



Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

Polimer Malzemelerin Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynağı

Bekir ÇEVİK^{a,*}

^a Kaynak Teknolojisi Bölümü, Gümüşova MYO, Düzce Üniversitesi, Düzce, TÜRKİYE

* Sorumlu yazarın e-posta adresi: bekircevik@duzce.edu.tr

ÖZET

Polimer malzemeler çeşitli endüstriyel alanlarında kullanılan mühendislik malzemeleridir. Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte polimer işleme ve üretim teknikleri de gelişmiştir. Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynak yöntemi (SKNK) termoplastik malzemelerin birleştirilmesinde kullanılan katı hal kaynak işlemidir. Bu çalışmada, polimer esaslı malzeme (polietilen) SKNK yöntemiyle birleştirilmiştir. Deneylerde 3 mm kalınlığında polietilen malzeme kullanılmıştır. Kaynak işlemlerinde 460 ve 900 dev/dak dönme devri, 100 saniye karıştırma süresi ve 30, 45, 60 ve 75 saniye takım bekleme süresi deney parametreleri olarak seçilmiştir. Kaynaklı polietilen malzemelere çekme-makaslama testi uygulanmış ve bağlantı performansları belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Polimer, polietilen malzeme, sürtünme karıştırma nokta kaynağı, SKNK, kaynak

Friction Stir Spot Welding of Polymer Materials

ABSTRACT

Polymer materials are engineering materials used for various industrial fields. Polymer processing and fabrication techniques have developed with the advancement of technology. Friction Stir Spot Welding (FSSW) is a solid-state process in joining thermoplastic materials. In the present work, the polymeric material (Polyethylene) has been made to join by FSSW process. 3 mm thickness polyethylene materials were used in the experiments. Welding process was carried out by rotating 460 and 900 rpm, by dwell time 100 sec., and 30, 45, 60 and 75 sec. waiting times were used. Tensile-shear test was applied to welded polyethylene materials and mechanical performances were determined.

Keywords: Polymer, polyethylene material, friction stir spot welding, FSSW, welding

I. GİRİŞ

ÇOK sayıda atomun (monomer) birbirine bağlanarak oluşturdukları çok büyük moleküllere polimer denir. Polimerler üretim maliyetlerinin düşüklüğü, şekil alma kolaylığı ve amaca uygun üretilibilmeleri nedeniyle günümüzde yaygın kullanım alanı bulmuşlardır. Polivinil klorür (PVC), politetrafloroetilen (PTFE), polietilen (PE), polipropilen (PP) gibi çeşitli türlere sahiptirler. Polimer malzemeler için plastik tabiri de kullanılmaktadır [1,2]. Polimer malzemeler, termoplastikler, termosetler ve elastomerler olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır [2,3].

Plastikler malzemeler, fiziksel ve kimyasal özelliklerinin getirdiği avantajlarından dolayı birçok malzemenin (seramik, ahşap, metal) yerini almaya başlamıştır. İnsan gereksinimlerinin artmasıyla üretim malzemeleri de artmaktadır. Plastik malzemelerin kullanım alanlarındaki artış, üretim yöntemlerinde yeni tekniklerin gelişmesini zorunlu hale getirmektedir. Üretim tekniklerinden birisi olan kaynak teknolojisi de bu alanda kendini geliştirmektedir. Dolayısıyla yeni kaynak teknolojilerinin de keşfedilmesiyle polimer esaslı malzemelerin kaynaklanabilirliği üzerine araştırmalar yapılmaya başlanmıştır. Bu plastik gruplarından sadece termoplastiklerin kaynağı yapılabilmektedir [2,3].

Plastik malzemelerin birleştirilmesinde birçok kaynak yöntemi (sıcak eleman kaynağı, dikiş kaynağı, sıcak gaz kaynağı, sürtünme kaynağı, titreşim kaynağı, ultrasonik kaynak, yüksek frekans kaynağı) kullanılmaktadır [2]. Son geliştirilen kaynak yöntemlerinden birisi bir katı faz kaynağı olan sürtünme karıştırma nokta kaynağıdır. Yöntem, 1993 yılında Mazda firması tarafından geliştirilmiş ve kullanılmaya başlanmıştır. SKNK yöntemi alüminyum, magnezyum, bakır ve çelik saçlara başarılı bir şekilde uygulanmaktadır [4]. Yöntem ile hem aynı cins hem de farklı metal kombinasyonlarında kaynak yapmak mümkündür. SKNK yöntemi ile plastik esaslı malzemelerin kaynaklanabilirliği konusunda yapılan çalışmalar son yıllarda artmış olmakla birlikte yönteminin ABS, HDPE, PP ve PC plastiklerine uygulanabileceği konusunda çalışmalar devam etmektedir [4-7].

SKNK tekniği, bindirme tipinde sabitlenmiş iki levhaya yüksek devirde dönen karıştırıcı bir takımın daldırılarak belirli bir süre sürtünmesi ve karıştırması ile yapılır [8,9]. SKNK yönteminde kaynak için gerekli olan ısı karıştırıcı takımın bindirme biçiminde sabitlenmiş levhaların üst yüzeyine sürtünmesi ile sağlanır. Sürtünen yüzeylerde açığa çıkan ısı, kaynak bölgesinin kısa zamanda ergime sıcaklığına yakın sıcaklıklara erişmesini sağlar [9]. Karıştırıcı takımın belirli bir devirde dönmesi ile alt ve üst levhaların yumuşamış kısımları birbiri içerisinde karışır. Karıştırıcı takım omuz kısmının kaynak bölgesine uyguladığı basma kuvveti etkisi ile levhalar arasında birleşme gerçekleşir [9,10].

Polimer malzemeler karakteristik özellikleri (hafiflik, şekillendirilebilirlik, korozyona karşı yüksek direnç vb.) nedeniyle yaygın kullanım alanına sahiptir ve kullanımı her geçen gün artmaktadır[1-3]. Polimer esaslı malzemelerin kaynağı konusunda çalışmalar artarak devam etmektedir. Bu çalışmada, yüksek kimyasal dayanım, düşük nem emilimi, düşük sürtünme katsayısı, yüksek aşınma direnci ve düşük yoğunluk gibi özellikleri nedeniyle gıda, otomotiv, tekstil ve kağıt endüstrilerinde yaygın kullanım alanına sahip polietilen malzemenin sürtünme karıştırma nokta kaynağında takım bekleme süresinin kaynaklanabilirliğe etkisi araştırılmıştır.

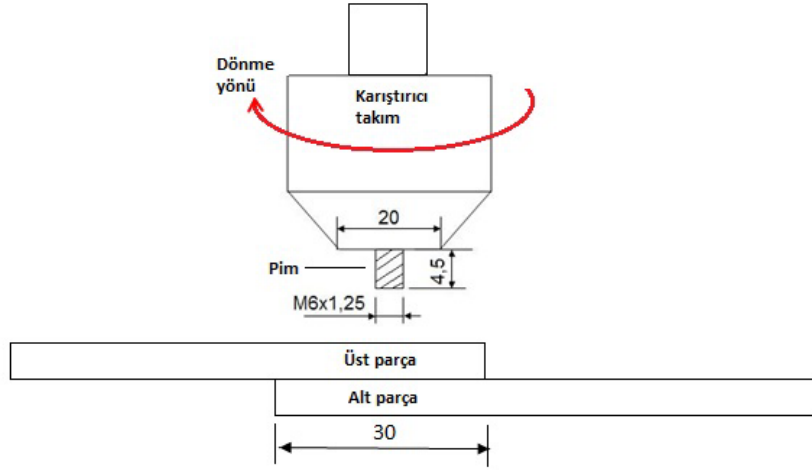
II. MALZEME ve YÖNTEM

Çalışmada, 3 mm kalınlıkta polietilen (PE300-HD) malzeme kullanılmıştır. Kaynak işlemlerinde kullanılmak üzere X210Cr12 çeliğinden pim boyu ayarlanabilen ve istenildiğinde pim değişikliği

yapılabilen karıştırıcı takım tasarlanmış ve üretilmiştir. Tablo 1’de polietilen malzemeye ait mekanik özellikler verilmiştir. Şekil 1’de ise karıştırıcı takım ve kaynak düzeneği şematik olarak görülmektedir.

Tablo 1. Polietilen malzemenin mekanik özellikleri

Malzeme	Akma Gerilmesi, MPa	Kopma Gerilmesi, MPa	Elastiklik Modülü, MPa	Sertlik (Shore D)
Polietilen	22	32	800	63

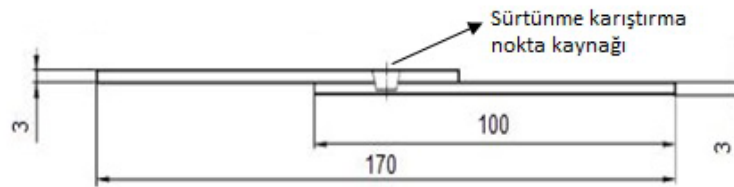


Şekil 1. Karıştırıcı takımın geometrik özellikleri

Deneyel çalışmada Tablo 2’deki kaynak parametreleri kullanılmıştır. Kaynaklı numuneler üretilmeden önce polietilen levhalar bindirme biçiminde bağlanmış ve karıştırıcı takımın pim kısmının tüm numunelerin ortasına denk gelmesi sağlanmıştır. Çalışmada, karıştırıcı takımın geometrik özellikleri, karıştırıcı takım dalma derinliği ve dalma hızı sabit tutulmuştur. Kaynak işlemleri sırasında 4 kanallı K type Verth CK104 ticari marka dijital termometre ile kaynak merkezlerinin altından sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. Şekil 2’de sürtünme karıştırma nokta kaynağı yöntemiyle birleştirilmiş polietilen malzemenin geometrik özellikleri verilmiştir.

Tablo 2. Deney parametreleri

Dönme Devri (dev/dak)	Karıştırma Süresi (Saniye)	Bekleme Süresi (Saniye)	Takım Batma Derinliği (mm)	Takım Omuz Genişliği (mm)	Pim Yüksekliği (mm)
460 ve 900	100	30, 45, 60, 75	1	20	4,5

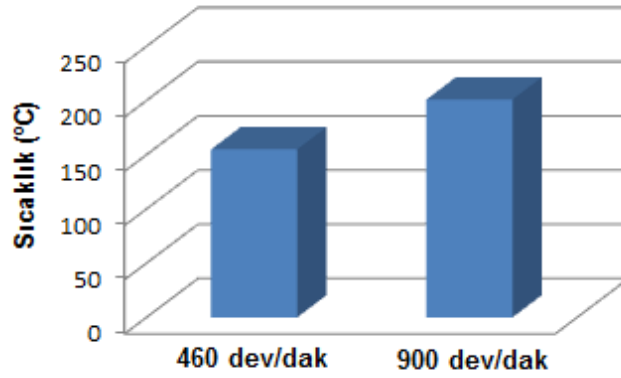


Şekil 2. SKNK yöntemi ile üretilen çekme-makaslama test numunesinin geometrik özellikleri

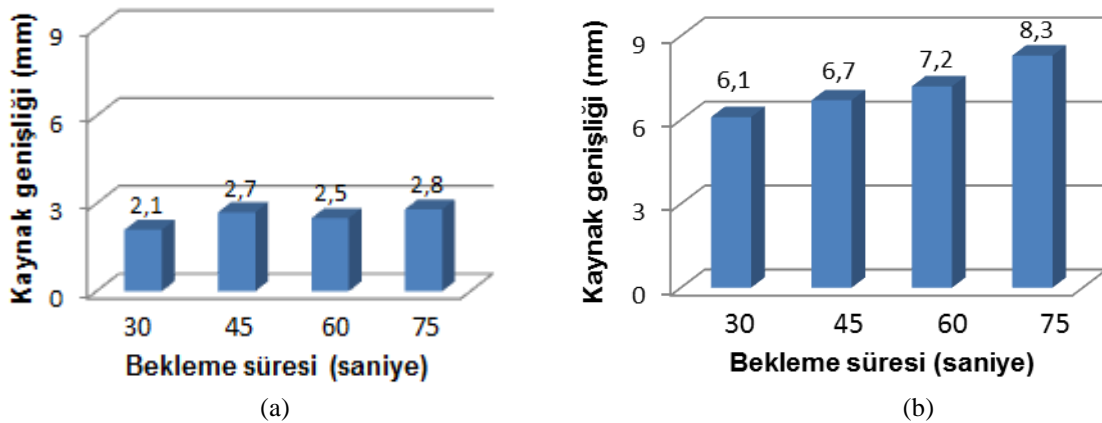
Kaynaklı polietilen malzemelere çekme makaslama testi uygulanmış ve maksimum çekme kuvvetleri belirlenmiştir. Çekme makaslama testi, 5 kN çekme kuvvetine sahip bilgisayar kontrollü elektronik çekme test cihazı (Microcomputer Controlled Electronic Test Machine) kullanılarak, 10 mm/dak çene hızında yapılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda takım bekleme sürelerinin bağlantı performansına etkisi belirlenmiştir.

III. BULGULAR ve TARTIŞMA

Sürtünme karıştırma nokta kaynağında dönme hızı ile kaynak merkezinde oluşan sürtünme sıcaklığı arasındaki ilişki Şekil 3'te verilmiştir. Şekil 3 incelendiğinde, kaynak merkezinde ölçülen sıcaklıkların artan dönme hızı ile arttığı belirlenmiştir. 460 dev/dak dönme devrinde 155 °C sıcaklık ölçülmüştür. 900 dev/dak dönme devrinde ise 201 °C sıcaklığın oluştuğu belirlenmiştir. Bu duruma, dönme hızının artışıyla, karıştırıcı takım omuz yüzeyinin birleştirilen levhaya daha fazla sürtünmesi, böylece sürtünme etkisiyle daha yüksek sıcaklığın oluştuğu söylenebilir. Polietilen malzemenin ergime derecesi yaklaşık 135 °C'dir. Birleştirilen malzemenin ergime derecesi göz önüne alındığında iki dönme devrinde de sürtünme sıcaklığı kaynak bölgelerinde ergimeye neden olduğu söylenebilir.



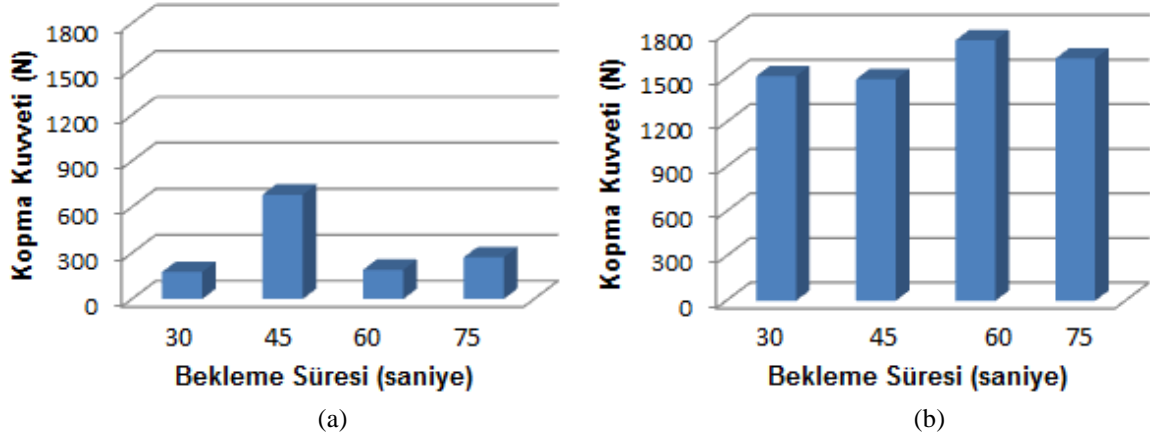
Şekil 3. Dönme devrinin sürtünme sıcaklığına etkisi



Şekil 4. Bekleme süresinin nokta kaynak genişliğine etkisi, a) 460 dev/dak, b) 900 dev/dak

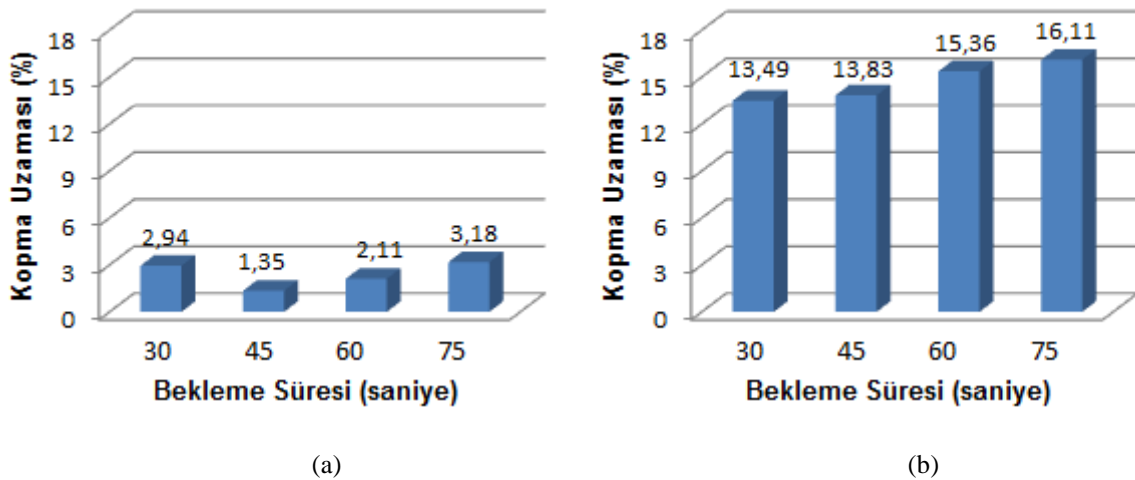
SKNK yönteminde 100 saniye karıştırma süresi ve farklı dönme devirlerinde bekleme sürelerinin kaynak genişliğine etkisi Şekil 4'te verilmiştir. Şekil 4.a'da verilen grafik incelendiğinde 460 dev/dak

dönme devrinde bekleme süresinin artışı nokta kaynak genişliklerine fazla etki etmediği görülmektedir. 900 dev/dak dönme devri ile yapılan kaynak işlemlerinde ise bekleme süresinin artışı ile kaynak genişliklerinin bir miktar arttığı görülmüştür (Şekil 4.b). Bu duruma, yüksek dönme devrinde kaynak bölgesinin sıcaklığının daha fazla olması ve sıcaklığın kaynak bölgesini daha geç terk etmesinin neden olduğu söylenebilir.



Şekil 5. Bekleme süresinin kopma kuvvetlerine, a) 460 dev/dak, b) 900 dev/dak

Sürtünme karıştırma nokta kaynağında bekleme süresinin nokta kaynak dikişlerinin kopma kuvvetlerine olan etkisi Şekil 5'te verilmiştir. Şekil 5 incelendiğinde, 460 dev/dak dönme devrinde 100 saniye karıştırma süresi kullanılarak üretilen kaynaklı bağlantıların yapılan çekme makaslama testinde düşük çekme makaslama kuvvetleri altında hasara uğradığı görülmektedir. 460 dev/dak dönme devrinde en yüksek kopma kuvveti 45 saniye bekleme süresinde (682 N) elde edilmiştir. Bu dönme devrinde birleştirilen polietilen malzemelerin düşük çekme makaslama kuvvetlerinde kopmalarına, düşük sürtünme sıcaklığının etkisiyle yeterli nüfuziyete sahip nokta kaynak dikişlerinin oluşmaması neden olduğu söylenebilir (Şekil 5.a). 900 dev/dak dönme devri ile birleştirilen polietilen malzemelerin ise genel olarak yüksek çekme makaslama kuvvetlerinde koptuğu belirlenmiştir. Bu duruma, 900 dev/dak dönme devrinde yüksek sürtünme sıcaklıklarında yeterli nüfuziyetli nokta kaynak dikişleri oluşması neden olmuştur. 900 dev/dak dönme devrinde en yüksek kopma kuvveti 60 saniye takım bekleme süresinde üretilen kaynaklı birleştirmede (1752 N) elde edilmiştir (Şekil 5.b).



Şekil 6. Bekleme süresinin kopma uzamalarına etkisi, a) 460 dev/dak, b) 900 dev/dak

Şekil 6'da ise çekme makaslama testi sonucunda kaynaklı numunelerin % kopma uzaması davranışları görülmektedir. 460 dev/dak dönme devri ile üretilen tüm numunelerde düşük kopma uzaması meydana gelmiştir. 900 dev/dak dönme devri ile üretilen numunelerde ise 460 dev/dak ile üretilen numunelere nazaran yaklaşık 4 kat daha fazla kopma uzamaları meydana gelmiştir. Kopma uzamalarındaki artışa takım bekleme süresinin artışının neden olduğu söylenebilir. Yüksek dönme hızı ve takım bekleme süresi üretilen numunelerde kaynak genişlikleri ve nüfuziyetinin fazla olması kaynaklı bağlantıların kopma uzamalarının artışına neden olduğu düşünülmektedir.

IV. SONUÇ

Sürtünme karıştırma nokta kaynağı ile 460 ve 900 dev/dak dönme devri, 100 saniye karıştırma süresi ve 30, 45, 60 ve 75 saniye takım bekleme süreleri kullanılarak polietilen malzemeler birleştirilmiştir. Farklı dönme hızı ve bekleme takım bekleme süresinin polietilen malzemenin kaynak performansına etkisini belirlemek amacıyla yapılan çalışma sonucu elde edilen verilere göre aşağıdaki sonuçlar söylenebilir;

- 1) Takım dönme hızı kaynak bölgesinin sürtünme sıcaklığını etkilemiştir. Dönme devrinin 460 dev/dak'dan 900 dev/dak'a çıkarılması ile sürtünme sıcaklığı yaklaşık % 30 oranında artmıştır.
- 2) Takım bekleme süresinin artışı, 460 dev/dak dönme devrinde üretilen kaynaklı bağlantıların kaynak genişliklerine gözle görülür bir etkisinin olmadığı söylenebilir. Ancak, takım bekleme süresinin artması 900 dev/dak dönme devrinde üretilen kaynaklı bağlantıların kaynak genişliklerine etki etmiştir. En düşük ve en yüksek takım bekleme süreleri ile üretilen kaynaklı bağlantıların kaynak genişlikleri kıyaslandığında yüksek takım bekleme süresinde yaklaşık % 36 oranında bir artış meydana geldiği söylenebilir.
- 3) Dönme devrinin artması kaynak bölgesinde daha yüksek sürtünme sıcaklıklarının oluşmasına neden olmuştur. Yüksek sürtünme sıcaklığında daha geniş ve nüfuziyetli nokta kaynakları üretilmiştir.
- 4) Dönme devri artışı kaynaklı bağlantıların çekme makaslama performansını artırmıştır. 900 dev/dak dönme devrinde 60 saniye takım bekleme süresinde en yüksek bağlantı performansı (1752 N) elde edilmiştir.

V. KAYNAKLAR

- [1] Akkurt S., “*Plastik Malzeme Bilgisi*”, Birsen Yayınevi, 7, İstanbul, (1991).
- [2] C. Karahasanoğlu, M. Erkul, “Termoplastiklerin Ultrasonik Kaynağı ve Kaynak Parametreleri” *Plastik Malzemeler ve Teknolojileri Konferansı*, İstanbul-Türkiye, 22-34, (1999).
- [3] H. Çetinel, *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi* **2(3)**, (2000), 79-87.
- [4] Mert, Ş., Mert, S., *İleri Teknoloji bilimleri Dergisi*, **2(1)**, (2013) 26-35.
- [5] Bilici, M., K., Yukler, A., İ., *Materials and Design*, **33**, (2012), 545-550.
- [6] Bilici, M., K., Yukler, A., İ., *Materials and Design*, **33**, (2012), 145-152.

- [7] Bilici, M. K, Yükler. A.İ., KurtulmuŐ, M., *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, **23(3)**, (2011), 111-122.
- [8] Mert, Ő., Mert, S., *İleri Teknoloji bilimleri Dergisi*, **2(1)**, (2013), 26-35.
- [9] KurtulmuŐ, M., *Scientific Research and Essays*,**7(8)**, (2012), 947-956.
- [10]Kaçar, R., Emre, H.E., Demir, H., Gündüz, S., *Gazi Üniv. Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, **26(2)**, (2011), 349-357.