



SÜRTÜNME KAYNAK MAKİNASI OTOMATİK KUMANDA DEVRESİ TASARIMI VE UYGULAMASI

Hakan ATEŞ*, Ramazan BAYINDIR**

*Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Metalurji Eğitimi Bölümü, Teknikokullar/Ankara

**Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Elektrik Eğitimi Bölümü, Teknikokullar/Ankara

Geliş Tarihi : 09.05.2002

ÖZET

Bu çalışmada laboratuvar boyutlu sürtünme kaynak cihazının otomatik olarak kumanda edilebilmesi araştırılmıştır. Laboratuvar boyutlarında geliştirilmiş olan sürtünme kaynak cihazı tahrik motoru, fren, dönen ve sabit parça aynaları ile hidrolik ünite gibi ana elemanlardan oluşmaktadır. Sürtünme süresi, sürtünme basıncı, yığılma süresi ve yığılma basıncı gibi kaynak parametreleri kullanılan zaman röleleri ve kontaktörler yardımıyla otomatik olarak hassas bir şekilde uygulanmıştır. Yapılan çalışma sonunda otomatik kontrollü kumanda devresinin başarı ile çalıştığı sürtünme kaynaklı birleştirme sonuçlarından da görülmüştür.

Anahtar Kelimeler : Sürtünme kaynağı, Düşük karbonlu çelik, Otomatik kontrol

FRICION - WELDING MACHINE AUTOMATIC CONTROL CIRCUIT DESIGN AND APPLICATION

ABSTRACT

In this work, automatic controllability of a laboratory-sized friction-welding machine has been investigated. The laboratory-sized friction-welding machine was composed of motor, brake, rotary and constant samples late pliers, and hydraulic unit. In automatic method, welding parameters such as friction time, friction pressure, forge time and forge pressure can be applied sensitively using time relays and contactors. At the end of the experimental study it's observed that automatic control system has been worked successfully.

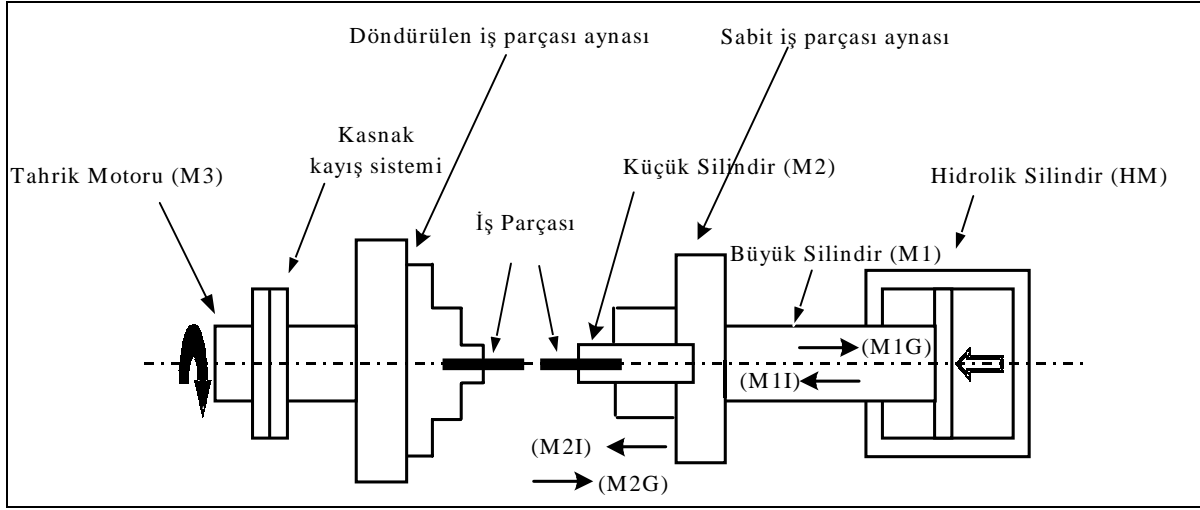
Key Words : Friction welding, Low alloy steel, Automatic control

1. GİRİŞ

Genel anlamda aksel simetriye sahip parçaların kaynaklanmasında kullanılan sürtünme kaynağı gelişen teknolojiye ve malzeme özelliklerinin korunması ilkesine dayalı olarak son zamanlarda artan bir kullanım alanına sahiptir. Otomatik kontrol imkanlarının gelişmesi ile daire kesitli olmayan parçaların birleştirilmelerinde de kullanılmaktadır. İleri teknolojiye sahip ülkelerde bilgisayar ve değişik kumanda sistemleri ile sürtünme kaynak parametreleri çok hassas bir şekilde uygulanmaktadır. Böylece sürtünme kaynaklı birleştirmeler tasarım, mekanik ve mikro yapı

özellikleri bakımından istenilen özelliklere daha uygun olarak gerçekleştirilmektedir (Grewe, 1997).

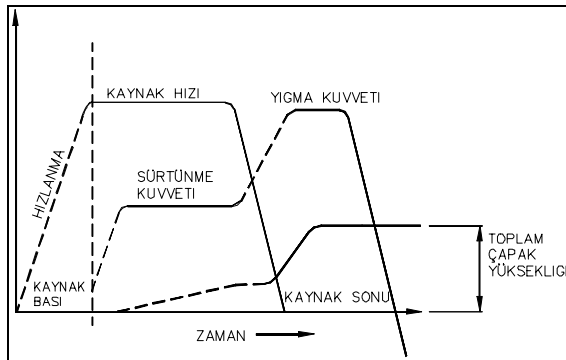
Sürtünme kaynağı, birleştirilecek parçalarının ara yüzeylerinde mekanik olarak oluşturulan sürtünme ile üretilen mekanik enerjinin ısı enerjisine dönüşmesiyle yapılan bir katı hal kaynak tekniğidir (Sluzalec, 1990; Sluzalec and Sluzalec, 1993). Mekanik enerjinin ısı enerjisine dönüşmesi ile malzeme ve enerjiden tasarruf sağlamakta mümkündür. Şekil 1'de basit bir sürtünme kaynak makinesi donanım şeması verilmiştir. Şekil üzerine deneysel çalışmada kullanılacak semboller ilave edilmiştir.



HM: Hidrolik motoru kontaktörünü; M1I : Büyük silindir ileri sürme kontaktörünü; M1G: Büyük silindir geri çekme kontaktörünü; M2I: Küçük silindir ileri sürme kontaktörünü; M2G : Küçük silindir geri çekme kontaktörünü; M3: Tahrik motoru kontaktörünü

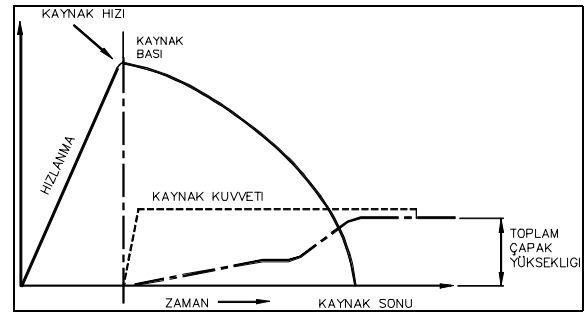
Şekil 1. Basit bir sürtünme kaynak makinesi donanımı

Sürekli tahrikli, volan tahrikli ve kombine yöntemler olmak üzere sürtünme kaynağı üç değişik şekilde kullanılmaktadır. Direk sürtünme kaynağı olarak da bilinen sürekli tahrikli sürtünme kaynağı tekniğinde, gerekli olan enerji sürekli bir tahrik grubu tarafından sağlanır. Parçalardan biri enerji kaynağı olan motor ünitesine bağlı iken önceden belirlenen sabit bir hızda döndürülür, diğer parça aksel bir basınçla temas ettirilir. Yeterli derecede ısı girdisi sağlandığında dönme frenleme ile mümkün olan en kısa sürede durdurulur. Uygulanan kaynak kuvveti yığılma yapmak amacıyla artırılır ve daha sonra numune soğumaya bırakılır. Sürekli tahrikli sürtünme kaynağı Avrupa'da yaygın olarak kullanılmaktadır (Anon., 1993; Ateş ve ark., 1999). Sürekli tahrikli sürtünme kaynağı özellikleri Şekil 2'de görülmektedir (Spindler, 1994). Burada dönme hızı ve aksel basınç zamanın fonksiyonu olarak görülmektedir. Durdurma için gerekli zaman önemli bir değişkendir. Çünkü kaynak sıcaklığı ve yığılma kuvvetinin zamanlaması bununla belirlenmektedir.



Şekil 2. Sürekli tahrikli sürtünme kaynak özellikleri

Volan tahrikli (atalet) sürtünme kaynağında parçalardan biri volana bağlanır ve diğer parça sabit tutulur. Kaynak bölgesine enerji girişini volan kontrol eder. Burada volanın atalet momenti önemli bir değişkendir. Volanda biriktirilen enerji miktarı volanın hızı ile kontrol edilir. Volan önceden belirlenen dönme hızında döndürülür ve gerekli enerji volan üzerinde depolanır. Motor serbest bırakılarak dönen volan kütlesi ayrılır ve aksel olarak uygulanan sürtünme kaynak kuvveti ile parçalar bir araya getirilir. Bu arada parçaların birbirlerini frenlemesiyle yük iş parçalarına iletilmiş olur. Numuneler basınç altında sürtünmeye başlar. Dönen volandaki depo edilmiş kinetik enerji, kaynak ara yüzeylerinde sürtünme vasıtasıyla ısı olarak dağılır ve volanın hızı düşer. Dönme durdurulduktan veya kısmen yavaşladıktan sonra yığılma kuvveti uygulanır. Yığılma kuvveti önceden belirlenen bir süre boyunca uygulanır (Anon., 1993; Ateş ve ark., 1999). Bu teknik özellikle A.B.D'de uzay ve uçak sanayiinde kullanılmıştır. Volan tahrikli sürtünme kaynak özellikleri Şekil 3'de verilmiştir (Spindler, 1994).



Şekil 3. Volan tahrikli sürtünme kaynak özellikleri

Kombine kaynak yöntemi ise direk sürtünme kaynağı ile atalet kaynağının ortaklaşa kullanıldığı

bir metottur. Büyük boyutlu parçaların birleştirilmesinde kullanılır. Kombine kaynak işlemiyle mükemmel kalitede katı hal birleştirmeleri elde edilir.

Ayrıca yeni gelişmelerle bilgisayarla kumanda edilebilen radyal, yörüngesel titreşimli, köşeli karşılıklı hareket eden, doğrusal karşılıklı hareket eden sürtünme kaynağı ve sürtünerek yüzey işleme yöntemleri göze çarpmaktadır.

Bu çalışmada laboratuvar boyutlarında imal edilen sürtünme kaynak makinesinin otomatik kumanda edilmesi sağlanacaktır. Elde edilen sistemle düşük karbonlu çelik malzeme birleştirilecek ve çekme mukavemetleri ile sertlik değerleri belirlenecektir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMA

2. 1. Sistemin Otomatik Kumanda ile Çalıştırılması

Bütün endüstri dallarında temel amaç, otomasyonu sağlayarak üretimi artırmak ve maliyeti düşürmektir. Otomatik kumanda sistemlerinin tasarımı, çalıştırılması ve bağlantısının yapılabilmesi için öncelikle tasarımı yapılacak sistemin şemasının çizilmesi gerekir.

Devre şemaları genel olarak iki bölümde çizilir.

- Kumanda devre şeması
- Güç devre şeması

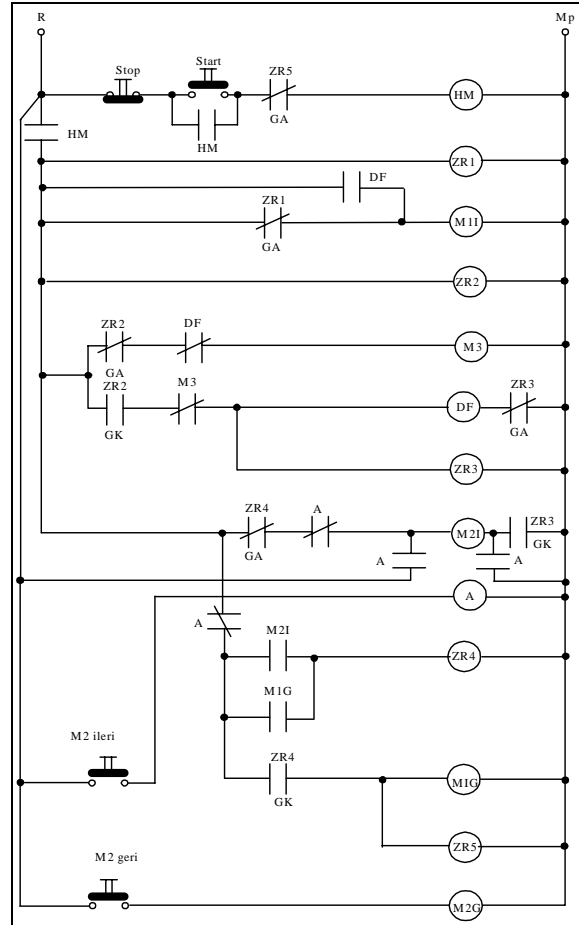
Bu çalışmada sistemin tek hat kumanda şeması çizilerek en basit şekilde elektriksel devre verilmiştir. Pratikte tek hat kumanda şemaları kumanda şeması olarak ifade edilir. Bu devrelerde elemanlar gerçek fiziksel boyutlarında gösterilmezler, bunun yerine elemanları temsil eden uluslararası semboller ile ifade edilir (Alerich, 1988). Devrede kullanılacak elemanların sembolleri iki dikey çizgi arasına yerleştirilir ve devrenin çalışmasına uygun olarak bağlantısı yapılır. Bu çizgiler kumanda devresinin besleme geriliminin verildiği hattı ifade etmektedir. Kumanda şemaları devrenin kontrol ve bakımında, arıza yerinin bulunmasında en önemli yardımcıdır. Bu çalışmada Kumanda devresi bir faz 220 volt alternatif akım ile beslendiği için bu hatlardan biri faz (R), iken diğeri nötr (Mp) olarak ifade edilmiştir (Türkmen ve Gençtan, 1998). Kumanda şemasındaki genel uygulamada da besleme gerilimi 220 volt alternatif gerilim olarak seçilir. Kumanda devresinin tüm özellikleri kumanda şeması üzerinde görülebilir.

Güç devre şeması, güç devresindeki motorun yol verme ve devrenin özelliklerine uygun olarak çizilir.

Güç devresinin tüm özellikleri güç devre şeması üzerinde görülebilir. Kullanılan motorun etiket değerlerine göre güç devresi bir fazlı veya üç fazlı olarak çizilebilir. Güç devresinin üç fazlı veya bir fazlı olmasının elektriki olarak kumanda devresi üzerinde herhangi bir etkisi yoktur. Sadece kumanda devresinde kullanılan elemanların fiziksel büyüklükleri değişir.

2. 2. Sisteme Ait Kumanda Devre Şeması

Sistemin otomatik olarak çalıştırılmasına ait kumanda devre şeması Şekil 4'de verilmiştir. M2 ileri ve M2 geri butonları küçük silindiri ileri ve geri hareket ettirmektedir. Böylece kaynak yapılacak parça makineye istenildiği zaman bu butonlar yardımıyla takılıp çıkarılabilmektedir. M2 ileri manual olarak parçayı bıraktırmaya, M2 geri parçayı takmaya yaramaktadır. M2 ileriye basıldığında A kontaktörü enerjilenmektedir. Açık kontaklar kapanmakta, kapalı kontaklar açılmaktadır. A'nın kapanan kontakları üzerinden M2I kontaktörü enerjilenmektedir. A'nın kapalı kontakları açılarak, devredeki diğer elemanların enerjilenmesini önlemektedir. M2 geriye basıldığında M2G kontaktörü enerjilenmektedir. Böylece parça makineye takılmaktadır.

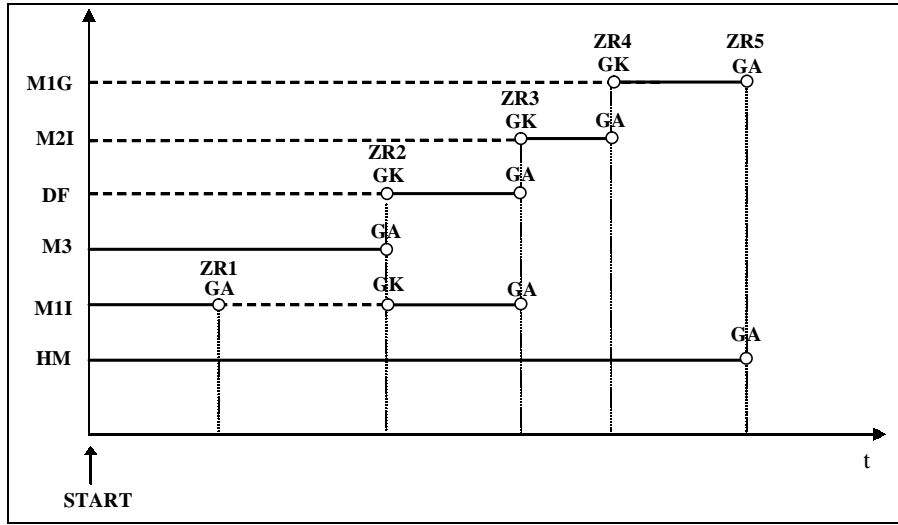


Şekil 4. Kumanda devre şeması

Parçayı makineye taktıktan sonra sistem start butonuna basılarak çalıştırıldığında, hidrolik motoru ve aynı anda ZR1 ve ZR2 çalışmaktadır. M11 yardımıyla büyük silindir ileri hareket etmektedir. M3 kontaktörü yardımıyla motor dönmeye başlamıştır. Ayarlanan süre sonunda ZR1 kontağını gecikme ile açıp (ZR1/GA) büyük silindirin ilerlemesini durdurmaktadır ve kaynak yapılacak iş parçaları kafa kafaya dönmeye başlamaktadır. Bir süre sonra ZR2 kontağını açmakta ve M3 durmaktadır. ZR2 kontağını gecikme ile kapatıp, dinamik frenleme (DF) devreye girmekte, aynı anda M11 ileri sürülerek ikinci yük uygulanmaktadır. ZR3 gecikme ile kontağını açmakta, dinamik frenleme ve

ek yük kalkmaktadır. ZR3 gecikme ile kontağını kapatıp, (M2I) küçük silindir ileri sürmekte, parçayı bırakmaktadır. ZR4 devreye girip kontağını açmaktadır. M2I devreden çıkıp, ZR4 gecikme ile kontağını kapatmaktadır. Büyük silindir (M1G) yardımıyla geriye çekilmeye başlayıp geriye çekme işlemi tamamlandığında ZR5 yardımıyla sistem tamamen durdurulmaktadır.

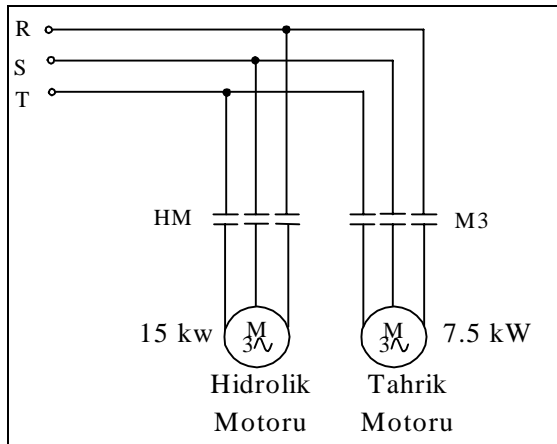
Sistemdeki kontaktör ve zaman rölelerinin çalışmasına ait akış diyagramı Şekil 5’de verilmiştir. Akış diyagramında hangi elemanın ne zaman ve hangi sıra ile devreye girdiği ve çıktığı gözlemlenmektedir.



Şekil 5. Sistemin çalışmasına ait akış diyagramı

2. 3. Sisteme Ait Güç Devre Şeması

Şekil 6’da sisteme ait güç devre şeması verilmiştir. Hidrolik motor üç faz, 1.5 kW; tahrik motoru ise 3 faz 7.5 kW’dır. Motorları kontrol edebilmek amacıyla motorlara seri olarak HM kontaktörünün ve M3 kontaktörünün kontakları seri olarak bağlanmıştır.



Şekil 6. Güç devre şeması

Kontaktörler enerjilendiğinde kapanan kontaklar üzerinden motorlar enerjilenmekte, kontaktörlerin enerjisi kesildiğinde motorların çalışması durmaktadır.

2. 4. Sürtünme Kaynağı ve Testler

Sürtünme kaynak işlemleri kimyasal bileşimi Tablo 1’de verilen düşük karbonlu çeliğe Tablo 2’de verilen kaynak parametreleri çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. Burada yığıma süresi ve yığıma basıncı ($t_2=3$ s, $p_2=25$ Mpa) sabit olarak kullanılmıştır. Sürtünme kaynağıyla birleştirilen parçalara çekme ve sertlik testleri (HV) uygulanmıştır. Otomatik kumanda sistemiyle kaynaklanan numunelerin çekme deney sonuçları Şekil 7 ve 8’de ve sertlik deney sonuçları ise Şekiller 9-11’de grafik olarak verilmiştir. Elle kumanda edilerek elde edilen sürtünme kaynaklı numunelerin çekme deneyi ve sertlik test sonuçları otomatik sistemle elde edilen numunelerinkine büyük ölçüde benzerlik gösterdiğinden burada verilmemiştir.

Tablo 1. Kaynaklanacak Ana Malzemenin Kimyasal Bileşimi

Element	C	Cr	Ni	Mn	Si	Cu	Fe
% Ağırlık	0.07	0.02	0.10	0.70	0.40	0.10	Kalan

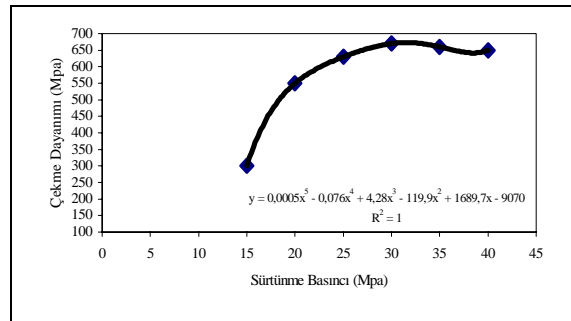
Tablo 2. Birleştirme İşlemlerinde Kullanılan Kaynak Parametreleri

Numune	Sürtünme süresi (s)	Sürtünme basıncı (Mpa)
1	5	15
2	5	20
3	5	25
4	5	30
5	5	35
6	5	40
7	3	30
8	8	30

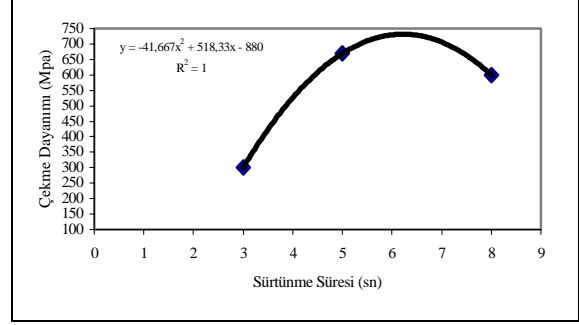
3. DENEY SONUÇ VE İRDELEMESİ

Deneyel çalışma bölümünde çalışma şekli açıklanan otomatik kumanda sistemiyle yapılan sürtünme kaynaklı birleştirme işlemleri sonunda elde edilen numunelerin çekme dayanımı ve sertlik değerleri grafik haline getirilerek Şekiller 7-11'de sunulmuştur. Elde edilen eğrilerin denklemleri de daha sonraki çalışmalara temel olması için verilmiştir.

Şekil 7-8 incelendiğinde birleştirmenin çekme dayanımı sürtünme süresi ve sürtünme basıncının artması ile birlikte artmaktadır. Ayrıca sürtünme kaynaklı birleştirmelerin çekme dayanımları birleştirme yapılmaksızın hazırlanan numunelerle de yakınlık gösterdiği literatürden anlaşılmaktadır (Anon., 1985). Elle ve otomatik kumanda sistemleriyle sürtünme kaynaklanan numunelerin en iyi kaynak parametrelerinin ($t_1=5s$, $p_1=30Mpa$) olduğu görülmektedir. Bu en ideal değer aşıldığında numunelerin çekme dayanımlarının düştüğü grafikten de görülmektedir. İdeal kaynak parametrelerinin üzerinde numunelerin aşırı ısınmalarından dolayı çapak yükseklikleri ve boyca kısalmalarının da artmakta olduğu deneylerde gözlenmiştir.

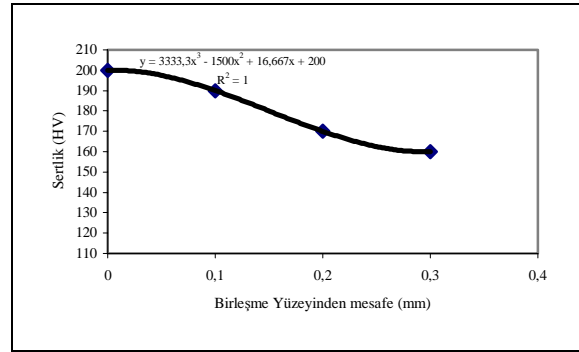


Şekil 7. Sürtünme kaynaklı birleştirmede sürtünme basıncının çekme dayanımına etkisi



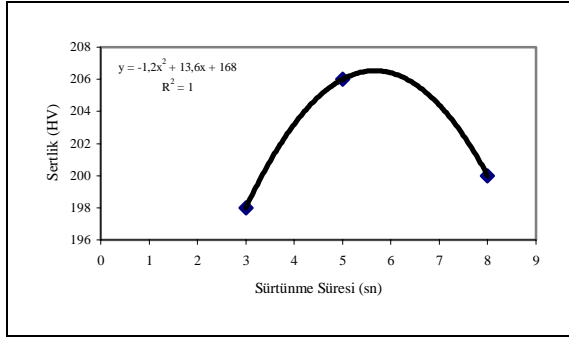
Şekil 8. Sürtünme kaynaklı birleştirmede sürtünme süresinin çekme dayanımına etkisi

$t_1=5s$ ve $p_1=30Mpa$ kaynak parametreleri altında birleştirilen bir sürtünme kaynaklı numunenin birleşme yüzeyinden uzaklıkla sertlik değerindeki değişimi gösteren grafik Şekil 9'da verilmiştir. Birleşme yüzeyinden 0.1 mm mesafe ile alınan sertlik değerlerine bakıldığında mesafe arttıkça sertlikteki düşme açık bir şekilde görülmektedir.

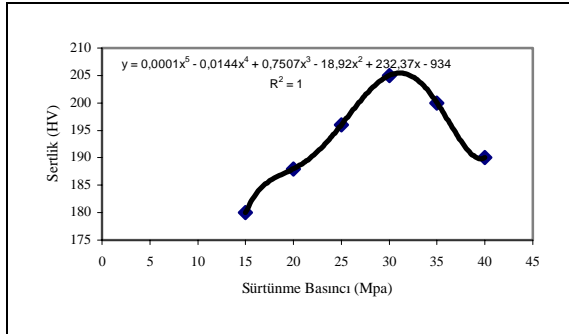
Şekil 9. $t_1=5s$, $p_1=30Mpa$ da elde edilen sürtünme kaynaklı birleştirmede sertlik dağılımı

Şekil 9 incelendiğinde ısı tesiri altında kalan bölgedeki sertliklerde bir miktar artış olduğu görülmektedir. Özellikle kaynak ara yüzeyine doğru sertlikteki artış malzeme içerisindeki sert tane yapılarının artmasından kaynaklanmaktadır. Birleşme yüzeyleri etrafında sertlik artışı ise sürtünme ve yığılma basınçlarının sebep olduğu plastik deformasyon sonucu olduğu söylenebilir. Çünkü alın altına gelen yüzeyler daha ısınma istenen düzeye gelmeden önce sürtünme basıncının etkisi ile bir miktar deformasyona uğrayacaktır. Benzer şekilde düşük sürtünme basıncı ve sürtünme sürelerinde yine ısınma düşüken yüksek yığılma basınçlarından dolayı da deformasyon meydana gelebilir. Meydana gelen bu tip olaylar kaynaklanan numunelerin birleştirme bölgeleri etrafında sertlik değişikliklerine de sebep olabilmektedir (Bhole, 1991).

Şekil 10 ve Şekil 11 incelendiğinde sürtünme süresi ve sürtünme basıncının belirli bir değere kadar artmasıyla birlikte sertlikte artma, daha sonra ise bir miktar düşme açık bir şekilde görülmektedir. Kaynak parametrelerinin belli bir değere kadar artması ile numunelerin ısı girdisi de artmaktadır. Bu durumdan numunelerin soğuma hızları da etkilenecek sertliği de artmaktadır. Fazla yüksek parametrelerle çalışma durumlarında ise fazla ısınma numunelerin diğer bölgelerinin de bir miktar ısınmaları sağlayacağından soğuma hızlarını artırıcı yönde etki yapmayacak ve sertlikte artma olmayacaktır. Tane ebadı ve mikro yapıda meydana gelen değişikliklerin elde edilen sonuçlar üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir. Optik mikroskop çalışmaları da tamamlandığında meydana gelen bu değişikliklerin mikro yapı bakımından sebepleri de daha net bir şekilde açıklanabilecektir.



Şekil 10. Sürtünme kaynaklı birleştirmede sürtünme süresinin sertliğe etkisi



Şekil 11. Sürtünme kaynaklı birleştirmede sürtünme basıncının sertliğe etkisi

Elde edilen sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda, hazırlanan otomatik kontrollü sürtünme kaynak sisteminin benzer çalışmalar için uygun olabileceği söylenebilir.

4. SONUÇ

1. Otomatik kumanda ile çalıştırılan sürtünme kaynak cihazı laboratuvar şartlarında çalışmıştır.
2. Yapılan çekme ve sertlik değerleri ana malzemenin çekme ve sertlik değerleri ile paralellik göstermektedir.
3. Kullanılan malzeme için en ideal kaynak parametreleri çalışmalarımızdan ($t_1=5$ s, $p_1=30$ Mpa) olarak anlaşılmıştır.
4. Yapılan çalışmanın otomatik kumandasının PLC (Programmable Logic Controller) ve PIC (Peripheral Interface Controller) tabanlı olarak uygulandığında daha hassas kontrol sağlanabileceği düşünülmektedir.

5.KAYNAKLAR

Anonymous, 1985. Metals Handbook "Mechanical Properties".

Anonymous, 1993. ASM Handbook,, "Welding, Brazing and Soldering", V. 6.

Alerich, W. N. 1988. "Electric Motor Control", Delmar Publishers, New York.

Ateş, H., Kurt, A., Türker, M. Kasım 1999. "Sürtünme Kaynağı", TMMOB Kaynak Teknolojisi II. Kongre ve Sergisi, Ankara.

Bhole, S.D. July 1991. "Interface Properties in Friction Welding", 168s 170s, Welding Journal.

Grewe, K, J. Sept. 1997. "Friction Welding Takes on New Application", p. 39-40, Welding Journal.

Sluzalec. A. 1990. "Thermal Effects in Friction Welding", Vol. 32, No. 6, p. 467-478, Int. J. Mech. Sci.

Sluzalec, A., Sluzalec, A. 1993. "Solution of Thermal Problems in Friction Welding", Int. J. Heat Mass Transfer, V6, N6, p. 1583-1587.

Spindler, D.E. March 1994. "What Industry Needs To Know About Friction Welding", Welding Journal, p. 34-42.

Türkmen, Y., Gençtan, C. Ekim 1998. "Kumanda Devreleri 1", Yeni Yol Matbaası, İzmir.