

AISI 304 PASLANMAZ ÇELİĞİN NOKTA DİRENÇ KAYNAĞI YÖNTEMİ İLE İZSİZ KAYNAK PARAMETRELERİNİN ARAŞTIRILMASI

Kadir ÇAVDAR¹, Hüseyin YAŞAR², Umut Onur ŞAHİN³

¹Uludağ Üniversitesi, Müh. Fak. Makine Müh. Böl. Nilüfer/Bursa

²TMMOB Makine Müh. Odası Bursa Şubesi Uygulamalı Eğitim Merkezi Nilüfer/Bursa

³Mactera Birleştirme Teknolojileri, Kudem Makine A.Ş. NOSAB Erguvan Cad. No:4/E Nilüfer/Bursa

ÖZET

Bu çalışmada, AISI 304 paslanmaz çeliğinin nokta direnç kaynağı kullanılarak bağlanması işleminde parametreler incelenmiştir. En uygun süreç parametrelerin seçilmesi ile kaynak bağı sonrasında yüzeyde en az iz kalması amaçlanmıştır. Kaynak sonrası oluşan çekirdek bölgesi görüntü işleme teknikleri kullanılarak analiz edilmiştir. Nokta kaynağının dayanımı da çekme testi yardımıyla kontrol edilmiş ve sonuçlar uzman bir kaynakçının sübjektif değerlendirmesi ile de doğrulanmıştır. İmalat sonrası ek işçilik gerektirmeden estetik kaynak bağlarının gerçekleştirilmesi için bu yaklaşım sonuçlarının faydalı olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: paslanmaz çelik, nokta direnç kaynağı, izsiz kaynak

ABSTRACT

In this study, the process parameters of the AISI 304 stainless steel with the spot resistance welding were investigated. By choosing the most suitable process parameters, it is aimed to keep the minimum traces on the surface after spot welding operation. The core region after welding was analyzed using image processing techniques. The strength of the spot was also checked with a tensile test and the results were verified by a subjective expert evaluation. It is thought that the results of this approach will be beneficial for the realization of aesthetic welding without requiring additional processing after welding.

Key Words: Stainless steel, spot resistance welding, esthetical welding

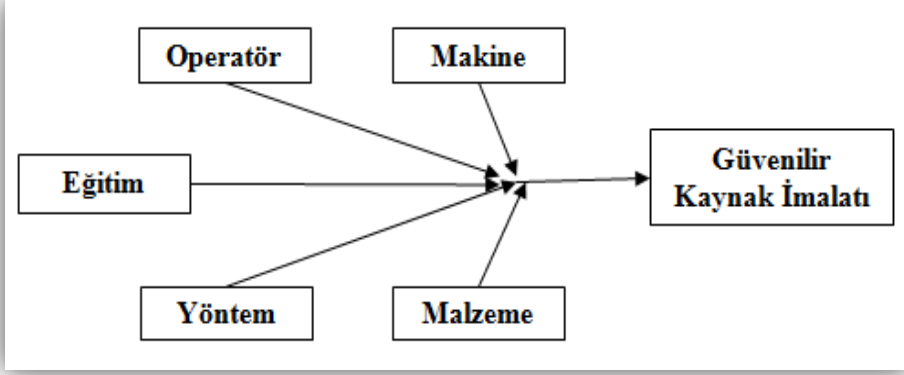
1. GİRİŞ

Nokta direnç kaynağı özellikle otomotiv ve beyaz eşya sektörü başta olmak üzere pek çok sektörde başlıca imalat yöntemlerindedir. Direnç kaynağı, üretim hızı yüksek bir kaynak yöntemi olup, seri üretim yapılan işletmelerde özellikle tercih edilmektedir. Bununla birlikte, ilave birleştirme malzemesi gerektirmemesi, kaynak kalitesinin bir operatörden ziyade makinenin tutarlılığına ve ekipmanlarına bağlı olması ve üretim maliyetinin düşük olması gibi faktörler direnç kaynağının tercih edilmesinde etkilidir.

Kaynaklı imalat yöntemlerinde öncelikle sorgulanan özellik kaynağın yapısal karakteristikleri olup, statik ve dinamik yüklemelerde mekanik ve yorulma dayanımının iyi olması beklenmektedir. Bunun yanında korozyon direnci, sızdırmazlık ve estetik özellikleri de ön plana çıkmaktadır. [1]

Direnç nokta kaynağı yöntemi ile birleştirilen iki sac malzeme için öncelik kaynağın mukavemetidir. Bununla birlikte iyi bir kaynak hem tasarımcının belirlediği yük aralıklarına dayanıklı olmalı hem de görsel açıdan iyi olmalıdır. Direnç nokta kaynağı ile imal edilen parçalarda elektrik akımının geçmesiyle oluşan yüksek ısının ve baskı kuvvetinin etkisiyle çekirdek ve etrafında kaynak izi oluşmaktadır. Fakat bu izler ürünün görünür yüzeylerinde istenilen bir özellik değildir. Bu sebeple kaynak işlemi sonrasında izin temizlenebilmesi için ek proseslere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu projenin amacı kaynak mukavemetinin iyi olduğu aralıkta, imalatı kaynak izi olmadan yapabilecek parametreleri tespit etmektir.

Direnç kaynağı ile imalat yöntemine birden çok değişkenin etkisi vardır. Kaynak makinesi girdileri ve çıktılarını etkileyen değişkenlerin dışında yönteme etki eden diğer girdiler ise aşağıdaki gibidir. [2]



Şekil 1. Güvenilir Kaynak İmalatı Girdileri

Yukarıda belirtilen güvenilir kaynak imalatına etki eden parametrelerden, makine ve malzeme etkenleri üzerine araştırmalar yoğunlaşmıştır. Kaynak makinesinde ayarlanan kaynak parametreleri; kaynak akımı, kaynak zamanı ve baskı kuvvetidir. Kullanılan malzemenin kaynak edilebilirliği ve elektrik direnci ise malzemeye bağlı değişkenlerdir.

$$Q = I^2 R t$$

Burada;

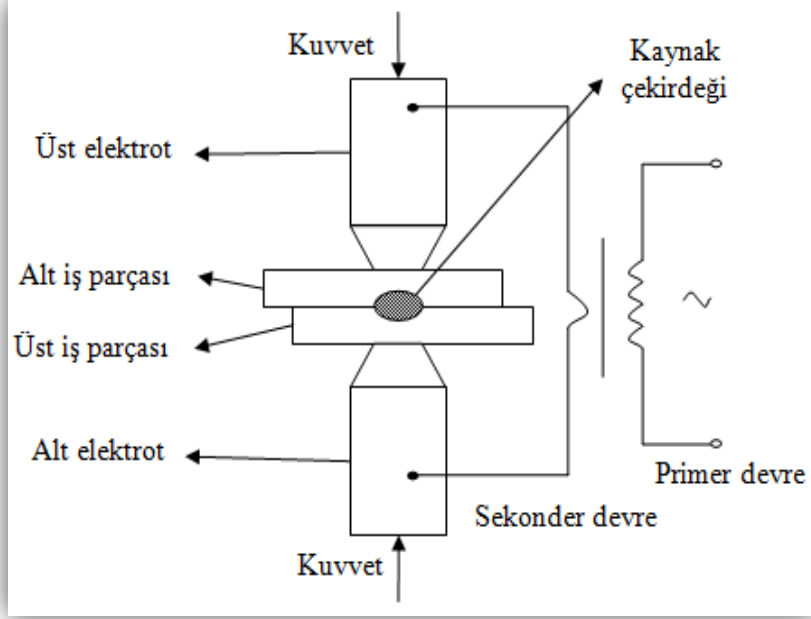
Q: kaynak esnasında açığa çıkan enerjiyi,

I: kaynak akımını,

R: kaynak bölgesi elektriksel direncini ve

t: kaynak zamanını ifade etmektedir.

Bir direnç kaynağı işlem prosesinin şeması Şekil 2'de verildiği gibidir.



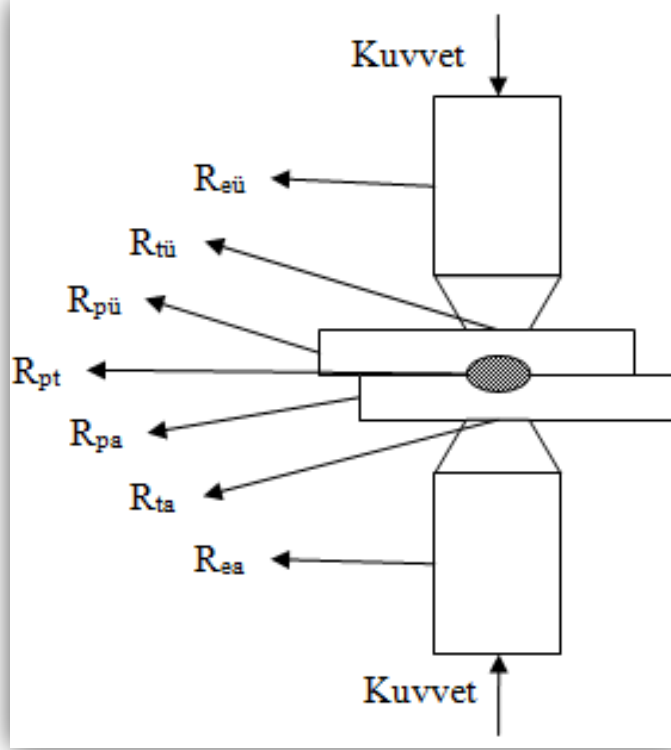
Şekil 2. Direnç Nokta Kaynağı Uygulaması

Kaynak akımı değerinin, direnç nokta kaynağı uygulamasında ısı enerjisinin birleştirme bölgesinde oluşmasında en önemli büyüklük olduğu çok sayıda araştırma ile belirlenmiştir. Direnç kaynağı uygulamasında kaynak akımının yeterli olmaması çekirdek çapının küçük olmasına ve kaynak kalitesinin düşük olmasına sebep olurken, kaynak akım değerinin çok yüksek olması ise kaynaklı bölgede aşırı ergimeye ve çatlaklara neden olmaktadır. [3]

Bir diğer parametre ise baskı kuvveti olup, düşük elektrot kuvvetleri metal fişkırmaya sebep olabilir. Yüksek elektrot kuvvetlerinde ise toplam elektriksel direnç düşebilir ve kaynak bağlantısının oluşumu gecikebilir. [4]

Direnç kaynağı uygulamalarında zaman ifadesi olarak periyot kullanılır ve bir periyot saniyenin ellide biri olarak ifade edilir. Kaynak zamanının uzun tutulması yüksek ısı girdisine sebep olur ve kaynak bölgesinin büyümesine ve ergimenin fazla olması sebebiyle malzeme fişkırmalarına sebep olabilir. Zamanın kısa tutulması ise yetersiz ısı girdisi sebebiyle nüfuziyetin düşük olmasına yol açabilir. [2]

Direnç kaynağı uygulamasında, kaynak bağlantısının oluşması için gerekli ısının oluşmasında elektriksel dirençten yararlanır. Kaynak direnci Şekil 3'te gösterildiği üzere aşağıdaki bileşenlerden oluşur. [5]

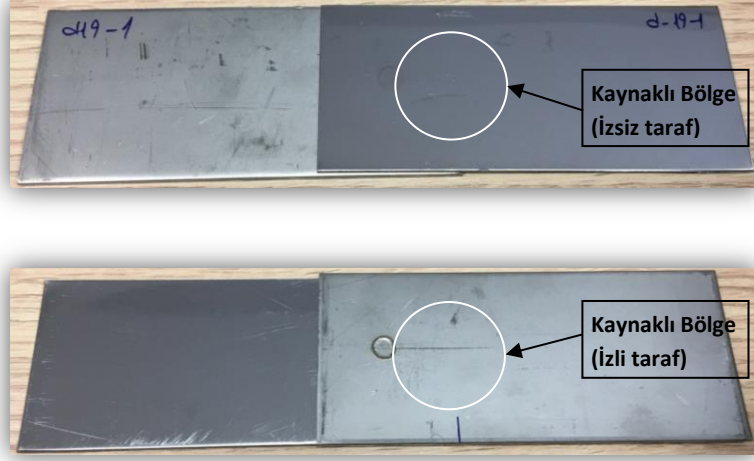


Şekil 3. Direnç Nokta Kaynağı İşleminde Dirençler

$R_{eü}$: Üst elektrot direnci, $R_{tü}$: Üst iş parçası ve üst elektrot temas direnci, $R_{pü}$: Üst iş parçası malzeme direnci, R_{pt} : Üst iş parçası ve alt iş parçası temas direnci, R_{ea} : Alt iş parçası malzeme direnci, R_{ta} : Alt iş parçası ve alt elektrot temas direnci, R_{ea} : Alt elektrot direnci

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada AISI 304 paslanmaz çelik sac malzemeler kullanılarak direnç nokta kaynağı uygulaması gerçekleştirilmiştir. Deney çalışmasında 1 mm ve 2 mm kalınlığında sac deney numuneleri direnç nokta kaynağı yöntemi ile birleştirilmiştir. Uygulamada; kaynak akımı, kaynak periyodu ve elektrot kuvveti olmak üzere üç parametre değerinden bir değer değiştirilirken diğer iki değer sabit tutulmuştur. Örneğin, kaynak akım değeri yükseltirken kaynak süresi ve baskı kuvveti değerleri sabit halde uygulama yapılmıştır. Aynı yöntemle kaynak süresi sabit ve baskı kuvveti sabit değerlerde tutularak uygulamalar tamamlanmıştır.



Şekil 4. Kaynaklı Numunenin Ön ve Arka Yüzü

Üretilen deney numunelerinde (Şekil 4.) kaynağın çekme- makaslama testleri ile kaynak mukavemeti, renk ölçüm yöntemleri ile estetik açıdan incelemesi yapılarak kalitesi tayin edilmiştir.

2.1 Deney Numuneleri ve Özellikleri

Deney numune malzemesi olarak AISI 304 ostenitik paslanmaz çelik kullanılmıştır. Kullanılan malzemenin kimyasal bileşimi Tablo 1’de verilmektedir.

Tablo 1. Deneylerde Kullanılan AISI 304 Ostenitik Paslanmaz Çeliğin Kimyasal Kompozisyonu

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Mo	N	Fe
0,054	0,39	1,05	0,0308	0,004	18,17	8,07	≈ 0	≈ 0	0,0379	72,1933

2.2 Deney Numunesi Boyutları

Deneylerde kullanılan saclar levhalardan abkant pres ile kesilerek elde edilmiştir. Deney parçası boyutları “TS EN ISO 14273” numaralı “Nokta, dikiş ve projeksiyon kaynaklarının kesme deneyi için numune boyutları ve yöntem” adlı standartın ilgili bölümünden alınmış olup ölçüler Tablo 2’dedir.

Tablo 2. İş Parçası Ölçüleri

Tip	Kalınlık (mm)	Parça Genişliği (b) (mm)	Parça Uzunluğu (l) (mm)
1	1 mm	45 mm	105 mm
2	2 mm	45 mm	105 mm

2.3 Kaynak Makinesi ve Ekipmanları

Deney parçalarının kaynaklı birleştirilmesinde Mactera marka sabit direnç nokta ve projeksiyon kaynak makinesi kullanılmıştır. Kaynak makinesine ait özellikler Tablo 3’te verildiği gibidir. Kaynak parametre değerleri, kaynak makinesi kontrol ünitesine kumanda yardımıyla girilerek ayarlanmıştır. Şekil 5’te kullanılan kaynak makinesinin görselleri verilmiştir.

Tablo 3. Kaynak Makinesi Verileri

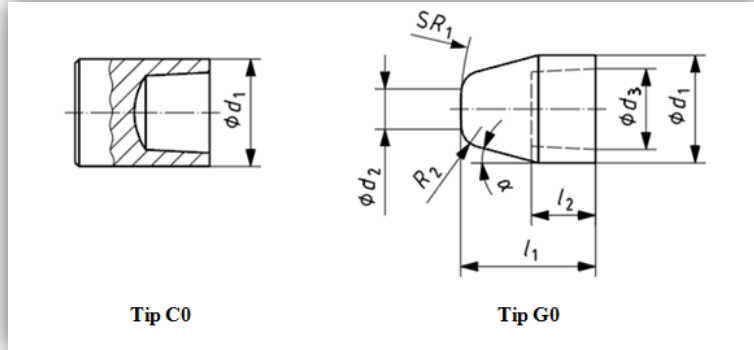
Anma Gücü (% 50)	Çalışma Basıncı	Besleme Gerilimi
250 kVA	6 bar	380 V
Kumanda Gerilimi	Soğutma Suyu Debisi	Kuvvet Oluş. Ekipmanı
24 V	20 lt./dak	Ø 160 mm pnömatik silindir

2.4 Elektrotlar

Kaynaklı birleştirmelerde “ISO 5821:2009 Direnç Kaynağı- Nokta Kaynağı Elektrot Başlıkları” adlı standarda uygun olarak üretilmiş elektrotlar kullanılarak yapılmıştır. Uygulamalarda izsiz olması istenilen iş parçasına Tip C0 elektrot başlığı kullanılırken, diğer iş parçası tarafında ise Tip G0 elektrot başlığı kullanılmıştır. Uygulamalarda kullanılan elektrot başlıklarının şekilleri ve ölçüleri aşağıda Şekil 6 ve Tablo 4’te verilmiştir. [6]



Şekil 5. Deneylerde Kullanılan Mactera Marka Kaynak Makinesi



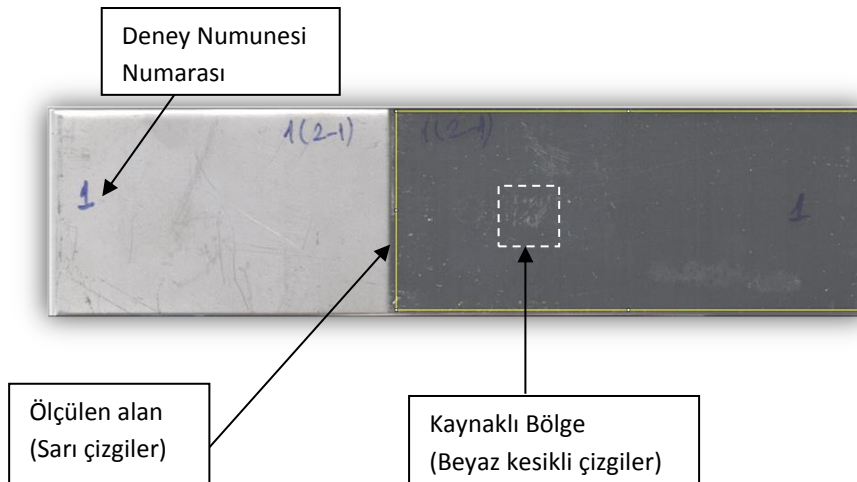
Şekil 6. Deneylerde Kullanılan Elektrot Kepleri Ölçüleri

Tablo 4. Elektrot Kepleri Ölçüleri (mm)

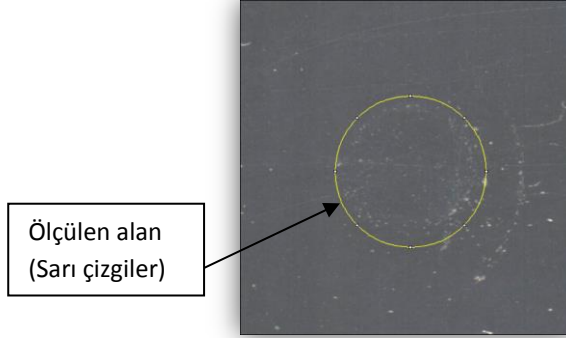
Tip	d ₁	d ₂	d ₃	l ₁	l ₂	l ₃	e	R1	R2	α (°)
C0	16	-	12	20	10,5	-	-	-	-	-
G0	16	6	12	20	10,5	12	-	40	6	15

2.5 Kaynaklı Numunelerin Taranması ve Renk Ölçümleri

Direnç nokta kaynağı ile birleştirilen iş parçaları renk ölçümlerinin yapılabilmesi için dijital tarayıcı ile taratılmıştır. Tarama işlemlerinde Epson marka L550 model yazının tarayıcı özelliği kullanılarak her bir kaynaklı numune 1200 dpi çözünürlükle jpeg fotoğraf formatıyla taratılmıştır.



Şekil 7. Taratılmış Kaynaklı Numune

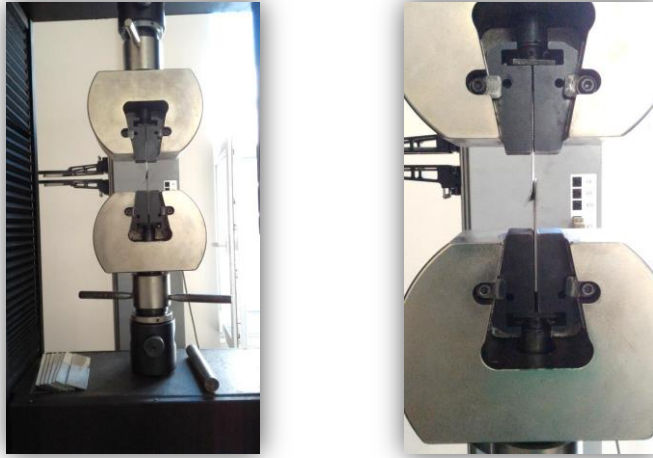


Şekil 8. Taratılmış Kaynaklı Numune Kaynak Bölgesi

Tarama dosyaları Gimp 2 adlı resim işleme yazılımında boyutlandırıldıktan sonra Image J adlı resim değerlendirmelerinde tercih edilen yazılım kullanılarak kaynaklı bölgelerin RGB ölçümleri yapılmıştır. Image J programı ile her bir taratılmış numunenin kaynaklı bölge ve kaynak edilmeyen herhangi bir bölgesinden 340 pixel çapında çemberler çizilmiştir. Bu çemberlerin içinde kalan alanın ortalama RGB değerleri ve pixel biriminde konumları kaydedilmiştir ve değerlendirmeler yapılmıştır. Renk ölçümüne ait işlem sırası Şekil 7 ve Şekil 8’de verilmiştir.

2.6 Kaynaklı Numunelerin Çekme- Makaslama Testi

Kaynaklı numunelerin taratılmasından sonra bir diğer adım bu parçaların kopma kuvvetinin ölçülmesidir. Çekme- makaslama testleri Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Malzeme Laboratuvarı’nda bulunan 25 ton kapasiteli U-Test Markalı test cihazıyla 25 ton load-cell kullanılarak yapılmıştır. Ölçümlerde sadece kopma kuvvet değeri kaydedilmiştir.



Şekil 9. Çekme Makaslama Test Cihazı

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Özellikle paslanmaz çeliklerde estetik görünüm açısından iz bırakmadan yapılacak punta kaynak işlemlerine sanayide ihtiyaç duyulmaktadır. Kaynak puntası iz bırakmamalı ancak istenen dayanımı da sağlamalıdır. Bu şartları sağlayacak operasyon parametrelerinin tespiti için deneysel bir çalışma planlanmıştır. Hazırlanan kaynak numuneleri ve bu numunelere uygulanan testler değerlendirildiğinde, aşağıdaki sonuçlar sıralanabilir.

- İzsiz olması istenen kaynaklı üretim parçaları için en uygun parametreler ve elektrot kepleri seçilmelidir.
- Kaynak akımının artırılması çekirdek çapının artmasına ve bunun sonucunda kopma kuvvetinin de artmasına olanak vermektedir.
- Aynı kaynak akım değerinde, kaynak zamanının artması görüntü kalitesini olumsuz etkilerken kopma kuvveti değerinin ve çekirdek çapının artmasını sağlamaktadır.
- Kaynaklı iş parçasının estetik açıdan değerlendirilmesinde renk ölçümü ve görüntü işleme yöntemleri kullanılabilir. Bunun yanında daha gelişmiş görüntü oluşturma araçları ve görüntü işleme yöntemleri kullanılarak değerlendirmenin hassasiyeti artırılabilir.
- Kaynaklı iş parçasının değerlendirilmesinde uzman kişilerin subjektif değerlendirmesi ile ölçüm sonucundaki objektif değerlendirmeler karşılaştırıldığında farklılıklar çıkabilmektedir. Buradaki farklılıkların ana sebebi insan gözünün ve algısının kişiden kişiye göre değişebilmesidir. Bununla birlikte elde edilen sonuçlar çoğunlukla benzerdir.
- Renk ölçümü ile görsel açıdan değerlendirme günümüz üretim ve test şartlarında ve özellikle de teknolojiye gelişmeler ile kullanılabilir hale getirilebilir.

4. KAYNAKÇA

- [1] Doruk, E., Pakdil, M., Çam, G., Durgun, İ., Kumru, U., 2016. Otomotiv sektöründe direnç nokta kaynağı Tofaş uygulamaları. Kaynak Teknolojisi IX. Ulusal Kongre ve Sergisi, 20-21 Kasım 2015, Ankara.
- [2] Anonim, 2001. Coşkunöz A.Ş. Elektrik Direnç Kaynağı Eğitim Paketi.
- [3] Kaščák, L., Brezinová, J., 2013. Influence of welding current on the surface quality of joined materials. Transfer Inovácií, 27/2013: 72- 75.
- [4] Zhou, K., Cai, L., 2014. Study on effect of electrode force on resistance spot welding process. Journal of Applied Physics, 116/084902: 1-7.
- [5] Akkuş, A. 2006. Galvanili ve ostenitik paslanmaz çelik sacların nokta kaynaklı bağlantılarının yorulma dayanımlarının araştırılması. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- [6] TS EN ISO 5821: Direnç Kaynağı- Nokta Kaynağı Elektrot Başlıkları