



# Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Derleme Makale

## Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynak Yönteminin Otomotiv Sektöründeki Yeri

Şenol MERT<sup>a,\*</sup>, Sevda MERT<sup>b</sup>

<sup>a</sup> İmalat Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Düzce Üniversitesi, Düzce, TÜRKİYE

<sup>b</sup> Elektrik ve Enerji Bölümü, Gölyaka MYO, Düzce Üniversitesi, Düzce, TÜRKİYE

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

### ÖZET

Bu çalışmada, sürtünme karıştırma nokta kaynak (SKNK) yönteminin otomotiv sektöründeki yeri incelenmiştir. SKNK, sürtünme karıştırma kaynağı (SKK) yönteminden türetilmiş ve otomotiv sektöründe oldukça dikkat çeken yeni bir kaynak yöntemidir. SKNK yöntemi, SKK yönteminde kullanılan kaynak takımına benzer bir takımla, dalma, karıştırma ve geri çekilme olarak belirtilen üç kademeyi içerir. Yöntem son derece basittir. Yöntemde meydana gelen kaynağın görünüşü, otomobil gövdelerinin montajı için yaygın olarak kullanılan direnç nokta kaynağına (DNK) benzemektedir. Yapılan araştırmada, SKNK yönteminin dünya çapındaki otomotiv firmaları tarafından uygulandığı görülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Sürtünme karıştırma nokta kaynağı, Takım, Otomotiv, Endüstri, Sektör, Firma

## Place in the Automotive Sector of Friction Stir Spot Welding Method

### ABSTRACT

In this study, place in the automotive sector of friction stir spot welding (FSSW) method was investigated. FSSW method was derived from the Friction Stir Welding (FSW) process, which is a new process that has received considerable attention in the automotive sector. The FSSW process consists of three phases of plunging, stirring and retraction with the FSSW tool similar to the FSW tool. The process is extremely simple. The appearance of the resulting weld resembles that of Resistance Spot Welding (RSW) commonly used for auto body assembly. In the research, it is seen that was applied by worldwide automotive companies of the FSSW process.

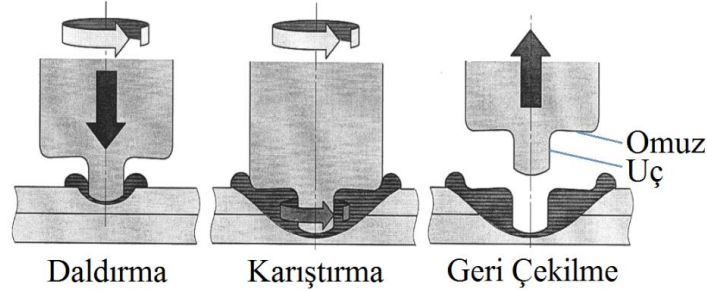
**Keywords:** Friction stir spot welding, Tool, Otomotiv, Industry, Sector, Firm

## I. GİRİŞ

**O**TOMOTİV sanayi, gelişen teknolojiyi yakından takip eden ve her türlü gelişmeyi bünyesine adapte edebilme kolaylığına sahip bir endüstridir. Bir otomobilin üretilebilmesinde binlerce parça kullanılmakta ve yüzlerce farklı tipte işlem gerçekleştirilmektedir. Bu işlemlerden belki de en önemlisi, araç kalitesini %40 oranında etkileyen, aracın gövdesinin ortaya çıkarıldığı kaynak işlemlerdir. Bir otomobil fabrikasının kaynak atölyesinde, gövdenin imali için kullanılan belli başlı kaynak yöntemleri, direnç nokta kaynağı, direnç dikiş kaynağı, metal aktif gaz (MAG) kaynağı, saplama kaynağı ve yumuşak lehimlemedir [1]. Ancak son yıllarda geliştirilen kaynak yöntemleri, direnç nokta kaynağı (DNK) gibi özellikle otomotiv sanayisinde halen kullanılmakta olan kaynak yöntemlerinin yerini almaya adaydır. Bu anlamda, direnç nokta kaynağının alternatif kaynak yöntemi sürtünme karıştırma nokta kaynağı (SKNK) olarak ifade edilmektedir [2].

## II. YÖNTEM

SKNK yönteminin, sürtünme karıştırma kaynağı (SKK) yönteminde kullanılan kaynak takımına benzer bir takım, daldırma, karıştırma ve geri çekilme olarak belirtilen üç kademe gerçekleştirilen Şekil 1'deki gibi bir uygulaması vardır [2-13]. Bu üç aşama sırasıyla aşağıdaki gibidir.



*Şekil 1. SKNK yönteminin üç kademesi [8]*

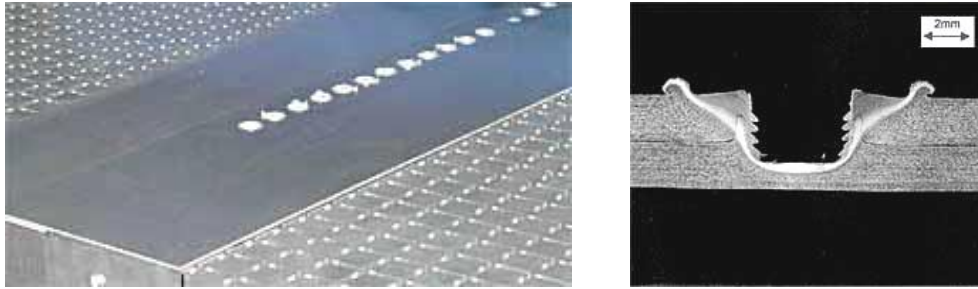
Belirli bir devirle döndürülen kaynak takımının uç kısmı, bindirme kaynağı pozisyonundaki parçalara temas ettiği anda daldırma aşaması başlamış olur. Takımın uyguladığı kuvvet, birleştirilecek parçalar ile takım ucu arasında sürtünme ısısının ortaya çıkmasını sağlar [2, 5, 6]. Sürtünme ısısı ile bu bölgede yumuşayan malzeme, takım ucunun iş parçasına dalmasına izin verir ve daldırma aşaması, takım omzunun üst parça yüzeyine temas etmesiyle sona erer [2, 5, 6, 11, 12]. Karıştırma (birleştirme) aşamasında ise, kaynak takımının omuz kısmı üst parça yüzeyine temas etmesiyle, bu bölgede de sürtünme ısısı ortaya çıkar ve kaynak bölgesine daha fazla miktarda ısı girişi sayesinde daha geniş bir bölgede malzeme yumuşaması sağlanır. Yumuşayan malzeme karıştırılarak, takım ucu etrafında ve malzemeler arasında kaynak bağlantısı oluşur. Bu sırada, takım omuzu parçalara kuvvet uygulamaya devam ederek, iki parça arasındaki birleşme ara yüzeyinin tam temasta olmasını sağlar. Karıştırma safhasında yumuşayan malzemenin, aksenel doğrultuda yumuşamış malzeme hareketi ve dönme yönünde yumuşamış malzeme hareketi olmak üzere iki türlü hareketi mevcuttur [2, 5, 11, 14]. Son aşama olan geri çekilme aşamasında ise, kaynak takımı, birleştirme işlemi tamamladıktan sonrada dönmeye devam ederek geri çekilir [5, 7, 15].

### III. BULGULAR ve TARTIŞMA

SKNK yöntemi, 1993'te Mazda tarafından geliştirilmiş [6, 16] ve ilk olarak yine Mazda tarafından 2003 RX-8'in üretiminde kullanılmıştır. Yekpare alüminyum arka kapı SKNK ile yapılmıştır. Diğer bazı otomobil şirketleri de Al gövde kısımlarının kaynağını SKNK ile yaptıklarını duyurmuşlardır [9, 16-18]. Yöntem ayrıca, alüminyum, magnezyum ve diğer hafif metallerin bindirme bağlantıları için, Kawasaki ağır endüstrisi tarafından geliştirilmiştir [4, 5, 16]. Kaynak sırasında malzemede ergime olmayışı, çarpılmaları minimuma çekmiş ve daha iyi özellikte bağlantılar sağlanmıştır [18]. Yöntemin basit ve çevre dostu olması, uygulanması sırasında duman ve ışın oluşmaması, koruyucu gaz, toz, tel veya elektroda gereksinim duyulmaması, yatırım maliyetinin düşük ve önemli derecede enerji tasarrufu sağlaması, ayrıca otomasyona da yatkınlığından dolayı [5, 6, 19] Amerikan otomotiv endüstrisi için büyük bir ilgi konusu olmuştur. Bu teknolojiyi daha da geliştirmek amacıyla Ford yoğun çalışmalar yapmaktadır [2, 6].

SKNK için özellikle taşımacılık endüstrisindeki alüminyum yapılarda kullanılan birçok uygulama vardır. Herhangi bir uygulamada SKNK, günümüzde yaygın olan perçinleme veya direnç nokta kaynağının yerine sık sık geçebilmektedir. Bu uygulamalara otomobil parçaları, otomobil gövde panelleri, kamyon ve treyler gövdeleri, kamyon alt iskeleti (şasisi) ve süspansiyon elemanları, golf arabaları, trenler, tekneler ve benzeri araçlar örnek olarak verilebilir. Yapılan uygulamalarda önemli maliyet azalması sağlanmış ve mekanik özelliklerde de heyecan verici gelişmelere ulaşılmıştır [4].

SKNK yöntemi alüminyum ve çeliklerin kullanımında otomotiv ve genel taşımacılık endüstrisinde oldukça dikkat çekmektedir ve bağlantılar, alüminyum ve çeliklerin kullanımında uygulanmıştır. Bindirme levhalarına SKNK uygulandıktan sonra, bir seri şeklindeki kaynak noktalarının görünümü ve oluşturulan nokta kaynağının enine kesiti Şekil 2'de verilmiştir [20].



*Şekil 2. SKNK ile oluşturulmuş seri kaynak noktaları ve kaynağın enine kesiti [20]*

Japon otomobillerinde, derin çekilmiş alüminyum levhalardan arka kapılar, kaputlar ve bagaj kapakları üretiminde SKNK'nın kullanılması büyük ve önemli bir gelişmedir. Bir araç için üretilen, SKNK kullanılmış parça örneği Şekil 3'te görülmektedir [21].



*Şekil 3. Bir araca ait parçada SKNK uygulaması [21]*

Otomotiv endüstrisinde, Hiroşima'daki Japon otomobil fabrikası Mazda, ilk uygulama olarak otomobil gövdesinin üretiminde DNK yerine SKNK yöntemini seçmiştir. Mazda firması, SKNK yöntemini DNK ile karşılaştırdığında, kaynak sırasında ortaya çıkan ve saçılan kıvılcımlardan kaçınmak ve de enerji tüketimini azaltmak için bu yöntemi kullanmaktadır. SKNK yöntemi, %99 oranında enerji tasarrufu sağlanması ve %40 oranında ekipman maliyetlerinin azaltılması nedeni ile ilk olarak Mazda firması tarafından, önce Mazda RX-7 model spor arabaların, sonrasında ise Mazda RX-8 model spor arabaların üretiminde kullanılmıştır. Mazda RX-7 model spor arabanın önden ve arkadan görünüşü Şekil 4' de, Mazda RX-8 model spor arabanın önden görünüşü ise Şekil 5' de verilmiştir. Mazda firması, Mazda RX-8 spor arabalarının yekpare alüminyum arka kapılarında ve bir çarpma esnasında yaya korumayı artırmayı amaçlı darbe emici özelliği olan kaputlarının üretiminde SKNK yöntemini kullanmaktadır. Mazda RX-8'in arka kapısında SKNK uygulanırken Şekil 6' da görülmektedir. Ayrıca diğer bazı otomobil şirketleri de örneğin Ford, bazı modelleri için Al gövde kısımlarının kaynağını SKNK ile yaptıklarını duyurmuşlardır [9, 16-18, 22-30].



*Şekil 4. Mazda RX-7 model spor araba [28, 29]*



*Şekil 5. Mazda RX-8 model spor araba [30]*



*Şekil 6. Mazda RX-8'in arka kapısında SKNK uygulanırken [22, 24]*

Elde edilen sonuçların cesaret verici olmasından dolayı, dünya çapında çeşitli ülkelerde alüminyum otomotiv parçalarının seri üretiminde SKK ve bu yöntemden türetilen SKNK yöntemi kullanılmaktadır. Detroit'te ki Amerikan otomobil fabrikası Ford, bir spor araba olan Ford GT'de bu yöntemleri kullanmıştır. Böylece Mazda firmasından sonra Ford firması da SKNK yöntemini kullanmış ve bir spor araba olan Ford GT'nin alüminyum şasisinde bu yöntemi uygulamıştır. Ford GT model spor arabanın önden ve arkadan görünüşü Şekil 7'de verilmiştir. Ayrıca Amerika'nın Tower firması, otomotiv parçalarının üretiminde SKNK yöntemini seçmiştir [22, 25, 31, 32].



*Şekil 7. Ford GT model spor araba [31, 32]*

İngiliz otomobil firması Jaguar'dan yetkililer, Jaguar arabalarında alüminyum araba gövdelerinin maliyetini düşürmek için, teknolojik bir yol haritası ortaya koyduklarını duyurmuşlardır. Jaguar firmasındaki mühendisler, gelecekteki araba modellerinin performansında artış sağlayacak, gövde yapılarının teknolojisi üzerinde çalışmaktadır. Üretimin önemli bir kısmı için robot esaslı otomasyon uygulamasının kullanılmasına devam edilecektir. İngiltere'de Land Rover ve Jaguar araba firmalarında, gövde yapıları üzerine çalışan birimin müdürü olan Mark White'a göre, yapılan çalışmalar Jaguar arabalarının görünümünü güçlendirirken, aynı zamanda bazı modellerin beyaz gövdesi için seçilen malzeme olarak alüminyumun statüsünü pekiştirmiştir. Çelik gövdelere alışılmış olsa bile, alüminyum paneller ağırlığın azalmasını sağlamıştır. Alüminyum kullanımının giderek artması parça başına maliyetleri düşürmek, güvenilirliği artırmak ve ağırlığı azaltmak için üretim teknolojilerinin sürekli değerlendirilmesini gerektirir. Bu arada yapıştırıcılar, bazı kısıtlamaları yüzünden birincil birleştirme yöntemi olarak kullanılmayıp, ikincil birleştirme yöntemi olarak kalmıştır. İngiliz otomobil fabrikası Jaguar, SKNK' nın geliştirilmesi için İngiltere'de ki Warwick Üniversitesi ile birlikte bilimsel çalışmalar yapmaktadır. Mark White, Jaguar firmasında şu an bir yöntem seçmek zorunda kalırsa, SKNK' nı seçeceklerini ve beş yıl içinde her şeyin değişebileceğini, on yıl içinde ise şu an kullanılan yöntemin yerini SKNK yöntemine bırakabileceğini bildirmiştir [17].

#### IV. SONUÇ

SKNK yöntemi, SKK yönteminden türetilmiş ve otomotiv sektöründe oldukça dikkat çeken yeni bir kaynak yöntemidir. SKNK yönteminde meydana gelen kaynağın görünüşü, otomobil gövdelerinin montajı için yaygın olarak kullanılan DNK yöntemine benzemektedir. SKNK uygulaması sırasında malzemede ergime olmayışı, çarpılmaları minimuma çektiğinden ve daha iyi özellikte bağlantılar sağladığından, yöntemin basit ve çevre dostu olmasından, uygulanması sırasında duman ve ışın oluşmamasından, koruyucu gaz, toz, tel veya elektroda gereksinim duyulmamasından, yatırım maliyetlerinin düşük ve önemli derecede enerji tasarrufu sağlamasından, ayrıca otomasyona da yatkınlığından dolayı dünya çapındaki otomotiv firmalarının dikkatini üzerine çektiği görülmektedir.

#### V. KAYNAKLAR

- [1] S. Anık, A. Oğur, M. Vural, H. Turan *Mühendis ve Makina* **513** (2002).
- [2] Ş. Mert, S. Mert *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi* **2(1)** (2013) 26.
- [3] T. Rosendo, J. Mazzaferro, C. Mazzaferro, M. Tier, F. Ramos, A. Reguly, T. Strohaecker, J. dos Santos, [http://www.hzg.de/imperia/md/content/gkss/institut\\_fuer\\_werkstoffforschung/wmp/poster-apresentacao-gkss2.pdf](http://www.hzg.de/imperia/md/content/gkss/institut_fuer_werkstoffforschung/wmp/poster-apresentacao-gkss2.pdf) (Erişim tarihi: 28<sup>th</sup> of March, 2013 and 10<sup>th</sup> of May, 2015).
- [4] C. B. Smith, J. F. Hinrichs, P. C. Ruehl, [www.frictionstirlink.com](http://www.frictionstirlink.com) (Erişim tarihi: 21<sup>th</sup> of March, 2006 and 16<sup>th</sup> of May, 2015).
- [5] Kawasaki Heavy Industries Ltd., [www.kawasakirobot.com](http://www.kawasakirobot.com) (Erişim tarihi: 18<sup>th</sup> of March, 2006 and 28<sup>th</sup> of March, 2013).
- [6] Z. Feng, S. Diamond, M. L. Santella, T. Y. Pan, N. Li, *Oak Ridge National Laboratory Report*, DE-AC05-00OR22725, (2004).
- [7] A. Gerlich, P. Su, T. H. North, G. J. Bendzsak *Materials Forum* **29** (2005) 290.
- [8] M. Awang, V. H. Mucino, Z. Feng, S. A. David, *Use of an Explicit Adaptive Meshing Scheme-01-1251*, (2005).

- [9] Z. Feng, M. L. Santella, S. A. David, R. J. Steel, S. M. Packer, T. Pan, M. Kuo, R. S. Bhatnagar, *SAE Technical Paper Series-01-1248*, Oak Ridge National Laboratory, (2005).
- [10] Ş. Mert, A. Arıcı *Science and Technology of Welding and Joining* **16(6)** (2011) 522.
- [11] S. Lathabai, M. J. Painter, G. M. D. Cantin, V. K. Tyagi *Scripta Materialia* **55** (2006) 899.
- [12] A. Gerlich, P. Su, T. H. North *Journal of Materials Science* **40** (2005) 6473.
- [13] M. K. Bilici, A. İ. Yukler *Materials and Design* **33** (2012) 145.
- [14] A. Arıcı, Ş. Mert *Journal of Reinforced Plastics and Composites* **27** (2008) 2001.
- [15] Ş. Mert, S. Mert *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi* **2(3)** (2013) 121.
- [16] D. Mitlin, V. Radmilovic, T. Pan, J. Chean, Z. Feng, M. L. Santella *Mater. Sci. and Eng.* **441** (2006) 79.
- [17] J. Mortimer *Industrial Robot: An International Journal* **32(3)** (2005) 209.
- [18] W. Kimberley *Focus Manufacturing* **36** (2005).
- [19] J. Hinrichs, [www.frictionstirlink.com](http://www.frictionstirlink.com) (*Erişim tarihi: 21<sup>th</sup> of March, 2006*).
- [20] S. Dunkerton, J. Simpson, [www.twi.co.uk/content/spsbdjuly2006.html](http://www.twi.co.uk/content/spsbdjuly2006.html) (*Erişim tarihi: 19<sup>th</sup> of April, 2009*).
- [21] S. W. Kallee, <http://www.twi.co.uk/content/spswkaug2006.html> (*Erişim tarihi: 21<sup>th</sup> of April, 2009*).
- [22] S. W. Kallee, J. M. Kell, W. M. Thomas, C. S. Wiesner, <http://www.twi.co.uk/content/spswksept2005.html> (*Erişim tarihi: 24<sup>th</sup> of April, 2009*).
- [23] M. L. Santella, G. J. Grant, Z. Feng, J. A. Carpenter, P. S. Sklad, *Oak Ridge National Laboratory & Pacific Northwest National Laboratory Progress Report*, DE-AC05-00OR22725 & DE-AC06-76RLO1830, (2005).
- [24] J. Adamowski, <http://www.ithink.pl/artykuly/aktualnosci/nawinki-technologiczne/friction-stir-welding-8211-przelomowa-metoda-zgrzewania-w-stanie-stalym-i-jej-zastosowanie-w-przemysle-motoryzacyjnym/> (*Erişim tarihi: 24<sup>th</sup> of April, 2009*).
- [25] CFSWC (China FSW Center), <http://www.cfswt.com/brief/technology3-e.html> (*Erişim tarihi: 24<sup>th</sup> of April, 2009*).
- [26] P. C. Lin, J. Pan, T. Pan *Part 1: International Journal of Fatigue* **30** (2008) 74.
- [27] P. C. Lin, J. Pan, T. Pan *Part 2: International Journal of Fatigue* **30** (2008) 90.
- [28] Mazda RX7, [http://pictures.topspeed.com/IMG/crop/200805/mazda-rx-7-coming-in\\_460x0w.jpg](http://pictures.topspeed.com/IMG/crop/200805/mazda-rx-7-coming-in_460x0w.jpg) (*Erişim tarihi: 24<sup>th</sup> of April, 2009*).
- [29] Mazda RX7, [http://fc03.deviantart.com/fs36/f/2008/243/2/8/Mazda\\_RX\\_7\\_Concept\\_by\\_armandodesign.jpg](http://fc03.deviantart.com/fs36/f/2008/243/2/8/Mazda_RX_7_Concept_by_armandodesign.jpg) (*Erişim tarihi: 24<sup>th</sup> of April, 2009*).
- [30] Mazda RX8, <http://www.wallpaperpimper.com/wallpaper/Automobile/Mazda/RX8/Mazda-RX8-4-Q96EHV2OYS-1024x768.jpg> (*Erişim tarihi: 24<sup>th</sup> of April, 2009*).
- [31] Ford GT, <http://www.verhoeven-veldeman.net/yordi/autos/auto%27s/top%2015/ford%20GT/Ford%20GT%205.jpg> (*Erişim tarihi: 24<sup>th</sup> of April, 2009*).
- [32] Ford GT, <http://cache.jalopnik.com/cars/assets/resources/2007/04/Ford-GT.jpg> (*Erişim tarihi: 24<sup>th</sup> of April, 2009*).