

A7075-T651 alaşımının sürtünmeli delinmesinde kovan yüksekliğinin malzeme kalınlığına göre araştırılması

Cebeli ÖZEK¹, Zülküf DEMİR^{2,*}

¹ Fırat Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü 23190 Elazığ

² Ereani S. P. Y. Lütfü Gün T.E.M.L. Müdürlüğü 21960 Ereani Diyarbakır

Özet

Sürtünmeli delme işlemi, dönen konik bir takım ile iş parçası temas bölgesinde, sürtünme sonucu meydana gelen ısı etkisi ile yumuşayan iş parçasına takımın dalması ile talaşsız, geleneksel olmayan bir delik delme yöntemidir. Bu metot, termal delme, akıcı delme, form delme veya sürtünmeli karıştırma delme olarak da adlandırılır. Yumuşamış parçaya takımın dalmasıyla deliğin giriş kısmına doğru akan malzeme pul oluşumunu, aşağıya doğru akan malzeme ise kovan oluşumunu sağlar. Takımın omuzu, deliğin giriş kısmına akan malzemeyi iş parçasının yüzeyine bastırır ve pul olarak adlandırılan sızdırmazlık halkasını oluşturur. Sürtünmeli delmenin amacı ince cidarlı malzemelerde bağlantı uzunluğunu arttıracak kovan oluşumunu sağlamaktır. Gevrek malzemelerde meydana gelen kovan, bağlantı uzunluğunu arttırmayan, çatlak yoğun olduğu taç yaprağı biçiminde meydana gelirken sünek malzemelerde ise amaca uygun, silindirik, bağlantı uzunluğu arttıracak biçimde kovan meydana gelir. Meydana gelen kovan yüksekliği iş parçası kalınlığının 2 – 3 katı kadardır. Sürtünmeli delme işleminin amacı bağlantı uzunluğunu arttıran kovan yüksekliği olmasına rağmen, bu konuda fazla çalışma yapılmamıştır. Bu çalışmanın amacı A7075-T651 alaşımının sürtünmeli delme işleminde malzeme kalınlığına ve delik çapına bağlı olarak kovan yüksekliği değişimini araştırmaktır. 2 mm, 4 mm, 6 mm, 8 mm ve 10 mm kalınlığındaki A7075-T651 alaşımına 24°, 36° ve 48° koniklik açısına sahip takımlar kullanılarak sürtünmeli delme yöntemi ile 2400 d/d, 3600 d/d ve 4800 d/d dönme hızlarında, 50 mm/dak, 75 mm/dak ve 100 mm/dak ilerleme hızlarında, 8 mm ve 10 mm çaplarında delikler delinmiştir. Malzeme kalınlığın artması ile kovan yüksekliği düzenli olarak artmadığı, artan malzeme kalınlığı ile kovan yüksekliği oranı azaldığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sürtünmeli delme, Kovan yüksekliği, Malzeme kalınlığı

*Yazışmaların yapılacağı yazar: Zülküf DEMİR. Zulkuff75@gmail.com; Tel: (505) 438 27 01

Bushing height according to material thickness

Extended abstract

The friction drilling process, a non-traditional hole making technique, is widely used for drilling cast materials recently. In friction drilling, a rotating conical tool is applied to penetrate work – material and create a bushing in a single step without generating chip. A no – chip drilling process was formed by thermal friction to soften work material principle in which it had the most important features such as no pollution, short machining time and long tool life. In friction drilling the cylindrical rotating tool penetrates the softened material and push the melted material in the below direction and provides forming bush. Once the tool moves further forward to push aside more work – material and form the bushing using the cylindrical part of the tool. The shoulder of the tool may contact with the work piece to trim or collar the extruded burr on the bushing. Finally the tool retracts and leaves a hole with a bushing on the work piece. The process is typically applied to ductile sheet metal but there is a lash of research in friction drilling of brittle cast metals. The difference in the brittle and ductile work piece can be seen as the brittle work – material begins to fracture and the ductile work – material encompasses the tool. Finally the tool retracts and leaves a hole with a bushing on the work piece. The formed bushing height is about 2-3 times of material wall thickness. The aim of friction drilling is provide clamp load due to bushing formation in thin walled materials. Although the beneficitation of increasing clamp loads of thin wall thickness material there are less experimental studies in the friction drilling area.

The aim of this experimental study was investigate the differentiation of bushing height according to the both hole diameter and material thickness. With using 1 HSS tools it was friction drilled 2mm, 4mm, 6mm, 8mm and 10mm thickness of A7075-T651 aluminium alloy. In study they were selected 24⁰, 36⁰ and 48⁰ tool conical angles, 2400 rpm, 3600 rpm and 4800 rpm spindle speeds, 50 mm/min, 75 mm/min and 100 mm/m feed rates, 8 mm ve 10 mm hole diameters. With increasing tool conical angle the bushing height is decreased. With increasing spindle speed, due to spread the material environment of the hole, the bushing height is decreased because of the momentum effect. With increasing hole diameter and work piece material thickness, due to the increasing material volume, bushing height is increased. But the bushing height is not showed a parallel increase to the work piece material thickness.

Keywords: Friction drilling, bushing height, material thickness

Giriş

Delme işlemi, talaşlı imalatta %40'dan daha fazla bir oran ile ok nemli bir yere sahiptir (Brinksmeier, 1990). Yũksek hız eliği (HSS) matkap uları delme işleminde meydana gelen yũksek ısıdan dolayı takım hızlı bir Şekilde deformasyona uğrar, iş parçası sertleşir, bu da delme işlemini zorlaştırmaktadır. Delik yũzeyine yapışan talaşlar deliğin yũzey kalitesini olumsuz etkiler (Cantero vd., 2005, Miller vd., 2007, Chow vd., 2008).

Talaşsız delik delme işlemi olan sũrtũnmeli delme işleminde işleme zamanı kısa ve takım mrũ fazladır. Takım performansı açısından, kesme sıvılı delme işlemleri yoğun bir Şekilde uygulanır, ancak kesme sıvıları, operatrũn sağlığı ve evre üzerindeki olumsuz etkilerinden dolayı tehlike arz etmektedir. Bu amaçla kuru delme işlemi olan sũrtũnmeli delme işlemi kullanılması tavsiye edilmiştir (Lee vd., 2009).

Sũrtũnmeli delme işlemi, dönen konik bir takım ile iş parçası temas bölgesinde, sũrtũnme sonucu oluşan ısı etkisi ile yumuşayan iş parçası malzemesine takımın dalması ile talaşsız, geleneksel olmayan bir delik delme yöntemidir. Bu metod, termal delme, akıcı delme, form delme veya sũrtũnmeli karıştırmalı delme olarak da adlandırılmaktadır (Miller vd., 2005).

Sũrtũnmeli delme işlemi, konik takım ucu iş parçasına yaklaşır ve temas etmesi, takım ucunun parçaya radyal ve aksenal doğrultularda dalması, temas eden takım ve iş parçası yũzeylerinde sũrtũnme etkisi ile ısı oluşması ve iş parçasının yumuşaması ve takımın yumuşamış olan parçaya dalması olmak üzere 5 aşamadan meydana gelmektedir. Yumuşayan parçaya takımın dalmasıyla yumuşamış materyal çevreye yayılır ve kovan oluşur. Takımın omuz kısmı, yığılan malzemeyi iş parçasının yũzeyine bastırarak sızdırmazlık halkasını oluşturur. Meydana gelen kovanın yũksekliđi, iş parçası kalınlığının yaklaşık olarak 2 – 3 katı kadardır. İlk önce dönen konik takım ucu iş parçası malzemesine temas ederek itme etkisi ile takım iş parçası malzemesine dalar ve aksenal kuvvet etkisi ile takımın çevresi

ile iş parçasının temas alanında sũrtũnme sonucunda ısı oluşur. Bu ısı iş parçasını yumuşatır ve yumuşayan iş parçasına takım dalarak delik oluşur [Miller vd. 2006].

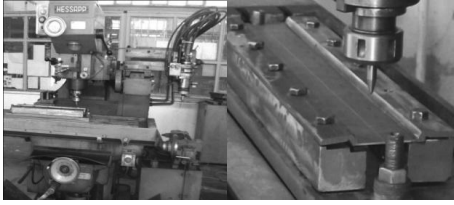
Dkũlmũş metaller, otomotiv endũstrisi ve birçok endũstriyel uygulamalarda yoğun bir Şekilde kullanılmaktadırlar. Iř parçasının kalınlığının (t), takım veya delinen deliğin çapına (d) oranı sũrtũnmeli delmede önemli bir parametredir. Yũksek t/d oranı, kovan oluşumu için fazla miktarda materyal akışını sağlar (Miller vd., 2006). Sũrtũnmeli delme, sũnek, ince cidarlı malzemelere bağlantı uzunluğunun arttırılması amaçıyla keşfedilmiş bir delme metodudur. Sũrtũnmeli delme işlemi, ince cidarlı, sũnek dkũlmũş metalik malzemelere, bağlantı uzunluğunu arttıracak, dũzgũn, istenen biçimde kovan oluşumunu sağladığından uygulanmaktadır. Gevrek malzemelerde kovan oluşumu, çatlak ve kırıklardan dolayı ta yaprağı biçiminde meydana geldiğinden bağlantı uzunluğunu arttırmamaktadır. Sũrtũnmeli delmede sũnek ve gevrek malzemeler arasındaki fark, elde edilen kovanın profilidir (Miller vd., 2004, 2005, Van Geffen, 1976, 1979).

DeneySEL ProSEDũr

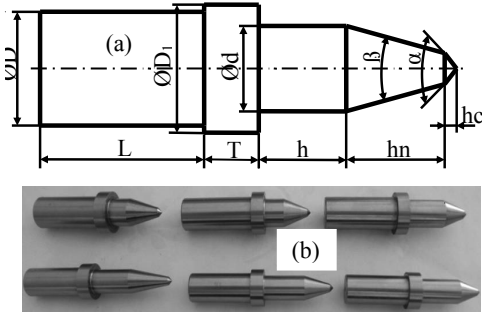
Deneyler, HESSAP True–Trace C–360/3D 1095 Model Kopya Freze tezghında (Şekil 1. a) yapılmıştır. 2400 d/d 3600 d/d ve 4800 d/d devir sayıları, 50 mm/dak, 75 mm/dak ve 100 mm/dak ilerleme hızlarında koniklik aarı 24[], 36[] ve 48[], silindirik bölge uzunluğu 16 mm olan Yũksek Hız eliği (HSS) sũrtũnmeli delme takımlarla (Şekil 2), 2 mm, 4 mm, 6 mm, 8 mm ve 10 mm kalınlığındaki A7075–T651 malzemeye, 8 mm, 10 mm çaplarında delikler delinmiştir. 70x500 mm boyutlarında hazırlanmış iş parçası numuneleri, hazırlanmış özel bağlama aparatı (Şekil 1. b) ile tezghin tablasına bağlanmıştır.

2400 d/ddnme hızı ve 50 mm/dak ilerleme hızında, 4mm kalınlığındaki iki adet plaka üst üste konularak bağlama aparatına bağlanmış ve 8mm kalınlık, bir adet 4mm ve bir adet 6 mm kalınlığındaki plaka üst üste konularak da 10

mm kalınlık elde edilmiştir. 2 mm, 4 mm, 6 mm, 8 mm ve 10 mm kalınlıklarına ve takım koniklik açısına, bağı olarak kovan yüksekliği değişim incelenmiştir. Ayrıca 2400 d/d, 3600 d/d ve 4800 d/d dönme hızlarında, 50 mm/dak, 75 mm/dak ve 100 mm/dak ilerleme hızlarında, 24° , 36° ve 48° takım koniklik açılarında 2 mm, 4 mm ve 6 mm kalınlıklarındaki A7075-T651 alaşımının HSS takım ile 8 mm ve 10 mm çaplarında sürtülmeli delme işlemlerinde kovan yüksekliği değişimi analiz edilmiştir. Bütün deneylerde iş parçasının sıcaklığı oda sıcaklığında olmuştur.



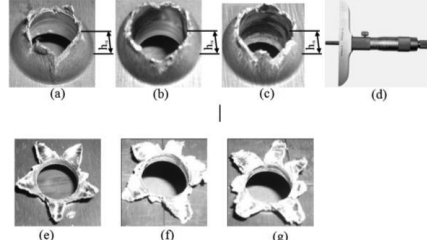
Şekil 1. Deney düzeneği ve bağlama aparatı



Şekil 2. Deneysel çalışmada kullanılan takımların geometrik boyutları a) Takımın geometrisi b) Takım fotoğrafları

Sürtülmeli delme işleminde elde edilmiş kovanların yükseklikleri derinlik mikrometresi (Şekil 3 d) ile ölçülmüştür (Şekil 3 a, b ve c). Taç yaprağı şeklinde meydana gelmiş kovanlar Şekil 3 e, f ve g'de gösterilmiştir. Kovanların yüksekliği, dört değişik konumda ölçülmüş ve

en büyük değer alınmıştır. Kovan yüksekliğinin referans düzlemi iş parçasının yüzey düzlemi olarak alınmıştır.



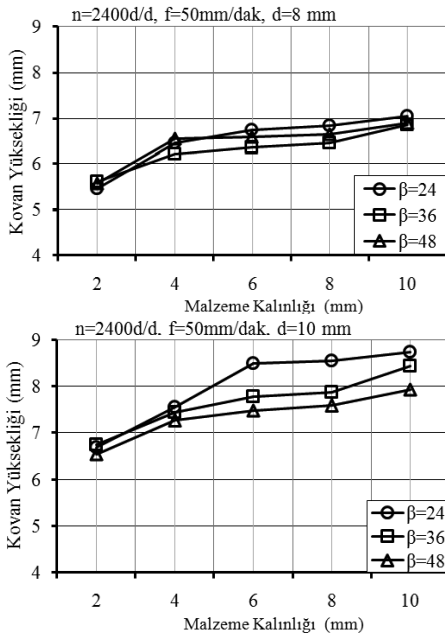
Şekil 3. Kovan yüksekliğini ölçme biçimi (a, b ve c), derinlik mikrometresi (d) ve taç yaprağı biçimindeki kovanlar (e, f ve g)

Sürtülmeli delme işleminin amacı, meydana gelen kovan ile bağlantı uzunluğunu ve mukavemetini artırmak olmasına rağmen bu konuda çalışılmamıştır. Bu çalışmanın amacı, A7075-T651 alaşımının sürtülmeli delme işleminde, dönme hızı, ilerleme hızı, takım koniklik açısına bağı olarak artan malzeme kalınlığı ile kovan yüksekliği değişimini araştırmaktır. Kovan yüksekliği, artan malzeme kalınlığı ile kovana oluşturan malzeme hacmi artmasına rağmen paralel bir artış göstermediği tespit edilmiştir.

Deneysel sonuçlar ve Tartışma

Sürtülmeli delmede meydana gelen kovan yüksekliğini, dönme hızı, ilerleme hızı, takım koniklik açısı, iş parçasının kalınlığı ve delik çapı etkilemiştir. Dönme hızının artması ve ilerleme hızının azalması ile ısı etkisiyle viskoz hale gelmiş ve yumuşamış malzeme radyal doğrultuda yayıldığından kovan yüksekliği azalmıştır. Takım koniklik açısının azalması ile yumuşamış malzeme takımın hareket doğrultusunda akmaya zorlandığından kovan yüksekliği artmıştır. İş parçası kalınlığının ve delik çapının artması ile kovana oluşturan malzemenin hacmi arttığından kovan yüksekliği artmıştır. Ancak kovan yüksekliği, artan iş parçasının kalınlığına paralel bir artış göstermemiş, artan malzeme kalınlığı ile kovan yüksekliğinin artış oranı azalmıştır.

Takım koniklik açısına bağlı olarak iş parçası kalınlığının kovan yüksekliğine etkisi
Şekil 4'te takım koniklik açısına bağlı olarak malzeme kalınlığının kovan yüksekliğine etkisi gösterilmiştir. İş parçası kalınlığının artması ile 8 mm çapındaki delikte 4mm kalınlığa kadar kovan yüksekliği artış oranı fazla olmuş, 4mm'den büyük malzeme kalınlıklarında ise kovan yüksekliği artış oranı, artan malzeme kalınlığı ile azalmıştır. 10 mm delik çapında ise 6 mm kalınlığa kadar kovan yüksekliği artış oranı fazla olmuş, 6mm'den büyük malzeme kalınlıklarında ise kovan yüksekliği artış oranı, artan malzeme kalınlığı ile azalmıştır. Hem 8mm hem de 10 mm çaplarındaki deliklerde en büyük kovan yüksekliği değerleri 24^0 takım koniklik açısında elde edilmiştir. 8 mm delik çapında en büyük kovan yüksekliği 7.04 mm, 10 mm delik çapında ise 8.44 mm olarak ölçülmüştür.



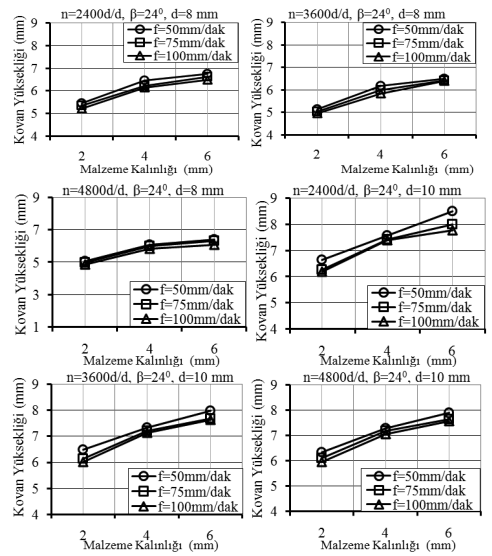
Şekil 4. Takım koniklik açısına bağlı olarak iş parçası kalınlığının kovan yüksekliğine etkisi

Şekil 4'teki grafiklere göre kovan yüksekliği, sabit delik çapı için belirli bir malzeme kalınlığından daha büyük kalınlıklar için sabit kalacağı, artmayacağı tahmin edilmiştir.

İlerleme hızına bağlı olarak iş parçası kalınlığının kovan yüksekliğine etkisi

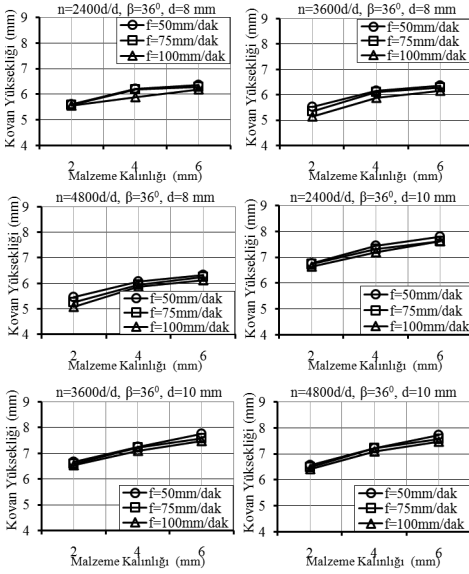
Malzeme kalınlığının, ilerleme hızına, dönme hızına ve takım koniklik açısına bağlı olarak kovan yüksekliğine etkisi Şekil 5, 6 ve 7'de gösterilmiştir. İlerleme hızının artması ile viskoz hale gelmiş ve yumuşamış malzeme radyal doğrultuda yayıldığından kovan yüksekliği azalmış, iş parçası kalınlığının artması ile kovan oluşumunu sağlayan malzeme kalınlığı arttığından kovan yüksekliği artmıştır.

24^0 takım koniklik açısında malzeme kalınlığının kovan yüksekliğine etkisi Şekil 5'te gösterilmiştir. 6 mm malzeme kalınlığında, 2400 d/d dönme hızında, 50 mm/dak ilerleme hızında, 8mm delik çapında, 6.74 mm, 10 mm delik çapında ise 8.5 mm olarak ölçülmüştür.



Şekil 5. 24^0 takım koniklik açısında iş parçası kalınlığının kovan yüksekliğine etkisi

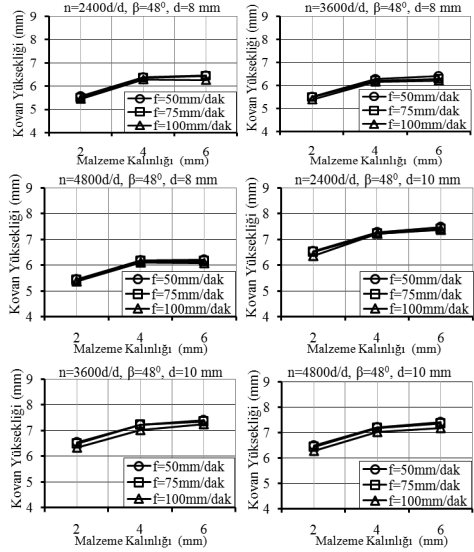
36° takım koniklik açısında malzeme kalınlığının kovan yüksekliğine etkisi Şekil 6'da gösterilmiştir. 6 mm malzeme kalınlığında, 2400 d/d dönme hızında, 50 mm/dak ilerleme hızında, 8 mm delik çapında, 6.36 mm, 10 mm delik çapında ise 7.78 mm olarak ölçülmüştür.



Şekil 6. 36° takım koniklik açısında iş parçası kalınlığının kovan yüksekliğine etkisi

48° takım koniklik açısında malzeme kalınlığının kovan yüksekliğine etkisi Şekil 7'de gösterilmiştir. 4mm malzeme kalınlığında, 2400 d/d dönme hızında, 50 mm/dak ilerleme hızında, 8 mm delik çapında, 6.38 mm, 10 mm delik çapında ise 7.48 mm olarak ölçülmüştür.

Takım koniklik açısının ve dönme hızının artması ile yumuşamış ve viskoz hale gelmiş malzeme takımın itme ve radyal hareketlerinin etkisiyle çevreye yayıldığından kovan yüksekliği azalmıştır.



Şekil 7. 48° takım koniklik açısında iş parçası kalınlığının kovan yüksekliğine etkisi

Malzeme kalınlığı 2 mm'den 4 mm'ye artışı ile kovan yüksekliği yaklaşık olarak %20, 4 mm'den 6 mm'ye artışı ile yaklaşık %10 oranında arttığı tespit edilmiştir. Kovan yüksekliği artış oranı, iş parçası kalınlığının her 2mm artışı için yarıya düştüğü kabul edilirse artan iş parçası kalınlığı ile kovan yüksekliği artış oranı 16mm malzeme kalınlığında sabit kalacağı tahmin edilmiştir.

Genel sonuçlar

Sürtümlü delme işleminin amacını teşkil eden kovan yüksekliği, takım koniklik açısının ve dönme hızının azalması, iş parçası kalınlığının, delik çapının ve ilerleme hızının artması ile artmıştır.

Takım koniklik açısının ve dönme hızının azalması, ilerleme hızının artması ile yumuşamış malzeme takım tarafından düşey doğrultuda kolay bir şekilde itilerek aktığından kovan yüksekliği artmıştır. Artan takım koniklik açısı ve dönme hızı, azalan ilerleme hızı ile yumuşamış malzeme radyal doğrultuda deliğin

çevresine yayıldığından kovan yũksekliđi azalmıştır.

Delik çapı ve iş parçası kalınlığının artması ile kovan oluşumunu sağlayan malzeme hacmi arttığından kovan yũksekliđi artmıştır. Ancak kovan yũksekliđi artan malzeme kalınlığına paralel bir artış gũstermediđi tespit edilmiştir.

Kaynaklar

- Brinksmeier, E., 1990, Prediction of tool fracture in drilling, *Ann CIRP* 39,97-100.
- Cantero, J. L., Tard'io, M. M., Canteli, J. A., Marcos, M., and Migu' elez, M. H., 2005, Dry drilling of Ti – 6Al – 4V alloy, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, **45**, 1246–1255.
- Chow, H. M., Lee, S. M., and Yang, L. D., 2008, Machining Characteristics Study of Friction drilling on AISI 304 stainless steel, *Journal of Materials Processing Technology*, **207**, 180–186.
- Dekkers, G., 1993, Flow drill process firma katalogları, *Copyright by Flow Drill B. V. Holland*, 1 – 30.
- Doğru, N., 2010, AISI 1010 Çelik Malzemenin Sũrtũnmeli Delme Yũntemiyle Delinmesinde İşleme Karakteristiklerinin Araştırılması, Yũksek Lisans Tezi, Fırat Őniversitesi Fen bilimleri Enstitũsũ, Elazığ.
- Gopal Krichna, P. V., Kishore, K., and Satyanarayana, V. V., 2010, Some investigations in friction drilling AA6351 using high speed steel tools, *ARPN Journal Engineering and Applied Sciences*, **5**, 1819–6608.
- Lee, S. M. Chow, H. M., and Yan, B. H., 2007, Friction drilling of IN – 713LC cast superalloy, *Materials and manufacturing Process*, **22**, 893-897.
- Lee, S. M., Chow, H. M., Huang, F. Y., Yan, B. H., 2009, Friction drilling of austenitic stainless steel by uncoated and PVD AlCrN – TiAlN coated tungsten carbide tools, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, **49**, 81 – 88.
- Miller, S. F., Blau, P., Shih, A. J., 2005, Microstructural alterations associated with friction drilling of steel, aluminum and titanium, *Journal of Materials Engineering and Performance*, **14**, 647–653.
- Miller, S. F. Wang, H., and Shih, A. J., 2006, Experimental and numerical analysis of the friction drilling process, *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, **128**, 802–810.
- Miller, S. F., Tao, j., Shih, A. J., 2006, Friction drilling of cast metals, *International Journal of machine Tool and Manufacture*, **46** 1526–1535.
- Miller, S. F., Blau, P. J., Shih, A. J., 2007, Tool wear in friction drilling, *International of Machine Tool and manufacture*, **47**, 1636–1645.
- Miller, S. F., and Shih, A. J., 2007, Thermo – mechanical finite element modelling of the friction drilling process, *Department of Mechanical Engineering, University of Michigan, Ann Arbor MI 48109*, 129, 531–538.
- Van Geffen, J. A., 1976, Piercing tools, US Patent 3.939.683.
- Van Geffen, J. A., 1979, Methods and apparatuses for forming by frictional heat and pressure holes surrounded each by a boss in a metal plate or the wall of a metal tube, US Patent 4. 175. 413.
- Van Geffen, J. A., 1980, Rotatable Piercing Tools for Forming Bossed Holes, US Patent 4.185.486.

mühendislikdergisi

