

TERMOPLASTİK POLİMERLERİN SKNK YÖNTEMİ İLE KAYNAKLANABİLİRLİĞİNE KARIŞTIRMA SÜRESİNİN ETKİSİ

Bekir ÇEVİK*

*Düzce Üniversitesi, Gümüşova MYO, Kaynak Teknolojisi Bölümü, 81850, Düzce, TÜRKİYE

Özet- Bu çalışmada, sürtünme karıştırma nokta kaynağı (SKNK) ile termoplastik polimer (PE 900-HD polietilen) malzemelerin kaynaklanabilirliğine takım karıştırma süresinin etkisi araştırılmıştır. Kaynak işlemlerinde 900 dev/dak takım dönme hızı ve beş farklı karıştırma süresi (20, 40, 60, 80, 100 saniye) deney parametreleri olarak belirlenmiştir. Kaynak işlemleri sırasında 4 kanallı dijital termometre ile kaynak merkezlerinin altından sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. Kaynaklı numunelere çekme makaslama testi uygulanmış ve mekanik performansları belirlenmiştir. Ayrıca kaynak kesitleri makro olarak incelenmiş kaynak parametrelerinin polietilen malzemelerin SKNK genişliklerine etkisi tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler- Termoplastik polimer, SKNK, Polietilen malzeme, Kaynak

EFFECT OF STIRRING TIME ON WELDABILITY OF TERMOPLASTIC POLYMERS WITH FSSW METHOD

Abstract- In this study, effect of tool stirring time on weldability of thermoplastic polymer (PE 300-HD polyethylene) materials with friction stir spot welding (FSSW) was investigated. 900 rev/min tool rotation speed and five different stirring time (20, 40, 60, 80, and 100 mm/min) were selected for the welding processes. During welding, temperature measurements under the welding centers were performed using 4 multichannel K type digital thermometer. The tensile shear test was applied to welded specimens and mechanical performances were determined. Additionally, macroscopic analysis was made welded joining and effects of the experimental parameters were found to dimensions of welded joining.

Key Words- Thermoplastic polymer, FSSW, Polyethylene material, Welding

* bekircevik@duzce.edu.tr

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Polimer esaslı malzemeler, insanoğlunun günlük hayatında kullandığı pek çok üründe yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Polimerler, hafiflik, kolay biçimlenebilme, yalıtkanlık ve yüksek korozyon direnci gibi karakteristik özelliklere sahiptir. Polimer malzemeler, son yıllarda bazı sektörlerde (otomotiv ve havacılık vb) metallerin yerini almaya başlamıştır. Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte polimer işleme teknikleri de gelişmektedir. Kaynak teknolojisi de kendini geliştirmekte ve plastik malzemelerin kaynaklanabilirliği üzerine araştırmalar hızla devam etmektedir [1-3]. Termoplastik malzemelerin yeni nesil kaynak yöntemleriyle kaynaklanabilirliği üzerine araştırmalar hız kazanmıştır [4,5]. Yeni nesil kaynak yöntemlerinden birisi de sürtünme karıştırma nokta kaynak (SKNK) yöntemidir.

SKNK yöntemi, sürtünme karıştırma kaynak (SKK) yönteminden esinlenerek türetilmiştir [6-8]. Yöntem, özellikle otomotiv sanayinde, elektrik direnç nokta kaynağı ile alüminyum sacların birleştirilmesinde karşılaşılan sorunları çözmek amacıyla geliştirilmiştir. SKNK yöntemi alüminyum, magnezyum ve çelik saclara başarılı bir şekilde uygulanmaktadır [7-10]. Son zamanlarda sadece otomotiv endüstrisinde değil, aynı zamanda diğer endüstriyel alanlarda da oldukça dikkat çeken yeni bir kaynak yöntemidir [7,8]. Yöntemin birleştirme mekanizması sürtünme karıştırma kaynağı ile aynı olmasına rağmen aralarında uygulama yönünden farklılıklar bulunmaktadır [8-11]. SKK yöntemi belirli bir devirde dönen karıştırıcı takımın birleştirilmek üzere alın altına getirilmiş levhalara daldırılması ve belirli bir hızda ilerletilmesi esasına dayanmaktadır [12,13]. SKNK yönteminde ise belirli bir devirde dönen karıştırıcı takımın belirli bir hızda bindirme pozisyonundaki malzemelere dalması ve sürtünmesi ile kaynak işlemi gerçekleşmektedir [10].

Kaynak işleminde kullanılan karıştırıcı takım, omuz ve pim adı verilen iki kısımdan oluşmaktadır [10,13]. Karıştırıcı takımın omuz kısmı malzemelere sürtünerek kaynak için gerekli olan ısıyı oluşturmaktadır. Oluşan bu ısı neticesinde malzemelerin akma dayanımı düşmekte ve malzemede yumuşama meydana gelmektedir. Karıştırıcı takımın pim kısmı ise yumuşayan malzemeyi yoğun deformasyon ile karıştırmakta ve birleştirmektedir [13,14]. Belli bir hızda dönen kaynak takımının üst üste yerleştirilmiş iş parçalarına belli bir derinliğe kadar dalması, belirlenen derinlikte kaynak takımının belli bir süre dönmesi ve dönme süresi bittiğinde kaynak takımının geri çekilmesi ile bindirme tipli parçalarının SKNK birleştirilmesi gerçekleşir [6-8,12]. Yapılan tanımdan anlaşıldığı gibi bu kaynak yönteminin dalma, dönme ve geri çekme adı verilen 3 safhası mevcuttur [8-12].

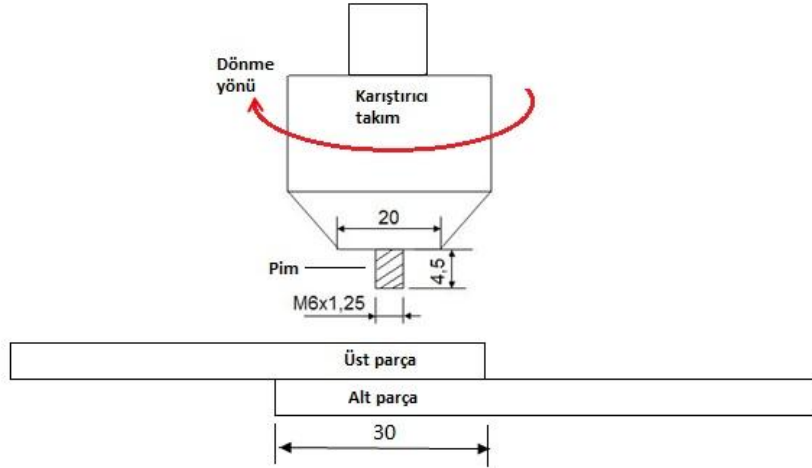
SKNK yöntemi ile termoplastik malzemelerin birleşebilirliği konusunda yapılan çalışmalar son yıllarda artmıştır. Bu çalışmada SKNK yönteminde farklı takım karıştırma sürelerinin polietilen malzemelerin birleşebilirliği etkisi araştırılmıştır.

2. YÖNTEM (METHOD)

Yapılan çalışmada, deney malzemesi olarak termoplastik polimer grubunda yer alan 3 mm kalınlığa sahip polietilen (PE300-HD) levhalar kullanılmıştır. Levhadan 3×30×100 mm boyutlarında deney numuneleri kesilmiştir. Kesilen levhalar bindirme biçiminde SKNK yöntemi ile birleştirilmiş ve çekme makaslama deney numuneleri üretilmiştir (Şekil 1.a). Çalışmada kullanılmak üzere 1.2080 çeliğinden pim boyu ayarlanabilen ve istenildiğinde pim değişikliği yapılabilen karıştırıcı takım tasarlanmış ve üretilmiştir (Şekil 1.b).

Kaynak işlemlerinden önce polietilen levhalar Şekil 1.a'da görüldüğü gibi bindirme biçiminde sabitlenmiştir. Bu sayede, kaynaklı birleştirme noktasının bütün numunelerin ortasına denk

gelmesi sağlanmıştır. Karıştırıcı takımın pim yüksekliği 4,5 mm ayarlanmıştır. Kaynak işlemi sırasında karıştırıcı takımın omuz kısmının polietilen levhalara 1 mm batması sağlanmış ve bütün numunelere standart bir baskı uygulanmıştır. Deneylerde 900 dev/dak takım dönme hızı ve beş farklı karıştırma süresi (20, 40, 60, 80 ve 100 saniye) kullanılmıştır. Numunelerin üretimi esnasında karıştırıcı takımın geometrik özellikleri, bekleme süresi, karıştırıcı takım dalma derinliği ve dalma hızı sabit tutulmuştur. Bütün kaynak işlemlerinde belirlenen karıştırma süresi bitiminde karıştırıcı takımın dönmesi durdurmuş ve 75 saniye bekleme süresinden sonra takım geri çekilmiştir.



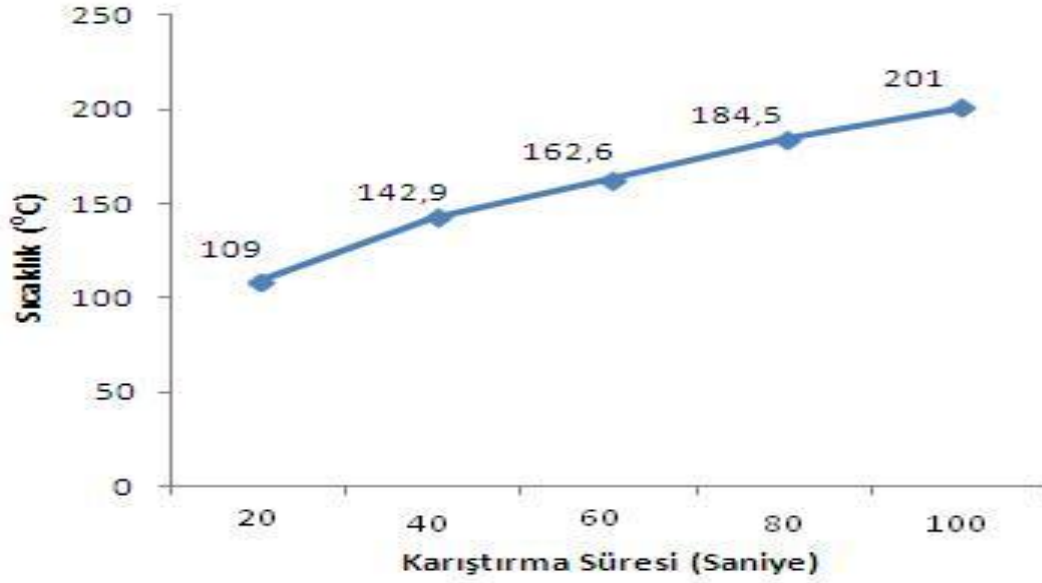
Şekil 1. Karıştırıcı takımın geometrik özellikleri (Geometric characteristics of the mixer team)

Kaynak işlemleri sırasında 4 kanallı K type Verth CK104 ticari marka dijital termometre ile kaynak merkezlerinin altından sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. Her kaynak parametresinde 4 adet numune üretilmiştir. Kaynaklı numunelere çekme makaslama testi uygulanmış ve kaynak kopma kuvvetleri belirlenmiştir. Çekme makaslama testi, 5 kN çekme kuvvetine sahip bilgisayar kontrollü elektronik çekme test cihazı (Microcomputer Controlled Electronic Test Machine) kullanılarak, 10 mm/dak çene hızında yapılmıştır. Çekme makaslama testi için 3 adet kaynaklı numune kullanılmıştır. Ayrıca üretilen numunelerden birisi makroskobik inceleme için kullanılmıştır.

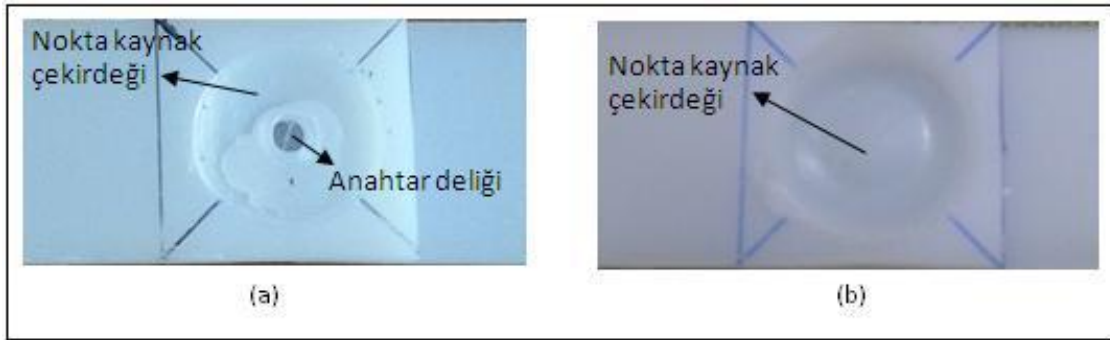
3. BULGULAR VE TARTIŞMA (FINDINGS AND DISCUSSION)

SKNK yöntemi ile polietilen malzemeler farklı karıştırma sürelerinde birleştirilmiştir. Kaynak işlemleri sırasında, değişken parametre olarak ele alınan takım karıştırma süresi kaynak bölgesinin ısı girdisine etkimiştir. Karıştırma süresinin kaynak merkezlerinde oluşan sürtünme sıcaklığı üzerindeki etkisi Şekil 2’de gösterilmiştir. Karıştırma süresindeki artış, kaynak merkezlerinde oluşan sürtünme sıcaklıklarını da arttırmıştır. En düşük karıştırma süresinde (20 saniye) 109 °C sürtünme sıcaklığı ölçülmüştür. En yüksek karıştırma süresinde ise sıcaklık 201 °C’ye kadar çıkmıştır. Polietilen malzemenin ergime sıcaklığı 135 °C civarındadır. Bu durum göz önüne alındığında, 20 saniye karıştırma süresinde yapılan birleştirme, ergime derecesinin altındaki bir sıcaklıkta gerçekleşmiştir. 40 saniyeden sonraki karıştırma sürelerinde birleştirme bölgesinde ergime derecesinin üzerinde sürtünme sıcaklıkları oluşmuş ve lokal ergimeler meydana gelmiştir. Metal malzemelerde katı hal kaynağı olan SKNK yöntemi polietilen malzemelerde ise ergimeye yol açmıştır [6,7,12]. Ayrıca, karıştırma süresi fazla olduğunda kaynak merkezinde oluşan anahtar deliği (pim deliği) ergiyen malzemenin yayılarak katılaşması ile kapanmıştır. Yapılan çalışmada 20, 40 ve 60 saniye karıştırma süresi ile yapılan birleştirmelerde anahtar deliği oluşmuş, 80 ve 100 saniye karıştırma sürelerinde ise oluşmamıştır (Şekil 3).

...:Termoplastik Polimerlerin SKNK Yöntemi İle Kaynaklanabilirliğine Karıştırma Süresinin Etkisi:..



Şekil 2. Karıştırma süresinin sürtünme sıcaklığına etkisi (Effect on friction temperature of stirring time)

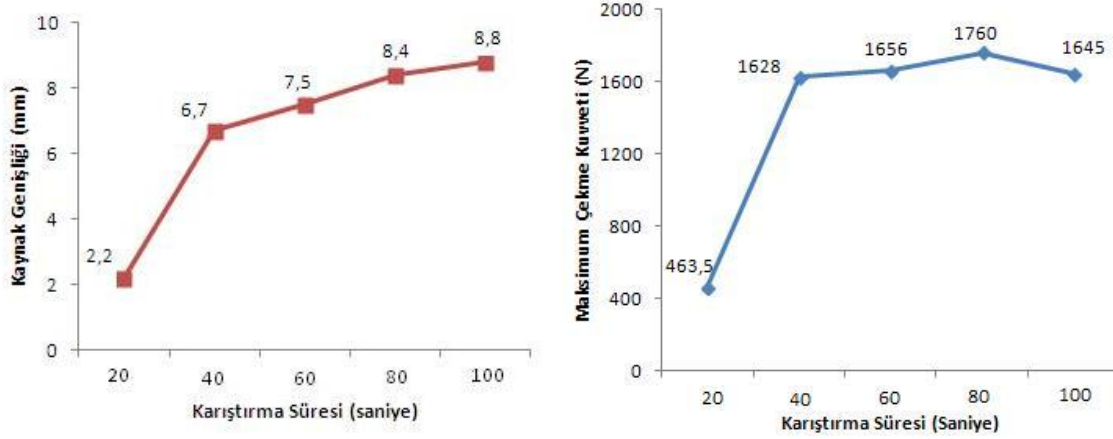


Şekil 3. Nokta kaynak görüntüleri, a) 40 saniye karıştırma süresi, b) 80 saniye karıştırma süresi (Views of spot Welding, a) 40 seconds stirring time b) 80 seconds stirring time)

Düşük karıştırma sürelerinde kaynak bölgesinde yeterli sürtünme ısı oluşmamıştır. Bu durumda, kaynak genişliğinin (çekirdek boyutunun) küçük olmasına neden olmuştur. 20 saniye takım karıştırma süresinde 2,2 mm genişliğinde nokta kaynak dikişi elde edilmiştir. Küçük kaynak çekirdeği, bağlantının zayıf olmasına, dolayısıyla da düşük çekme kuvvetlerinde (463,5 N) kopmalara sebep olmuştur. 40 saniye takım karıştırma süresinde ise 6,7 mm kaynak genişliği ve 1628 N maksimum çekme kuvveti belirlenmiştir. 20 ve 40 saniye karıştırma sürelerinde birleştirilen numunelerin kaynak genişlikleri kıyaslandığında yaklaşık yaklaşık 3 katı bir artış meydana geldiği tespit edilmiştir. Aynı numunelerin bağlantı performansları kıyaslandığında ise yaklaşık 3,5 katı artış meydana gelmiştir (Şekil 4.a ve b).

Karıştırma süresinin artırılması kaynak genişliğini arttırmıştır (Şekil 4.a). En fazla kaynak genişliği 100 saniye karıştırma süresinde elde edilmiştir. Karıştırma süresi optimum bir değere çıktığında, karıştırma esnasında oluşan sürtünme ısısının artması ile daha büyük kaynak genişliğine sahip nokta kaynak dikişleri elde edilmektedir. Kaynak genişliğindeki artış, bağlantının mekanik performansını da arttırmıştır. 80 saniye karıştırma süresinde en yüksek bağlantı performansı (1760 N) elde edilmiştir. Karıştırma süresi optimum değerden daha fazla arttırıldığında ise kaynak bölgesi aşırı ısınmış ve karıştırmanın da etkisiyle yumuşayan malzeme karıştırıcı takımın kenarlarına doğru fıçırılmıştır. Bu durumda da kaynak çekirdeğinin kalınlığı

azalmış ve bağlantı performansı bir miktar düşmüştür. Bu sebepten dolayı 100 saniye karıştırma süresinde en yüksek kaynak genişliği oluşmasına rağmen kaynak performansı bir miktar azalmış ve 1645 N olarak belirlenmiştir (Şekil 4.b). Bazı araştırmacılar [7,8,12,], karıştırma süresinin kaynak dikiş oluşumunu ve kaynak kopma kuvvetini etkilediğini, yüksek kaynak kopma kuvveti elde edebilmek için karıştırma süresinin optimum değerinde olması gerektiğini ifade etmiştir.



Şekil 4. a) Karıştırma süresinin kaynak genişliği etkisi, b) Karıştırma süresinin maksimum çekme kuvvetine etkisi (a) Effect on welding width of stirring time, b) Effect on maximum tensional forces of stirring time)

4. SONUÇ (CONCLUSION)

Sürtünme karıştırma nokta kaynağı ile polietilen malzemelerin birleşebilirliğine karıştırma süresinin etkisini belirlemek amacıyla yapılan çalışma sonucu elde edilen verilere göre aşağıdaki sonuçlar söylenebilir;

- 1) Polietilen malzemeler SKNK yöntemi ile birleştirilebilmektedir.
- 2) Karıştırma süresindeki artış kaynak merkezlerindeki sürtünme sıcaklıklarını artırmıştır. 20 saniye karıştırma süresinde kaynak merkezinde ergime derecesinin altında bir sıcaklık oluşmuşken, daha yüksek karıştırma sürelerinde ergime derecesinin üzerinde sürtünme sıcaklıkları oluşmuştur.
- 3) Karıştırma sürelerine bağlı olarak sürtünme sıcaklığının artması kaynak genişliklerini de artırmıştır. Ayrıca, yüksek sürtünme sıcaklıkları nokta kaynak dikişinin merkezinde oluşan anahtar deliğinin kapanmasına neden olmuştur.
- 4) Kaynak genişliklerinin artması bağlantının performansını artırmıştır. Ancak, yüksek karıştırma sürelerinde ergiyen malzeme karıştırıcı takımın yanlarından fıskırışmış ve dönmenin etkisiyle kaynak bölgesinden uzaklaşmıştır. Bu durum bağlantı performansını azaltmıştır.

5. KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1]. Akkurt, S. (1991). *Plastik Malzeme Bilgisi*, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- [2]. Karahasanoğlu, C., Erkul, M. (1999). Termoplastiklerin Ultrasonik Kaynağı ve Kaynak Parametreleri, *Plastik Malzemeler ve Teknolojileri Konferansı*, İstanbul-Türkiye, 22-34.
- [3]. Saçak, M. (2012). Polimer Teknolojisi, *Gazi Kitabevi*, Ankara.

- [4]. Scialpi, A., Troughton, M., Andrews, S., Filippis, L.A.C. (2007). In-Line Reciprocating Friction Stir Welding of Plastics, *Joining Plastics*, 1, 52-57.
- [5]. Strand, S.R. (2004). Effects Of Friction Stir Welding on Polymer Microstructure, Master of Science Thesis, *Brigham Young University, Mechanical Engineering Department*.
- [6]. Bilici, M.K., Yukler, A.İ. (2012). Effects of Welding Parameters on Friction Stir Spot Welding of High Density Polyethylene Sheets, *Materials and Design*, 33, 545-550.
- [7]. Bilici, M. K, Yukler. A.İ., Kurtulmuş, M. (2011). Yüksek Yoğunluklu Polietilen Levhaların Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynağında Kaynak Ucu Geometrisinin Kaynak Mukavemetine Etkisi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 23(3), 111-122.
- [8]. Mert, Ş., Mert, S. (2013). Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynak Yönteminin İncelenmesi, *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 2(1), 26-35.
- [9]. Yang, Q., Mironov, S., Sato, Y.S., Okamoto, K. (2010). Material Flow During Friction Stir Spot Welding, *Material Science and Engineering A*, 527, 4389-4398.
- [10]. Kaluç, E., Taban E. (2007). Otomobil Endüstrisinde Direnç Nokta Kaynağına Alternatif Bir Yöntem: Sürtünen Elemanla Nokta Kaynağı, *Kaynak Teknolojisi VI Ulusal Kongresi ve Sergisi*, TMMOB, 51-60, 9-10.
- [11]. Awang, M., Mucino, V.H., Feng, Z., David, S.A. (2005). Thermo-Mechanical Modeling of Friction Stir Spot Welding(FSSW) Process: Use of an Explicit Adaptive Meshing Scheme, *SAE International Paper*, 01, 1251-1256.
- [12]. Bilici, M. K., Yukler, A.İ. (2012). Influence of Tool Geometry and Process Parameters on Macrostructure and Static Strength İn Friction Stir Spot Welded Polyethylene Sheets, *Materials and Design*, 33, 145-152.
- [13]. Çevik, B., Özçatalbaş, Y., Uygur, İ. (2012). 7075 Alüminyum Alaşımının Sürtünme Karıştırma Kaynağı ile Birleştirilmesi, *International Conference on Welding Technologies*, 369-376.
- [14]. Kaçar, R., Emre, 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), 349-357.