

SÜRTÜNME KARIŞTIRMA NOKTA KAYNAĞI YÖNTEMİNDE KULLANILAN MAKİNA VE EKİPMANLARIN İNCELENMESİ

Şenol MERT^{1*} Sevda MERT²

¹ Düzce Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İmalat Müh. Bölümü, 81620, Konuralp, DÜZCE

² Düzce Üniversitesi, Gölyaka MYO, 81800, Gölyaka, DÜZCE

Özet-Sürtünme karıştırma nokta kaynak (SKNK) yöntemi otomasyona yatkındır. Bu sayede, robot ve otomasyon sistemlerine entegre edilerek kolayca geliştirilmiştir. Yöntem sayesinde, kısa işlem zamanı ile etkili bindirme bağlantıları elde edilebilir. Donanım, yazılım ve işlem parametrelerinin geliştirilmesi mümkündür. Böylece SKNK yöntemi, standart endüstriyel bir robotun kullanımına olanak sağlamıştır. Yöntemde kullanılan makineler temelde benzer kontrol sistemlerine sahip olmakla beraber, mekanik donanımları açısından değişiklik gösterirler. SKNK yönteminde temelde üç şekilde makina tasarımı söz konusudur. Bu yöntemde, masa üstü SKNK makinası, sabit tipte veya pres tipi SKNK makineleri ve SKNK robotları kullanılabilir. SKNK yöntemi, donanım açısından incelendiğinde, yöntemin oldukça basit bir donanıma sahip olduğu görülmektedir.

Anahtar Kelimeler- Sürtünme Karıştırma Nokta Kaynağı, Makina, Ekipman

INVESTIGATION OF MACHINE AND EQUIPMENTS USING IN THE FRICTION STIR SPOT WELDING METHOD

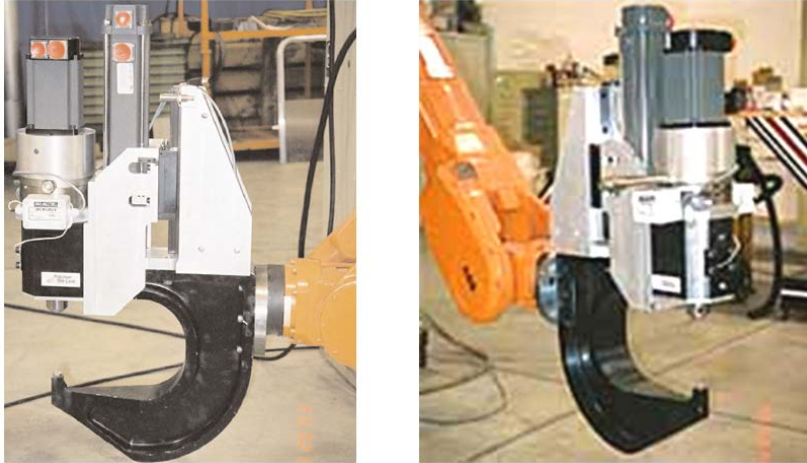
Abstract-Friction stir spot welding (FSSW) method is prone to automation. In this way, by integrating the robot and automation systems have been easily developed. Thanks to the method, the effective overlapping joints can be obtained a short processing time. Hardware, software and processing parameters could be developed. Thus the FSSW method has allowed using of a standard industrial robot. Although using machines in the FSSW method have basically similar control systems, the machines indicate varies in terms of mechanical equipments. There are basically three type machine design in the FSSW method. In this method, bench-top FSSW machine, stationary type or press type FSSW machines and FSSW robots can be used. If the FSSW method is investigated in terms of hardware, the method have rather a simple equipment.

Key Words- Friction Stir Spot Welding, Machine, Equipment

* senolmert@duzce.edu.tr

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

SKNK yöntemi otomasyona yatkınlığı sayesinde, robot ve otomasyon sistemlerine entegre edilerek kolayca geliştirilmiştir ve bu sayede kısa işlem zamanı ile etkili bindirme bağlantıları elde etmeye imkan vermiştir [1-3]. FSL (Friction Stir Link), Amerika'nın Wisconsin şehrinde, otomotiv endüstrisi üzerine odaklanmış servis ve tedarikçi bir firmadır. Alüminyumun SKNK uygulamaları için çeşitli SKNK makina ve donanımları FSL'den sağlanabilir. FSL, SKK (Sürtünme Karıştırma Kaynağı) ve SKNK yöntemlerinin gelişmesini, teknoloji transferini, kaynak sonrası üretilen hacmin hafifliğini sağlamak için çalıştığı gibi, geliştirdiği StirWare yazılımı ile de SKK ve SKNK yöntemlerinin entegrasyonuna (bütünleşmesine) olanak sağlamıştır [4-6]. Donanım, yazılım ve işlem parametrelerinin geliştirilmeye açık olması, standart endüstriyel bir robotun kullanımına olanak sağlamıştır. Örneğin Kawasaki ve ABB firmaları SKK ve SKNK kaynak yöntemlerinde bunu uygulamışlardır. Çok eksenli bir Kawasaki robot ile SKNK yöntemi birleştirildiği zaman daha büyük faydalar sağlanabileceğinin farkına varılmıştır ve KHI, hafif alaşımları birleştirme işleminde özel bir SKNK tabancası geliştirmiştir. Dünya çapında başarıya ulaşmış KHI, dünya genelinde gelişmiş ve mükemmelleşmiş sabit SKNK makinalarını ve ilaveten Kawasaki mafsallı robotlarından faydalanan esnek birleştirici sistemlerini dünyaya tanıtmıştır [5, 7]. Böylece Şekil 1'de görüldüğü gibi geliştirilmiş mafsallı robot kolu üzerinde, bilgisayar kontrollü SKNK tabancası (C çerçeve sistemi) yapılacak üretim veya çalışmalarda kullanılabilir ve bu sistemler gerektiğinde ticari olarak elde edilebilir [1, 4-7].

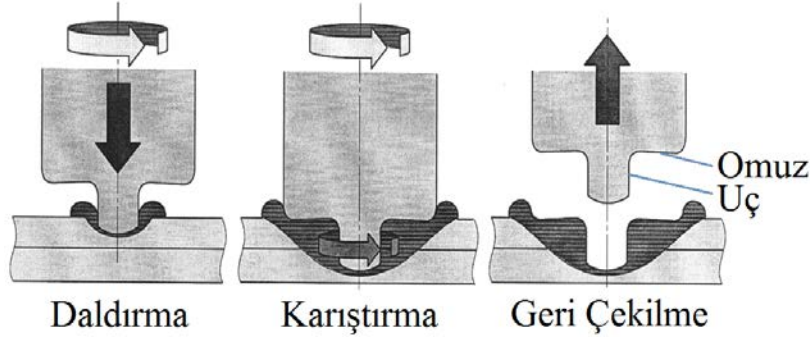


Şekil 1. Mafsallı robot kolu üzerinde bilgisayar kontrollü SKNK tabancası (Computer controlled FSSW gun on the articulated robot arm) [6, 8, 9]

SKNK yönteminde kullanılan makinalar temelde benzer kontrol sistemlerine sahip olmakla beraber mekanik donanımları açısından değişiklik gösterirler. SKNK yönteminde temelde üç şekilde makina tasarımı söz konusudur. Bu yöntemde masa üstü, sabit tipte veya pres tipi makinalar kullanılabilir gibi, robotlarda kullanılabilir. Bunlardan robotların kullanımı, özellikle otomobillerde derin çekilmiş alüminyum levhalardan arka kapılar, kaputlar ve bagaj kapakları üretiminde önemli bir yer tutar. Mafsallı robot kolu üzerinde bilgisayar kontrollü SKNK tabancası (C çerçeve sistemi) kullanılması büyük ve önemli bir gelişmedir. Bunun haricinde ihtiyaca göre masa üstü SKNK makinaları ve sabit tipte veya pres tipi SKNK makinaları da kullanılabilir [4-9].

2. YÖNTEM (METHOD)

SKNK yönteminin, SKK yönteminde kullanılan kaynak takımına benzer bir takım, daldırma, karıştırma ve geri çekilme olarak belirtilen üç kademedeki gerçekleştirilen bir uygulaması vardır (Şekil 2) [3, 5, 7, 10-18]. Bu üç aşama sırasıyla aşağıdaki gibidir.



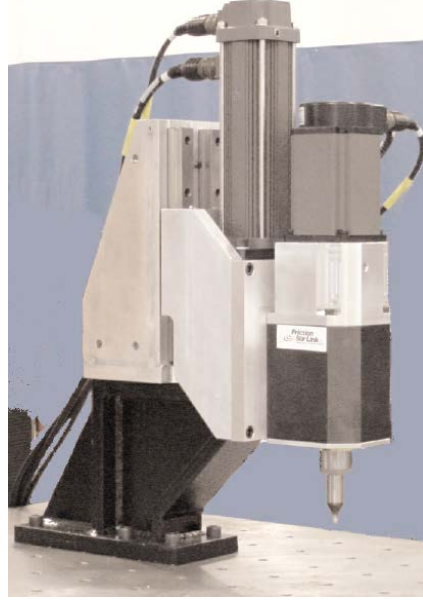
Şekil 2. SKNK yönteminin üç kademesi (Three stage of the FSSW method) [12]

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 [7, 10, 17]. 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 [7, 10, 15-17]. Karıştırma (birleştirme) aşamasında ise, kaynak takımının omuz kısmı üst parça yüzeyine temas etmesiyle, bu bölgede de sürtünme ısısı ortaya çıkmakta ve kaynak bölgesine daha fazla miktarda ısı girişi sayesinde daha geniş bir bölgede malzeme yumuşaması sağlanmaktadır. Yumuşayan malzeme karıştırılarak, takım ucu etrafında ve malzemeler arasında kaynak bağlantısı oluşmaktadır. Bu sırada, takım omuzu parçalara kuvvet uygulamaya devam ederek iki parça arasındaki birleşme ara yüzeyinin tam temasta olmasını sağlar. Karıştırma safhasında yumuşayan malzemenin, aksel doğrultuda yumuşamış malzeme hareketi ve dönme yönünde yumuşamış malzeme hareketi olmak üzere iki türlü hareketi mevcuttur [7, 15, 17, 19]. Son aşama olan geri çekilme aşamasında ise, kaynak takımı, birleştirme işlemi tamamladıktan sonrada dönmeye devam ederek geri çekilir [7, 11]. Kaynak takımı parçalardan tamamen uzaklaştığında, kaynak bölgesinin ortasında karakteristik bir boşluk oluştuğu görülür [7, 10-13, 15-20].

3. SKNK YÖNTEMİNİN MAKİNA VE EKİPMANLARI (MACHINE AND EQUIPMENTS OF THE FSSW METHOD)

3.1. Masa Üstü SKNK Makinası (Bench-Top FSSW Machine)

Masa üstü tip SKNK makinası araştırma ve geliştirme amaçlı çalışmalarda kullanılabilir gibi çok sayıda üretimin söz konusu olduğu yüksek hacimli parça üretiminde de kullanılabilir. Eğer otomatik bir sistem ile kendi kendine bağlama tertibatı kullanılırsa, el ile sabitleme gerekmez çalıştırılabilir. Çok sayıdaki uygulamalar için ise çoklu masa üstü birimleri bir robot ile entegre edilebilir. Şekil 3'te masa üstü tip SKNK makinası görülmektedir [6, 8].



Şekil 3. Masa üstü SKNK makinası (Bench-top FSSW machine) [6, 8]

3.2. Sabit Tip ve Pres Tipi SKNK Makinası (Stationary Type and Press Type FSSW Machine)

Sabit tip veya pres tipi SKNK makinası, araştırma ve geliştirme amaçlı çalışmalarda kullanılabileceği gibi çok sayıda üretimin söz konusu olduğu yüksek hacimli parça üretiminde de kullanılabilir. Eğer otomatik bir sistem ile kendi kendine bağlama tertibatı kullanılırsa, el ile sabitleme gereksizdir çalıştırılabilir. Çok sayıdaki uygulamalar için ise bu makinalar bir robot ile entegre edilebilir. Bu tür makinalar, kaynak noktasını oluşturacak tabanca ve destek için özel dayanak sistemleri olan makinalardır. Özel bir kontrol cihazı ile donatılmış makinalar, elektrik düğmeleri ve dokunma panelleri ile tamamlanmıştır. Operatör tarafından elle veya tutucular ile desteklenen iş parçasında, belirlenen yere, istenildiği zaman ayak pedalına basılarak kaynak noktası oluşturulur. Şekil 4'te sabit tip ve pres tipi SKNK makinaları görülmektedir [6, 7, 21-23].



Şekil 4. Solda ve ortada sabit tip, sağda pres tipi SKNK makinası (On the left and in the middle stationary type, on the right press type FSSW machine) [6, 7, 21-23]

3.3. SKNK Robotları (FSSW Robots)

Çok sayıda üretimin söz konusu olduğu yüksek hacimli ve karmaşık geometriye sahip olan parçaların üretimi için robotlar idealdir. Bilgisayar kontrollü SKNK tabancası (C çerçeve sistemi) herhangi tip bir robota monte edilebilir. Tabanca iki adet servo motor ile donatılmıştır. Bu motorlardan biri takımın dönmesi için diğeri de eksenel hareket içindir. Tabanca motorları, robot kontrolörü tarafından dışarıdan kullanılarak da kontrol edilebilir. İşletme panellerine ve ilaveten kontrol cihazlarına ihtiyaç duyulmaz. Robotu yöneten operatör, yerleştirilen iş parçasının şeklini, boyutlarını ve ilavetende gerekli çalışma aralığının birbirine uygun olmasını seçtirebilir. Şekil 5'te SKNK robotları görülmektedir [6-8, 22-24].



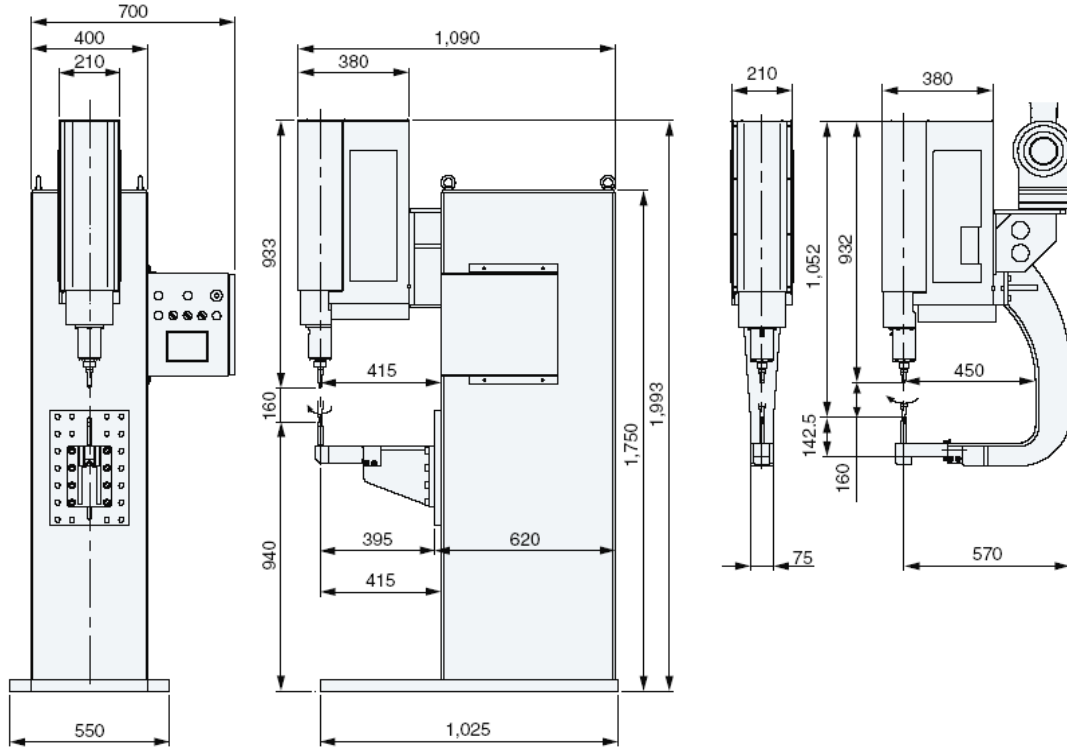
Şekil 5. SKNK Robotları (FSSW Robots) [6-8, 22-24]

3.4. Kullanılan SKNK Makinalarının Özellikleri ve Boyutları (Characteristics and Dimensions of The Using FSSW Machines)

SKNK yönteminde kullanılan makinalardan sabit sistem ve robot sistemi için verilen özellikler Tablo 1'de, sabit makina ve robotlar için tasarlanmış, mafsallı robot kolu üzerinde bilgisayar kontrollü SKNK tabancasının boyutları ise Şekil 6'da görülmektedir. Kaynak tabancasının bağlı bulunduğu kısmın şekli, boyutları ve çalışma aralığı gerektiğinde değiştirilebilir [7].

Tablo 1. SKNK makina sistemlerinin özellikleri (Specifications of the FSSW machine systems) [7]

		Sabit Sistem	Robot Sistemi
Kaynak Tabancanın Monte Edilmesi		Özel dayanak	6-Eksenli mafsallı kol
Kontrol Cihazı		Özel kontrol cihazı	Robot kontrol cihazı
Tabanca Özellikleri	Hareket Metodu	AC Servomotor (eksenel basınç & aksel dönme)	
	Basınç Aralığı	1470-5880 N	
	Devir Sayısı Aralığı	0-4500 d/d	
	Basınç Ekseni Mesafesi (Strok)	Max. 160 mm	
	Dış Boyutlar	SKNK Tabancanın boyutları ve dış görünüşü aşağıdaki şekil üzerinde verilmiştir	
	Ağırlık	Yaklaşık 125 kg	
Standart Aksesuarlar		İşlem takımı (standart tip), ayarlanabilir basınç takımı	
Seçenekler		Nokta pozisyonunda aydınlatma aleti	-
Sağlanan Gerekli Güç		CE: AC380V,AC400V,AC415V,AC440V±10%,3Ø,50Hz UL: AC460V,AC480V,AC515V,AC575V±10%,3Ø,50Hz	
Brüt Ağırlık		~ 650 kg (Kontrolörü ve tabancayı içerir)	~ 1500 kg (Robot kolu ve tabancayı içerir) Robot kontrolörü ~ 120 kg



Şekil 6. SKNK yönteminde kullanılan makinalardan bazılarının boyutları (solda sabit makina, sağda ise robot sistemi için SKNK tabancası) The dimensions of some from machines using in

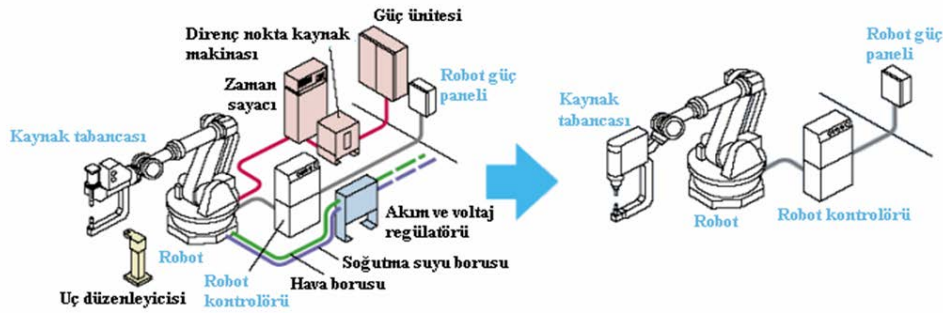
the FSSW method (on the left stationary machine and on the right FSSW gun for robot system)
[7]

3.5. SKNK Yönteminin Donanım Açısından İncelenmesi (Investigation of The FSSW Method in Terms of Equipment)

SKNK ve otomotiv endüstrisinde oldukça yaygın olarak kullanılan Direnç Nokta Kaynağı (DNK) yöntemleri, kullanılan donanım açısından karşılaştırıldığında, SKNK yönteminin oldukça basit bir donanıma sahip olduğu görülmektedir (Şekil 7). SKNK yönteminin mekanik donanımları, DNK yönteminde gerekli olan yardımcı teçhizata gereksinim duymaz. Örneğin SKNK'da soğutma suyuna ve de sıkıştırılmış havaya gerek yoktur. Bu nedenle basit ve ekonomik bir yöntemdir. Böylece teçhizatın ve çalışma maliyetinin büyük ölçüde azaltılmasını sağlar ve %40 oranında ekipman maliyetlerini azaltmış olur [7, 17].

• DNK Yöntemi

• SKNK Yöntemi



Şekil 7. SKNK: Sürtünme karıştırma nokta kaynağı ve DNK: direnç nokta kaynağı yöntemlerinin donanım karşılaştırması (Equipments comparison of FSSW: friction stir spot welding and RSW: resistance spot welding methods) [7]

4. SONUÇ VE TARTIŞMA (CONCLUSION AND DISCUSSION)

Bu araştırma çalışmasında, oldukça yeni bir kaynak yöntemi olan SKNK yöntemi için geliştirilen ve kullanılan, makina ve ekipmanların, teknolojik olarak hangi noktada olduğu vurgulanmaktadır. Masa üstü ve sabit tip makinelerin geliştirilmesi ile başlayan süreç, robotların geliştirilmesi ile önemli bir ilerleme kaydetmiştir. Böylece okuyuculara ve özellikle sanayicilere, yöntemin makina ve ekipman olarak da ulaştığı nokta ve yöntemin önemi vurgulanmaktadır. Konu ile ilgili çalışmaların özellikle yurt dışında yoğunluklu olarak yapılması, geliştirilen makina, ekipman ve donanımların yine özellikle yurt dışında imal edilmiş olması göz önünde bulundurulduğunda, tanıtıcı bu tür çalışmalar sayesinde, ilgili yöntem ve teknolojisine ülkemizde de daha çok değer ve yer verileceği düşünülmektedir. SKNK yöntemi otomasyona yatkınlığı sayesinde, robot ve otomasyon sistemlerine entegre edilmeye çok uygundur. Böylece kısa işlem zamanı ile etkili bindirme bağlantıları elde etmeye imkan vermektedir. Donanım, yazılım ve işlem parametrelerinin geliştirilmesinin mümkün olması, standart endüstriyel bir robotun kullanımına olanak sağlamaktadır. SKNK yönteminde kullanılan makineler temelde benzer kontrol sistemlerine sahip olmakla beraber, mekanik donanımları açısından değişiklikler gösterdiği görülmektedir. SKNK yönteminde temelde üç şekilde makina tasarımı söz konusudur. Bu yöntemde masa üstü, sabit tipte veya pres tipi makineler kullanılabilir gibi, robotlarda kullanılabilir. SKNK ve otomotiv endüstrisinde oldukça yaygın olarak kullanılan Direnç Nokta Kaynağı (DNK) yöntemi, kullanılan donanım açısından karşılaştırıldığında, SKNK yönteminin oldukça basit bir donanıma sahip olduğu görülmektedir.

5. KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1]. Santella, M., L., Grant, G., J., Feng, Z., Carpenter, J., A., Sklad, P., S., (2005). Friction stir spot welding of high strength steel, *Oak Ridge National Laboratory & Pacific Northwest National Laboratory Progress Report, DE-AC05-00OR22725 & DE-AC06-76RLO1830*, 336-339.
- [2]. Bufa, G., Fratini, L., Piacentini, M., (2007). Tool path design in friction stir spot welding of AA6082-T6 aluminum alloys, *Key Engineering Materials*, 344, 767-774.
- [3]. Rosendo, T., Mazzaferro, J., Mazzaferro, C., Tier, M., Ramos, F., Reguly, A., Strohaecker, T., dos Santos, J. (2013). Friction Spot Processes - FSSW and FSpW, http://www.hzg.de/imperia/md/content/gkss/institut_fuer_werkstoffforschung/wmp/poster-apresentacao-gkss2.pdf, visit date: 28 March 2013.
- [4]. Kallee, S., W., Kell, J., M., Thomas, W., M., Wiesner, C., S., (2005 and 2009). Development and Implementation of Innovative Joining Processes in the Automotive Industry, *DVS Annual Welding Conference - Große Schweißtechnische Tagung*, Germany, <http://www.twi.co.uk/content/spswksept2005.html>, visit date: 24 April 2009.
- [5]. Smith, C. B., Hinrichs, J. F., and Ruehl, P. C., (2006). Friction stir and friction stir spot welding, *Friction Stir Link Inc*, www.frictionstirlink.com, visit date: 21 March 2006.
- [6]. FSL (Friction Stir Link), (2007 and 2009). Friction stir welding (FSW) system integration services-friction stir spot welding (FSSW) equipment, USA, <http://www.frictionstirlink.com/fslfswsystemintegrationservices.html>, visit date: 19 April 2009.
- [7]. Kawasaki Heavy Industries Ltd., (2006 and 2013). A new method for light alloy joining - friction spot joining - kawasaki robot, Japan, www.kawasakirobot.com, visit date: 18 March 2006 and 28 March 2013.
- [8]. Hinrichs, J., (2006). Friction stir spot welding, *Friction Stir Link Inc.*, www.frictionstirlink.com, visit date: 21 March 2006.
- [9]. Kallee, S., W., (2006 and 2009). NZ Fabricators begin to use friction stir welding to produce aluminium components and panels, New Zealand, <http://www.twi.co.uk/content/spswkaug2006.html>, visit date: 21 April 2009.
- [10]. Feng, Z., Diamond, S., Santella, M. L., Pan, T. Y., and Li, N., (2004). High strength weight reduction materials-friction stir welding and processing of advanced materials, *Oak Ridge National Laboratory Report DE-AC05-00OR22725*, 101-108.
- [11]. Gerlich, A., Su, P., North, T. H., and Bendzsak, G. J., (2005). Friction stir spot welding of aluminum and magnesium alloys, *Materials Forum* 29, 290-294.
- [12]. Awang, M., Mucino, V. H., Feng, Z., and David, S. A., (2005). Thermo-Mechanical Modeling of Friction Stir Spot Welding (FSSW) Process: Use of an Explicit Adaptive Meshing Scheme, *SAE International*, 2005-01-1251.
- [13]. Feng, Z., Santella, M. L., David, S. A., Steel, R. J., Packer, S. M., Pan, T., Kuo, M., and Bhatnagar, R. S., (2005). Friction Stir Spot Welding of Advanced High-Strength Steels-A Feasibility Study, *Oak Ridge National Laboratory, SAE Technical Paper Series*, 2005-01-1248, USA.
- [14]. Mert, Ş., and Arıcı, A., (2011). Design of optimal joining for friction stir spot welding of polypropylene sheets, *Science and Technology of Welding and Joining*, 16(6), 522-527.
- [15]. Lathabai, S., Painter, M. J., Cantin, G. M. D., and Tyagi, V. K., (2006). Friction spot joining of an extruded Al-Mg-Si alloy, *Scripta Materialia*, 55, 899-902.
- [16]. Gerlich, A., Su, P., and North, T. H., (2005). Tool penetration during friction stir spot welding of Al and Mg alloys, *Journal of Materials Science*, 40, 6473-6481.
- [17]. Mert, Ş., Mert, S., (2013). Sürtünme karıştırma nokta kaynak yönteminin incelenmesi, *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi (Journal of Advanced Technology Sciences)*, 2, 26-35.
- [18]. Bilici, M., K., and Yukler, 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*, 2012, 33, 145-152

- [19]. Arıcı, A., and Mert, Ş., (2008). Friction stir spot welding of polypropylene, *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 27, 2001-2004.
- [20]. Zhang, Z., Yang, X., Zhang, J., Zhou, G, Xu, X., and Zou, B., (2011). Effect of welding parameters on microstructure and mechanical properties of friction stir spot welded 5052 aluminum alloy, *Materials and Design*, 32, 4461-4470.
- [21]. FSL (Friction Stir Link), (2012). <http://www.frictionstirlink.com/eqpmnt.html>, Brookfield, WI 53045, USA, visit date: 14 December 2012.
- [22]. Kawasaki Robotics, (2013). Friction stir joining (FSJ), <http://www.kawasakirobotics.com/applications/?page=frictionSpotJoining>, USA, visit date: 28 March 2013.
- [23]. GKSS Geesthacht Research Centre, (2013). Techniques and equipment, Germany, http://www.gkss.de/institute/materials_research/structure/materials_mechanics/solid_state_joining_processes/techniques/index.html.en, visit date: 19 April 2009 and 2 April 2013.
- [24]. Huys Industries Ltd., (2012). Refill friction stir spot welder, <http://huysindustries.com/index.php?id=refill-friction-stir-spot-welder>, Canada, visit date: 14 December 2012.