



Alınış tarihi (Received): 16.10.2017
Kabul tarihi (Accepted): 26.12.2017

Baş editor/Editors-in-Chief: Ebubekir ALTUNTAŞ
Alan editörü/Area Editor: Turgut ÖZSEVEN /
Bülent TURAN

Polietilen Levhaların Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynağında Takım Bekleme Süresinin Bağlantının Kopma Mukavemetine Etkileri

Gökhan YILDIRIM^{1,a}, Rıza KARA^{1,b}, Fatih ÇOLAK^{1,c}, Hakan Furkan AKSU^{1,d}

¹Uşak Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, UŞAK

^agokhan.yildirim@usak.edu.tr, ^briza.kara@usak.edu.tr, ^cfatih.colak@usak.edu.tr,

^dhakanfurkan_123@hotmail.com

*Sorumlu Yazar: Hakan Furkan AKSU

ÖZET: Bu çalışmada PE 300 polietilen plakaların sürtünme karıştırma nokta kaynağında takım bekleme süresinin kaynak mukavemetine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla kaynaklı parçaların; Çekme-makaslama deneyi ve makro fotoğrafları alınmıştır. Çekme- makaslama deneyleri ile takım bekleme süresi değişiminin kaynak kopma kuvvetine etkisi; dijital kumpas ile kaynak dikişi derinliği çekirdek çapı ve omuz çapı ölçülerek kaynak yapısının boyut tayini belirlenmiştir. Konik uçla yapılan çalışmada en iyi sonucu 30 sn ile kaynak yapılan numune vermiştir. 60 sn ve daha fazla beklenen SKNK ile birleştirilen numunelerde çekme mukavemetinin düştüğü görülmüştür. Takım bekleme süresi 90 saniyeden sonra etkili olmamaktadır. Takım bekleme süresi 90 saniye olan numunelerin kaynağında plastik malzemenin konik kaynak karıştırıcı ucun üzerine çanak şeklinde sarılması hatası sıklıkla görülmüştür.

Anahtar Kelimeler – Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynağı (SKNK), SKNK Parametreleri, Plastiklerin Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynağı, PE 300

The Effect of the Polyethylene Plates on the Tensile Strength of the Connection of the Friction Mixing Point Source of the Team Standby Time

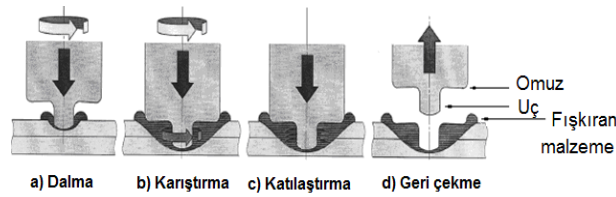
ABSTRACT: In this study, the effect of weld duration on the friction stir welding point of PE 300 polyethylene plates was investigated. For this purpose, welded parts; Drawing-shear test and macro photographs were taken. The effect of pull-shear tests and the change of tool waiting time on the weld breaking strength; the dimension of the welding structure was determined by measuring the diameter of the welded seam and the diameter of the shoulder with a digital caliper. In case of working with conical tip, the best result is the welding sample with 30 sec. Tensile strength decreased in samples combined with SKNK, which was expected to be 60 seconds or more. Team waiting time is not effective after 90 seconds. The failure of plastic material to be wrapped in a cup shape on the tapered welding mixer tip was frequently observed at the source of the samples with a tool waiting time of 90 seconds.

Keywords – Friction Mixing Point Welding (SKNK), SKNK Parameters, Friction Mixing Point Welding of Plastics, PE 300

1. Giriş

Polimerler endüstriyel üretim için sıklıkla kullanılan malzeme gurubu olarak karşımıza çıkmaktadırlar. Polimerlerin endüstriyel üretimlerde sıklıkla kullanılma nedenleri üretim maliyetlerinin düşüklüğü, hafifliği, yüksek kimyasal dayanım, bakteri üretmeme, kolay temizlenebilme, yüksek aşınma dayanımı, düşük sürtünme katsayısı ve iyi kaynak kabiliyeti özellikleridir. Polimer malzemeler, termoplastikler, termosetler ve elastomerler olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır (Saçak, 2012; Çevik, 2014). Bu guruplardan termoplastik malzemeler, içerisindeki PE 300 plakalar, fiziksel ve kimyasal özelliklerinin getirdiği avantajlarından dolayı yiyecek ve gıda endüstrisinde, kimya endüstrisinde, kâğıt sanayi ile kömür ve maden sanayisinde yaygın kullanım alanı bulurlar. Bu malzemelerin kullanım alanlarında artış olmasının bir diğer nedeni kaynaklı imalatının mümkün olmasıdır. Termoplastik malzemelerin kullanım alanlarının genişlemesiyle birlikte kaynaklanabilirliği üzerine araştırmalar artmıştır. Bu araştırmalar sonucu kullanılmaya başlanan kaynak yöntemlerinden birisi de sürtünme karıştırma nokta kaynak (SKNK) yöntemidir (Çevik, 2014).

Toshiya ve ark., 2011 yılında yaptıkları çalışmada sürtünme karıştırma kaynağı (SKK) ve sürtünme karıştırma nokta kaynağı (SKNK) yöntemlerinin alüminyum alaşımlarının birleştirilmesinde çok sık tercih edilen kaynak yöntemi olduğunu bildirmişlerdir. SKK yöntemi, çizgisel olarak yapılan kaynak yöntemiyken, SKNK yöntemi ise nokta halinde yapılan bir yöntemdir. Kullanılan bu yöntemler, metallerin katı halde birleştirilmesini sağlar. Termoplastiklerin birleştirilmesinde de SKK yöntemi (Strand, 2004; Arıcı ve Sınmaz, 2005; Arıcı ve Şelale, 2007) ve SKNK yöntemi (Oliveira ve ark., 2010; Bilici ve ark., 2012) başarı ile uygulanmaktadır. SKNK yönteminde malzemenin birleştirilmesi için gerekli ısı, karıştırıcı takımının üst üste bindirilen levhaların yüzeyine sürtmesiyle sağlanır. Kaçar ve ark., 2011 yılında yaptıkları çalışmada sürtünen yüzeylerde ortaya çıkan ısının, birleştirilecek parçaların ergime ısısına yakın sıcaklıklara ulaşmasını sağladığını bildirmişlerdir. Termoplastiklere uygulanan SKNK yönteminin aşamaları aşağıda Şekil 1'de görülmektedir (Bilici ve ark., 2011; Bilici ve ark., 2012; Bilici ve Yükler, 2012).



Şekil 1. Termoplastiklere uygulanan SKNK yönteminin aşamaları: (a) Dalma, (b) Karıştırma, (c) Katılaştırma ve (d) Geri çekme

Figure 1. Steps of SKNK method applied to thermoplastics: (a) Diving, (b) Mixing, (c) Solidification and (d) Retraction

Kaynak işleminde uç ve omuz adı verilen iki kısımdan oluşan takım kullanılmaktadır (Bilici ve ark., 2012; Tozaki ve ark., 2007). SKNK kaynağı yapılırken ilk olarak takım ayarlanan sabit devirde döndürülür ve parça içerisine belirli bir derinliğe basma kuvveti yardımıyla daldırılır. İkinci aşamada ise takım, malzeme içerisinde belli bir süre döndürülerek karıştırma yapılır. Karıştırma aşamasında; birleştirilecek malzemeler kaynak takım ucu ve omuzu sayesinde karıştırılırlar. Böylelikle termoplastik malzeme bu karıştırma aşamasında ısınır ve erir (Bilici ve ark., 2012; Kurtulmuş, 2012). Alt ve üst iş parçalarının eriyen kısımları takımın dönme hareketi ile birbirine karışırlar. Karıştırma belli

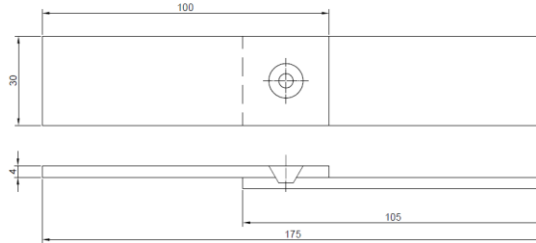
süre ile yapılır ve takımın bu süre bitiminde ısıdan eriyen yer katılaşıncaya kadar sıvı malzeme içerisinde dönmeden bekletilerek katılma safhası uygulanır. Kaynak dikişinin oluşumunda takımın uç geometrisi, omuz geometrisi kaynaklı birleştirmenin mukavemetine en çok etki eden faktörlerdir (Jayaraman ve ark., 2009). Kaynak dikişinin mukavemetine etki eden kaynak parametreleri takım dönme hızı, takım karıştırma süresi, katılaştırma süresi, basma kuvveti, dalma derinliğidir (Bilici ve ark., 2012; Arıcı ve Mert, 2008).

Plastik malzemelerin hem sürtünme karıştırma kaynak hem de sürtünme karıştırma nokta kaynak özellikleri son yılların gelişen teknolojisi içerisinde yer almaktadır. Gelişen teknolojilerin aydınlatılması ve her bir parametrenin etkisinin incelenmesi o alanda uygulama yapan firmalara rehberlik edebilecektir. Bu çalışmada yüksek yoğunluklu PE 300 polietilen levhalar konik uç tasarlanarak sürtünme karıştırma nokta kaynağı ile birleştirilmiş ve birleştirilirken farklı bekleme süreleri kullanılmıştır. Böylece PE 300 malzemelerin konik uçla SKNK kaynağında takım bekleme süresinin kaynaklanan parçaların çekme mukavemetine ve kaynak çekirdek oluşumuna etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Deneysel Çalışmada Kullanılan Malzeme

Bu çalışmada 4 mm kalınlıkta AKR Alüminyum firmasından temin edilen PE – 300 polietilen levhalar kullanılmıştır. Bu levhalardan aşağıda Şekil 2’ de verilen ölçülerde çekme deneyi için numuneler kesilmiştir.



Şekil 2. Deney numunelerinin boyutu.

Figure 2. Size of the test specimens.

Deneylerde kullanılan konik uçlu takım SAE 1040 çeliğinden üretilmiştir. Kullanılan takımın resmi aşağıda Şekil 3’te verilmiştir.



Şekil 3. Konik uca ait resim.

Figure 3. Picture of the conical tip.

Kaynak işlemi yapılırken malzemelerin oynamaması ve sabit durması için aşağıda Şekil 4'te gösterilen bağlama aparatı kullanılmıştır.

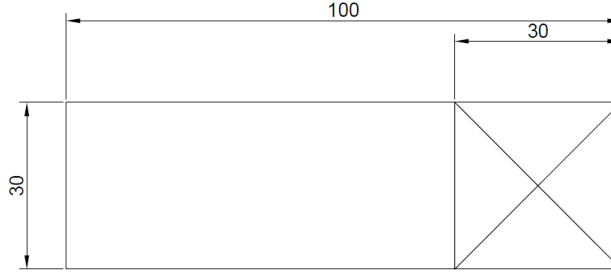


Şekil 4. Kaynak bağlama aparatı.

Figure 4. Welding binding apparatus.

2.2. Deney Numunelerinin Kaynak İçin Hazırlanması ve Birleştirilmesi

Çalışmada kaynaklanacak malzemeler 100 X 30 X 4 mm boyutunda kesilmiş ve kesilen numuneler tamamen silinmiş ara yüzeyde kir kalmaması sağlanmıştır. Silinen numuneler daha sonra aşağıda gösterilen Şekil 5'teki boyutlarda işaretlenmiştir. İşaretlenen yerler üst üste bindirilerek aparatta sabitlenerek kaynaklanmıştır. Kaynak esnasında işaret atılan köşegen üzerinden malzemeye 15° konik uç batırılmış böylece tüm numuneler standart şekilde aynı yerden birleştirilmiştir.



Şekil 5. Kaynaklanmasi için işaretlenmiş numuneye ait resim.

Figure 5. Picture of the marked sample for welding.

Kaynak yapılırken tüm numuneler konik uç kullanılarak, 750 dev/dak takım dönme hızında, 5,7 mm takım dalma derinliği ve 30 sn takım dönme süresi kullanılarak birleştirilmiştir. Kaynak sırasında sadece takım bekleme süresi değiştirilmiştir ve aşağıda verilen Tablo 1. deki gibi numuneler kodlanmıştır. Çalışmada kaynaklanan numunelerin resmi aşağıda Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Kaynaklanmış plastik levhalara ait resim.

Figure 6. Picture of welded plastic plate.

Tablo 1. Numunelerin Markalanması ve Kaynak Koşulları.
Table 1. Sample Markings and Welding Conditions.

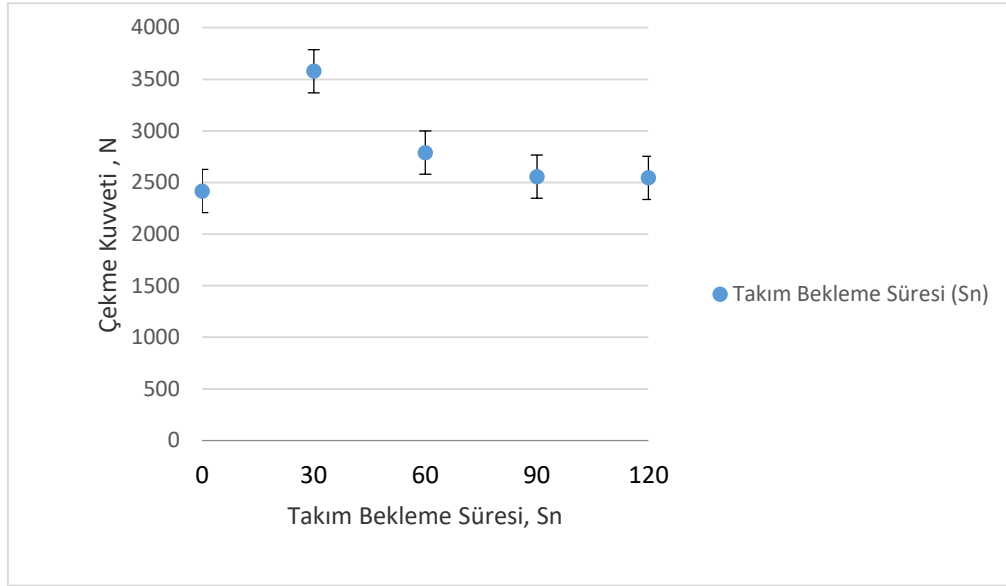
Malzeme No	Kaynak Yöntemi	Takım Bekleme Süresi
1	SKNK	0 Sn
2	SKNK	30 saniye
3	SKNK	60 saniye
4	SKNK	90 saniye
5	SKNK	120 saniye

2.3. Birleştirmelere Uygulanan Mekanik Testler ve Ölçüm İncelemeleri

Kaynak işleminde takım dalma hızı 0,5 mm/s seçilmiş ve bütün birleştirmelerde sabit tutulmuştur. 4 adet kaynak numunesi her koşul için hazırlanmıştır. Kaynak işlemleri ve çekme deneyleri ise oda sıcaklığında yapılmıştır. Yapılan çekme deneylerinde çekme hızı ise 5 mm/s ' de sabit tutulmuştur. Deneysel hataları minimize edebilmek amacıyla her bir şart için 3 deney numunesi test edilmiş ve aritmetik ortalaması alınmıştır. Kaynak bölgesi boyutları plastik malzemelerin kaynağında önemli bilgiler vermektedir. SKNK yöntemiyle kaynaklanan numunelerin üzerinden dijital kumpas ile kaynak dikişi derinliği çekirdek çapı ve omuz çapı ölçülerek yorumlanmaya çalışılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Standardına göre test edilen numunelerin çekme test sonuçları Şekil 7 'de verilen grafikte gösterilmiştir. Grafikte her bir değer test edilen 3 numunenin ortalamasıdır. Şekil 7 'de ki grafikten görüldüğü gibi en yüksek çekme mukavemeti 30 sn takım bekleme süresi olan 2 nolu numunede ölçülmüştür. Bütün takım bekleme süreleri incelendiğinde; takım bekleme sürelerinin ilk 30 sn içinde çekme mukavemetini artırdığı daha sonraki denenen 60 sn'de düşüşe neden olduğu 90 sn'de daha da düştüğü ve 120 sn de ise 90 sn ile çok yakın çıkarak etkisi olmadığı görülmüştür. Bu konuda yapılan daha önceki çalışmalara bakıldığında sonuçlar uygun bulunmuştur (Bilici ve ark., 2012). Takımın bekleme süresi sıfır (0) olan numunenin, kopma kuvveti diğerlerine göre en düşük çıkmıştır.



Şekil 7. Çekme deneyi sonuçları grafiği.

Figure 7. Tensile test results graph.

Deneylerin kumpaslar yardımı ile çekirdek çapı, kaynak derinliği ve omuz çapı ölçüm sonuçları aşağıda Tablo 2’ de verilmiştir. Tablo 2 incelendiğinde takım bekleme süresinin kaynak dikişini etkilediği görülmektedir. Kaynak dönme süresinin ardından beklenmeden takım çekilirse plastik sıcaklığın etkisiyle omuz kısmından akarak kaynak çekirdeğini doldurduğu görülmüştür. Takımın dönme bittikten sonra 30, 60, 90 ve 120 sn bekleme durumun da oluşan izin boyutlarına bakıldığında çekirdek çapı en geniş 2 nolu numunede ölçülmüştür. Diğer numunelerde bekleme süresi arttıkça çekirdek çapı gittikçe küçülmüştür. Kaynak dikişi derinliği incelendiğinde ise 30 sn beklenen en düşük derinliktir. Bekleme süresi arttıkça dikiş derinliği artmıştır. Bunda metal üzerindeki ısının plastiğe aktarılmasının etkili olduğu düşünülmüştür. Kaynak omuz genişliği incelendiğinde ise bekleme süresi arttıkça genişlik artmıştır. Kaynak takımının 30 saniye beklemeden sonra geri çekildiğinde sıvı malzeme katılaşmaktadır. Daha önceki yapılan çalışmalarda bu sonuç ile karakteristik anahtar deliği şeklinin dikişin içerisinde olduğu bildirilmiştir. (Bilici ve ark., 2012).

Tablo 2. Numunelerin Kaynak Boyutu Ölçümleri.

Table 2. Welding Dimension Measurements of Samples.

Malzeme No	Çekirdek Çapı	Kaynak Dikişi Derinliği	Kaynak Omuz İzi Genişliği
1	Sıvı ile dolmuştur.	Sıvı kaymasından ölçülemez.	31,2 mm
2	7,3625 mm	6,4625 mm	28,6 mm
3	7,15 mm	6,72 mm	28,75 mm
4	6,93 mm	6,7667 mm	28,86 mm
5	6,87 mm	6,79 mm	28,82 mm

Çalışma esnasında karşılaşılan bir diğer bulgu takım bekleme süresi 90 saniye olan 4 nolu numunelerin kaynağında plastik malzemenin konik kaynak karıştırıcı ucun üzerine çanak şeklinde sarılması olmuştur. Deney numunesi üretimi 14 defa denenerek yapılmıştır. Rastlanan bu hataya ait görüntü aşağıda Şekil 8’de verilmiştir.



Şekil 8. Doksan saniye takım bekleme süresinde karşılaşılan hata resmi.

Figure 8. Error picture of ninety-second tool waiting sequence.

4. Sonuçlar

Yapılan çalışmada, elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- PE-300 plakalar kaynak takımının omuz kısmı ve çekirdek bölgesi malzemeyi eriterek kaynak yapılmasını sağlamıştır.
- Takım bekleme süresi kaynak dikişinin şeklini etkilemektedir.
- Takım bekleme süresi kaynak dikişinin çekme mukavemetini etkilemektedir.
- Takım bekleme süresi verilmeden çekilirse kaynak dikişi erimiş halde çekirdek kısmına dolmaktadır.
- En iyi çekme mukavemeti 30 sn beklenen numunede elde edilmektedir.
- Takım bekleme süresi 30 saniyeyi geçtikten sonra düşmüştür.
- Takım bekleme süresi 90 saniyeden sonra etkili olmamaktadır. Çıkan çekme sonuçları 90 sn ve 120 sn beklenende çok yakın çıkmıştır.
- Takım bekleme süresi 90 saniye olan 4 nolu numunelerin kaynağında plastik malzemenin konik kaynak karıştırıcı ucun üzerine çanak şeklinde sarılması hatası görülmektedir.

Kaynaklar

- Arıcı, A., Sınmaz, T., 2005. "Effect Of Double Passes Of The Tool On Friction Stir Welding Of Polyethylene" Journal of Materials Science, 40, p: 3313-3316.
- Arıcı, A., Şelale, S., 2007. "Effects Of Tool Tilt Angle On Tensile Strength And Fracture Locations Of Friction Stir Welding Of Polyethylene," Science and Technology of Welding and Joining, 12,(6), p: 536-539.
- Arıcı, A., Mert, Ş., 2008. "Friction Stir Spot Welding Of Polypropylene, Journal of Reinforced Plastics and Composites, 1,(1), p:1-4.
- Bilici, M.K., Yükler, A. İ., Kurtulmuş, M., 2011. "Takım Geometrisinin Yüksek Yoğunluklu Polietilenin Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynağına Tesiri, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 15,(3), Syf: 265-270.
- Bilici, M.K., Yükler, A. İ., 2012. "Influence Of Tool Geometry And Process Parameters On Macrostructure And Static Strength In Friction Stir Spot Welded Polyethylene Sheets," Materials and Design, 33,Syf:145-152.

- Bilici, M. K., Yükler, A. İ., Fidaner, O., 2012. "Termoplastiklerin Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynak Birleştirilmesinde Kaynak Parametrelerinin Etkileri", 3. Ulusal Tasarım İmalat ve Analiz Kongresi 29-30 Kasım, Balıkesir, Syf: 355-365.
- Bilici, M. K., Yükler, A. İ., Kurtulmuş, M.,2012. "Polietilen Levhaların Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynağında Kaynak Parametrelerinin Bağlantının Performansına Etkileri" Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 27, (2), Syf: 439-445.
- Çevik, B., 2014. "Termoplastik Polimerlerin Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynağına Bakalit Ara Tabaka Tozunun Etkisi". Electronic Journal of Vocational Colleges, 4,(1), Syf: 76-80.
- Jayaraman, M., Sivasubramanian, R., Balasubramanian, V., Lakshminarayanan, A. K.,2009. "Optimization Of Process Parameters For Friction Stir Welding Of Cast Aluminium Alloy A319 By Taguchi Method" Journal of Scientific Industrial Research, 68, p:36-43.
- Saçak, M., 2012. "Polimer Teknolojisi", Ankara, Gazi Kitabevi.
- Strand, S. R., 2004. "Effects Of Friction Stir Welding On Polymer Microstructure" Master of Science Thesis, Brigham Young University, Mechanical Engineering Department, p:0-363.
- Toshiya, S., Kenzo, M., Shyuhei, Y., Kenji, I., 2011. "Friction Stir Spot Welding Of Pure Aluminium Sheet In View Of High Temperature Deformation," Transaction of Joining and Welding Research Institute, 40,(2), p:1-5.
- Tozakı Y., Uematsu, Y., Tozakı, K.,2007. "Effect Of Tool Geometry On Microstructure And Static Strength In Friction Stir Spot Welded Aluminium Alloys," International Journal of Machine Tools, 47, p: 2230-2236.
- Kaçar R., Ertek, H. E., Demir, H., Gündüz, S., 2011. "Al-Cu-Al Malzeme Çiftinin Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynak Kabiliyeti", Gazi Üniv. Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi, 26, (2), Syf: 349-357.
- Kurtulmuş, M., 2012. "Friction Stir Spot Welding Parameters For Polypropylene Sheets," Scientific Research and Essays, 7,(8), p:947-956.
- Olveira, P.H.F., Filho, S.T.A., Santos, J. F. D. Hage, E. , 2010. "A Preliminary Study On The Feasibility Of Friction Spot Welding In PMMA", Materials Letters, 64,(19), p. 2098–2101.