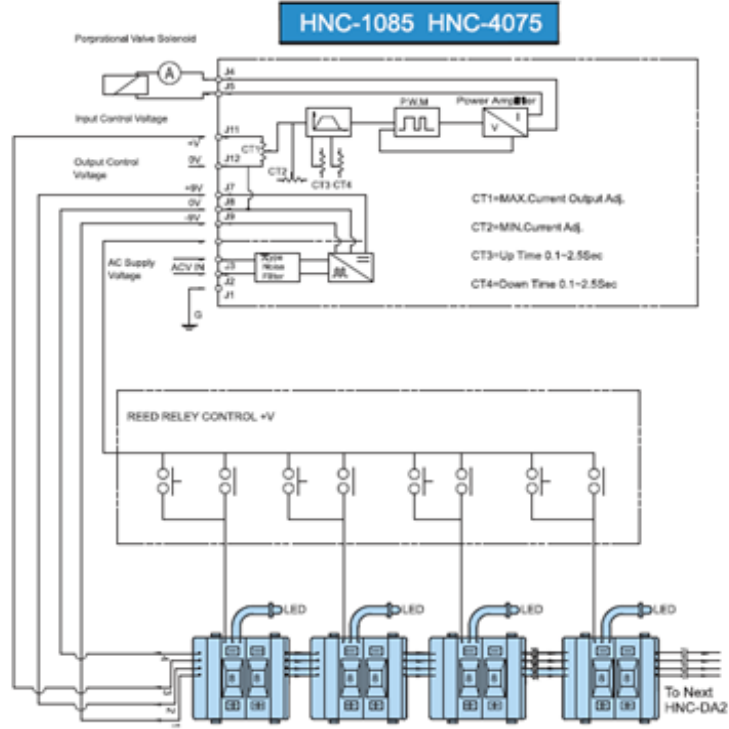
Şekil 6. Manuel kontrol paneli
(Figure 6. Manual control panel)

3.6. Elektronik Devre (Electronic Circuit)

Daha önce belirlenen veriler DA2 dijital veri ayarlayıcısı ile sisteme girildiğinde basınç ile hız valfleri belirlenen süre, basınç ve hızda pistonun ileri ve geri hareketlerini sağlar. DA2 +9, 0 ve -9V arası voltaj değerlerine karşılık gelen komutları, HNC 1085 basınç kontrol valfine ve HNC 4075 hız kontrol valfine göndererek işlem görür. HNC oransal kontrol kartların teknik özellikleri Tablo 1'de verilmiştir. Ayrıca HNC-1085, HNC-4075 ve HNC-DA2 kartların çalışma şeması Şekil 7'de ve bu kartlara ait fotoğraf Şekil 8'de verilmiştir.

Tablo 1. HNC- Oransal katların teknik değerleri
(Table 1. HNC- Technical data of proportional cards)

MODEL	HNC-1085	HNC-4075
ÖZELLİK	Basınç kartı	Debi kartı
Güç Kaynağı	AC 28V \pm 20%	AC 40V \pm 20%
Sigorta	2A	2A
Bobin Yük Direnci	10 Ω / 20°C (68°F)	40 Ω /20°C (68°F)
Giriş Kontrol Voltajı	0V□+9V	0V□+9V
Max. Akım Çıkış Aralığı	0 - 850 mA	0 - 750 mA
Ayar Pilot Akım Aralığı	0 - 150 mA	0 - 150 mA
Yukarı Ramp Zamanı	0,1-2,5 sec	0,1-2,5 sec
Aşağı Ramp Zamanı	0,1-2,5 sec	0,1-2,5 sec
Yayılan Isı	0,1 mA / C	0,2 mA / C
Max. Çevre Isısı	0-50°C (32-122°F)	0-50°C (32-122°F)
Max. Güç Gereksinimi	15 VA	40 VA



Şekil 7. Elektronik devrenin çalışma şeması
(Figure 7. Working diagram of the electronic circuit)



Şekil 8. Elektronik devre elemanları ve kartların fotoğrafları
(Figure 8. Photos of electronic circuit elements and the cards)

4. SÜRTÜNME KAYNAK MAKİNASININ TEKNİK ÖZELLİKLERİ (TECHNICAL PROPERTIES OF FRICTION WELDING MACHINE)

Tablo 2'de piston dış çapı: 120 mm olan kaynak makinesinde kullanılan silindir piston çapı 80 mm dir. Pistonun ön yüzüne uygulanan basınçtan dolayı itme kuvveti oluşmaktadır. Piston yüzey alanı $A = D^2 \times \pi / 4$ eşitliği ile hesaplanır. Değerler yerine yazıldığında $A = 5024 \text{ mm}^2$ olarak bulunur. Piston yüzeyindeki itme kuvveti ise $F = P \times A$ eşitliği ile bulunur. Burada, F; Basma kuvveti, P; Manometreden okunan basınç, A; Hidrolik silindirin alanı olarak hesaplanır. Numune yüzeyine uygulanan basınç ise $P = F / A$ eşitliği ile bulunur. Burada, P; Numune yüzeyine uygulanan basınç, F; Hidrolik silindir tarafından uygulanan kuvvet, A; Numunenin yüzey alanı olarak tanımlanır. Deneylerde 12 mm çapındaki numuneler kullanıldığından manometrede okunan basınç değerleri çapa bağlı olarak Tablo 3' te sunulmuştur.

Tablo 2. Sürtünme kaynak makinasının teknik özellikleri
(Table 2. Technical features of friction welding machine)

Makinanın eni	120mm
Makinanın boyu	2460mm
Motor devri ve gücü	0-3500d/dak-11,5kw
Basınç ayar valfi	40V
Piston stroku	120mm
Hidrolik pompa motor gücü	2.2kw
Makinanın yüksekliği	1400mm
Hidrolik silindir çapı	120mm
Hidrolik pompa motor devri	1400d/dak
Hız ayar valfi	28V
Sıcaklık dedektörü	0-1800 °C
Piston çapı	80mm

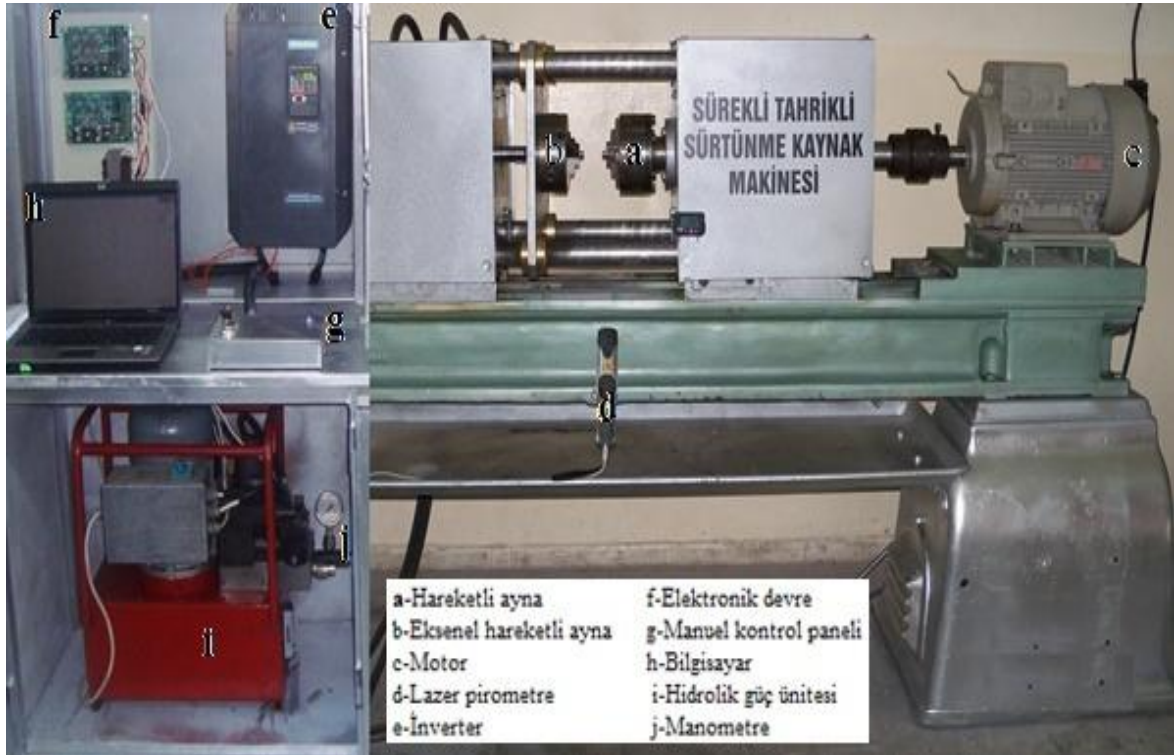
Tablo 3. 12 mm çap ve uygulanan basma kuvveti değişimine göre numune üzerinde oluşan basınç tablosu

(Table 3. Compressive strength of 12 mm in diameter and the pressure squarely on the sample table according to the changes)

Manometre basıncı (Bar)	4	8	12	16	24	36	48	56	60	Numune Çapı (mm)
Numuneye uygulanan basınç (MPa)	7,27	14,5	21,8	29,8	43,6	65,4	87	101	109	12

5. DENEYSSEL ÇALIŞMA (EXPERIMENTAL STUDY)

Deney çalışmalarında, 12 mm çapında ticari olarak temin edilen standart AISI 1040 ile AISI 304L çelik çifti kullanıldı. Kaynak işleminden önce, çubuk halinde temin edilen deney numuneleri, sürtünme kaynak makinasının özellikleri dikkate alınarak 12 mm çapında ve 70 mm uzunlukta torna tezgâhında işlenerek hazırlandı. Kaynak işlemleri, Şekil 9'da resmi verilen sürekli tahrikli sürtünme kaynak makinesinde Tablo 4'te ki kaynak parametreleri kullanılarak gerçekleştirildi. Kaynak sonrası sürtünme kaynaklı numunelerin mikroyapı ve mekanik özellikleri incelendi. Çekme mukavemetlerini belirlemek için, TS EN ISO 6892-1 standardına uygun çekme numuneleri hazırlanarak 50000 N yük kapasitesine sahip SHİMADSU marka çekme cihazında, 1mm/dak. çekme hızı kullanılarak çekme deneyleri gerçekleştirildi.



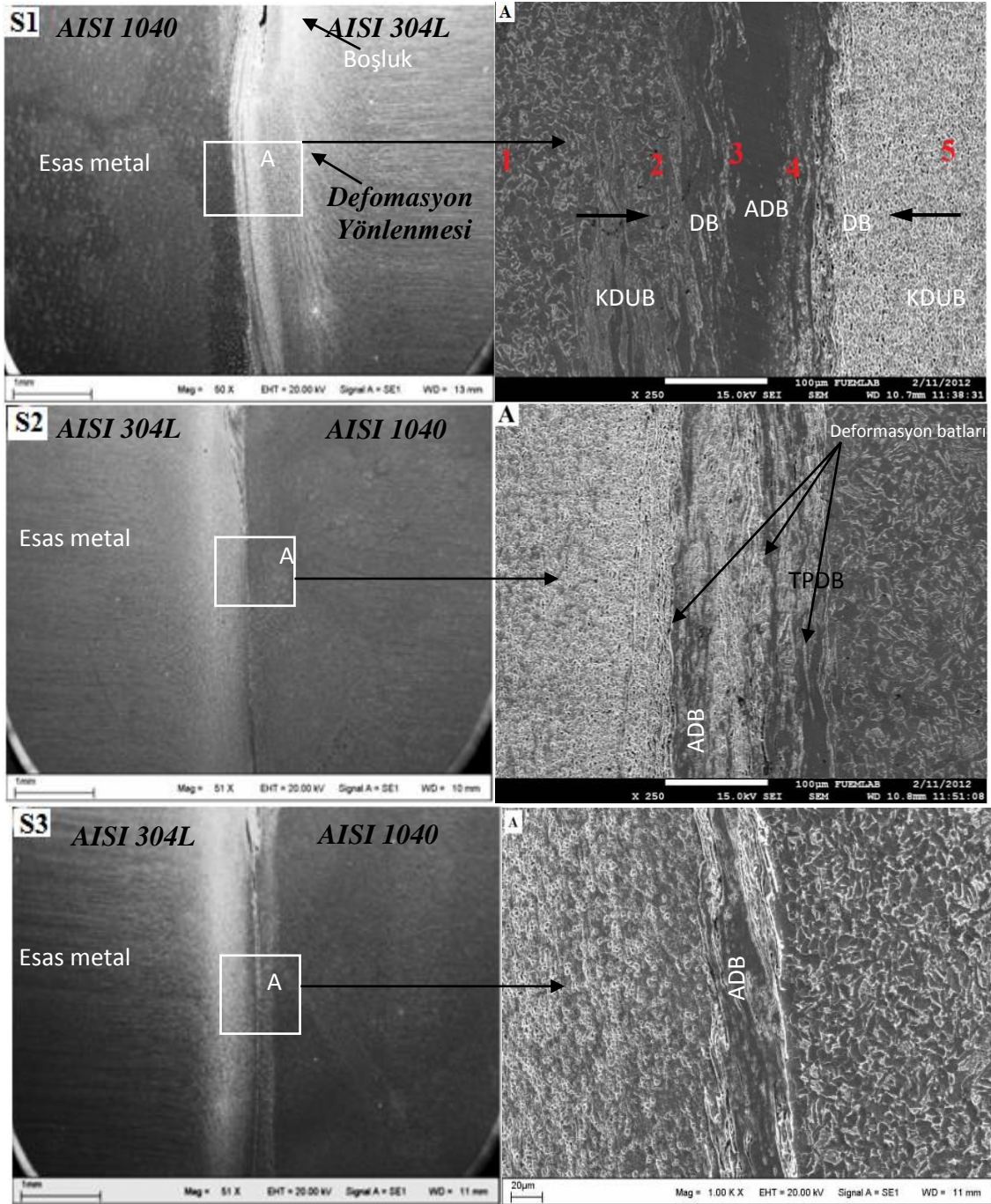
Şekil 9. Sürekli tahrikli sürtünme kaynak makinesi
(Figure 9. Continuous drive friction welding machine)

Tablo 4. Sürtünme kaynak parametreleri
(Table 4. Friction welding parameters)

Numune no	Devir sayısı (rpm)	Sürtünme sür. (sn)	Sürtünme Bas. (MPa)	Yığma Bas. (MPa)	Yığma Sür. (sn)	Boyca kısalma (mm)	Çekme day. (N/mm ²)
S1	1300	8	30	60	4	6	371.414
S2	1300	6	30	60	3	5	599.296
S3	1300	4	30	60	2	4	612.500

1300 dev/dak, 30 MPa sürtünme basıncı, 60 MPa yığma basıncı ve üç farklı sürtünme süresi (8, 6, 4 sn) kullanılarak birleştirilen S1, S2 ve S3 no' lu kaynaklı bağlantılara ait kaynak sonrası ara yüzey SEM fotoğrafları Şekil 10' da verilmiştir. Kaynak sonrası birleşme bölgesi üzerinde yapılan analiz sonuçlarından, literatüre uygun dört farklı bölgenin varlığı görülmektedir. Bunlar, aşırı deformasyona uğramış bölge (ADB) birleşme çizgisinde, deformasyona uğramış bölge

(DB), kısmen deformasyona uğramış bölge (KDUB) ve esas metal (EM) olarak belirlenmiştir.

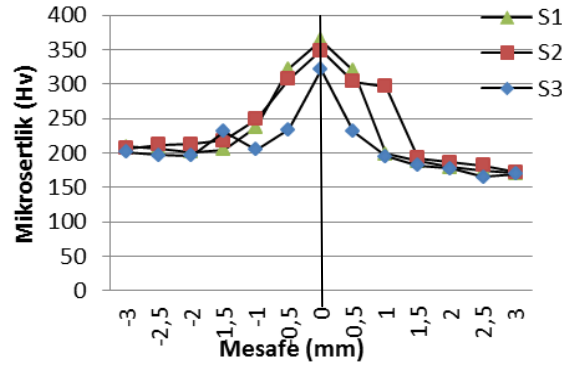


Şekil 10. S1, S2 ve S3 no' lu numunelerinin arayüzeyden alınan SEM görüntüleri

(Figure 10. SEM photographs of S1, S2 and S3 specimens taken from interface of joints)

Bu kaynaklı bağlantılara ait fotoğraflar incelendiğinde; her üç kaynaklı bağlantının birleşme arayüzeyinde boşluk ve bağlantısız bölgelerin olmadığı görülmektedir. Ancak, 8 sn sürtünme süresi kullanılarak birleştirilen S1 kaynaklı bağlantının arayüzey çizgisinin AISI 1040 tarafına doğru gömüldüğü görülmektedir. S2 ve S3 kaynaklı bağlantıların arayüzeyinde visko-plastik olarak bir karışım bölgesi

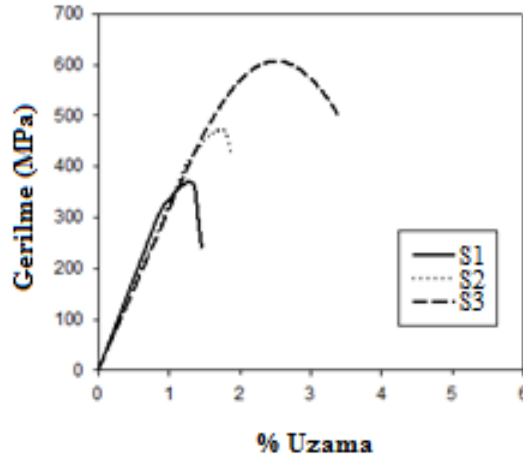
gözlenirken S1 nolu kaynaklı bağlantı arayüzeyinde bu karışım gözlenmemektedir. Artan sürtünme süresine bağlı olarak arayüzeyin sıcaklık etkisi altında kalma süresi de artmaktadır. Bunun sonucu olarak, aksenal basıncın etkisiyle daha akışkan hale gelen malzemenin dışarı taşma eğilimi artmaktadır. Bu numunelere ait boyca kısalma miktarları incelendiğinde, artan sürtünme süresine bağlı olarak boyca kısalmanın arttığı görülmektedir.



Şekil 11. S1, S2 ve S3 no' lu numunelerinin mikrosertlik grafikleri
(Figure 11. Microhardness graphs of S1, S2 and S3 specimens)

1300 devir (dev/dak), 30 MPa sürtünme basıncı ve üç farklı sürtünme süresi (4, 6 ve 8 sn) kullanılarak birleştirilen S1-S3 no'lu numunelere ait sertlik profilleri Şekil 11' de verilmiştir. Bu numunelere ait sertlik profilleri incelendiğinde; her üç numunede de benzer bir sertlik dağılımının ortaya çıktığı görülmektedir. ADB ve DB bölgelerinde sertliğin maksimum olduğu ve esas metale doğru gidildikçe malzemelerin ana sertlik değerlerine yaklaştığı görülmektedir. Ayrıca artan sürtünme süresine bağlı olarak sertlik değerlerinde artış kaydedilmiştir. Birleşme bölgesindeki sertlik artışının temel nedeni ara yüzeydeki sıcaklık artışı, krom karbürlerin oluşmasından ve plastik deformasyondan kaynaklanmaktadır [16]. Ancak AISI 304L tarafında DB bölgesinde artan sıcaklık ve deformasyon burada dövme etkisi yaptığından bu bölgede dövmeyle ilgili sertlik artışı görülmüştür.

1300 dev/dak. ve üç farklı sürtünme süresi (8, 6 ve 4 sn) kullanılarak birleştirilen S1, S2 ve S3 no'lu numunelere ait gerilme-uzama grafikleri Şekil 12'de verilmiştir. Bu grafiklerden, artan sürtünme süresine bağlı olarak maksimum çekme değerleri sırasıyla 371, 599 ve 612 MPa olarak kaydedilmiştir. Maksimum çekme değerindeki bu farklılık, sürtünme süresi ile doğrudan ilişkilidir. İki metal çifti ara yüzeyindeki bağlantısız bölge, çatlak ve boşlukların varlığı ve büyüklükleri de çekme testlerinin kırılma davranışları üzerine önemli rol oynamaktadır. Bu nedenle artan sürtünme süresine bağlı olarak ITAB genişlemekte ve buna bağlı olarak bağlantının çekme mukavemetinin düşmesine neden olmaktadır. Ayrıca, düşük devir ve yüksek sürtünme sürelerinde, arayüzeyde ısının etkisinde kalma süresi arttığından, ITAB bölgesinde AISI 304L ostenitik paslanmaz çelik tarafında krom karbür çökmesi, σ -fazı ve δ -ferrit oluşumuna sebep olurken, AISI 1040 tarafında ise hızlı soğumanın etkisi ile martenzitik yapının oluşumunu tetiklemektedir. Bağlantı arayüzeyindeki oluşan bu yapılar Cr ve C'ca fakirleşmiş ITAB'sine bitişik bölgelerin oluşması ile bu bölgelerin mukavemetlerini olumsuz bir şekilde etkilediği bilinmektedir [4].



Şekil 12. S1, S2 ve S3 kaynaklı numunelere ait gerilme-uzama eğrileri
(Figure 12. Tensile test results of friction welded joints of S1, S2 and S3 specimens)

6. SONUÇLAR (RESULTS)

Tasarımı ve imalatı yapılmış olan sürekli tahrikli sürtünme kaynak makinesinde yapılan deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen verilere dayanarak aşağıdaki sonuçlar verilmiştir;

- Sürtünme kaynak makinasının yatay ekseninde hareketli ayna donanımı, hidrolik güç ünitesi, elektronik devre elemanları, kontrol paneli, aksenal dönme hareketli ayna donanımı, elektrik-kumanda devresinin tasarlanması ve montajının yapılması, cihazın hem elle (manuel) kontrollü ve hem de PLC olarak çalışır hale getirilmesi; daha seri, güvenli ve sağlıklı kaynaklar yapılmasına olanak sağlamıştır.
- Bu makinede, sürtünme kaynağının temel parametreleri olan devir sayısı, sürtünme basıncı, sürtünme süresi, yığılma basıncı ve yığılma süresi, geniş bir aralıkta kontrol edilebilmesi ile değişik kombinasyonlardaki malzemelerin kaynağında kolaylık sağlamıştır.
- Tarafımızdan tasarım ve imalatı gerçekleştirilen PLC kontrollü sürekli tahrikli sürtünme kaynak makinesi kullanılarak AISI 1040 ve AISI 304L östenitik paslanmaz çelik çiftinin birleştirilmesi gerçekleştirilmiştir. Bu kaynaklı bağlantılara ait mikroyapı SEM fotoğraflar incelendiğinde; literatüre uygun dört farklı bölgenin oluştuğu görülmüştür. Bunlar; aşırı deformasyona uğramış bölge (ADB), deforme olmuş bölge (DB), kısmen deformasyona uğramış bölge (KDUB) ve esas metal (EM). En çok yapısal değişim DB ve ABD bölgelerinde gözlenmiştir. Artan sürtünme süresine bağlı olarak bu bölgelerin genişliğinde artış gözlenmiştir. Ayrıca, her üç kaynaklı bağlantının birleşme arayüzeyinde boşluk ve bağlantısız bölgelerin olmadığı görülmektedir.
- Sürtünme kaynağı ile birleştirilmiş S1, S2 ve S3 kaynaklı bağlantılara uygulanan çekme testi sonuçlarına göre, en yüksek çekme mukavemeti 4 sn sürtünme süresi kullanılarak birleştirilen S3 no'lu numunede 612 MPa ve en düşük çekme mukavemeti ise S1 no'lu numunede 371 MPa olarak elde edilmiştir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu çalışma Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (FÜBAP) yönetim birimi (Proje No: 2054) tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Özdemir, N., (2002). Tane Küçültülmüş Düşük Alaşımli Yüksek Karbonlu Çeliklerin Sürtünme Kaynağını Birleştirilebilirliğinin Araştırılması, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi.
2. Yılmaz, M., Çöl, M. ve Acet, M., (2002). Interface Properties of Aluminium/Steel Friction- Welded Components, Materials Characterization, 49(5), 421-429.
3. Anık, S., (1991). Sürtünme Kaynağı, Gedik Holding Yayını, İstanbul, S: 134-137.
4. Celik, S., Ersözlü, İ., (2009). Investigation of the mechanical properties and microstructure of friction welded joints between AISI 4140 and AISI 1050 steels'' Materials and Design 30 970-976.
5. Anık, S. ve Gülbahar, B., (1982). Metalik Malzemenin Sürtünme Kaynağı, Mühendis ve Makine Cilt 24, Sayı 279, S: 11.
6. Bahrani, A.S. ve Crossland, B., (1976). Friction Welding, CME, 61-66. 7. Coşkun O. (1992) Sürekli Tahrikli Sürtünme Kaynağının Bilgisayarla Kontrolü için Bir Simülasyon, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik Ana Bilim Dalı Doktora Tezi, S: 1,10.
7. Dabak, S., (1995). Sürtünme Kaynak Tezgahı imali, SAE 8620-1040 Malzemelerin kaynağı ile mekanik ve Metallografik incelenmesi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, S: 2,3.
8. Paylaşan, Ü., (2000). Bronz ve Düşük Karbonlu Çeliğin Sürtünme Kaynağı ile Birleştirilmesi ve Parametrelerinin İncelenmesi, Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, S: 2-87.
9. Jenning, P., (1971). Some Properties of Dissimilar Metal Joint Made By Friction Welding, The Welding Institute, Abington Hall, 141-153, Cambridge.
10. Taşkın, M., Çay V.V. ve Özdemir, N., (2005), Sürtünme Kaynağı ile Birleştirilmiş AISI
11. 430/Ç1010 Çelik Çiftinin Arayüzey Mikroyapı Değerlendirilmesi, Karaelmas Üniversitesi, Teknoloji Dergisi, 8(1).
12. Sahin, M. ve Erol, A.H., (2003). Joining with friction welding of plastically deformed steel, Journal of Materials Processing Technology 142 (2003) 239-246.
13. <http://www.mtiwelding.com> Erişim Tarihi: 12.12.2011.
14. Kırık, İ., Özdemir, N. ve Teker, T., (2012). Weldability of martensitic stainless steel to medium carbon steel by using friction welding, International Iron & Steel Symposium, 02-04 April, 2, 826-831, Karabük, Türkiye.
15. Kırık, İ. ve Özdemir, N., (2012). PLC kontrollü sürekli tahrikli sürtünme kaynak makinesinin tasarım ve imalatı, International Conference on Welding Technologies and Exhibition, 23-25 May 2012, Ankara, Turkey.
16. Ozdemir, 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.