

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/325039031>

# Sürekli tahrikli sürtünme kaynak makinesi tasarım ve imalatı

Article · May 2004

CITATION  
1

READS  
272

2 authors:



**Abdurrahman Karabulut**  
Afyon Kocatepe University  
36 PUBLICATIONS 145 CITATIONS

SEE PROFILE



**Süleyman Taşgetiren**  
Anadolu University  
4 PUBLICATIONS 4 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



mechanism [View project](#)



## Teknik Not

# Sürekli tahrikli sürtünme kaynak makinesi tasarım ve imalatı

Abdurrahman KARABULUT<sup>1</sup>, Süleyman TAŞGETİREN<sup>2</sup>  
1 AKÜ Bolvadin Meslek Yüksek Okulu, Bolvadin, AFYON  
2. AKÜ Teknik Eğitim Fakültesi, AFYON

(Geliş Tarihi: 30 Haziran 2004, Kabul Tarihi: 6 Ağustos 2004)

## Özet

Bu çalışmada bir masa üstü torna tezgahının düzenlenmesiyle bir sürekli tahrikli sürtünme kaynak makinesi imalatı gerçekleştirilmiştir. Orijinal haliyle 110 V gerilimle çalışacak şekilde imal edilmiş olan torna tezgahı 380 V gerilimle çalışacak şekilde yeniden donatılmış, tezgah üzerine punta yerine eklenen hidrolik sistemle gerekli sürtünme ve yığma basıncını sağlayacak bir düzenek elde edilmiştir. Ayrıca kaynak işlemi sonunda ani frenlemeyi sağlamak üzere elektrik düzeneğinde bazı düzenlemeler yapılmıştır. Kaynak makinesi ile çeşitli çeliklerin kaynak işlemi yapılarak üretilen cihazın bu amaçla kullanımının uygunluğu test edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Sürtünme kaynağı, Sürtünme kaynak makinesi, Tasarım ve imalat

## 1. Sürekli Tahrikli Sürtünme Kaynağı Düzeneği

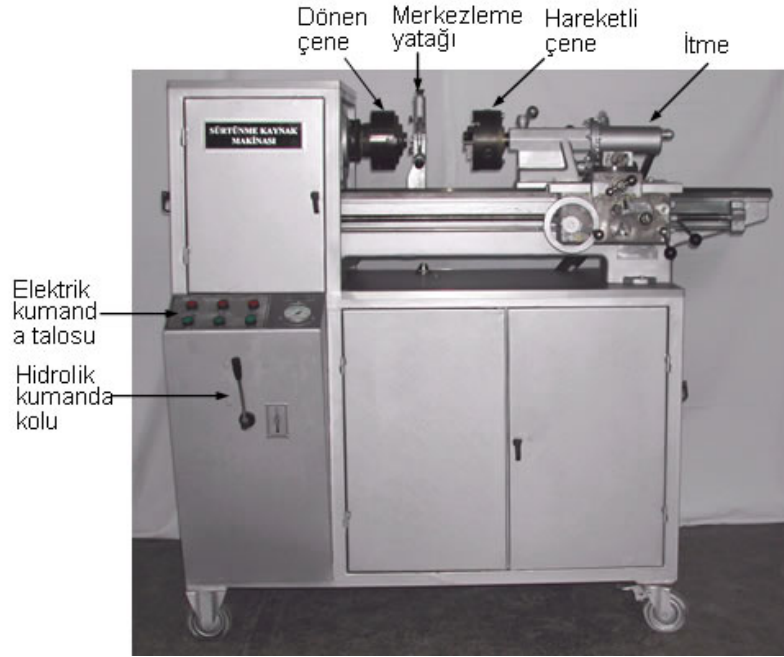
Sürtünme kaynağı, bir tür basınç kaynağı olup, malzemelerin eritilmeden, sürtünme ısısı ile plastik deformasyona uğratarak kaynaklandığı bir yöntemdir. Genel olarak sürtünme kaynağı makineleri torna, matkap gibi metal işleme makinelerini andırmakta olup, ana gövde, bağlama tertibatları, dönme ve yığma mekanizmaları, fren sistemi, güç ünitesi, kontrol üniteleri ve kumanda tablosu kısımlarından oluşmaktadır [1-7].

Sürtünme kaynak makineleri tam mekanize makinelerdir. Parçaların bağlanması, boşaltılması ve oluşan çapakların alınması otomasyon edilebilir. Bilindiği gibi sürtünme kaynağının ana fonksiyonları parçaların bağlanması ve sıkıştırılması, basınç altında dönme ve sürtünme, frenleme, yığma 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 [6-17].

Özellikle kaynak süreci boyunca oluşacak titreşimler, gerekli incelemeler ve araştırmalar yapılarak sönmülenebilecek şekilde makine dizaynı yapılmalıdır. Titreşimler yanında oluşacak radyal ve aksel kuvvetlerden dolayı parçaların sabitlemesi ve aksel kaçıklıkların önlenmesi zordur. Bu nedenle kaynak ekipmanlarını tutmak için kullanılan bütün durdurma tertibatlarının yeterli güvenliği sağlayacak şekilde dizayn edilmelerini gerektirmektedir. Uygulamaların çoğunda otomatik olarak merkezleyen frenleme tertibatları kullanılmaktadır. Yöntemin uygulanması esnasında aksel kuvvetlerin tatbikinde mekanik kamlardan veya hava silindirleri gibi değişik ünitelerden de faydalanılsa da genellikle bu maksatla hidrolik silindirler kullanılır [3,7,17].

Bu çalışmada sürekli tahrikli kaynak makinesi imalatı için; bir torna tezgahından faydalanılmıştır. Torna üzerindeki motor değiştirilerek, tezgaha 5.5 HP' lik AC motor akuple edilmiştir. Kaynak esnasındaki

devir, torna üzerinde mevcut şanzıman grubu kullanılarak isteğe bağlı ayarlanabilmektedir. Ayrıca, sistem mekanik, hidrolik ve elektronik elemanlar ilave edilerek desteklenmiştir. Tezgaha yapılan eklentiler sayesinde sürtünme kaynağının başlıca parametreleri olan sürtünme basıncı, sürtünme süresi, yığma basıncı, yığma süresi ve devir sayısı ayarlanabilmektedir. Tezgahın donanımı Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. İmalatı gerçekleştirilen sürekli tahrikli sürtünme kaynak makinesi (Genel görünüş).

Sürtünme kaynak yönteminin çalışma şartları yüksek devirlerde ve büyük eksenel kuvvet sağlayacak şekilde olmasını gerektireceğinden torna tezgahları bu çalışma şartlarını sınırlı olarak sağlamaktadır. İmalatı yapılan sürtünme kaynak makinesinde maksimum 25 bar’lık göstere kullanılmıştır. Şekil 2’de makinenin hidrolik donanımı gösterilmiştir. Daha yüksek bir basınç kullanılmasının torna tezgahına ve diğer bağlantı elemanlarına zarar verebileceği düşünülmüştür. Bu basınç, deneylerde kullanılacak olan 10 mm çapındaki malzemelerin kaynağında yeterli olmaktadır.



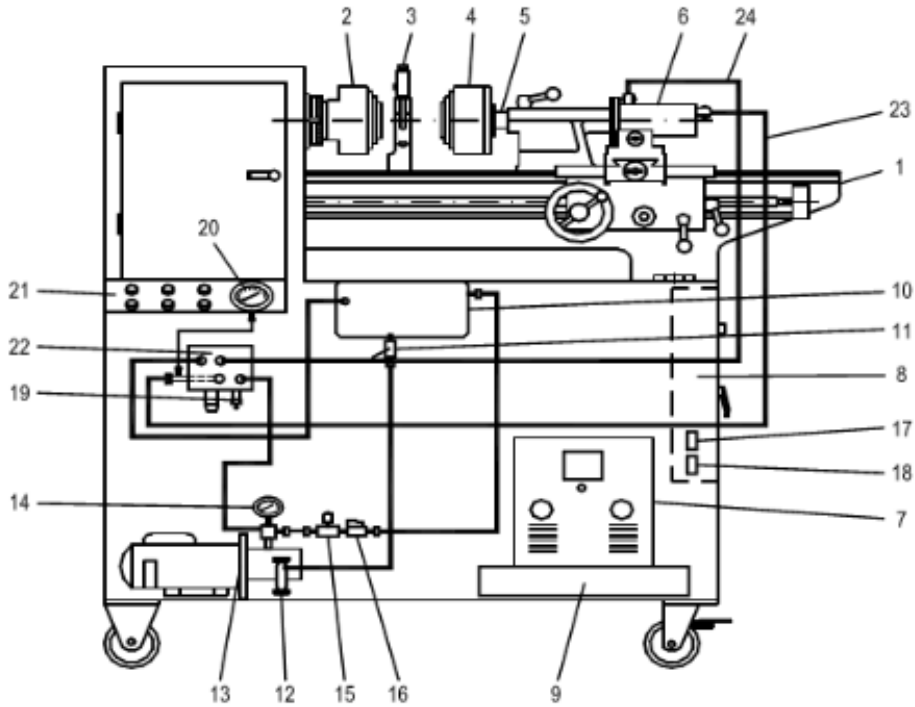
Şekil 2 İmalatı gerçekleştirilen sürekli tahrikli sürtünme kaynak makinesinin hidrolik ve elektrik donanımı

Torna aynasını döndüren motorun asenkron olması sebebiyle, kaynak işleminden sonra torna aynasının en kısa zamanda durdurmak için, stator (yastık) sargılarına doğru akım uygulanarak meydana gelen sabit manyetik alan ile frenleme yapılır. Bu manyetik frenlemenin gücü (torna aynasını durdurabilme zamanı) sargılara uygulanan DC akımla doğru orantılıdır. Sargılara uygulanan DC akımın şiddeti pratik olarak çok sayıda yapılan denemeler sonucunda en ideal seviyeye ayarlanmıştır.

## 2. Yöntemin Uygulanması

Şekil 3'te görülen tezgaha ait temel elemanların kaynak işlemi sırasında yerine getirdiği fonksiyonları aşağıda kısaca açıklanmıştır.

Çift etkili silindirin kurs boyu merkezleme yatağına temas etmeyecek şekilde emniyet mesafesi içerisinde ayarlanmalıdır. Gezer puntaya bağlı çift etkili silindirin (6) geriye kaçmaması için manuel kollar yardımı ile kilitleme yapılır. Torna şanzıman grubundan istenilen devir ayarlanır. Kaynak edilecek birinci numune tornanın, içerisinde ayarlanabilir tahrik edilen döner aynasına (2) bağlanır. İkinci numune ise tornadaki sabit aynaya (4), tahrik miline dayanacak şekilde bağlanır ve merkezleme yatağı (3) üzerinde bulunan ayar vidaları yardımıyla ikinci (sabit) numuneden eksen kaçıklığı ayarlanır. Elektrik panosundan (8) şalter düğmeleri açılarak tezgah çalışmaya hazır hale getirilir.



- |                          |                            |                                |
|--------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| 1. Torna                 | 9. Takım avadanlık kutusu. | 17. Zaman rolesi (I)           |
| 2. Döner ayna            | 10. Hidrolik yağ deposu    | 18. Zaman rolesi (II)          |
| 3. Merkezleme yatağı     | 11. Küresel vana           | 19. Basınç ayar valfi (II)     |
| 4. Sabit ayna            | 12. Filtre                 | 20. Hidrolik basınç göstergesi |
| 5. Piston kolu           | 13. Hidrolik pompa         | 21. Kumanda panosu             |
| 6. Çift etkili silindir  | 14. Yağ basınç göstergesi  | 22. Yön Kontrol Valfi          |
| 7. Manyetik fren ünitesi | 15. Basınç ayar valfi (I)  | 23. Basınç Hattı               |
| 8. Elektrik panosu       | 16. Selenoid ventil        | 24. Dönüş Hattı                |

Şekil 3. İmal edilen sürekli tahrikli sürtünme kaynak makinesi şematik görünümü

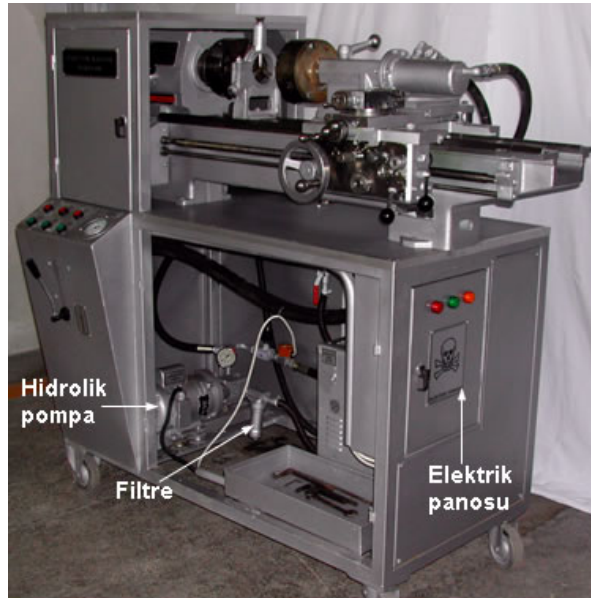
Elektrik panosu içerisinde bulunan birinci zaman rölesi (17) yardımı ile sürtünme süresi, ikinci zaman rölesi (18) yardımı ile de yığıma süresi ayarı yapılmalıdır. Sürtünme basıncının ayarlanabilmesi için ise, her iki aynada da parçaların bağılı olması gerekmektedir. Sürtünme basıncının ayarlanmasında öncelikle torna boşa alınır ve kumanda panosu (21) üzerinde bulunan kaynak start düğmesine basılır. Birinci basınç ayar valfi (15) yardımı ile manometre(20) den basınç okunarak istenilen basınç ayarlanır.

Yığıma basınç ayarı yapılabilmesi için her iki aynada da parçaların bağılı olması gerekmektedir. Kumanda panosu (21) üzerindeki pompa start düğmesine basılarak, yön kontrol valfi (22) altında bulunan ikinci basınç ayar valfi (19) alyen anahtar yardımı ile manometreden (20) basınç okunarak istenilen basınç ayarlanır.

Hız, sürtünme basıncı, sürtünme süresi, yığıma basıncı, yığıma süresi ayarları yapıldıktan sonra numuneler arasında yaklaşık 10 mm olacak şekilde bir aralık bırakılarak, yön kontrol valfi (22) ileri konuma alınıp kumanda panosu üzerindeki kaynak start düğmesine basılır.

Normalde kapalı olan selenoid, kaynak başladığı andan itibaren enerji alarak açık konuma geçer. Bu konumunu birinci zaman rölesi üzerindeki süre kadar devam ettirir. Sürtünme basıncı birinci zaman rölesinde (17) belirtilen süre kadar uygulanarak, sürenin dolmasına müteakip döner ayna manyetik frenleme ünitesi yardımı ile aniden durdurulur. Aynı anda selenoide giden enerji kesilerek ventil kapatılır. Bu sayede yığıma basıncı otomatik olarak uygulanmaya başlanır. Yığıma basıncının uygulama süresi ise ikinci zaman rölesinde belirtilen süre kadardır. Yığıma süresi bittikten sonra hidrolik pompa otomatik olarak durur ve yığıma basıncı sona erdirilir. Kaynak işlemi otomatik olarak sonlandırılır.

Kaynak işlemi bittikten sonra öncelikle sabit ayna tarafı boşa çıkarılır, sonra döner aynadaki parça boşa çıkarılıp merkezleme yatağı açılıp parça tezgahdan alınır. Yön kontrol valfi üzerinde bulunan ikinci basınç ayar valfinin yayı değiştirilerek daha yüksek veya daha düşük basınç değerleri elde edilebilir. Şekil 4 ve 5'de imalatı yapılan sürtünme kaynak makinesinin detay fotoğrafları sunulmuştur.



Şekil 4. İmalatı gerçekleştirilen sürekli tahrikli sürtünme kaynak makinesinin hidrolik elemanları.



Şekil 5. İmalatı gerçekleştirilen sürekli tahrikli sürtünme kaynak makinesi detayları.

### 2.1. Sürtünme kaynağı emniyet tedbirleri

Sürtünme kaynak makinası, torna tezgahına akuple edildiğinden, emniyet ve güvenlik tedbirleri torna tezgahıyla aynıdır. Sürtünme Kaynağı yapılırken uygulanabilecek emniyet tedbirlerini şöyle sıralayabiliriz;

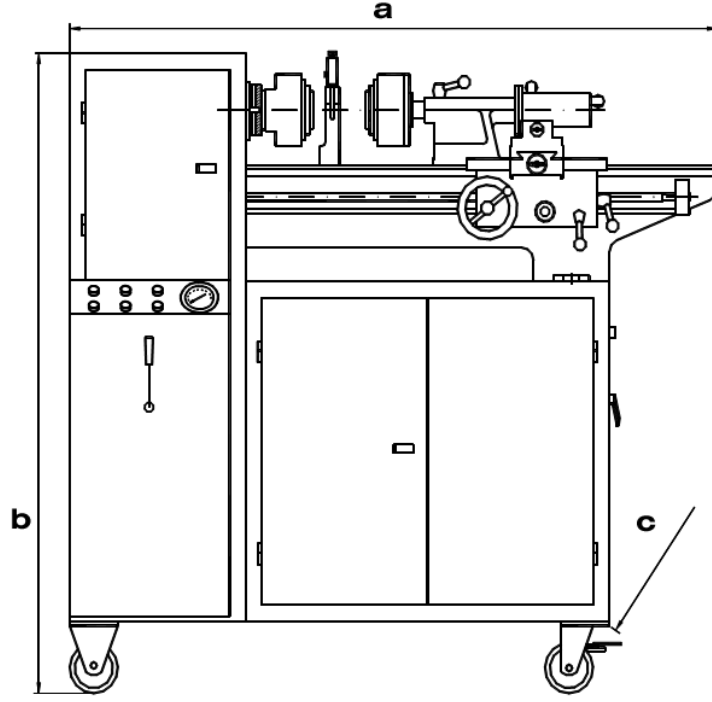
- Sürtünme kaynağı ve tezgahın kumanda sistemleri hakkında gerekli eğitim alınmadan tezgah kullanılmamalıdır.
- Kaynak edilecek parçalar emniyetli bir şekilde bağlanmalı, salgılı dönüp dönmediği kontrol edilmeli ve özellikle döner ayna üzerinde sıkma kolu unutulmamalıdır.
- Kaynak esnasında koruyucu gözlük kullanılmalıdır.
- Operatör; tezgahın yanından başka yerlere ayrılmamalı, tezgah çalışırken dikkatli olmalı ve dönen kısımlara fazla yaklaşmamalıdır.
- Tezgah etrafında çalışmaya mani olacak malzeme, takım v.s. bulundurulmamalıdır.
- Kaynak işlemi bitmesine müteakip iş parçası sıcak olacağından çıplak elle dokunulmamalı, ayrıca iş parçası aynalarda bağlı iken kaynak, torna ve pompa butonlarına basılmamalıdır.
- İşlem bittikten sonra yön kontrol valfi boş konuma alınmalıdır.

### 2.2. Sürtünme kaynak makinesinin teknik özellikleri

Şekil 6 da verilen temel teknik özellikler aşağıdaki gibidir.

|                            |               |                           |                 |
|----------------------------|---------------|---------------------------|-----------------|
| Makinanın boyu (a)         | : 1.620 mm    | Makinanın yüksekliği (b)  | : 1.510 mm      |
| Makinanın eni (c)          | : 780 mm      | Torna motor gücü          | : 4 KW (5,5 HP) |
| Torna motor devri          | : 1420 d/dak. | Hidrolik pompa motor gücü | : 3 / 4 HP      |
| Hidrolik pompa motor devri | : 1725 d/dak. | Hidrolik silindir çapı    | : 70 mm         |
| Piston stroku              | : 100 mm      |                           |                 |

İmalatını yapmış olduğumuz kaynak makinesinde kullanılan hidrolik silindirin piston çapı 70 mm dir. Pistonun ön yüzeyine hidrolik akışkanın uygulayacağı basınçtan dolayı itme kuvveti oluşacaktır. Piston yüzeyi  $A = D^2 \times \pi / 4$  eşitliğiyle hesaplanır. Değerler yerine konursa  $A = 3848,45 \text{ mm}^2$  olarak bulunur. Piston yüzeyinde oluşacak itme kuvveti ise  $F = P \times A$  eşitliğiyle bulunur. Burada, F; Bası kuvveti, P; Manometreden okunan basınç, A; Hidrolik silindirin alanı olarak tanımlanır.



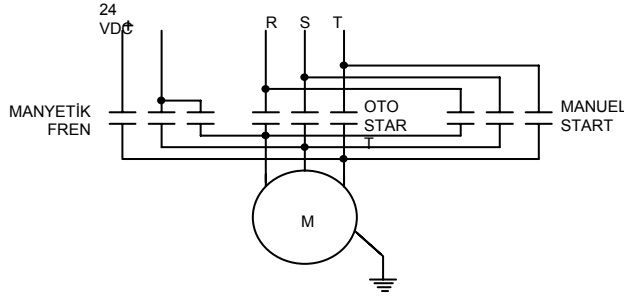
şekil 6. İmal edilen sürtünme kaynak makinesi teknik özellikleri.

Numune yüzeyine uygulanan basınç ise  $P = F / A$  eşitliğiyle bulunur. Burada, P; Numune yüzeyine uygulanan basınç, F; Hidrolik silindir tarafından uygulanan kuvvet, A; Numunenin yüzey alanı olarak tanımlanır. 2 - 11 mm arasındaki numunelerin her biri için yukarıdaki eşitlik kullanılarak hidrolik silindir tarafından uygulanan ve manometreden okunan basıncın, numunenin çapına göre yüzeyde oluşturduğu basınç değişim tablosu Tablo 1 de sunulmuştur.

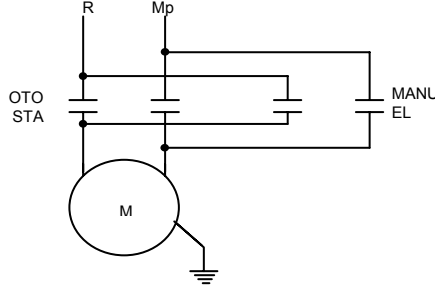
Tablo 1. Numune çapı ve uygulanan bası kuvveti değişimine göre numune üzerinde oluşan basınç tablosu.

| MANOMETRE BASINCI (Bar)         | 3     | 6      | 9      | 12     | 15     | 18     | 21     | 24     | N ÇAPI mm |
|---------------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|
| NUMUNEYE UYGULANAN BASINÇ (MPa) | 367,6 | 735,29 | 1102,9 | 1470,5 | 1839,1 | 2205,8 | 2573,5 | 2941,1 | 2         |
|                                 | 163,4 | 326,79 | 490,19 | 653,59 | 817,41 | 980,38 | 1143,7 | 1307,1 | 3         |
|                                 | 91,91 | 183,82 | 275,73 | 367,64 | 459,79 | 551,46 | 643,38 | 735,29 | 4         |
|                                 | 58,82 | 117,65 | 176,47 | 235,29 | 294,27 | 352,94 | 411,76 | 470,58 | 5         |
|                                 | 40,85 | 81,70  | 122,55 | 163,40 | 204,35 | 245,10 | 285,94 | 326,79 | 6         |
|                                 | 30,01 | 60,02  | 90,04  | 120,05 | 150,14 | 180,07 | 210,08 | 240,09 | 7         |
|                                 | 22,98 | 45,96  | 68,93  | 91,91  | 114,95 | 137,87 | 160,84 | 183,82 | 8         |
|                                 | 18,16 | 36,31  | 54,47  | 72,62  | 90,82  | 108,93 | 127,09 | 145,24 | 9         |
|                                 | 14,71 | 29,41  | 44,12  | 58,82  | 73,57  | 88,23  | 102,94 | 117,65 | 10        |
|                                 | 12,15 | 24,31  | 36,46  | 48,61  | 60,80  | 72,92  | 85,07  | 97,23  | 11        |

Sürtünme kaynak makinesinin elektrik devre şeması şekil 7, 8 ve 9'da verilmiştir. Sürtünme kaynak makinesi otomatik olarak çalıştırıldığında torna motoru hidrolik pompa ve manyetik fren ünitesi zaman röleleri yardımıyla koordineli olarak çalışmaktadır. Ayrıca istenildiğinde torna ve hidrolik pompa manuel olarak da ayrı ayrı çalıştırılabilmektedir.



Şekil 7. Torna motoru start ve manyetik fren güç bağlantı şeması



Şekil 8. Hidrolik pompa motoru otomatik ve manuel start güç bağlantı şeması

### 3. Deneysel Çalışmalar

Bu çalışmada kullanılan malzemeler; AISI-304, AISI-4140, AISI-1117, AISI-1020, AISI-1030, AISI-1040, AISI-1050, AISI-1060 olup mekanik özellikleri Tablo 2’de görülmektedir.

Tablo 2. Deneyselerde kullanılan malzemelerin mekanik özellikleri

| Malzeme Adı | Akma Muk. (MPa) | Çekme Muk. (MPa) | Kopma Uzama (%) | Sertlik (HRC) |
|-------------|-----------------|------------------|-----------------|---------------|
| AISI-1117   | 736             | 738              | 16              | 14            |
| AISI-1020   | 619,6           | 620,3            | 17              | 10            |
| AISI-1030   | 887,3           | 971,6            | 6,7             | 23            |
| AISI-1040   | 842,2           | 988,7            | 8,6             | 10            |
| AISI-1050   | 645             | 771,7            | 26,9            | 16            |
| AISI-1060   | 852,6           | 975,4            | 6,9             | 22            |
| AISI-4140   | 1044,9          | 1238,2           | 11,4            | 29            |
| AISI-304    | 850,4           | 928,6            | 35              | 30            |

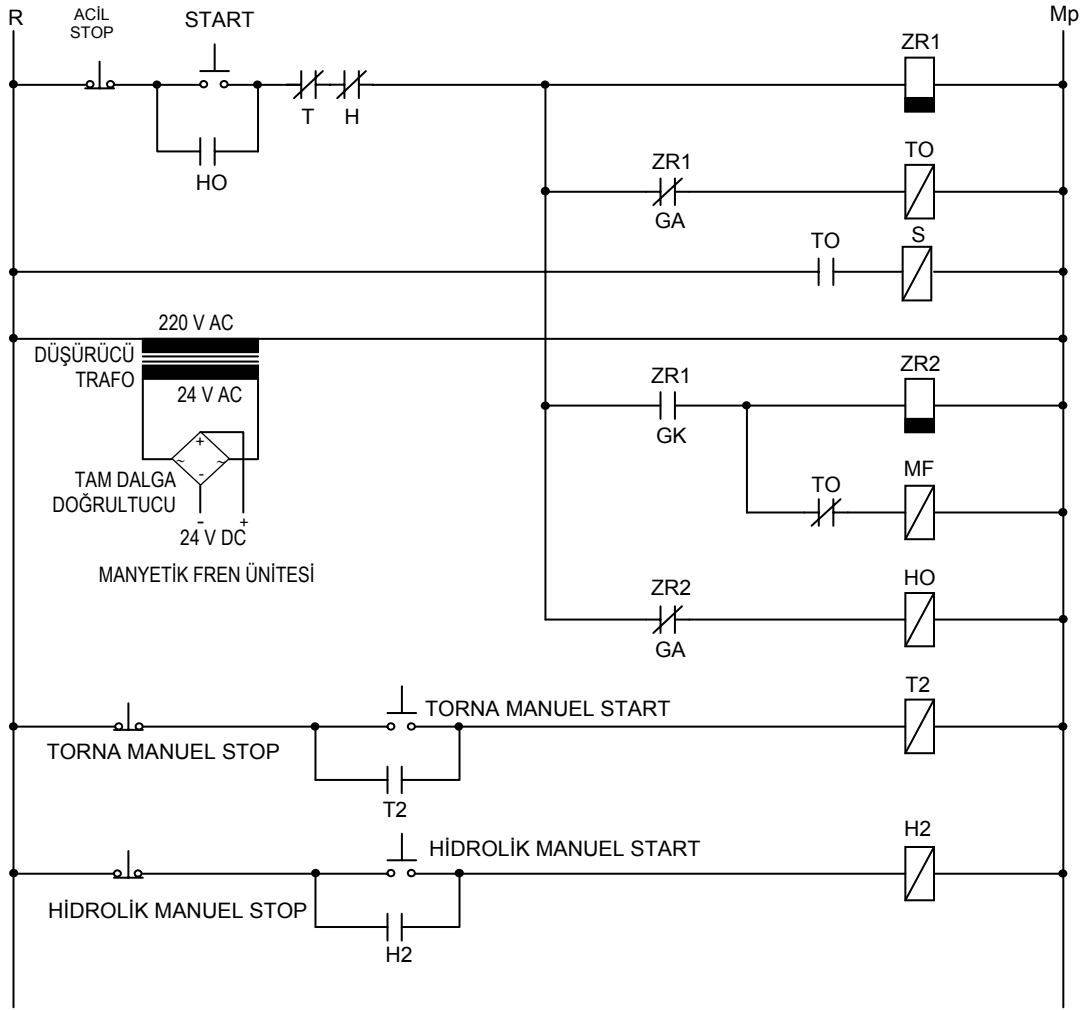
Sürtünme kaynağıyla birleştirilecek malzeme çiftleri universal torna tezgahlarında silindirik kesite sahip çubuklar şeklinde aynı boy ve çapta ( $10 \times 90$  mm)malzemelerden imal edilmiştir.

Deneyselerde kullanılan, yukarıda mekanik özellikleri verilen malzeme çiftlerinin sürtünme kaynağı esnasında, kaynak kalitesi üzerine etkisi bulunan başlıca parametrelerden; sürtünme süresi ( $t_1$ ), sürtünme basıncı ( $P_1$ ), yağma süresi ( $t_2$ ), yağma basıncı ( $P_2$ ) ve dönme hızı ( $n$ )’nın en uygun değerleri, yapılan bir çok denemelerle elde edilmiştir. Yapılan bu denemelerde sürtünme basıncı, yağma basıncı, yağma süresi ve dönme hızı malzeme çiftlerine göre sabit tutulmuştur. Sadece sürtünme süresi kullanılan malzemelerin cinsine göre ayarlanmıştır.

$P_1$  = Sürtünme basıncı 8 bar     $P_2$ = Yağma basıncı 18 bar     $t_1$  = Sürtünme süresi 7, 8, 9 s  
 $t_2$  = Yağma süresi 5 s             $n$  = Dönme hızı 3000 d/d.

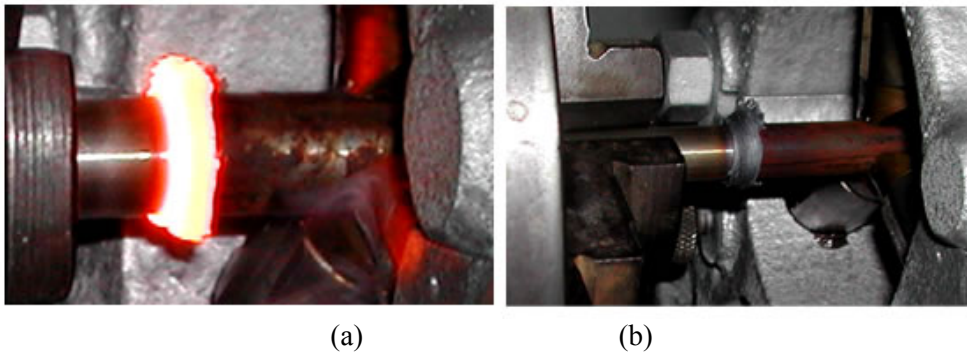


Şekil 10'da AISI-1030 ve AISI-304 malzeme çiftinin kaynak anı fotoğrafları verilmiştir; Şekil 10a'da, her iki malzemede sürtünmeden dolayı oluşan malzeme erimesi, Şekil 10b'de de kaynak sonu görülmektedir. Şekil 11'de ise birleştirilen malzeme çiftinin fotoğrafı verilmiştir.



- |                              |                      |                         |
|------------------------------|----------------------|-------------------------|
| ZR1 : Birinci zaman rölesi   | TO : Torna otomatik  | MF : Manyetik fren      |
| ZR2 : İkinci zaman rölesi    | T2 : Torna manuel    | GA : Gecikmeyle açılan  |
| HO : Hidrolik pompa otomatik | H2 : Hidrolik manuel | GK : Gecikmeyle kapanan |

Şekil 9. Kaynak makinesi elektrik devre şeması.



Şekil 10. Kaynak anı fotoğrafları.



Şekil 11. Sürtünme kaynağıyla birleştirilen AISI-1030 ile AISI-304 malzemenin kaynağı.

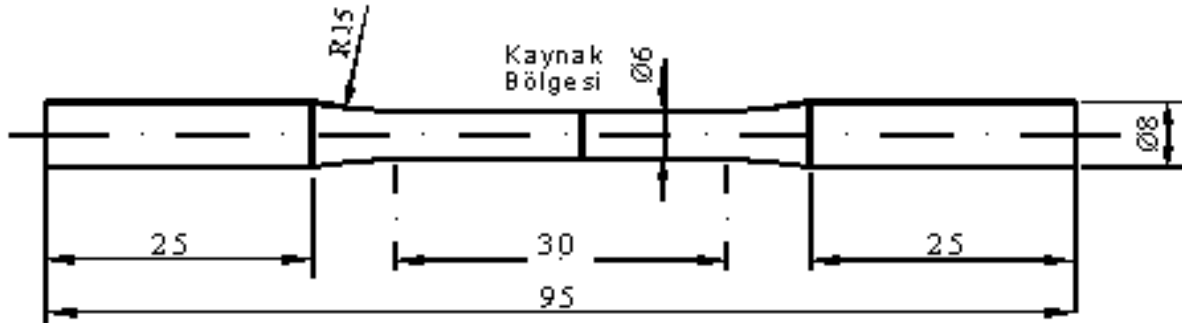
### 3.1 Numunelere uygulanan deneyler

#### Sertlik deneyi

Numunelere uygulanan sertlik deneyi kaynaklı birleştirmelerde geçiş bölgesindeki sertlik değişimi her numune için ayrı ayrı tespit edilmiştir. Sertlik ölçümleri Rockwell C (HRC) olarak bulunmuş ve bu çalışmalarda Wilson Hardness Tester marka sertlik ölçüm cihazı kullanılmıştır. Ölçümler esnasında kaynak bağlantısının olduğu nokta sıfır noktası olarak kabul edilmiştir.

#### Çekme deneyi

Sürtünme kaynağıyla birleştirilen deney numuneleri ve kök malzemeler; Alşa marka bilgisayar destekli çekme deney cihazı ile çekme deneyine tabi tutulmuş olup bu deney sonucunda çekme mukavemeti ve uzama yüzdesi değerleri bulunmuştur. Çekme deneyinde kullanılan deney numuneleri Şekil 12.'de gösterilen ölçülerde torna tezgahında hazırlanmıştır.



Şekil 12. Çekme deney numunesi.

### 3.2 Numunelerde oluşan boy kısaltmaları

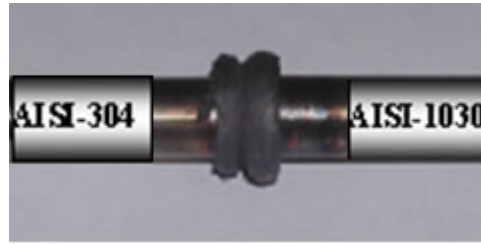
Sürtünme kaynağı sırasında her iki parçanın temas yüzeylerinde basınçtan dolayı sıcak malzemede yığılma olmaktadır. Malzemenin özelliğine göre kaynakla birleştirilen parçalarda bu yığılma farklı uzunluktadır. Böylece malzemelerin orijinal boyunda belli oranda kısalma meydana gelmektedir. Boy kısaltmaları malzemelerin özelliklerine göre değişmekte olup, birleştirilen numunelerden birinci malzeme boyundaki ( $\Delta l_1$ ) ve ikinci malzeme boyundaki kısaltmalar ( $\Delta l_2$ ) Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Sürtünme kaynağı yapılan malzemelerin kaynak parametrelerine göre boy kısaltmaları.

| MALZEME ADI | PARAMETRELER                 |                            |                           |                         | BOY KISALMALARI   |                   |                   | MALZEME ADI |
|-------------|------------------------------|----------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------|
|             | Sürtünme Basıncı $P_1$ (Bar) | Yığıma Basıncı $P_2$ (Bar) | Sürtünme Süresi $t_1$ (s) | Yığıma Süresi $t_2$ (s) | $\Delta l_1$ (mm) | $\Delta l_2$ (mm) | $\Delta l_t$ (mm) |             |
| AISI 1060   | 8                            | 18                         | 8                         | 5                       | 4,7               | 1,8               | 6,5               | AISI-304    |
| AISI 4140   | 8                            | 18                         | 8                         | 5                       | 5,2               | 3                 | 8,2               | AISI-304    |
| AISI-1050   | 8                            | 18                         | 8                         | 5                       | 2,3               | 1,5               | 3,8               | AISI-304    |
| AISI 1040   | 8                            | 18                         | 8                         | 5                       | 1,8               | 1,5               | 3,3               | AISI-304    |
| AISI 1030   | 8                            | 18                         | 8                         | 5                       | 5                 | 3,1               | 8,1               | AISI-304    |
| AISI 1020   | 8                            | 18                         | 8                         | 5                       | 5,7               | 2,9               | 8,6               | AISI-304    |
| AISI 1117   | 8                            | 18                         | 8                         | 5                       | 7,3               | 3,2               | 10,5              | AISI-304    |
| AISI 1030   | 8                            | 18                         | 9                         | 5                       | 10,8              | 3                 | 13,8              | AISI 4140   |
| AISI 1040   | 8                            | 18                         | 8                         | 5                       | 1,8               | 3,2               | 5                 | AISI 1060   |
| AISI 1030   | 8                            | 18                         | 8                         | 5                       | 8,3               | 4,2               | 12,5              | AISI 1060   |
| AISI 1117   | 8                            | 18                         | 8                         | 5                       | 1,5               | 1                 | 2,5               | AISI 1040   |
| AISI 1117   | 8                            | 18                         | 8                         | 5                       | 4,6               | 0,8               | 5,4               | AISI 1050   |
| AISI 1020   | 8                            | 18                         | 7                         | 5                       | 2,5               | 0,2               | 2,7               | AISI 1050   |

$\Delta l_1$  Birinci malzeme boy kısaltması  $\Delta l_2$  İkinci malzeme boy kısaltması  $\Delta l_t$  Toplam boy kısaltması

Bu sonuçlardan anlaşılacağı üzere paslanmaz malzemedeki boy kısaltmaları diğer çelik malzemelere göre daha azdır. Bu durum Şekil 13’de de açıkça görülmektedir. Sürtünme kaynak yönteminde boyca kısaltmaya en fazla etki eden parametre sürtünme süresi olmakla birlikte, sürtünme ve yığıma basınçlarının da etkili olduğu görülmektedir.



Şekil 13. Numune malzemelerin kaynak sonrasında oluşan boy kısaltması.

### 3.3. Numunelerin sertlik ölçüm değerleri

Sürtünme kaynak yöntemiyle birleştirilen malzeme çiftlerinin kaynak sonunda oluşan sertlik değerleri Tablo 4’de görülmektedir. Numunelerin Paslanmaz AISI-304 tarafındaki ısı tesiri altında kalan bölgelerinde sertliklerde düşüş olduğu görülmektedir.

AISI-4140, AISI-1060, AISI-1050, AISI-1040 numunelerin paslanmaz çelikle olan kaynağında hem ısı tesiri altında kalan bölgenin sertliğinde hem de kaynak bölgesinin sertliğinde artış olduğu, AISI-1030, AISI-1020 ve AISI-1117 numunelerin paslanmaz çelikle olan kaynağında hem ısı tesiri altında kalan bölge, hem de kaynak bölgesinde sertliğin azaldığı gözlenmiştir.

Tablo 4. Numunelerin sertlik ölçüm aralıkları ve değerleri (HRC).

| MALZEME ADI | MALZEME SERTLİK ÖLÇÜM ARALIKLARI (mm) |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | MALZEME ADI |
|-------------|---------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|
|             | 5                                     | 4  | 3  | 2  | 1  | 0  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  |             |
| AISI 4140   | 29                                    | 30 | 31 | 32 | 43 | 50 | 28 | 20 | 27 | 28 | 31 | AISI-304    |
| AISI 1060   | 22                                    | 23 | 25 | 28 | 36 | 38 | 20 | 20 | 24 | 28 | 31 | AISI-304    |
| AISI 1050   | 15                                    | 15 | 16 | 17 | 20 | 18 | 18 | 21 | 26 | 28 | 31 | AISI-304    |
| AISI-1040   | 10                                    | 12 | 14 | 16 | 22 | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 | 31 | AISI-304    |
| AISI 1030   | 22                                    | 18 | 14 | 13 | 16 | 16 | 15 | 19 | 26 | 30 | 31 | AISI-304    |
| AISI-1020   | 12                                    | 12 | 11 | 9  | 7  | 9  | 18 | 23 | 29 | 30 | 31 | AISI-304    |
| AISI-1117   | 14                                    | 13 | 12 | 16 | 16 | 15 | 12 | 22 | 27 | 30 | 31 | AISI-304    |
| AISI 1030   | 20                                    | 20 | 20 | 20 | 25 | 42 | 31 | 29 | 29 | 29 | 29 | AISI 4140   |
| AISI 1117   | 14                                    | 14 | 14 | 15 | 16 | 18 | 13 | 11 | 10 | 10 | 10 | AISI 1040   |
| AISI 1117   | 14                                    | 14 | 14 | 13 | 12 | 20 | 18 | 17 | 16 | 16 | 16 | AISI 1050   |
| AISI 1020   | 10                                    | 10 | 11 | 12 | 12 | 19 | 18 | 16 | 16 | 16 | 16 | AISI 1050   |
| AISI 1030   | 21                                    | 23 | 23 | 24 | 19 | 38 | 27 | 27 | 25 | 23 | 22 | AISI 1060   |
| AISI 1040   | 10                                    | 11 | 12 | 13 | 15 | 29 | 30 | 32 | 36 | 26 | 22 | AISI 1060   |

### 3.4. Numunelerin çekme deney sonuçları

Sürtünme kaynak yöntemiyle birleştirilen malzeme çiftlerinin mekanik özelliklerinin incelenebilmesi için çekme deneyine tabi tutulmuştur. Elde edilen sonuçlar Tablo 5’de görülmektedir.

Farklı çeliklerin kaynağında kaynak ara yüzey mukavemeti düşük olan malzemenin mukavemetine yakın veya üzerinde olduğu görülmüştür. Ancak deneylerde kullanılan AISI-1040 malzeme ile yapılan kaynakların ara mukavemetlerinin düşük olduğu görülmüştür.

Çekme deneyi uygulaması sonucunda genelde kopmanın kaynak bölgesinde ve ısı tesiri altında kalmış bölgelerde gerçekleşmediği, mukavemeti düşük olan ana malzemede olduğu görülmüştür. Bunun sebebi malzemelerin birbirine mekanik kilitleme ve difüzyon yoluyla malzeme transferinin gerçekleşmesinden dolayı birleşme bölgelerinde mukavemet artışının olmasıdır.

## 4. Sonuç ve Öneriler

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

1. Bu makinede, sürtünme kaynağının temel parametreleri olan devir sayısı, sürtünme basıncı, sürtünme süresi, yığma basıncı ve yığma süresi, parametrelerinin geniş bir aralıkta değişimi ile kaynak yapma imkanı sağlanmıştır.
2. Bu parametrelerin kontrolü, değişik kombinasyonlardaki malzeme çiftlerinin birleştirilmesine imkan sağlamıştır.
3. Torna şanzımanının kullanılması, sürtünme kaynak makinesinin farklı devir aralıklarında kullanılmasına imkan sağlamıştır.
4. Manyetik frenleme ünitesi sayesinde frenleme süresi minimuma indirgenmiştir.

Tablo 5. Sürtünme kaynağı yapılan deney numunelerinin deney parametre değerleri ve çekme deneyi Sonuçları.

| MALZEME             | Uzama (%) | Kopma Gerilmesi (MPa) | SONUÇ                   |
|---------------------|-----------|-----------------------|-------------------------|
| AISI-304 AISI 4140  | 4         | 928,6                 | AISI-304 koptu          |
| AISI-304 AISI 1060  | 3,3       | 831,7                 | Malzeme kaynaktan koptu |
| AISI-304 AISI 1050  | 15        | 777,2                 | AISI 1050 koptu         |
| AISI-304 AISI 1040  | 12,5      | 735,9                 | AISI 1040 koptu         |
| AISI-304 AISI 1030  | 3         | 811,9                 | AISI 1030 koptu         |
| AISI-304 AISI 1020  | 6         | 598,8                 | AISI 1020 koptu         |
| AISI-304 AISI 1117  | 1,6       | 690,8                 | Malzeme kaynaktan koptu |
| AISI 4140 AISI 1030 | 1,6       | 828,9                 | AISI 1030 koptu         |
| AISI 1060 AISI 1040 | 14,5      | 721                   | AISI 1040 koptu         |
| AISI 1060 AISI 1030 | 0,6       | 971,6                 | AISI 1030 koptu         |
| AISI 1050 AISI 1020 | 4         | 649,5                 | AISI 1020 koptu         |
| AISI 1050 AISI 1117 | 4         | 717,2                 | AISI 1117 koptu         |
| AISI 1040 AISI 1117 | 16        | 674,1                 | AISI 1040 koptu         |

5. Parametrelerin geniş bir aralıkta kontrol edilebilmesi, aynı veya farklı kombinasyonlardaki malzeme çiftlerinin birleştirilmesi için gerekli olan optimum kaynak şartlarının elde edilmesini kolaylaştırmıştır.
6. Sürtünme kaynağıyla birleştirmelerde numunelerin alın yüzeyleri temizliğinin önemli olduğu yapılan deneylerle anlaşılmıştır.
7. Kaynak parametrelerinden olan sürtünme süresinin yüksek olması numunelerdeki boy kısılmasının da artmasına neden olmaktadır. Genel olarak bütün parametrelerin artmasıyla boyca kısıalma miktarı da artmaktadır.
8. Artan yığılma basıncı değerleri fişırma ve yığılma çapak miktarını artırmaktadır.
9. Yapılan kaynaklar neticesinde elde edilen numunelerin çekme deneyleri sonuçlarına bakıldığında; malzemelerin kaynak yerinden değil mukavemeti düşük olan ana malzemedeki koptuğu görülmüştür (Örneğin; AISI 304 - AISI 1060, AISI 304 - AISI 1117, AISI 304 - AISI 4140, AISI 304 - AISI 1050, AISI 1060 - AISI 1030, AISI 1050 - AISI 1020 ve AISI 304 - AISI 1030 malzeme çiftleri ).
10. Sürtünme kaynak yönteminde malzeme çiftine göre optimum parametreler ön deneylerle tespit edilmelidir

Kaynak bağlantısı yapılan parçaların büyüklüğü yönünden olduğu kadar, kaynak yapılabilir malzeme kombinasyonları bakımından da sürtünme kaynağı metodunun tatbikati sınırsız şekilde geniştir. Bunun için seçilen deneysel örneklerde, kaynak şartları uygun şekilde optimize edilerek, çok sayıdaki malzeme kombinasyonlarının birleştirme yerinde meydana gelen zararlı iç yapı dönüşümleri giderilebilir. Büyük kesitlerde sürtünme şartlarının oldukça farklı olmasına rağmen, kaynak dikişlerinde bütün kesit boyunca, çok düzgün birleşme bölgesi temin edilebilir.

Sonuç olarak; endüstrinin birçok dalında uygulama alanı bulan sürtünme kaynak yöntemi, getirdiği birçok üstünlük ile diğer ergitme kaynak yöntemlerine göre daha uygun bir yöntem konumuna gelmiştir. Özellikle farklı malzeme kombinasyonlarındaki mekanik özelliklerdeki iyileştirmeler ve kaynak sonrası

oluşabilecek hatalar azaltılabilirse gelecekte otomotiv endüstrisi, gemi inşaatı, uçak ve uzay endüstrisi ve diğer imalat sektörlerinde kullanımının her geçen gün artacağı beklenmektedir.

## 5. Teşekkür

Bu kaynak makinesinin tasarımı yazarlar tarafından yapılmış, imalatı ise yüksek lisans tezi çerçevesinde Mak. Müh. Nejdet POLAT tarafından gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmalar sırasında bir çok lisans öğrencisinin katkısı olmuştur. Kendilerine katkıları nedeniyle teşekkür ederiz.

## Kaynaklar

1. Anık S. (1991) Sürtünme Kaynağı, Gedik Holding Yayını, İstanbul, S: 134-137..
2. Anık S., Gülbahar B. (1982) Metalik Malzemenin Sürtünme Kaynağı, Mühendis ve Makine Cilt 24, Sayı 279, S: 11.
3. Anık S., Kaynak Teknolojisi El Kitabı S: 259-267.
4. Aws (1980), Resistance and Solid-State Welding and Other Joining Processes, Welding Handbook, Miami, Vol.3, s.240 – 261.
5. Bahrani A.S., Crossland B., (1976) Friction Welding, CME, 61-66.
6. 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 Tezgahtı imali, SAE 8620-1040 Malzemelerin kaynağı ile mekanik ve Metallografik incelenmesi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, S: 2,3.
8. Duffin F.D., Bahrani A.S. (1973) Frictional Behaviour of Mild Steel Of Friction Welding Wear, 53-73.
9. Ellis C.R.G. (1975) Recent Industrialdevelopments in Friction Welding, Weld, S: 582-589.
10. Ellis C.R.G. (1976) Friction Welding, Where Industry Uses it, Weld Design And Fab, S: 78-81.
11. Ellis C.R.G. (1977) Friction Welding, Some Recent Applications of Friction Welding, Weld And Metal Fab., S: 207-213.
12. Ganowski F.N. (1973) Practical Considerations for Friction Welding, Weld Eng., S: 40-44
13. Gürleyik M. (1984) İstanbul Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi 1. Ulusal Kaynak Sempozyumu Tebliğ Özetleri Gümüşsuyu-İstanbul.
14. Matyazic J. (1976) How Good is Friction Welding, Design and Fab., S: 76-77.
15. Murti K.G.K., Sundaresan S. (1986): Structure and properties of friction welds between high-speed and medium-carbon steel for bimetal tools, Mat.Sci and Tech. S:865-870.
16. Özdemir N., Orhan N. (2002) Yeni Tasarlanmış Bir Sürekli Tahrikli Sürtünme Kaynak Makinasının İmalatı, Makale S: 3,4.
17. 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, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 17, 49, 53, 54, 55, 77, 81, 84, 87.