

ÜTÜ MASASI ÜRETİMİNDE KULLANILAN ELEKTRİK DİRENÇ NOKTA KAYNAK MAKİNESİ TASARIM PARAMETRELERİNİN TESPİTİ

Yasin Altun^{1*}, Muciz Özcan²

¹Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Konya, Türkiye
²N. Erbakan Üniversitesi, Mühendislik-Mim. Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye

Anahtar Kelimeler	Özet
Elektrik Direnç Nokta Kaynak, Nokta Kaynak Parametreleri, Dikiş Kaynağı	Gündelik hayatta evlerimizde kullandığımız ütü masaları basit ama önemli işleve sahip ürünlerdir. Bu alanda üretim yapan firmaların, piyasa koşullarına ayak uydurabilmeleri için ileri seviye kontrol sistemleri ile donatılmış makine ve teçhizatlar ile seri imalat yapmaları çağımız gereğidir. Metalik ince saclardan yapılmış ütü masası tablası, çerçeve profil ile üst delikli sacın birleşiminden oluşmaktadır. Bu iki parçanın kaynatılmasında, tıpkı otomotiv sektöründe gövde elemanlarında olduğu gibi, elektrik direnç nokta kaynağı teknolojisinden faydalanılır. Bu metot kullanıldığı alanlarda çok ince saclar üzerine uygulandığından oldukça hassastır. Kaynak işleminde kullanılacak makine ve işlem parametrelerinin doğru şekilde belirlenmemesi ısının doğru bölgede oluşmamasına, görüntü ve şekil bozukluklarına neden olur. Bununla birlikte uygun aralıkta düzgün ve gerekli kaynak işleminin yapılmaması ileriki zamanlarda puntaların atmasına ve bu iki yüzeyin birbirinden ayrılarak üst sünger ve bezin yırtılmasına sebep olmaktadır. Bu çıktılar kaynak kalitesinin üretim aşamasında oldukça önemli bir yere sahip olduğunun göstergeleridir. Sonuçta, kaynak işlemini yapacak manipülatörün tasarımı ve sürecin kontrolü açısından oldukça kompleks bir uğraş karşımıza çıkar. Bu çalışmada ütü masası üretim hattı için geliştirilecek elektrik direnç nokta kaynak makinesi tasarımını etkileyen faktörler incelenmiştir.

DESIGN PARAMETERS DETECTION OF ELECTRIC RESISTANCE SPOT WELDING MACHINE USING TO FABRICATE IRONING BOARD

Keywords	Abstract
Electric Resistance Spot Welding, Spot Welding Parameters, Seam Welding	In daily life, ironing boards using in our homes are products the simplistic but having an important function. It is requirement with the industrial age that the mass fabrication equipped with machines and devices to have high-level control systems make production to adapt to market conditions in this area companies. Metal surface of ironing board made from thin a sheet which consists of a combination outer frame profile and the upper perforated plate. Electric resistance spot welding technology is utilized to combine with these two parts like automotive industry for the body components. This method is highly sensitive that implemented on very thin sheets in using areas. To inaccurate determination of welding machine and to use parameters in the process leads to image and structural deformations in metal surface and not to composed of heat in the correct zone. At the same time, failure to welding process in proper and desire range, in future, causes to remove of spots. As a result of separating two surfaces leads to rupture of the upper sponge and cloth. These events show that quality of

* İlgili yazar: ysnaltn@gmail.com

the welding have a crucial role during fabrication. After all, it is occurred to an endeavor be very complex for the design of welding manipulator and the control of the process. In this study, we discuss affecting the design factors of the electrical resistance spot welding machine to be developed.

1. Giriş

Elektrik direnç kaynağı (EDK) seri imalata uygun ve oldukça yaygın kullanılan bir birleştirme yöntemidir (Nabeel ve Hyun, 2014, Özcan, 2014). Hassas cihaz tekniği, elektroteknik, otomotiv sanayi, aparat yapımı, ev aletleri yapımı, çelik konstrüksiyonlar, kap imalatı, boru üretimi gibi alanlarda, değişik malzeme ve malzeme kombinasyonlarının kaynağı için kullanılır (Ozcan, 2011). İki elektrot arasına yerleştirilen iletken iş parçalarının oluşturduğu kaynak direncinin, bu sistemden geçen yüksek değerdeki elektrik akımına karşı zamana bağlı olarak oluşturduğu ısıl enerji ile, elektrot sistemine uygulanan basıncın bir arada tatbiki; ve bu işlem sonucunda oluşan metal eriyiğin basınç altında gerekli soğuma süresince kalıcı bir yapı oluşturması esasına dayanır. EDK yönteminin endüstriyel uygulamaları aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir (Keleş 2008).

1. Nokta Kaynağı
 - 1.1. Normal Nokta Kaynağı (EDNK)
 - 1.2. Kabartılı Nokta Kaynağı
2. Dikiş Kaynağı
 - 2.1. Sürekli Dikiş Kaynağı
 - 2.2. Aralıklı Dikiş Kaynağı
3. Alın Kaynağı
 - 3.1. Basıncılı Alın Kaynağı
 - 3.2. Yakma Alın Kaynağı

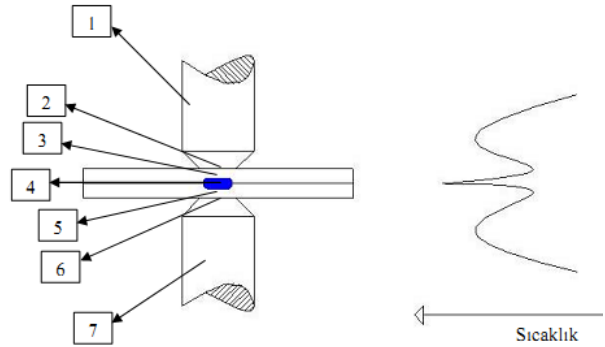
İmal edilecek kaynak manipülatörü, ütü masası tablası çerçeve profili ile delikli üst sacının kaynatılmasında kullanılacaktır. EDNK yöntemin seçilme sebebi saç malzemenin ince olması, fişstür şekli ve üretim hızı bakımından tasarlanması planlanan manipülatör sistemi için en uygun EDK metodunun oluşudur. Bu çalışma için kabartılı nokta kaynak yöntemi de seçilebilirdi ama ilave düzeltme işlemlere ihtiyaç duyulacağı için bu yöntem seçilmemiştir. Dikiş kaynak yöntemi ürün geometrisine uymayacak ve hız problemlerine neden olacağından, Alın kaynak yöntemi ise yığılmanın sağlanacağı kalınlıkta malzeme içermiyor olması nedeniyle bu çalışma için uygun görülmemiştir.

2. EDNK Esasları

EDNK esaslarını ısı oluşumu, işlem çevrimi, işlemi etkileyen faktörler ve uygunluk kriterleri olmak üzere dört alt başlıkta toplayabiliriz.

2.1. EDNK Isı Oluşumu

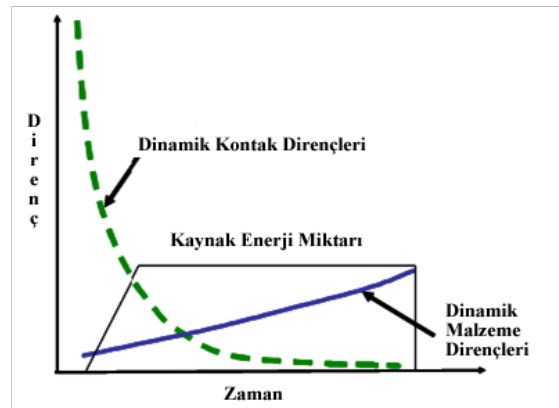
Sistemde kaynatılacak iş parçaları transformatör ile irtibatlı çeneler arasında Şekil 1' deki gibi yerleştirilir. Sekonder taraftaki bu işlem esnasında, oluşan elektriksel dirençler aşağıdaki gibi tanımlanabilir.



Şekil 1. EDNK Direnç ve Isıl Dağılımı (AMADA Miyachi, 2015)

- R_1 : Üst elektrotun malzeme direnci,
- R_2 : Üst elektrot - üst iş parçası arasındaki kontak direnci,
- R_3 : Üst parçanın malzeme direnci,
- R_4 : Üst parça - alt parça arasındaki kontak direnci,
- R_5 : Alt parçanın malzeme direnci,
- R_6 : Alt elektrot - alt parça arasındaki kontak direnci,
- R_7 : Alt elektrotun malzeme direncidir.

Bu dirençler EDNK işlemi esnasında Şekil 2' de gösterildiği gibi elektrik akımına karşı değişken değerli seri bir direnç oluşumuna sebep olmaktadır.



Şekil 2. EDNK Boyunca Direnç Değişimi

Toplam Sekonder EDNK elektrik direncinin değeri formül 1' den hesaplanır.

$$R_s = R_1^* + R_2^* + R_3^* + R_4^* + R_5^* + R_6^* + R_7^* (\Omega) \quad (1)$$

Toplam sekonder EDNK kaynak direnci (R_s), toplam sekonder endüktif reaktans (L_s) ve sekonder gerilim (V_s) kaynak işlemi esnasında malzemeler üzerinden geçecek elektrik akımının değerini belirler. Transformatörün sekonder akım değeri (I_s) ise formül 2' den hesaplanabilir.

$$I_s = \frac{V_s}{R_s + j\omega L_s} (A) \quad (2)$$

Kaynak esnasında malzeme üzerinde yapılan elektriksel iş, elektriksel güç formülü, formül 3' den hesaplanabilir.

$$W = U \cdot I \cdot t = I^2 \cdot R \cdot t (W.s) \quad (3)$$

Bilindiği gibi 1 W.s=0,239 cal değeri formül 3' de yerine konulursa; kaynak işlemi esnasında oluşacak ısı enerji miktarı formül 4' den hesaplanabilir.

$$Q = 0,239 \cdot I_s^2 \cdot R_s \cdot t_w (cal) \quad (4)$$

Bu eşitlikte; I_s kaynak akımını, R_s dinamik kontak (R_2^*, R_4^*, R_6^*) ve malzeme direncinin ($R_1^*, R_3^*, R_5^*, R_7^*$) birleşiminden oluşan toplam kaynak direncini ve t_w kaynak akımının devreye uygulanma zamanını ifade etmektedir. Ancak kaynak işlemi sürecinde I_s ve R_s ' nin zamana bağlı değişken olduğu düşünüldüğünde, denklemin formül 5' de verilen şekilde olmasının daha uygun olacağı aşikârdır.

$$Q_{ZU} = c \cdot \int_{t=0}^{t=t_w} I_s^2(t) \cdot R_s(t) \cdot dt (cal) \quad (5)$$

Formül 5'de; Q_{ZU} : Üretilen ısı miktarını, c : 0,239 katsayısını temsil etmektedir.

$$Q_w = Q_{ZU} - (Q_{VZ} + Q_{VB} + Q_{VS}) \quad (6)$$

Formül 6' da Q_{VZ} : elektrotlarda iletim, Q_{VB} : saclarda iletim ve Q_{VS} : ışımaya yolları ile kaybolan ısı miktarları Q_{ZU} ' dan çıkartıldığında, Q_w : kaynak enerjisi elde edilir.

Sistemin enerji verimi ise Formül 7' den hesaplanabilir.

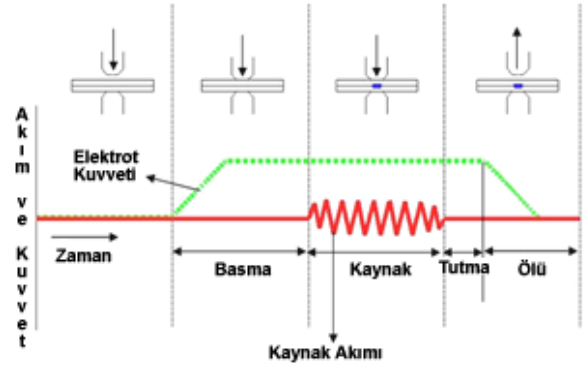
$$\eta = \frac{Q_w}{Q_{ZU}} \cdot 100 \quad (7)$$

2.2. EDNK İşlem Çevrimi

EDNK süreci boyunca kaynak safhalarında geçen işlem basamaklarına ait süreler, en basit haliyle, aşağıdaki gibi özetlenebilir (Sadowski vd., 2014.).

- i) Basma Süresi: Elektrot kuvvetinin uygulanmasından, kaynak işleminin gerçekleşmesine kadar geçen süredir.
- ii) Kaynak Süresi: Kaynak akımının uygulanmaya başlanmasından, bitmesine kadar geçen süredir.
- iii) Tutma Süresi: Kaynak akımının kesilmesinden, elektrot kuvvetinin kesilmesine kadar geçen süredir. Bu süre "Dövme Zamanı" olarak da adlandırılmaktadır.
- iv) Ölü Süre: Elektrot kuvvetinin kesilmesi ve elektrot ağızlarının açılmasını kapsayan süredir.

Şekil 3' de EDNK çevrimi işlem basamakları ve geçen süreler gösterilmiştir.



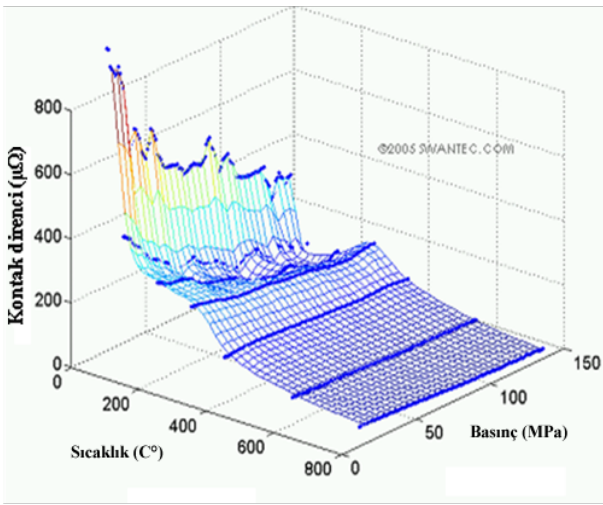
Şekil 3. EDNK Çevrimi

2.3. EDNK İşlemini Etkileyen Faktörler

EDNK' da yapılacak kaynak işlemini etkileyen faktörlerin en başında kaynak yapılacak malzemenin cinsi gelmektedir. Malzemenin elektriksel direncinin düşük olması; o noktada ortaya çıkan ısı miktarını azaltacağı için sonuçta kaynak yapılmasını güçleştirmektedir. Kaynak işlemi süresince malzeme üzerinde oluşacak ısı miktarı da malzeme sıcaklığını etkilediğinden kaynak işlemi yapılan noktada malzemenin gereken sıcaklığa ulaşamaması, malzemenin o sıcaklıktaki direnç değerlerini, dinamik öz direnç değerleri, akım yolunun boy/kesit oranını ve sonuçta sıcaklık değerini etkilemektedir.

Kaynak yapılacak malzemenin yüzeysel pürüzlülüğü iki metalik yüzeyin teması esnasında oluşacak olan elektriksel ve mekanik özellikleri etkilemektedir. EDNK yönteminde gerçek temas yüzeyi birçok küçük temas yüzeylerinin toplamından oluşmaktadır. Uygulama esnasında karşılaşılan temas yüzeyi ise EDNK parametre hesaplamalarında kullanılan teorik temas yüzeyinden çok küçük bir değerde kalmaktadır (Jeffus L., 2012).

EDNK parametrelerinden birisi de kaynak işleminin gereken noktada gerçekleştirilebilmesi için elektrotlara uygulanan baskı kuvvetidir. Söz konusu baskı kuvvetinin artırılmasıyla, kontak yüzeylerinde oluşacak kontak direnç değeri düşmektedir. Şekil 4' de Kontak Direnci-Sıcaklık-Basınç ilişkisi gösterilmiştir.



Şekil 4. Kontak Direnci-Sıcaklık-Basınç ilişkisi (Swantec., 2015)

İş parçaları arasında oluşan direnci, EDNK yapılacak noktada malzeme yüzeyinde bulunan kir, oksit, yağ, boya gibi iletken olmayan kalıntılar da değiştirmektedir.

Bu olumsuz etkileri bertaraf etmek kaynak işlemi sırasında kaynak işlemini gerçekleştirecek olan çeneler arasına uygulanan mekanik basıncın artırılması ile malzemeler arasında oluşacak temas direncinin azalmasına neden olarak EDNK' nın gereken kalitede gerçekleşmesine yardımcı olur.

Elektrot kuvveti genellikle, statik bir kuvvet olarak ölçülüp ifade edilmesine rağmen, işlem sırasında dinamik bir kuvvettir ve kaynak makinesinin hareketli kısımlarının ataleti ve sürtünmelerinden etkilenir. Bununla beraber, elektrot kuvvetinin artırılması, kaynak olacak metallerin temas direncini etkileyeceğinden bu noktada kaynak akımının meydana getireceği ısının azalmasına sebep olabilecektir. Sonuç olarak elektrot kuvvetinin gerekenden fazla olması durumunda EDNK işlemi

olumsuz olarak etkilenecektir. Sac Malzemenin tipine bağlı olarak uygun Kaynak akımı ve uygulama süreleri Tablo 1' de verilmiştir.

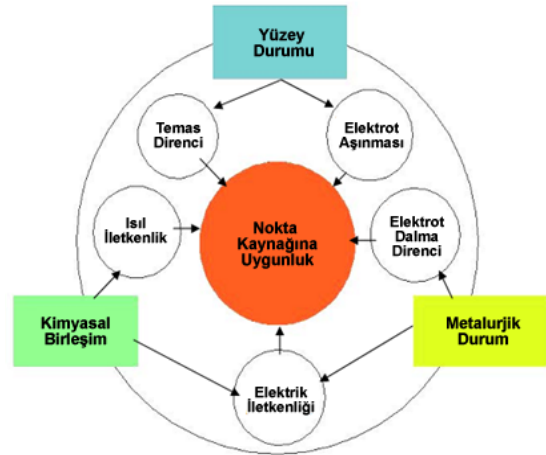
Tablo 1. DKP için Kaynak Parametreleri (Seedorffwelders., 2015)

Malzeme Cinsi	Kalınlık [mm]	Kaynak Akımı [A]	Basınç [kg]	Süre*
SAE 1010	0,25	4000	72,58	4
SAE 1010	0,53	6500	110,67	6
SAE 1010	0,79	8000	147,87	8
SAE 1010	1,02	8800	186,88	10

* Bir periyot 1/60 s alınmalıdır.

2.4. EDNK Uygunluk Kriterleri

EDNK 'da uygunluk kriterleri toplu olarak Şekil 5' de şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 5. EDNK Uygunluk Kriterleri (Keleş., 2008)

3. EDNK Malzemesi ve Parametrelerinin Seçimi

Ütü masası imalatında kimyasal bileşimi Tablo 2' de verilmiş olan DKP çelik sac malzeme kullanılmaktadır. DKP sac; slab olarak adlandırılan sıvı çeliğin, sürekli döküm yöntemiyle katılaştırılması sonucunda meydana gelen, dikdörtgen kesitli yarı ürünün, sıcak olarak haddelenmesi ile elde edilmektedir.

Tablo 2. DKP Çelik Levha Kimyasal Bileşimi

DKP	Element	Mn	C	P	S	Fe
Çelik sac	% Ağırlık	0.4	0.07	0.02	0.02	Baz

DKP Çelik sac soğuk şekillendirme ve çekme işlemine uygun olması nedeni ile ütü masası imalatında kullanılmaktadır. Kaynak işleminden önce bu sac soğuk olarak ütü masası şekline getirilmektedir. Ütü masası üretiminde 0.70 mm kalınlıkta DKP çelik sac kullanılmaktadır. Sac kalınlığı 0.70 mm olarak seçilmesinde ütü masasının taşınması esnasında oluşacak ağırlık ve ütü işlemi esnasında maruz kalabileceği mekanik dayanım gibi kriterler dikkate alınmıştır.

Ütü masasının üst kısmı Şekil 6' da görüldüğü gibi DKP çelik saçtan soğuk şekillendirme yöntemi ile bükülerek elde edilen çerçeve üst kısmı oluşturacak olan delikli ızgara sacın EDNK makinesi ile işlenmesi sonucu elde edilir.



Şekil 6. Operatör Kumandalı EDNK Makinası

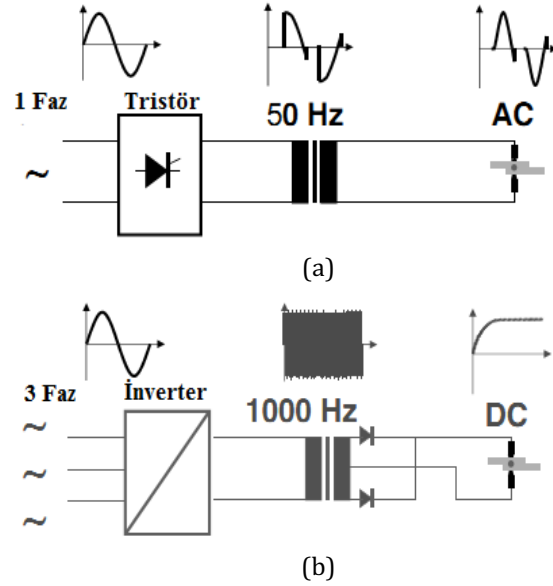
4. EDNK Makine Sisteminin Bileşenleri

Basit bir EDNK makinesi; elektrotlara yük uygulamak için kullanılan bir mekanik sistem, şebeke gerilimini düşüren (4 ila 25 V) bir transformatör, akım kontrol devresi ve zamanlayıcıdan oluşur(Altun, vd., 2012).

4.1. Güç Devresi

Ütü masası sacı gibi iş parçalarının özdirençleri düşük olması nedeniyle gerekli kaynak ısısının üretilmesinde yüksek değerli akımlara ihtiyaç duyulur. Kaynak süresince malzeme üzerinden geçirecek bu akım özel tasarıma sahip, sekonderi yüksek akım ve düşük gerilim verebilen transformatörlerden elde edilir. Akım, selektif direnç dağılımı iyi yapılmış EDNK makinesinde ısı oluşumunun en önemli parametresidir. Uygulamada

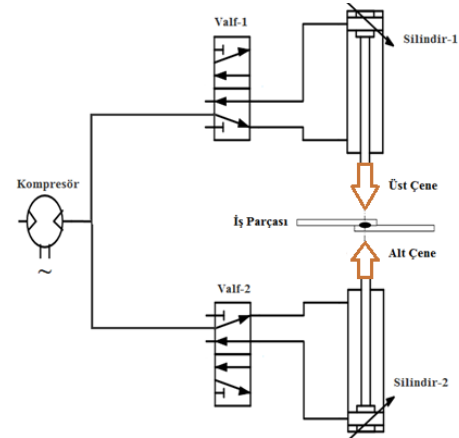
bu akım AC ve DC olabilir. Bu iş için özelleştirilmiş güç elektroniği (tristör, inverter) teknolojileri kullanılıp etkin bir güç kontrolü rahatlıkla sağlanabilir. Sistem için örnek güç devreleri Şekil 7' de gösterildiği gibidir.



Şekil 7. EDNK Güç Devreleri a) Tristörlü AC tip, b) Orta Frekans İnverterli DC tip

4.2. Pnömatik Devre

EDNK makinesinde, Şekil 8' de gösterildiği gibi, basma kuvveti aynı zamanda akımı da ileten



Şekil 8. EDNK Mekanik Sistem (Pnömatik)

elektrotlar vasıtasıyla; basınç ise pnömatik, hidrolik veya mekanik tahrikle sağlanır. Uygulamada hızlı ve ucuz olması nedeniyle pnömatik tahrik öncelikli tercih sebebidir (Altun, vd., 2012, Akbaş.,2010).

5. Sonuçlar ve Öneriler

EDNK direnç bölgelerinin her birinde o bölgenin direnci ile orantılı ısı bir dağılım oluşmaktadır. En fazla ısının kaynak noktasında, yani, kaynak edilecek

metallerin temas yüzeyinde (R_4 direnci) oluşması gerekmektedir. Bu nedenle sistem tasarımında direnç değerlerinin iyi tespit edilerek maksimum ısı miktarının doğru bölgede oluşumu önemlidir. Bu hususta sistem için gereken elektrotların boyutları hesap edilmeli ve direnç değerleri ısınma durumunda göz önünde alacak şekilde iyi etüt edilmelidir. Mümkünse elektrotlar içine soğutma sistemi ilave edilmelidir.

Ütü masası üretim sacına uygun akım değeri Tablo1' den seçilmiş ve örnek akım tek hat şemaları AC ve DC form için oluşturulmuştur. DC form maliyetli (*inverter, doğrultucu vs.*) olmasına rağmen, daha etkin bir kontrol sağlayacağı ve AC' nin aksine basınç miktarı, kaynak zamanı ve güç tüketim miktarını azaltacağı bilinmektedir (Altun, vd., 2012). Tasarım açısından bakıldığında, transformatör gruplarının elektriki ve mekaniki irtibatlandırılması ile ağırlıkları büyük önem arz etmektedir.

İşlem için gereken uygun basınç değeri Tablo 1' den seçilebilir. Bu çalışmada süreç kontrolü sırasında göz önünde tutulması gereken kriterlerin nasıl tespit edilmesi gerektiği belirtilmiş ve kaynak çevrimi iyi bir şekilde analiz edilmiştir (Altun, vd., 2012).

6. Conflict of Interest / Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

No conflict of interest was declared by the authors.

7. Kaynaklar

Nabeel A., Hyun C., 2014. Alternating current-gas metal arc welding for application to thin sheets, J of Mat ProcesTech, 214(9), 1828-1837.

Özcan M., 2014. Design and Realization of a Welding Oscillator. Turk J Elec Eng & Comp Sci. 22, 1219 - 1229.

Ozcan M., 2011. Determining seam profile tracking of very narrow buttwelding on sheet metal. Scientific Research and Essays. 6(23), 5040-5048.

Keleş S., 2008. Tasarım ve İmalatı Yapılan Punta Kaynak Makinasında Nesne Yönelimli İşlem Planlama Sisteminin Uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üni., FBE, Kütahya.

Amada Miyachi, G., 2015. Fundamentals of Small Parts Resistance Welding. <http://www.amadamiyachi.com>.

Jeffus L., 2012. Welding Principles and Applications. Delmar, Seventh Edition, USA.

Swantec., 2015. www.swantec.com

Seedorffwelders., 2015. www.seedorffwelders.com

Altun Y., Özcan M., Kaplan K., 2012. Ütü Masası İmalatında Kullanılan Nokta Direnç Kaynak Manipülâtörün Tasarım ve İmalatı, ELECO '2012 Elektrik - Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu, BURSA.

Akbaş, H.G., 2010. Servo Kontrollü CNC Cam Delme Makinesi. Yüksek Lisans Tezi, Kayseri Üni., FBE.

Sadowski T., Golewski P., Kneć M., 2014. Experimental investigation and numerical modelling of spot welding-adhesive joints response. Composite Struct, 112, 66-77.