

# **POLİETİLEN LEVHALARIN SÜRTÜNME KARIŞTIRMA NOKTA KAYNAĞI İLE BİRLEŞEBİLİRLİĞİNE KARIŞTIRICI TAKIM DÖNME YÖNÜ VE KARIŞTIRMA SÜRESİNİN ETKİSİ**

Bekir ÇEVİK\*

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

**Özet:** Bu çalışmada, sürtünme karıştırma nokta kaynağı ile polietilen malzemelerin birleşebilirliğine karıştırıcı takım dönme yönü ve karıştırma süresinin etkisi araştırılmıştır. Kaynak işlemlerinde iki farklı takım dönme yönü (sağ ve sol) ve üç farklı karıştırma süresi (60, 90 ve 120 saniye) kullanılmıştır. Kaynaklı numunelere çekme makaslama testi uygulanmış, kaynak parametrelerinin bağlantının mekanik performansına etkileri belirlenmiştir. Karıştırıcı takımın dönme yönünün ve karıştırma süresinin kaynak çekirdeği oluşumuna ve bağlantı performansına etki ettiği tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler-** Sürtünme karıştırma nokta kaynağı, takım dönme yönü, karıştırma süresi

## **EFFECT OF ROTATION DIRECTION OF STIRRING TOOL AND STIRRING TIME ON WELDABILITY WITH FRICTION STIR SPOT WELDING OF POLYETHYLENE SHEETS**

**Abstract:** In this study, rotation direction of stirring tool and stirring time on weldability of polyethylene materials with friction stir spot welding was investigated. Two different direction of tool rotation (right and left) and three different stirring times (60, 90 and 120 second) were used in the welding processes. Tensile shear test was applied to the welding specimen, effect of tool rotation direction and stirring time were determined on mechanical performance of welded joining. Stirring tool rotation direction and stirring time were determined to be very important in a welding formation and its weld fracture forces.

**Key Words-** Friction stir spot welding, tool rotation direction, stirring time

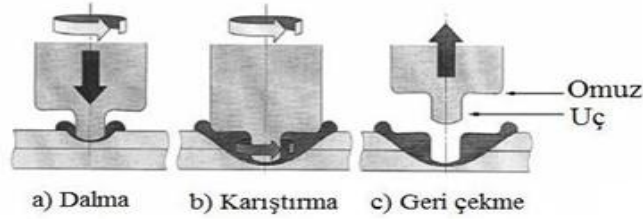
---

\* [bekircevik@duzce.edu.tr](mailto:bekircevik@duzce.edu.tr)

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Sürtünme karıştırma nokta kaynak yöntemi (SKNK), sürtünme karıştırma kaynak (SKK) yönteminden esinlenerek geliştirilmiştir [1,2]. Yöntem, 1993 yılında Mazda tarafından geliştirilmiş ve üretimde kullanılmıştır. SKNK yöntemi, otomobil sektöründe olduğu kadar diğer endüstri kollarında da oldukça dikkat çeken yeni bir kaynak yöntemidir. Yöntemin birleştirme mekanizması SKK yöntemi ile aynıdır. Ancak iki yöntem arasında uygulama farklılıkları bulunmaktadır [3]. SKK yöntemi ile genellikle alın veya bindirme tipli bağlantılarda kaynak dikişleri yapılabilmektedir. SKNK yönteminde ise sadece bindirme tipindeki bağlantılara nokta kaynağı yapılabilmektedir [1,3].

SKNK yöntemi, bindirme tipinde üst üste getirip sabitlenmiş iki levhaya yüksek devirde dönen karıştırıcı bir takımın (omuzlu bir karıştırıcı uç) daldırılarak belirli bir süre sürtünmesi ve karıştırması ile yapılır [3,4]. 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 [4,5]. Karıştırıcı takımın belirli bir devirde dönmesi ile alt ve üst levhaların plastikleşmiş (yumuşamış) kısımları birbiri içersinde karışır. Karıştırıcı takım omuz kısmının kaynak bölgesine uyguladığı basma kuvveti etkisi ile levhalar arasında birleşme gerçekleşir [6-9] (Şekil 1).



Şekil 1. SKNK yönteminin uygulama aşamaları (Application stages of FSSW method) [8]

SKNK yöntemi alüminyum, magnezyum, bakır ve çelik saçlara başarılı bir şekilde uygulanmaktadır [4-9]. Yöntem ile hem aynı cins hem de farklı metal kombinasyonlarında kaynak yapmak mümkündür. SKK ve SKNK yöntemleri ile plastik esaslı malzemelerin birleştirilebilirliği konusunda yapılan çalışmalar son yıllarda başlamıştır. SKK yönteminin ABS, HDPE, PP ve PC plastiklerine uygulanabileceği belirlenmiştir. SKNK yöntemi uygulamaları ise genellikle HDPE PP ve PMMA plastik malzemeleri üzerindedir [8-11].

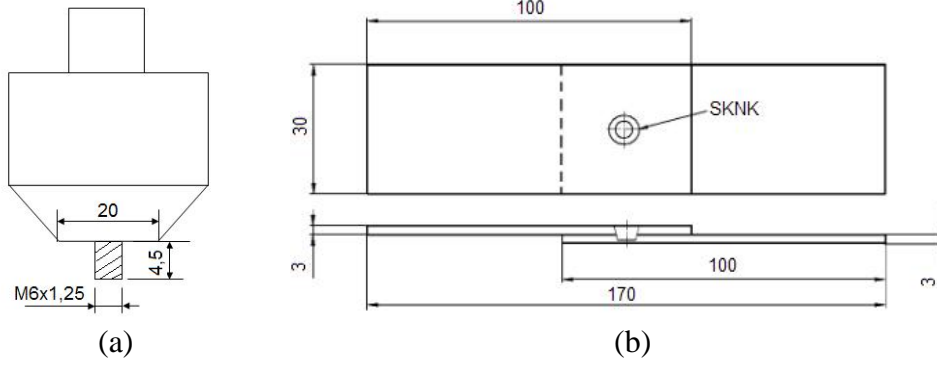
Bu çalışmada, polietilen malzemeler SKNK yöntemi ile farklı kaynak parametreleri kullanılarak birleştirilmiş ve kaynak parametrelerinin birleşebilirliğe etkisi belirlenmiştir.

## 2. YÖNTEM (METHOD)

Kaynak işlemlerinde 3 mm kalınlıkta polietilen (PE300-HD) levhalar kullanılmıştır. Polietilen levhanın mekanik özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir. SKNK işlemlerinde kullanılmak üzere 1.2080 çeliğinden pim boyu ayarlanabilen ve istenildiğinde pim değişikliği yapılabilen karıştırıcı takım tasarlanmış ve üretilmiştir. Karıştırıcı takımın geometrik özellikleri Şekil 2-a'da verilmiştir. Polietilen levhadan 3×30×100 mm boyutlarında deney numuneleri kesilmiştir.

**Çizelge 1.** Polietilen levhanın mekanik özellikleri (Mechanical properties of polyethylene sheet)

Malzeme	Akma Gerilmesi, MPa ( $\sigma_a$ )	Kopma Gerilmesi, MPa ( $\sigma_k$ ),	Elastiklik Modülü, MPa	Sertlik (Shore D)
PE300-HD	22	32	800	63

**Şekil 2.** a) Karıştırıcı takımın geometrik özellikleri, b) Çekme makaslama deney numunelerinin boyutu (a) Geometric properties of stirring tool, b) Size of the specimens of tensile shear test)

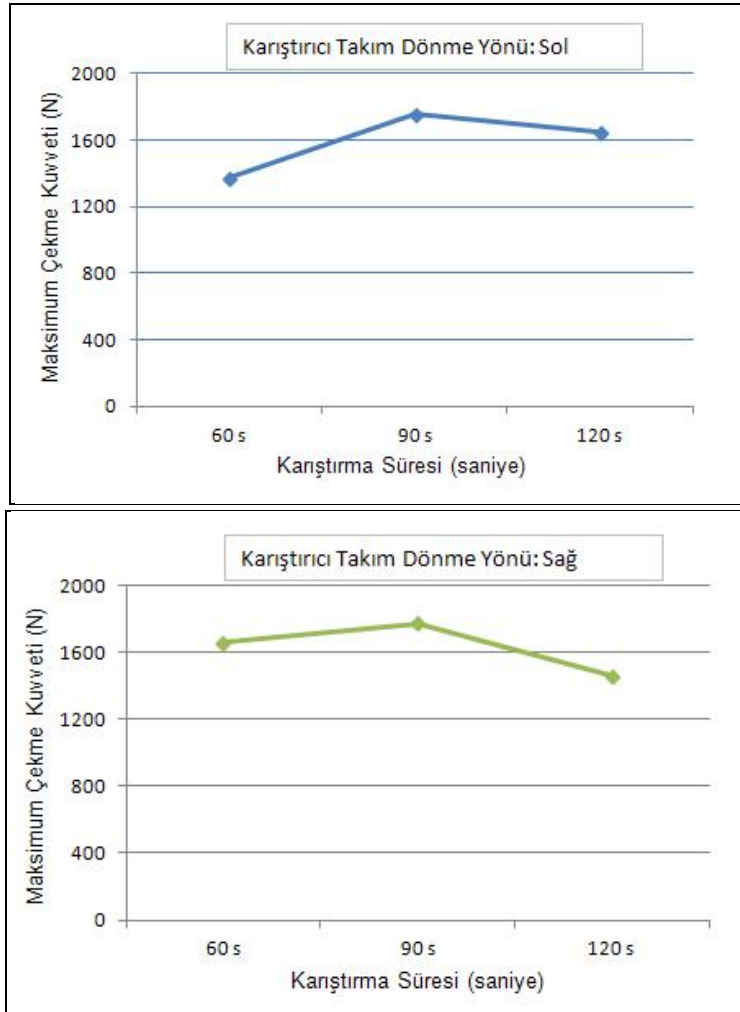
Kaynaklı numuneler üretilmeden önce polietilen levhalar Şekil 2-b’de görüldüğü gibi bindirme biçiminde bağlanmış ve kaynaklı birleştirme noktası bütün numunelerin ortasına denk gelmesi sağlanmıştır. Karıştırıcı takımın pim yüksekliği 4,5 mm ayarlanmıştır. Kaynak işlemi sırasında karıştırıcı takımın omuz kısmının polietilen levhalara 1 mm batması sağlanmış ve bütün numunelere standart bir baskı uygulanmıştır. Kaynak işlemlerinde iki farklı takım dönme yönü (sağ ve sol), 900 dev/dak takım dönme hızı, 60, 90 ve 120 saniye karıştırma süresi ve 30 saniye bekleme süresi kullanılmış, karıştırıcı takımın geometrik özellikleri, karıştırıcı takım dalma derinliği ve dalma hızı da sabit tutulmuştur. Bindirme biçiminde sabitlenen levhalar SKNK yöntemi ile birleştirilmiş ve çekme makaslama deney numuneleri üretilmiştir. Her kaynak parametresinde 3 adet numune üretilmiştir (Şekil 3). Çekme makaslama deney numunelerinin boyutu Şekil 2-b’de görülmektedir. 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.

**Şekil 3.** SKNK yöntemi ile üretilen kaynaklı numune (Welded specimen produced by FSSW method)

### 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

Yapılan çalışma ile SKNK yöntemi ile polietilen malzemelerin birleştirilmesinde karıştırıcı takım dönme yönü (sağ ve sol) ve farklı karıştırma sürelerinin etkisini belirlenmiştir. Bu amaçla

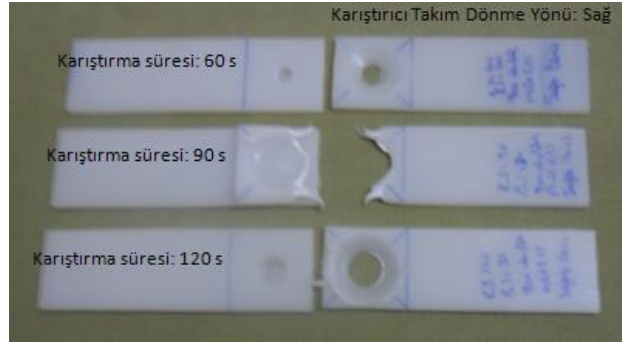
bindirme tipinde birleştirilen polietilen malzemelere çekme makaslama testi uygulanmıştır. Buradaki amaç, seçilen kaynak parametrelerine göre SKNK yöntemiyle birleştirilen polietilen malzemelerin maksimum çekme kuvvetini elde etmektir. Her kaynak parametresinde üretilen 3 adet test numunesinin çekme makaslama test sonucu belirlenmiş ve aritmetik ortalamaları hesaplanarak maksimum çekme kuvvetleri elde edilmiştir. Belirlenen maksimum çekme kuvvetleri kullanılarak her bir karıştırma yönüne göre karıştırma süresi-maksimum çekme kuvveti grafikleri oluşturulmuştur (Şekil 4).



**Şekil 4.** Karıştırma süresinin kaynaklı birleştirmelerin çekme makaslama performansına etkisi (Effect of stirring time on tensile shear performance of welding joining)

Yapılan çalışmada elde edilen sonuçlara göre, karıştırıcı takım sola döndürülerek yapılan kaynaklı birleştirmelerde, karıştırma süresi 60 s'den 90 s'ye çıkarılması ile kaynaklı bağlantıların maksimum çekme kuvveti artmıştır. Karıştırma süresi 120 s'ye arttırıldığında ise kaynaklı bağlantıların maksimum çekme kuvvetinde biraz düşüş meydana gelmiştir. 60 s, 90 s ve 120 s karıştırma sürelerinde sırasıyla 1374 N, 1753 N ve 1646 N maksimum çekme kuvvetleri elde edilmiştir. Karıştırıcı takım sağa döndürülerek yapılan kaynaklı birleştirmelerde de benzer sonuçlar elde edilmiş ve 60 s, 90 s ve 120 s karıştırma sürelerinde sırasıyla 1655 N, 1773 N ve 1475 N maksimum çekme kuvvetleri belirlenmiştir. Karıştırıcı takım dönme yönünün bağlantı performansına etkisi karşılaştırıldığında sağ takım dönme yönünde, 60 s ve

90 s karıştırma süresinde sola dönme yönüne göre daha yüksek maksimum çekme kuvvetleri belirlenmiştir. 120 s karıştırma süresinde ise sol takım dönme yönünde daha yüksek bağlantı performansı elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre, değişken parametre olarak ele alınan takım karıştırma süresi düşük değerlerde ise kaynak bölgesinde yeterli sürtünme ısısı oluşmamaktadır. Bu durum, kaynak çekirdek boyutunun küçük olmasına neden olmaktadır (Şekil 5). Küçük kaynak çekirdeği bağlantının zayıf olmasına dolayısıyla da düşük çekme kuvvetlerinde kopmalara sebep olmaktadır.



**Şekil 5.** Kaynaklı bağlantıların karıştırma süresine bağlı kopma davranışları (Fracture behavior of welded joining according to stirring time)

Karıştırma süresi optimum bir değere çıktığında, karıştırma esnasında oluşan sürtünme ısısı artmakta, bu durumda da daha büyük kaynak çekirdekleri oluşmaktadır (Şekil 5). Kaynak çekirdek boyutunun artması bağlantının mekanik performansını da arttırmaktadır. Karıştırma süresi optimum değerden daha fazla arttırıldığında ise kaynak bölgesi aşırı ısınmaktadır. Bu durumda da kaynak bölgesinin aşırı ısınmasıyla ve karıştırmanın etkisiyle yumuşayan malzeme karıştırıcı takımın kenarlarına doğru fırlamaktadır (Şekil 5). Bu da kaynak çekirdeğinin kalınlığının azalmasına neden olmakta, dolayısıyla da bağlantı performansı bir miktar düşmektedir. Bilici ve arkadaşları [11,12], takım dönme süresinin kaynak dikiş oluşumunu ve kaynak kopma kuvvetini etkilediğini ve yüksek kaynak kopma kuvveti elde edebilmek için karıştırma süresinin optimum değerinde olması gerektiğini ifade etmiştir. Benzer sonuçlar birçok araştırmacı [6,7,11-13] tarafında da rapor edilmiştir.

#### 4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

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

- 1) Yapılan çalışma ile SKNK işleminin en önemli parametrelerinden birisi olan karıştırma süresinin kaynak dikiş formuna ve mekanik performansına etkisi belirlenmiştir.
- 2) Karıştırıcı takımın dönme yönü kaynaklı bağlantının oluşumuna etki etmekte ve bazı karıştırma sürelerinde mekanik performansını etkilemektedir. Yapılan çalışmada en ideal bağlantı performansı, karıştırıcı takımın sağa (saat ibresi yönü) döndürülmesi ve 90 saniyelik karıştırma süresinde (1773 N) elde edilmiştir.

- 3) Yüksek karıştırma sürelerinde karıştırıcı takımın temas ettiği bölgedeki malzeme ergimiştir. Yüksek karıştırma hızlarında ergiyen malzeme karıştırıcı takımın yanlarından fıskırması ve dönmenin etkisiyle kaynak bölgesinden uzaklaşmıştır. Bu durum bağlantı performansını olumsuz etkilemiştir.
- 4) Düşük ve yüksek sürtünme ısıları oluşturan kaynak parametrelerinde çalışılması halinde kaynaklı bağlantıda düşük mekanik performans görülmüştür. Optimum kaynak parametreleri belirlendiğinde bu sorun çözülebilir.

## 5. KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1]. Kaluç, E., Taban, E., “Sürtünen Eleman İle Kaynak (FSW) Yöntemi”, *TMMOB Makine Mühendisleri Odası*, Ankara, 1-86, (2007).
- [2]. Kahraman, N., Gülenç, B., (2009), *Modern Kaynak Teknolojisi*, EPA-MAT Basım Yayın Ltd. Şti.
- [3]. Mert, Ş., Mert, S., “Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynak Yönteminin İncelenmesi”, *İleri Teknoloji bilimleri Dergisi*, Cilt 2, Sayı 1, 26-35, (2013).
- [4]. Kaçar, R., Emre, H.E., Demir, H., Gündüz, S., “Al-Cu-Al Malzeme Çiftinin Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynak Kabiliyeti”, *Gazi Üniv. Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 26, No 2, 349-357, (2011).
- [5]. Kaluç, E., Taban E., “Otomobil Endüstrisinde Direnç Nokta Kaynağına Alternatif Bir Yöntem: Sürtünen Elemanla Nokta Kaynağı”, *Kaynak Teknolojisi VI Ulusal Kongresi ve Sergisi*, TMMOB, 51–60, 9–10, (2007).
- [6]. Bilici, M., K., Yukler, A., İ., “Effects of Welding Parameters on Friction Stir Spot Welding of High Density Polyethylene Sheets”, *Materials and Design*, 33, 545-550, (2012).
- [7]. Bilici, M., K., Yukler, A., İ., 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, (2012).
- [8]. Bilici, M. K., Yukler. A.İ., Kurtulmuş, M., Yüksek Yoğunluklu Polietilen Levhaların Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynağında Kaynak Ucu Geometrisinin Kaynak Mukavemetine Etkisi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 23, 3, 111-122, (2011).
- [9]. Awang, M., Mucino, V.H., Feng, Z., David, S.A., Thermo-Mechanical Modeling of Friction Stir Spot Welding(FSSW) Process: Use of an Explicit Adaptive Meshing Scheme”, *SAE International Paper*, 01, 1251-1256, (2005).
- [10]. Yang, Q., Mironov, S., Sato, Y.S., Okamoto, K., “Material Flow During Friction Stir Spot Welding”, *Material Science and Engineering A*, 527, 4389-4398, (2010).
- [11]. Bilici, M., K., Hortamacıoğlu, S., Yukler, A., İ., “Yüksek Yoğunluklu Polietilen Levhaların Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynak Parametrelerinin Optimizasyonunda Yapay Sinir ağlarının Kullanımı, 3. Ulusal Tasarım İmalat ve Analiz Kongresi, 366-378, (2012).
- [12]. Bilici, M. K., Yukler. A.İ., Kurtulmuş, M., “Polietilen Levhaların Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynağında Kaynak Parametrelerinin Bağlantının Performansına Etkisi”, *Gazi Üniv. Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 27, No 2, 439-445, (2012).
- [13]. Kurtulmuş, M., Friction Stir Spot Welding Parameters for Polypropylene Sheets, *Scientific Research and Essays*, 7(8), 947-956, (2012).