

PLC KONTROLLÜ SÜRTÜNME KAYNAK CİHAZI TASARIMI VE UYGULAMASI

*Hakan ATEŞ **Ramazan BAYINDIR

*Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Metalurji Eğitimi Bölümü, 06500 Beşevler, Ankara, Türkiye

**Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Elektrik Eğitimi Bölümü, 06500 Beşevler, Ankara, Türkiye

ÖZET

Bu çalışmada laboratuvar boyutlu bir sürtünme kaynak cihazının programlanabilir lojik kontrolör (PLC) kullanılarak kumanda edilmesi araştırılmıştır. Sürtünme kaynak makinesinin otomatik olarak çalıştırılabilmesi için gerekli olan otomasyonu sağlayan Merdiven Diyagramı bilgisayar ortamında hazırlanıp test edildikten sonra PLC'ye yüklenmiştir. 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 parametrelerinin uygulanma süreleri yazılan program yardımıyla hassas bir şekilde ayarlanmıştır. Yapılan çalışma sonunda PLC kontrollü kumanda devresinin başarı ile çalıştığı sürtünme kaynaklı birleştirme sonuçlarından da görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: PLC kontrol, Sürtünme kaynağı.

PLC CONTROLLED FRICTION-WELDING MACHINE DESIGN AND APPLICATION

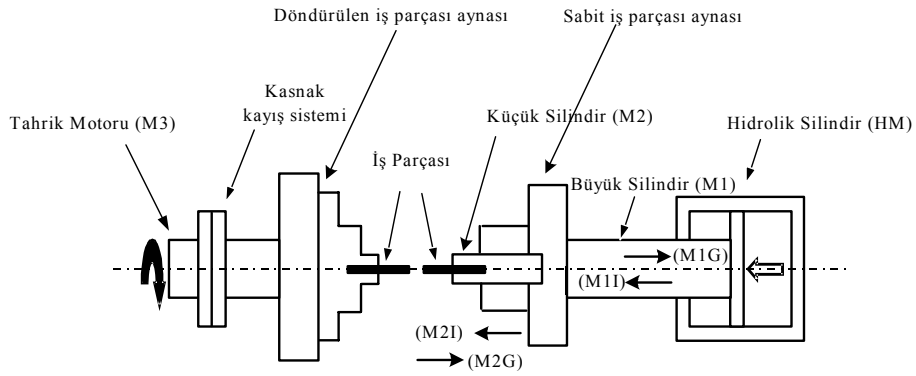
ABSTRACT

In this study, controllability of laboratory-sized a friction-welding machine using Programmable Logic Controller, (PLC) has been investigated. For automatic working of friction welding machine required Ladder Diagram providing automation, has been prepared and tested in PC and then loaded to the PLC. The laboratory-sized friction-welding machine was composed of motor, brake, rotary and constant samples late pliers, and hydraulic unit. Welding parameters such as friction time, friction pressure, forge time and forge pressure has been adjusted sensitively by PLC programme. At the end of the experimental study it is observed that PLC controlled system has been worked successfully.

Key Words: PLC control, Friction welding.

1. SÜRTÜNME KAYNAĞININ TEMEL YAPISI

Sürtünme kaynağı, birleştirilecek parçalarının ara yüzeylerinde mekanik olarak oluşturulan sürtünme ile üretilen mekanik enerjinin ısı enerjisine dönüşmesiyle yapılan bir katı hal kaynak tekniğidir [1]. Mekanik enerjinin ısı enerjisine dönüşmesi ile malzeme ve enerjiden tasarruf sağlamakta mümkündür. Hızla değişen dünya teknolojisi içerisinde yeni imalat yöntemleri bulunmakta ve bunlar imalat sektöründe yerini çok çabuk bir şekilde almaktadır. Kaynaklı imalat teknikleri içerisinde de sürtünme kaynağı bunlardan en çarpıcı olanıdır. Çünkü sürtünme kaynağı daha az zamanda daha ekonomik, daha kolay ve daha güvenli üretime imkan sağlamaktadır. Genel olarak bakıldığında sürtünme kaynak yöntemi ile üretilmiş bir mühendislik malzemesi, CNC torna ile imal edilmiş bir parçaya göre iki kat, klasik tornada imal edilmiş olana göre ise dört kat daha düşük maliyet gerektirmektedir [2]. Şekil.1'de tahrik motoru, fren, dönen ve sabit aynaları ile hidrolik ünitelerinden oluşan sürtünme kaynak makinesinin donanımı görülmektedir.



Şekil.1 Sürtünme kaynağı donanımı.

Sürtünme kaynağı sürekli tahrikli, volan tahrikli ve kombine yöntemler olmak üzere üç değişik şekilde kullanılmaktadır. 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 aksenal 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 kaynağında dönme hızı ve aksenal basınç zamanın fonksiyonudur. Aynı zamanda durdurma için gerekli zamanda önemli bir değişkendir. Çünkü kaynak sıcaklığı ve yığılma kuvvetinin zamanlaması durdurma süresi ile belirlenir. Sürekli tahrikli sürtünme kaynağı Avrupa'da yaygın olarak kullanılan bir kaynak türüdür. [3,4,5].

Volan tahrikli sürtünme kaynağında volan belirli bir ivme ile hızlandırılır. Böylece mekanik enerji bir volanda depolanarak iki iş parçası bir araya getirilir ve bir hidrolik silindir ile aksenal basınç uygulanır. Volanın kinetik enerjisi, ısıya dönüştürülerek kaynak ara yüzeyine aktarılır. Sonuçta volan hızı fren yapmaksızın hızla azalır ve durur. Aynı zamanda teğetsel hız zamana göre parabolik bir şekilde sıfıra inerken, basıncın etkisiyle kaynaklanma meydana gelir [3,4,5].

Çoğu demir ve demir dışı alaşımlar, alüminyum ve alaşımları, bakır ve alaşımları, çeşitli toz metal parçalar, nikel ve alaşımları, molibden ve niyobyum gibi malzemeler sürtünme kaynağı yapılabilirler. Sürtünme kaynağı aynı zamanda ısı ve mekanik özellikleri açısından oldukça farklı malzemelerin birleştirilmelerinde de kullanılabilir. İçerisinde değişik yapılar bulunan malzemeler ve kırılma faz oluşumu mümkün olabilecek malzemelerin birleştirilmeleri de sürtünme kaynağı ile mümkündür. Yöntem otomotiv, kesme ve delme takımları, hidrolik, havacılık ve uzay sanayileri ve ayrıca aşınmış, kopmuş eğrilmiş parçaların tamir ve yeniden kazanılmasında kullanılmaktadır [4].

Sürtünme kaynağında;

- *Toz, dolgu malzemesi ve koruyucu atmosfere gerek yoktur,
- *Toplam enerji giderleri diğer birleştirme yöntemlerinden çok daha küçüktür,
- *Diğer yöntemlere nazaran daha temizdir,
- *Isı tesiri altında kalan bölge çok dardır,
- *Ön ve son temizlik gerektirmez.

2. PROGRAMLANABİLİR LOJİK KONTROLÖR (PLC)

Programlanabilir Lojik Kontrolör (Programmable Lojik Controller, PLC) endüstriyel otomasyon sistemlerinin kumanda ve kontrol devrelerini gerçeklemeye uygun yapıda giriş / çıkış birimleri ve iletişim arabirimleri ile donatılmış, kontrol yapısına uygun bir sistem programı altında çalışan bir endüstriyel bilgisayardır. Başlangıçta, röleli kumanda sistemlerinin yerine kullanılmak üzere düşünülmüş ve ilk ticari PLC 1969 yılında Modicon firması tarafından geliştirilmiştir. O yıllarda röleli kumanda devreleri yerine kullanılmak üzere geliştirilen bu aygıt yalnız temel lojik işlem komutları ile işlem yapabilmekteydi. İlk ticari PLC'nin endüstride başarı ile uygulamasından sonra Allen Bradley, General Electric, GEC, Siemens, Westinghouse gibi firmalar orta maliyette yüksek performanslı PLC'ler üretmişlerdir.

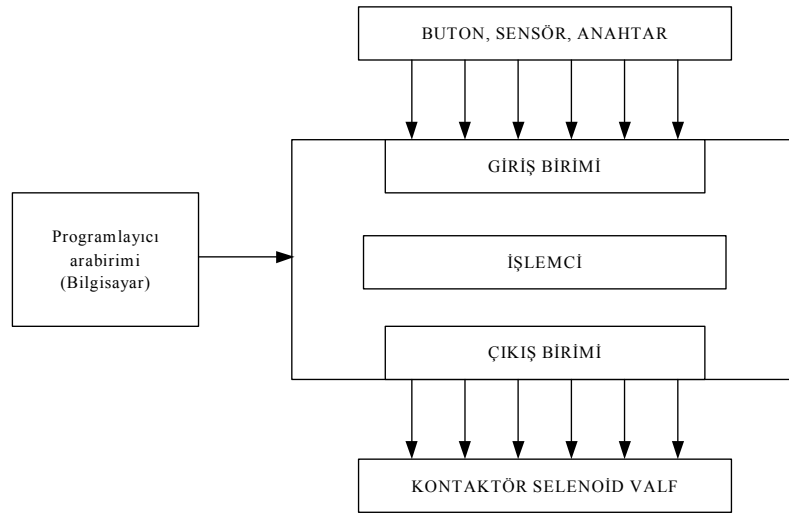
Günümüzde üretilen PLC'ler ise lojik temelli işlemlerin dışında ek olarak aritmetik ve özel matematiksel işlemlerin yapılmasını sağlayan komutlar içermektedir. Komut kümesinin gelişmesi ile daha karmaşık

kumanda ve kontrol işlemleri yapılabilmektedir. PLC'lerin en yaygın olarak kullanıldığı alanlar endüstriyel otomasyon sistemlerinin kumanda devreleridir. Bilindiği gibi kumanda devreleri yardımcı röle, kontaktör, zaman rölesi ve sayıcı gibi elemanlarla gerçekleştirilen devrelerdir. Günümüzde bu tür devrelerin yerini aynı işlevi sağlayan PLC'li kumanda sistemleri almıştır [6].

PLC'ler endüstriyel otomasyon sistemlerinde doğrudan kullanıma uygun özel giriş ve çıkış birimleri ile donatılmışlardır. Girişe basınç, seviye, sıcaklık algılayıcıları ve buton gibi iki değerli lojik bilgisi taşıyan elemanlar, çıkışa ise kontaktör, selenoid valf gibi kumanda devre elemanlarının sürücü elemanları doğrudan bağlanabilir.

Şekil.2'de görüldüğü gibi bir PLC temel olarak;

- Bir sayısal işlemci bellek,
- Giriş ve çıkış birimleri,
- Programlayıcı birimi,
- Besleme güç kaynağı gibi temel kısımlardan oluşmaktadır.



Şekil.2 PLC'nin basit yapısı.

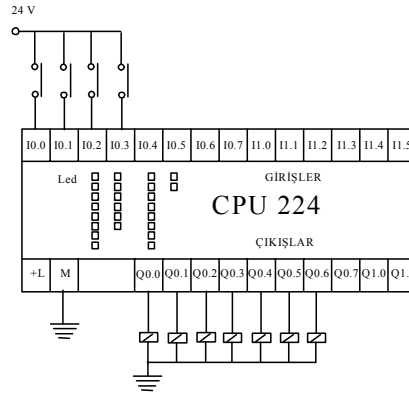
Bu çalışmada laboratuvar çalışmaları için imal edilen sürtünme kaynak makinesi PLC kumanda sistemi ile kontrol edilebilir hale getirilerek makinenin çalışması denenecektir. Çalışma sonunda düşük karbonlu çelik malzeme yapılan bu sistemle birleştirilerek çekme mukavemeti ve sertlik özelliklerine bakılacaktır.

3. MALZEME VE DENEYSEL METOT

3.1. Kumanda Sistemi

DeneySEL çalışmada ekonomik olması ve kullanım kolaylığı sebebiyle Siemens S7-200 model 14 adet dijital giriş/ 10 dijital çıkış adresine sahip (14*DI 24 V DC / 10*DO 24 V DC) CPU 224 modeli modül tercih edilmiştir. Kullanılan PLC programlama hafızası 4096 kelimedir. Yazılım olarak STEP 7-Micro/Win 32 programı kullanılmıştır. Programlama dili olarak Komut Satır Sıralaması (Statement List Editor - STL) ve Merdiven Diyagram (Ladder – LAD) kullanılmıştır. PLC'nin çalışması için gerekli yazılım bilgisayarda hazırlanarak RS232-RS485 PC/PPI kablosu ile PLC'ye yüklenmiştir. Hazırlanan programı bilgisayar ortamından PLC ortamına aktarırken en önemli husus PLC ile bilgisayar arasında haberleşme hızının (Bound Rate) haberleşme kablosu üzerindeki switch ayarlarına uygun olmasıdır [7].

PLC'nin çıkışlarının 24 V DC olması nedeniyle çıkışta çalıştırılacak devre elemanları için ara birime ihtiyaç vardır. Çıkıştaki 24 V DC gerilim ile çalışan bir röle çıkışa bağlanmıştır. Röle kontakları üzerine kontaktör bağlanarak kullanılan selenoid valflerin ve motorların kumandası sağlanmıştır. Aynı zamanda gerilim beslemelerinin yapıldığı ara modül PLC ile dış devre yalıtımını da sağlamıştır. Şekil.3'de PLC'nin devre elemanlarını içeren bağlantı şeması verilmiştir.



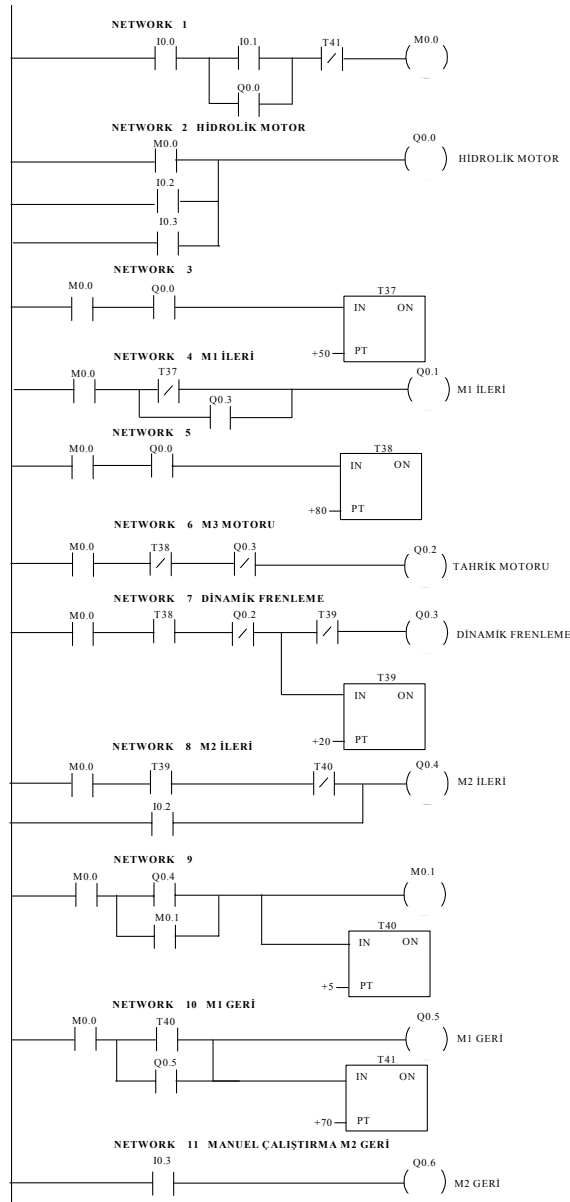
Şekil.3 PLC devre bağlantı şeması.

Şekil.3'deki PLC giriş ve çıkış modülünün her ayağı dijital bir bilgiyi ifade etmektedir. Girişler kısmında kullanılan adresler çalışma şeklini belirlerken, çıkış adresleri ise selenoid valflerin ve motorların çalışmasını kontrol etmektedir. Giriş adreslerine bağlanan buton konumlarına göre, çalışma ve durma konumu belirlenmektedir. Sistemin çalışmasını sağlayan PLC yazılımı için bu ayaklardaki dijital bilgiler Tablo.1'de gösterildiği gibi kullanılmıştır.

Tablo 1. PLC dijital giriş/çıkış adresleri.

Giriş/Çıkış	Adres	Çalışma Durumu
Giriş	I0.0	Sistem durdurma butonu
Giriş	I0.1	Sistemi çalıştırma butonu
Giriş	I0.2	Manuel M2 ileri çalıştırma butonu
Giriş	I0.3	Manuel M2 geri çalıştırma butonu
Çıkış	Q0.0	Hidrolik motorun çalıştırılması (HM)
Çıkış	Q0.1	Büyük silindir ileri çalıştırılması (M1I)
Çıkış	Q0.2	Tahrik motoru çalıştırılması (M3)
Çıkış	Q0.3	Dinamik frenleme (DF)
Çıkış	Q0.4	Küçük silindir ileri çalıştırılması (M2I)
Çıkış	Q0.5	Büyük silindir geri çalıştırılması (M1G)
Çıkış	Q0.6	Küçük silindir geri çalıştırılması (M2G)

Şekil.4'de kumanda devresine ait Merdiven (Ladder) Diyagramı verilmiştir. Hazırlanan Ladder Diyagramı test edildikten sonra PLC yüklenmiştir. Programlama yapılırken gerçek zaman saat değerleri PLC'ye yüklenerek, her motorun çalışma süreleri saniye türünden ayrı ayrı belirtilmiştir. Ayrıca sistem otomatik olarak çalıştırılmadan önce kaynak yapılacak malzemenin küçük silindire bağlanabilmesi için küçük silindir gerektiğinde manuel olarak ileri (I0.2) ve geri (I0.3) hareket ettirebilmektedir.



Şekil.4 Kumanda devresi merdiven diyagramı.

3.2. Kaynak işlemi ve testler

Sürtünme kaynak işlemleri kimyasal bileşimi Tablo.2’de verilen düşük karbonlu çeliğe Tablo.3’de verilen kaynak parametreleri çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. Deneylerde çapı (ϕ) 10 mm olan numuneler kullanılmıştır. Burada yığma süresi ve yığma basıncı ($t_2=3$ s, $p_2=25$ Mpa) sabit olarak kullanılmıştır. Sürtünme kaynağıyla birleştirilen parçalara çekme ve sertlik testleri (HV) uygulanmıştır. Sertlik testleri ara yüzeyden (birleşme yüzeyi) 0.1 mm ara ile alınmıştır. PLC kumanda sistemiyle kaynaklanan numunelerin çekme deney sonuçları Şekil.5-6’da ve sertlik deney sonuçları ise Şekil.7-9’da grafik olarak verilmiştir.

Tablo.2 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

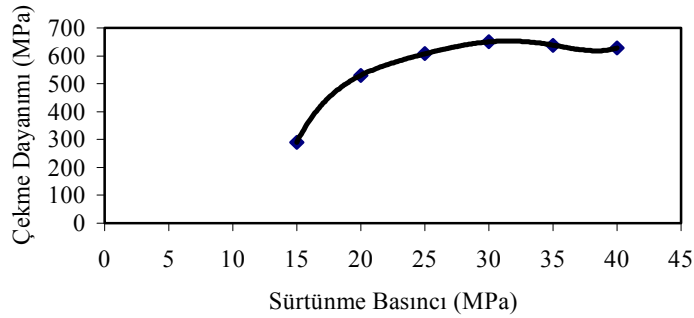
Tablo.3 Birleştirme işlemlerinde kullanılan kaynak parametreleri.

Numune no	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
9	4	30
10	6	30
11	7	30

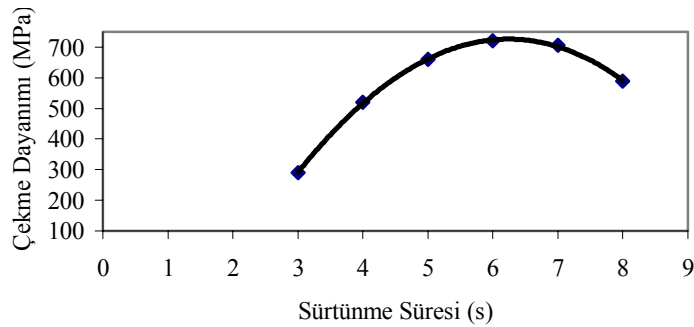
4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada bilgisayarda hazırlanan yazılım PLC'ye yüklenerek, sürtünme kaynak cihazı laboratuvar şartlarında çalıştırılmıştır. Yardımcı röle, zaman rölesi gibi elemanlara gerek kalmaksızın otomasyon gerçekleştirilmiştir. Kapladığı alan, giriş-çıkış terminallerinin artırılabilmesi ve hassasiyet boyutunda PLC'li sistemin sağladığı avantajlar görülmüştür. Ayrıca yazılımın değiştirilmesi, pratikliği ve sürenin değiştirilerek yazılımın yüklenebilmesi kolaylığından dolayı bu uygulamada PLC deneysel çalışmaları kolaylaştırmıştır.

Deneysel çalışma bölümünde çalışma şekli açıklanan PLC kumanda sistemiyle yapılan sürtünme kaynaklı birleştirme işlemleri sonunda elde edilen numunelerin çekme dayanımı ve sertlik değerleri grafik haline getirilerek Şekiller 5-9'da verilmiştir.



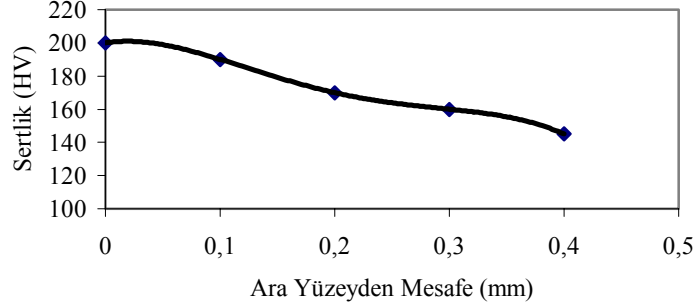
Şekil.5 Sürtünme basıncı çekme dayanımı ilişkisi.



Şekil.6 Sürtünme süresi çekme dayanımı ilişkisi.

Şekiller 5-6 incelendiğinde birleştirmenin çekme dayanımı sürtünme süresi ve sürtünme basıncının artması ile birlikte arttığı görülmektedir. Ayrıca sürtünme kaynaklı birleştirmelerin çekme dayanımları birleştirme yapılmaksızın hazırlanan numunelerle de yakınlık gösterdiği literatürden de anlaşılmaktadır [8]. Elde edilen sonuçları desteklemesi açısından aynı malzemeden sürtünme kaynaklanmamış çekme numunelerinden altı

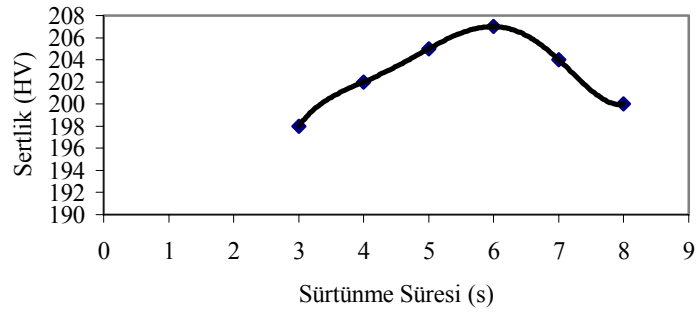
adet numune test edilmiş ve ortalama çekme mukavemetinin 550 MPa olduğu görülmüştür. PLC kumanda sistemiyle sürtünme kaynaklanan numunelerin en iyi kaynak parametrelerinin ($t_1=6s$, $p_1=30Mpa$) olduğu görülmektedir. Eğer bu en ideal değer aşılsa numunelerin aşırı ısınmalarından dolayı çapak yükseklikleri de artmakta ve ayrıca çekme dayanımları da düşmektedir.



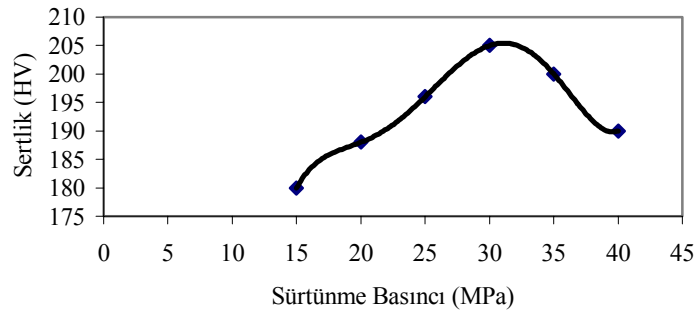
Şekil.7 $t=6s$ ve $p=30Mpa$ numunede sertlik değişimi.

$t_1=6s$ ve $p_1=30Mpa$ kaynak parametreleri altında birleştirilen bir sürtünme kaynaklı numunenin birleşme yüzeyinden uzaklıkla sertlik değerindeki değişimi gösteren grafik Şekil.7'de verilmiştir. Birleşme yüzeyinden 0,1 mm mesafe ile alınan sertlik değerlerine bakıldığında mesafe arttıkça sertlikteki düşme açık bir şekilde görülmektedir.

Şekil.7 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. Meydana gelen daha küçük ve sert tane yapıları numunenin sertliğini belirlemektedir. Birleşme yüzeyleri etrafında sertlik artışı ise sürtünme ve yığıma basınçlarının sebep olduğu plastik deformasyon sonucu olduğu söylenebilir. Ayrıca numunelerin kaynaklanma sıcaklıklarından soğuma hız ve tavırları da sertliğin belirlenmesinde etkili olduğu söylenebilir.



Şekil.8 Sürtünme süresi sertlik ilişkisi.



Şekil.9 Sürtünme basıncı sertlik ilişkisi.

Şekil.8 ve Şekil.9 incelendiğinde sürtünme süresi ve sürtünme basıncının belirli bir değere kadar artmasıyla birlikte sertlikte artma, daha sonra ise bir miktar düşme açık bir şekilde görülmektedir. Tane ebatı 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 açık bir şekilde ifade edilebilecektir.

Yapılan deneysel çalışma kolaylığı ve elde edilen sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda, hazırlanan PLC kontrollü sürtünme kaynak sisteminin benzer çalışmalar için uygun olabileceği söylenebilir.

5. SONUÇ

- 1) PLC kumanda ile çalıştırılan sürtünme kaynak cihazı laboratuvar şartlarında çalıştırılmıştır. Deneysel çalışmalar daha pratik ve daha kolay bir şekilde gerçekleştirilmiştir.
- 2) Sürtünme süresi, sürtünme basıncı, yığma süresi ve yığma basıncı gibi kaynak parametrelerinin uygulanma süreleri programlama yapılırken gerçek zaman değerleri PLC yüklenerek yazılan program yardımıyla hassas bir şekilde ayarlanmıştır.
- 3) Yapılan çekme ve sertlik değerleri ana malzemenin çekme ve sertlik değerlerine paralellik göstermiştir.
- 4) Kullanılan malzeme için en ideal kaynak parametrelerinin ($t_1=6s$, $p_1=30Mpa$) olduğu çalışma sonuçlarından da görülmüştür.

KAYNAKLAR

1. Sluzalec, A., "Solution of Thermal Problems in Friction Welding", **Int. J. Heat Mass Transfer**, Vol.6, No.6, p1583-1587,1993.
2. Dabak, S., "Sürtünme Kaynak Makinası İmalı SAE 8620-1040 Malzemelerin Kaynağı ile Mekanik ve Metalografik İncelenmesi", **Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, 1995.
3. Ateş, H., Kurt, A., Türker, M., "Sürtünme Kaynağı", **TMMOB Kaynak Teknolojisi II. Kongre ve Sergisi**, Ankara, Kasım 1999.
4. **ASM Handbook**, "Welding, Brazing and Soldering", Vol.6,1993.
5. Spindler, D.E., "What Industry Needs To Know About Friction Welding", **Welding Journal**, p34-42, March 1994.
6. Kurtalan, S., "PLC ile Endüstriyel Otomasyon", Birsen Yayın Evi, İstanbul,1999.
7. Coşkun, İ., Saygın, A., "Programlanabilir Lojik Kontrolör (PLC) ile Serada Sıcaklık Kontrolü", **G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, Cilt. 14, No. 4, s. 1235-1250, Ekim 2001.
8. **Metals Handbook**, "Mechanical Properties", 1985.