

TOZALTI KAYNAĞINDA KAYNAK ÜRETİM MALİYETİNİN BİLGİSAYARLA HESAPLANMASI

Hüseyin YÜCE*, Memduh KURTULMUŞ**, Onur FİDANER***
A.İrfan YÜKLER****

- *huseyin@marmara.edu.tr Marmara Üniversitesi, Bilişim Merkezi-İstanbul
** memduhk@marmara.edu.tr Marmara Üniversitesi, Metal Eğitimi Bölümü-İstanbul
*** onurf@marmara.edu.tr Marmara Üniversitesi, Metal Eğitimi Bölümü-İstanbul
**** iyukler@marmara.edu.tr Marmara Üniversitesi, Metal Eğitimi Bölümü-İstanbul

ÖZET

Kaynak üretim maliyetini yapabilmek için bir bilgisayar yazılım programı hazırlanmıştır. Bilgisayar programı web tabanlı Nesne Yönelimli Programlama (Object Oriented Programming) dili PHP5 ile yazılmıştır. Hazırlanan program alın kaynak birleştirmesi imalatında tozaltı kaynak yöntemi için gerekli sarf malzemesi (tel ve toz), elektrik tüketimi ile üretim süresini hesapladıktan sonra her pasonun maliyetini bulmakta ve sonunda toplam üretim maliyetini vermektedir. Hazırlanan programla 38 mm kalınlığa kadar olan çelik levhaların tek elektrodlu tam otomatik tozaltı kaynak yöntemi ile küt alın kaynak birleştirme kaynak üretim maliyetleri hesaplanmıştır. Üretim süresi, direkt üretim işçilik maliyeti, sarf malzemelerinin ve enerji tüketiminin miktarı ile bunların maliyetleri hesaplanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Kaynak, üretim maliyet hesapları, bilgisayar programlama

ABSTRACT

The success of a business is usually measured by its profitability, based on the ability of the company to hold costs to the defined limits. Manufacturing cost of a weldment includes materials, electrodes, flux, gas, energy, labor and overhead costs. In this paper submerged arc welding manufacturing costs of steel butt weldments were examined. A software was prepared to calculate welding time, labor costs, wire costs, flux costs and electric consumption.

Key words: Submerged arc welding, welding costs, weld cost programmes.

1. GİRİŞ

Üretim yapan bir işletmenin faaliyet başarısı kararlılık oranına bağlıdır. Globalleşen dünyada bir malın fiyatı serbest dünya şartları içinde belirlenmektedir. Bu nedenle her işletmenin ürününü uluslar arası satış fiyatına uygun bir maliyet ile üretmesi şarttır. Bütün firmalar üretim maliyetlerini optimize etmek için büyük bir gayret göstermektedir. Üretim maliyetlerinin modellenmesi ve optimizasyonu için bir çok yöntem geliştirilmiştir [1-3].

Üretim yapan bir çok firma kaynak yöntemini yaygın olarak kullanmaktadır. Örneğin otomotiv sektörü başta elektrik direnç nokta kaynağı olmak üzere bir çok kaynak yöntemini uygulamaktadır [4]. Kullanılan malzeme cinsi ve üretim tekniklerine bağlı olarak sektörün kaynak yönteminde değişiklik yapılmaktadır. Üretimin daha kaliteli, daha hızlı ve daha ucuz olması için kaynak işlerinde gelişmeler ve dönüşümler gerçekleştirilmektedir. Kaynak üretiminde de maliyet analizinin çok iyi bilinmesi gerekmektedir. Kaynak işlemlerinin maliyeti malzeme, işçilik, sarf malzemeleri, enerji ve genel giderlerden oluşmaktadır [5]. Bu giderleri oluşturan faktörler Tablo 1’de özetlenmiştir [6].

Tablo 1. Kaynak maliyetine tesir eden faktörler [6]

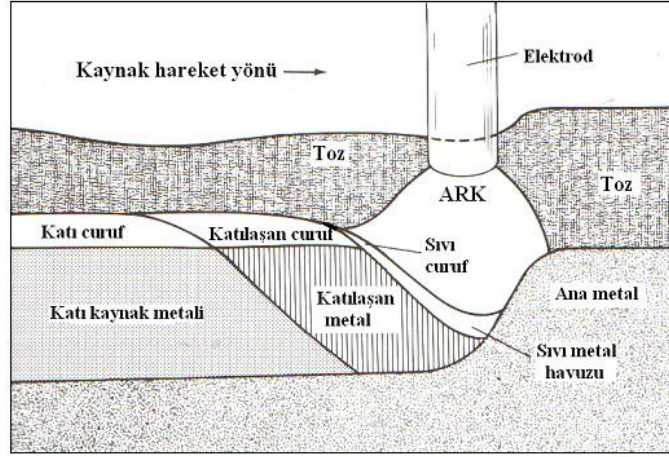
Ana Faktörler	Alt Faktörler
Kaynak öncesi işlemler	Parçaların kesilmesi, temizleme işlemleri, kaynak ağzı açma, kaynak pozisyonuna getirme, puntalama
Sarf malzemeleri	Elektrod cins ve çapının seçimi, elektrik, gaz, toz, dekapan tüketimi
Kaynak faaliyeti	Kaynak yöntemi, dikiş geometrisi, kaynak pozisyonu
İşçilik süresi	Kaynak yönteminin otomatikliği, kaynak yöntemi, dikiş uzunluğu, kaynak faaliyeti
Bitirme işlemleri	Muayene, boyama, yüzey temizleme
Genel giderler	Üretim dışı birimler, amortisman, finans giderleri

Kaynak üretim faaliyetlerinin maliyet analizini yapmak ve faaliyetlerin optimizasyonunu sağlamak için bir çok çalışma yapılmıştır [7-12]. Kaynak üretim maliyetini hesaplamak için bilgisayar programları geliştirilmiştir [6-13]. Bu çalışmalar kaynaklı üretim yapan firmalara ürün dizaynında, optimum kaynak yöntemi ve kaynak parametresi seçiminde büyük yararlar sağlamaktadır.

Tek tel ile çalışan otomatik tozaltı kaynak yöntemi ile tam nüfuziyetli alın kaynağı yapılan 38,1 mm’den daha ince levhalara kaynak üretim maliyetini hesaplayan bir bilgisayar programı geliştirmek için bu çalışma yapılmıştır.

2. ÇELİKLERİN TOZALTI KAYNAĞI VE KAYNAK ÜRETİM MALİYETİ

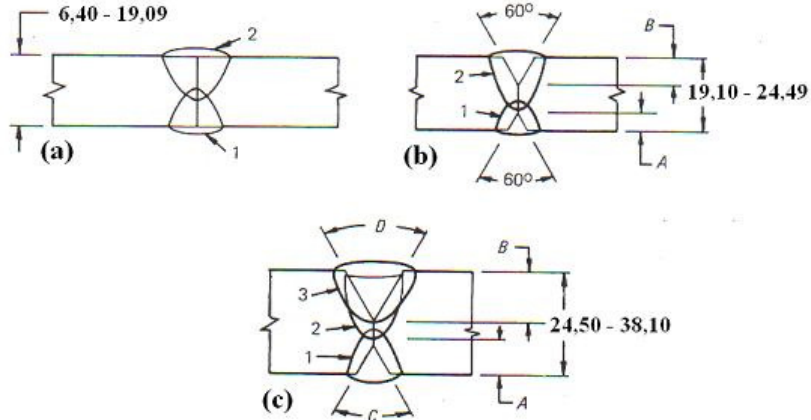
Tozaltı kaynağı çok yüksek metal yığıma oranına sahip bir elektrik ark kaynak yöntemidir. Kaynak teli ile iş parçası arasında elektrik arkı oluşması ile kaynak ısısı elde edilir. Kaynak bölgesi havaya karşı toz ile korunmaktadır. Tozun bir kısmı kaynak sırasında ergiyerek sıvı metal havuz üzerinde bir curuf örtü tabakası oluşturur. Kaynak sonrasında kaynak üzerinde katılaşan curuf tabakası ve bakiye tozlar uzaklaştırılır. Şekil 1’de tozaltı kaynağının uygulanması şematik olarak görülmektedir [14].



Şekil 1. Tozaltı kaynak bölgesi kesidinin şematik gösterimi [14].

Tozaltı kaynağında üretim maliyeti, işçilik süresi ile kaynak süresinde tüketilen tel, toz ve enerjiye direkt olarak bağlıdır. Üretim maliyetlerini hesaplamak için kullanılan formüller Tablo 2’de ve bu formüllerde kullanılan terimler Tablo 3’de görülmektedir [5]. Üretim maliyetleri Tablo 2’deki formüllerin yanı sıra Lincoln Kaynak Vakfı tarafından yayınlanmış tablolardan da hesaplanabilmektedir [15]. Tel elektrod ile tam nüfuziyetli tozaltı alın kaynak birleştirmesi yapılan 38,1 mm kalınlığa kadar olan çeliklerde kaynak ağız geometrisi ve kaynak pası sayıları Şekil 2’de görülmektedir [15].

Tozaltı kaynaklarında birden daha fazla tel kullanarak ta kaynak yapılmaktadır. Şekil 3’te 1,2 ve 3 tel ile yapılan tozaltı kaynakları görülmektedir [16]. Tel sayısının artması kaynak ilerleme hızının artması, kaynak süresinin kısalması ve enerji sarfiyatının azalması ile kaynak üretim maliyeti azalmaktadır [16].



Şekil 2. Çeliklerin tam nüfuziyetli tek telli tozaltı alın kaynak birleştirme uygulamaları:(a) 6,40-19,09 mm kalınlıklı levha (b) 19,10-24,49 mm kalınlıklı levha (c) 25,50-38,10 mm kalınlıklı levha. Şekildeki 1, 2 ve 3 sayıları ise pasoları ifade etmektedir [15].

Tablo 2. Tozaltı kaynağında üretim maliyet formülleri [5]

<p>A. İşçilik süresi ve maliyeti</p> $KS = DU / KH \quad (1)$ $IS = KS / OF \quad (2)$ $IM = IBF * IS \quad (3)$
<p>B. Tel tüketim maliyeti</p> $WM = DU * WTA * WBF \quad (4)$
<p>C. Toz tüketim maliyeti</p> $TM = DU * TTA * TBF \quad (5)$
<p>D. Elektrik tüketim maliyeti</p> $ET = (KA)(KG)(KS) / 1000(MEGV) \quad (6)$
<p>E. Toplam kaynak üretim maliyeti</p> $TKUM = IM + WM + TM + EM \quad (8)$

Tablo 3. Tozaltı kaynak üretim maliyet formüllerinde (Tablo 2) kullanılan terimler ve birimleri

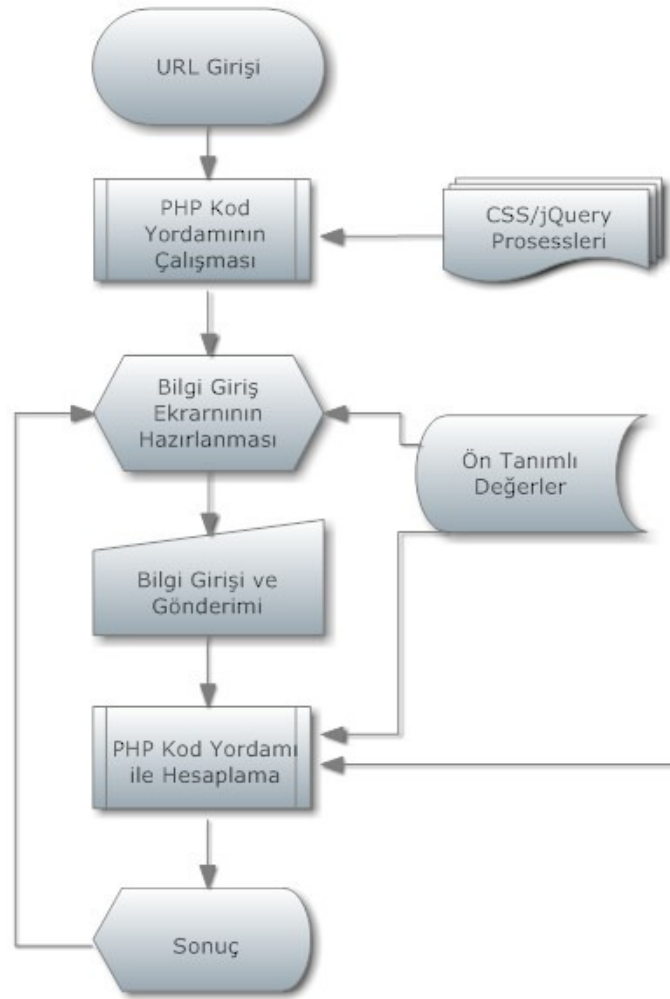
DU	Dikiş uzunluğu, m
EBF	Elektrik birim fiyatı, TL/kVA
EM	Elektrik maliyeti, TL
ET	Elektrik tüketimi, kVA
IBF	İşçilik birim fiyatı, TL/saat
IM	İşçilik maliyeti, TL
IS	İşçilik süresi, saat
KA	Kaynak akımı, Amper
KG	Kaynak gerilimi, Volt
KH	Kaynak ilerleme hızı, m/saat
KS	Kaynak süresi, saat
MEGV	Makine elektrik güç verimi, %
OF	Operatör faktörü, %
TBF	Toz birim fiyatı, TL/kg
TKUM	Toplam kaynak üretim maliyeti, TL
TM	Toz maliyeti, TL
TTA	Toz tüketim oranı, kg/m
WBF	Tel birim fiyatı, TL/kg
WM	Tel maliyeti, TL
WTA	Tel tüketim oranı, kg/m

3. BİLGİSAYAR PROGRAMLAMA

Serbest piyasada mevcut kaynak maliyet hesaplama programları mevcuttur [15]. Bu çalışmada ise bu alanda çalışanlara katkı sağlayacak, bilgisayar üzerine kurulum gerektirmeyen platform bağımsız web tabanlı program geliştirilmesi amaçlanmıştır. Web tabanlı olan bu programa malzemeler, kaynak yöntemleri ve muayane işlemlerinin

muhtelif uygulamaları ile ilgili çok sayıda alt programların hazırlanması gerekmektedir. Böylece çok sayıdaki alternatif arasından optimum seçim yapılarak kaliteli ve en düşük maliyetli üretim sağlanacaktır.

Hazırlanmış olan bu yazılım programlama dilleri içinde açık kaynak kodlu ve Nesne Yönelimli Programlama (Object Oriented Programming) dili olması nedeniyle PHP5 dilinde hazırlanmış olup bu teknoloji tam manasıyla bu yazılımda uygulanmıştır. Yazılım işleyiş ve kullanım kolaylığı nedeniyle bilgisayar kullanım bilgisi az olan kişiler tarafından da rahatlıkla kullanılabilir. Program işleyiş web tabanlı yapıya uygun olduğundan bilgisayara bir kurulum gerektirmemekte ve kişinin programı kullanımını kolaylaşmaktadır. Programın akış şeması Şekil 3'de gösterilmiştir.



Şekil 3. Hazırlanmış olan bilgisayar programının akış şeması.

Program hazırlanırken ilgili literatürden kullanıcıya açıklayıcı olacak resimler hazırlandı. Kullanıcıdan bilgilerin gireceği alanlar otomatik olarak oluşturacağı PHP sınıf programlama ile nesne tasarlanmıştır. Bu nesne web sayfasını dinamik olarak oluşturmaktadır. Bu dinamik oluşturulan web sayfasının görsellik özelliklerini artırmak için CSS programlama ile gerekli görsellikler sağlanmıştır. Web sayfasının bilgi girişi ve gönderiminde kullanıcı etkileşimini sağlamak için jquery JavaScript kütüphanesi kullanılmıştır [17-19].

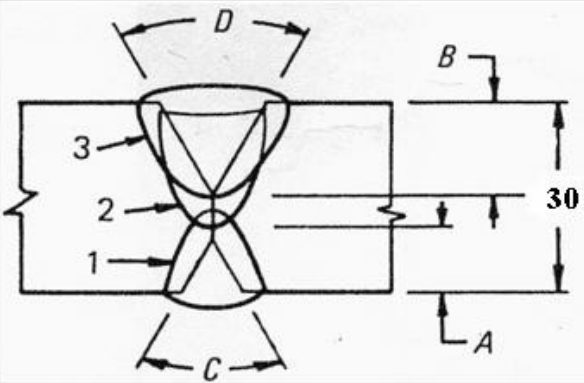
Daha sonra kullanıcı tarafından verilen değişkenlerin program tarafından işleme tabi tutularak hesaplama işlemi gerçekleştirilmektedir. Elde edilen sonuçlar daha sonra web ara yüzünden hem şekil hem de sonuçları ile birlikte gösterilmiştir. istenildiği takdirde web ara yüzünden yazıcıdan çıktısı alınabilmektedir.

4. ÖRNEK

30 mm kalınlıkta çelik levhaların tek telli tozaltı kaynağını örnek olarak inceleyelim. Program çalıştırıldığında Şekil 5’te görülen görüntü gelmektedir. Bu şekilde yüklememiz gereken bilgiler mevcuttur. İlk olarak parça kalınlığını, sonra çekilecek dikişin uzunlu ve daha sonra diğer bilgileri girip GÖNDER butonuna tıklıyoruz. Ekranı ilk önce Şekil 6’daki görüntü gelmektedir. Şekil 6’da kaynak geometrisi, paso sayısı, her pasonun kaynak parametreleri, her pasoda tel ve toz tüketim oranları görülmektedir. Bu şekilde ayrıca iş parçalarına açılan kaynak ağızı detayları da görülmektedir. Daha sonra sırasıyla birinci pasonun (Tablo 4), ikinci pasonun (Tablo 5) ve üçüncü pasonun (Tablo 6) ve en son olarak toplam üretim maliyet bilgileri (Tablo 7) görülmektedir. 30 mm kalınlıktaki çelik levhalar 8.28 saat süresinde ve toplam 551.84 TL üretim maliyeti ile kaynak edilebilmektedir.

Hesaplama İçin Gerekli Bilgileri Giriniz:	
Parça Kalınlığı (mm)	<input type="text" value="30"/>
Dikiş Uzunluğu (m)	<input type="text" value="36"/>
İşçilik Birim Fiyatı (TL/saat)	<input type="text" value="5"/>
Telin Birim Ağırlığının Fiyatı (TL/kg)	<input type="text" value="2"/>
Birim Toz Fiyatı(TL/kg)	<input type="text" value="3"/>
Elektrik Birim Fiyatı (TL/kVA)	<input type="text" value="1"/>
Makine Elektrik Güç Verimi %	<input type="text" value="90"/>
Operatör Faktörü %	<input type="text" value="75"/>
<input type="button" value="GÖNDER"/>	

Şekil 5. Programa girilmesi gereken bilgiler.



Levha Kalınlığı	24.50-31.79		
Paso Numarası	1	2	3
Elektrod Çapı (mm)	4.8	4.8	4.8
Akım (A) (+DC)	850	1000	850
Gerilim (V)	35	36	35
Kaynak İlerleme Hızı (m/sa)	21.3	18.3	13.7
Tel Tüketim Oranı (kg/m)	0.690	0.710	0.755
Toz Tüketim Oranı (kg/m)	0.800	0.820	0.925
A derinliği (mm)	9.5	9.5	9.5
B derinliği (mm)	15.45	15.45	15.45
C Açısı (derece)	60	60	60
D Açısı (derece)	70	70	70

Şekil 6. 30 mm kalınlıktaki çelik levhanın tozaltı kaynak yöntemi ile tam nüfuziyetli alın kaynak birleştirmesinin detayları.

Tablo 4. 1.pasonun üretim süresi ve maliyet bilgilerinin detayı

1 Paso	
Kaynak Süresi	1.69 saat
İşçilik Süresi	2.25 saat
İşçilik Maliyeti	11.27 TL
Tel Maliyeti	49.68 TL
Toz Maliyeti	86.40 TL
Elektrik Maliyeti	20.16 TL
Toplam Maliyet	167.51 TL

Tablo 5. 2.pasonun üretim süresi ve maliyet bilgilerinin detayı.

2 Paso	
Kaynak Süresi	1.97 saat
İşçilik Süresi	2.62 saat
İşçilik Maliyeti	13.11 TL
Tel Maliyeti	51.12 TL
Toz Maliyeti	88.56 TL
Elektrik Maliyeti	28.44 TL
Toplam Maliyet	181.23 TL

Tablo 6. 3.pasonun üretim süresi ve maliyet bilgilerinin detayı.

3 Paso	
Kaynak Süresi	2.63 saat
İşçilik Süresi	3.5 saat
İşçilik Maliyeti	17.52 TL
Tel Maliyeti	54.36 TL
Toz Maliyeti	99.90 TL
Elektrik Maliyeti	31.32 TL
Toplam Maliyet	203.10 TL

Tablo 7. 30 mm kalınlıktaki levhanın toplam üretim maliyetinin detayı.

Toplam	
Kaynak Süresi	6.29 saat
İşçilik Süresi	8.38 saat
İşçilik Maliyeti	41.9 TL
Tel Maliyeti	155.16 TL
Toz Maliyeti	274.86 TL
Elektrik Maliyeti	79.92 TL
Toplam Maliyet	551.84 TL

5. SONUÇ

Kalınlıkları 6,4-38,1 mm arasında değişen çelik levhaların tek telli tozaltı kaynağıyla tam nüfuziyetli kaynak birleştirmelerinde kaynak üretim maliyetinin hesaplanması için bir bilgisayar yazılım programı hazırlanmıştır. Hazırlanan program ile levha kalınlığına bağlı olarak kaynak birleştirme geometrisi, kaynak paso sayısı, her pasonun kaynak parametresi, kaynak üretim süresi, işçilik maliyeti, sarf malzemelerin maliyeti ve elektrik tüketim maliyeti hesaplanabilmektedir. Hazırlanan program ile 30 mm kalınlıktaki levhaların tek telli tozaltı kaynağı için maliyet hesapları örneklenmiştir.

6. KAYNAKÇA

[1] CREESE, R. C., ADITHAN, M., PABLA, B. S., **Estimating and Costing for the Metal Manufacturing Industries**, Marcel Dekker, New York, (1995)

- [2] PARIS, H., BRISSAND, D., Modelling for Process Planning, **Robotic Computer Integrated Manufacturing**, 16, 259-266, (2000).
- [3] SHEBAB, E., ABDALLA, H., An Intelligent Knowledgebased System for Product Cost Modelling, **International Journal of Advanced Manufacture Technology**, 19, 49-65, (2002).
- [4] MATSUYAMA, K., **Trend of Automobile Vehicles and the Joining Technologies International Institute of Welding Document**, IIW-Doc III, 1386-06, (2006).
- [5] YÜKLER, İ., PAZARÇEVİREN, S., **Kaynak prosesinin Standart Maliyetinin Hesaplanması**, MUTEF Yayını, İstanbul, (2000).
- [6] PAZARÇEVİREN, S., YÜCE, H., YÜKLER, İ., Gazaltı Kaynaklarında Üretim Maliyetinin Bilgisayarla Hesaplanması, **Ulusal Kaynak Teknolojisi Kongresi**, Simav, (2000).
- [7] CORREIRA, D. S., FERRASESI, V. A., Welding Process Selection Through a Double Criteria: Operational Costs and Non-Quality Costs, **Journal of Material Processing Technology**, 184,47-55, (2001).
- [8] PAVLOVIC, L., KRAJNC, A., BEG, D., Cost Function Analysis in the Structural Optimization of Steel Frames, **Structure Multidiscipline Optimisation**, 28, 286-295, (2004).
- [9] FARKAS, J., Structural Optimisation as a Harmony of Design, Fabrication and Economy, **Structure Multidiscipline Optimisation**, 30, 66-75, (2005).
- [10] JARMAI, K., FARKAS, J., Cost Calculation and Optimisation of Welded Steel Structures, **Journal of Constructional Steel Research**, 50,115-135, (1999).
- [11] KLANSEK, U., KRAVANJA, S., Cost Estimation, Optimisation and Competitiveness of Different Composite Floor Systems, Part 1, **Journal of Constructional Steel Research**, 62, 434-448, (2006).
- [12] MAROPOULOS, P. G., YAO, Z., BRADLEY, H. D., PARAMOR, K. Y. G., An Integrated Design And Planning Environment for Welding, Part 1: Product Modelling, **Journal of Materials Processing Technology**, 107, 3-8, (2000).
- [13] MASMOUDI, F., BOUAZIZ, Z., HACHICHA, W., Computer-aided Cost Estimation of Weld Operations, **International Journal of Advanced Manufacture Technology**, 33, 298-307, (2007).
- [14] N. N., **ASM Handbook**, Volume 6, Welding, Brazing and Soldering, (1993).
- [15] N. N., **The Procedure Handbook of Arc Welding**, The Lincoln Electric Company, Cleveland, 3-31, (2007).

[16] TUSEK, J., UMEK, I., BAJCER, B., Weld Cost Saving Accomplished by Replacing Single Wire Submerged Arc Welding with Triple-wire Welding, **Science and Technology of Welding and Joining**, 10,15-22, (2005).

[17] <http://www.php.net> (Eriřim tarihi 04.05.2010)

[18] <http://www.w3.org/Style/CSS/> (Eriřim tarihi 04.05.2010)

[19] <http://jquery.com/> (Eriřim tarihi 04.05.2010)