



NWSA-TECHNOLOGICAL APPLIED SCIENCES

Received: Ağust 2012
Accepted: January 2013
NWSA ID : 2013.8.1.2A0079
ISSN : 1308-7223
© 2013 www.newwsa.com
Received: Ağust 2012

Zülküf Demir
Ergani Ş.J.P.Y.
Lütfü Gün T.E.M.L. Müdürlüğü
zulkuff75@gmail.com
Diyarbakır-Turkey

**SÜRTÜNMELİ DELMEDE EN UYGUN DEVİR SAYISI VE İLERLEME HIZININ
ARAŞTIRILMASI**

ÖZET

Bu çalışmada sürtünmeli delme yöntemi kullanılarak kalınlığı 4mm olan A7075-T651 alüminyum alaşımına, 8mm çapında delikler delinmiştir. Delme deneylerinde 800, 1200, 1600, 2000, 2400, 2800, 3200, 3600 ve 4000d/dak dönme hızları, 20, 40, 60, 80 ve 100mm/dak ilerleme oranları kullanılmıştır. Kalınlığı 4mm olan A7075-T651 alüminyum alaşımına, koniklik açısı 36° $h_1=16$ mm olan, yüksek hız çeliği (HSS) takımlarla 8mm çapında delikler delinmiştir. Çalışmada, yüzey pürüzlülüğü, kovan yüksekliği, kovan çeper kalınlığı kriterlerine göre en uygun devir sayısı ve ilerleme hızı araştırılmıştır. Çalışmada düşük ilerleme oranları için düşük dönme hızları, yüksek dönme hızları için ise yüksek ilerleme oranlarının uygun olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sürtünmeli Delme, Devir Sayısı,
İlerleme Hızı, Kovan Biçimi,
Yüzey Pürüzlülüğü

**INVESTIGATION THE OPTIMUM SPINDLE SPEED AND FEED RATE IN FRICTION
DRILLING**

ABSTRACT

In this study it was drilled 8mm diameter holes to A7075-T651 aluminium alloy, which was 4mm thickness with using friction drilling method. In this study, the selected spindle speeds were 800, 1200, 1600, 2000, 2400, 2800, 3200, 3600, and 4000rpm, feed rates were 20, 40, 60, 80, and 100mm/min and tool material was high speed steel (HSS) tool with 36° conical angle and $h_1=16$ mm, tool cylindrical region lengths. It was analysed the optimum spindle speed and feed rate pairs in friction drilling of A7075-T651 aluminium alloy. At result it was investigated that for smaller spindle speeds small feed rates and for high spindle speeds high feed rates were optimum according to surface roughness, bushing height and bushing section thickness criterion.

Keywords: Friction Drilling, Spindle Speed, Feed Rate,
Bushing Shape, Surface Roughness

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Sürtünmeli delme, konik bir takım ile iş parçasının temas bölgesinde sürtünme sonucu oluşan ısının etkisiyle yumuşamış iş parçasına konik takımın dalması ve iş parçasının delinmesi şeklinde meydana gelen, talaşsız, temiz ve geleneksel olmayan, form delme, akıcı delme ve sürtünmeli karıştırmalı delme, geleneksel olmayan bir delik delme yöntemidir. Bu imalat yönteminin amacı, ince cidarlı malzemelerde işlem sonunda meydana gelen kovan yardımıyla bağlantı uzunluğunun arttırılmasıdır. İşlemede, sürtünme etkisi ile iş parçasının sıcaklığı yükselir ve iş parçası yumuşar, yumuşamış iş parçasına takım dalar ve delik elde edilir. Malzemeye dalan takım yumuşamış malzemeyi ilerleme doğrultusunda iterek deliğin alt kısmında, bağlantı uzunluğunu arttıran kovanı oluşturur. Malzemenin bir kısmı yukarıya akarken diğer bir kısmı da, takımın devir sayısı ve ilerleme hareketinin etkisi ile çevreye yayılır [1, 2, 3 ve 4].

Sürtünmeli delme işleminde en etkili olan parametreler devir sayısı, ilerleme hızı ve takım koniklik açılarıdır. Devir sayısı ve takım koniklik açısı, takım-iş parçası temas alanında meydana gelen sıcaklık miktarını etkileyen en önemli parametrelerdir. Devir sayısının artışı ve koniklik açısının azalması ile bölgede oluşan sıcaklık miktarı artar. ilerleme hızı ise işlemin tamamlama sürecini etkileyen parametre olup ilerleme hızının artışı ile işlem süresi kısalmır [4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 ve 12].

Sürtünmeli delme işleminde devir sayısı, ısı oluşumu ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki en etkili parametrelerdir. Devir sayısının artışı ile gerekli olan enerji miktarı azalır, takım-iş parçası yüzey temas bölgesine ısı girişi ve iş parçasının sıcaklığı artar. Devir sayısının değişmesi ile oluşan kovanın biçiminde bir değişiklik olmazken, devir sayısının yükselmesi ile oluşan kovanın taç yaprağı biçiminde meydana gelme olasılığı ile kovanda meydana gelen çatlak ve yarık miktarı artar. Devir sayısının artması ile itme kuvveti, dönme momenti, yüzey pürüzlülüğünün değeri (R_a) azalır. Devir sayısının çok yüksek olması durumunda, akan malzeme delik yüzeylerine yapışır ve yüzey kalitesini düşer. Sürtünmeli delme işleminde iş parçasının kalınlığına ve delinecek delik çapına bağlı olarak uygun seçilmiş devir sayısı, takım ömrünü uzatır [4-6, 10]. İşlem sırasında meydana gelen maksimum ısı miktarı yaklaşık olarak, iş parçası malzemesinin ergime sıcaklığının 1/2-1/3 katı arasındadır. Malzeme kalınlığının delik çapına (t/d) oranı, oluşan kovanın biçimi ve yüksekliği için önemli bir parametredir. Bu oranın artmasıyla kovan oluşumunu sağlayan malzeme miktarı artar [4].

İlerleme hızının artışıyla itme kuvveti, gerekli olan güç miktarı ve dönme momenti artar. İtme kuvvetinin ve dönme momentinin hızlı bir şekilde artması, pratik olarak ilerleme hızının yüksek olduğunun göstergesidir. Takımın iş parçasına dalma zamanı ilerleme hızına bağlıdır. Sürtünmeli delme işleminde harcanan enerji miktarı, ilerleme hızından bağımsızdır. Yüksek ilerleme oranlarında, takım-iş parçası yüzey temas alanında oluşan ısı miktarı azalır, iş parçası yeterince yumuşamaz, akan malzeme deliğin yüzeyine yapışır ve yüzey pürüzlülüğü (R_a) artar. İlerleme hızının çok düşük olması durumunda yüzey temas alanında meydana gelen ısı miktarı artar, sürtünmeli delme işleminin süresi uzar ve işlenen deliğin yüzeyinde farklı soğuma bölgeleri meydana gelir. Deliğin giriş kısmına yakın yüzeyinin alt kısımları daha hızlı soğuduğundan takım iş parçasına yapışır ve yüzey kalitesi düşer [4, 5, 10, 11].

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Bu çalışmada, literatür çalışmalarından farklı olarak A7075-T651 alüminyum alaşımının yüksek hız çeliği (HSS) takım ile sürtünmeli

delme işleminde yüzey pürüzlülüğü, kovan yüksekliği, kovan biçimi ve kovan çeper kalınlığı kriterlerine göre en uygun devir sayısı ve ilerleme hızı çifti araştırılmıştır.

Sürtümlü delme işleminin amacı ince cidarlı malzemelerde bağlantı uzunluğunun ve dayanımının artırılmasıdır. Sürtümlü delme işlemini etkileyen önemli parametreler, devir sayısı, ilerleme hızı, takım koniklik açısı, takımın boyutları, takım uç açısı, malzeme kalınlığı, delik çapı ve malzemenin cinsidir. Meydana gelen ısı miktarı delme yönteminin mekaniğini oluşturduğundan, takım-iş parçası temas bölgesinde oluşan ısı miktarını etkileyen devir sayısı, ilerleme hızı ve takım koniklik açısıdır. Bu parametrelerden özellikle devir sayısı ve ilerleme hızı çifti işlem ısısını ve dolayısıyla delme işleminin sonucunu etkileyen kritik bir parametredir. Bu çalışmada A7075-T651 alüminyum alaşımının sürtümlü delme işlemi için en uygun devir sayısı ve ilerleme hızı çifti araştırılmıştır.

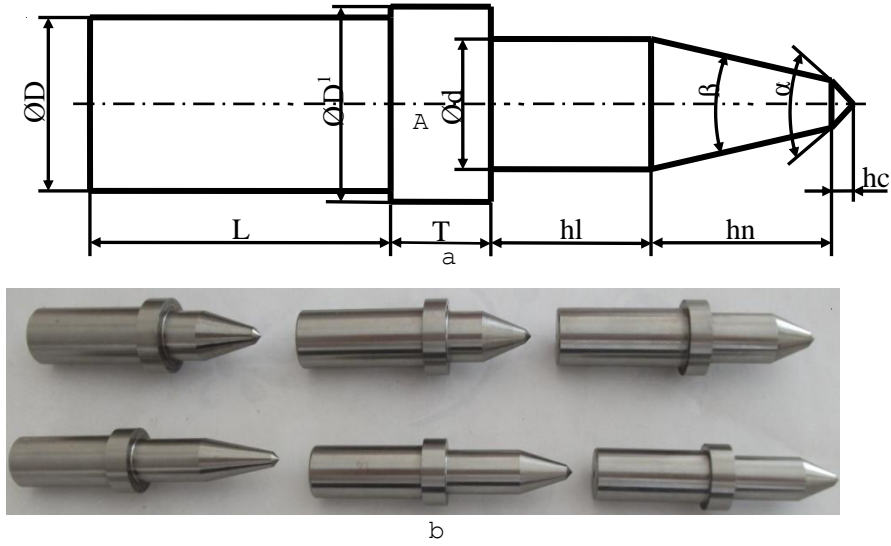
3. DENEYSEL ÇALIŞMA (EXPERIMENTAL METHOD)

DeneySEL çalışma, HESSAP True-Trace C - 360/3D 1095 Model Kopya Freze tezgâhında yapılmıştır (Şekil 1). 2400, 3600 ve 4800d/dak dönme hızları, 50, 75 ve 100mm/dak ilerleme oranları seçilmiştir. Koniklik açısı 36° , silindirik bölgenin uzunluğu $h_1=16\text{mm}$ olan yüksek hız çeliği (HSS) takımlarla (Şekil 2), kesit kalınlığı 4mm olan A7075-T651 alüminyum alaşımına 10mm çapında delikler delinmiştir.



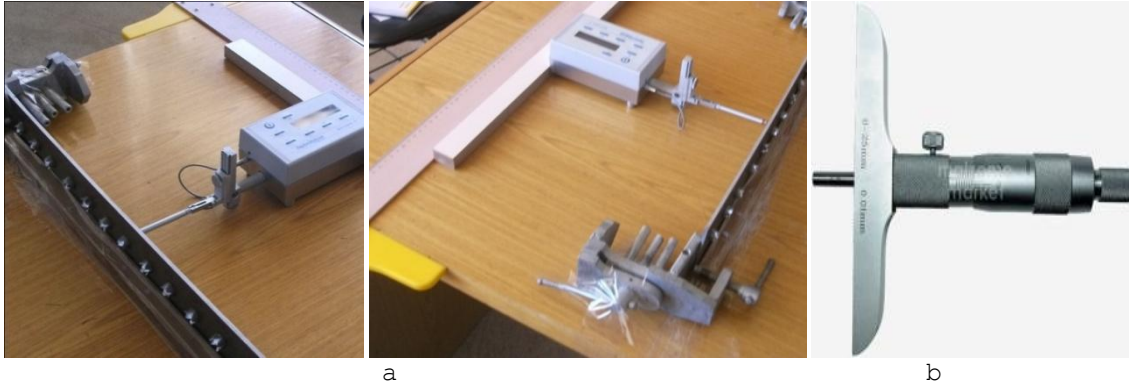
Şekil 1. Deney Düzenneği
(Figure 1. Experimental Setup)

70x500mm ebatlarında hazırlanmış numuneler, hazırlanmış özel bağlama kalıbı ile tezgâhın tablasına bağlanmıştır. Tezgâhın malafa miline bağlanmış yüksek hız çeliği (HSS) takımlarla, A7075-T651 alüminyum alaşımı plakalarına sürtümlü delme yöntemiyle delikler delinmiştir İşlem sırasında, iş parçası malzemesinin sıcaklığı oda sıcaklığında olmuştur. Her delik işlendikten sonra iş parçası malzemesinin sıcaklığının oda sıcaklığına düşmesi için beklenmiştir.



Şekil 2. Takımların geometrik boyutları a) Takımın geometrisi
b) Takım fotoğrafları
(Figure 2. The dimension of tools a) Tool geometry b) Tools Pictures)

Deliklerin yüzey pürüzlülük değerleri, Taylor Hobson Surtronik 3+ marka cihaz ile 0.25mm mesafede, kovan yüksekliği ise derinlik mikrometresi ile ölçülmüştür. Yüzey pürüzlülüğü ölçme düzeneği Şekil 3 a'da ve derinlik mikrometresi ise Şekil 3 b'de gösterilmiştir. Yüzey pürüzlülüğü değerleri μm birimi, kovan yüksekliği ise mm birimi cinsinden ölçülmüştür.



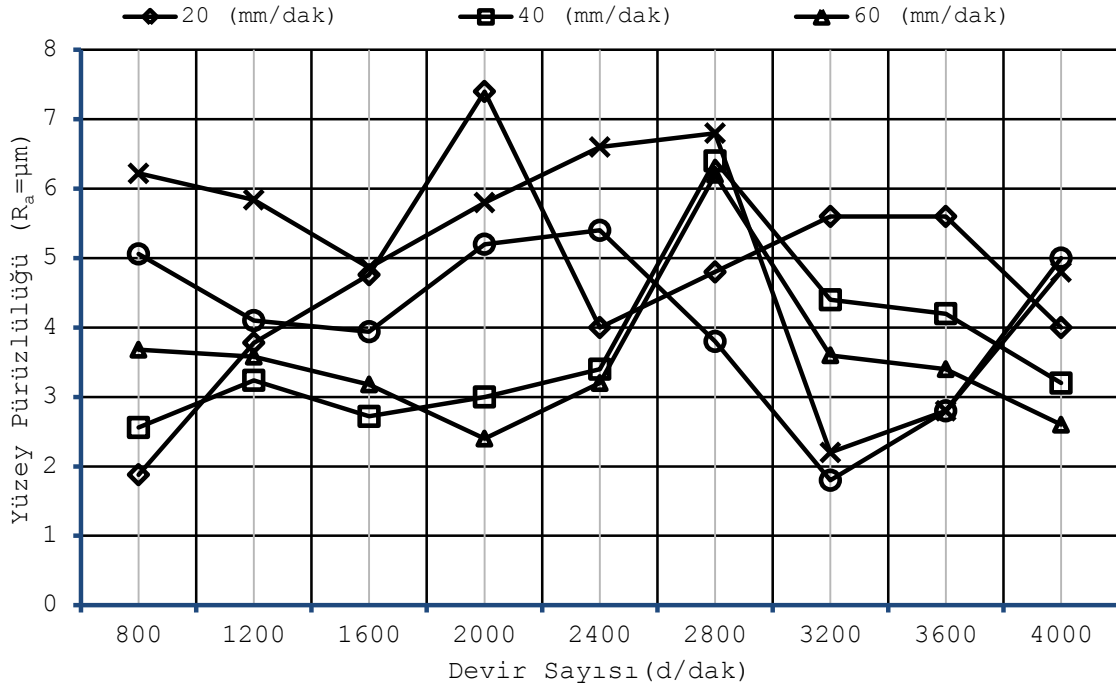
Şekil 3. a) Yüzey pürüzlülüğü ölçme cihazı ve düzeneği, b) Derinlik mikrometresi
(Figure 3. a) Surface roughness measuring device and setup, b) Depth micrometer)

4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR (FINDINGS AND DISCUSSIONS)

DeneySEL çalışmada, A7075-T651 alüminyum alaşımının sürtünmeli delme işleminde yüzey pürüzlülüğü, kovan yüksekliği, kovan çeper kalınlığı ve kovan biçimi kriterlerine göre en uygun devir sayısı ve ilerleme hızı çifti araştırılmıştır.

A7075-T651 alüminyum alaşımının yüksek hız çeliği takımla sürtünmeli delme işleminde yüzey pürüzlülüğüne göre en uygun devir sayısı ve ilerleme hızı Şekil 4'teki grafikte gösterilmiştir. Sürtünmeli delme işleminde devir sayısının artışı ile ısı miktarı artarken ilerleme hızının artışı ile ısı miktarı azalmıştır. İşlem,

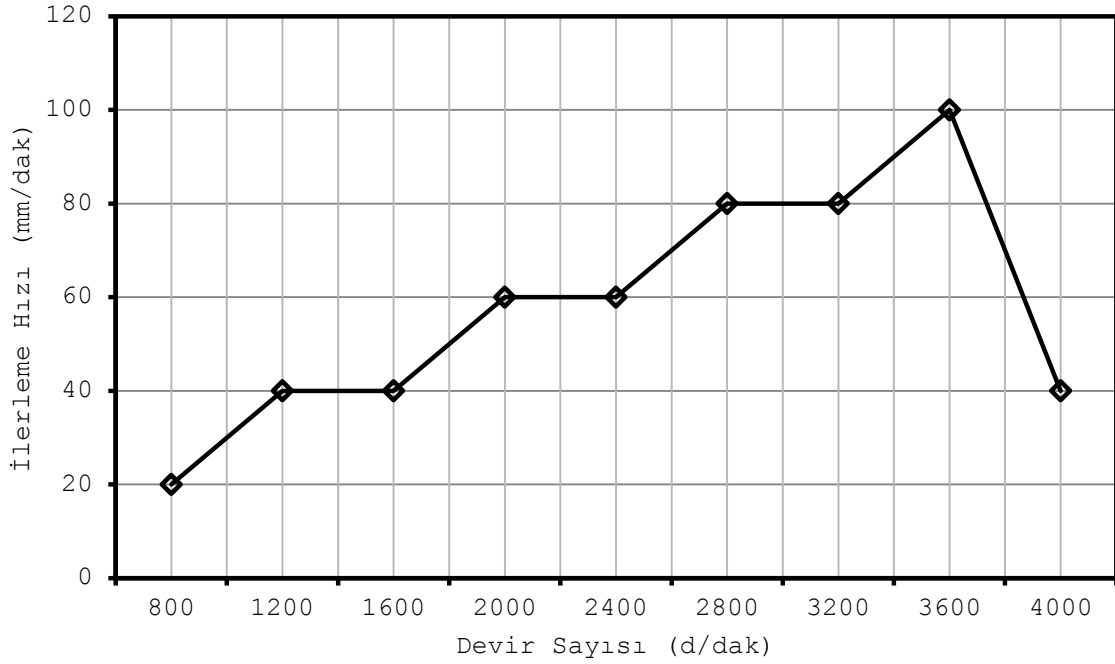
ısı etkisiyle malzemenin akabilecek düzeyde yumuşaması esasına dayanan bir delme işlemi olduğundan devir sayısı ve ilerleme hızı çifti, işlem sırasında oluşan ısı miktarını etkileyen en önemli parametre olduğu görülmüştür. Takım-iş parçası malzemelerinin ısı iletkenlik katsayıları önemli rol oynamıştır. Yüksek hız çeliği (HSS) takımın ısı iletkenlik katsayısı 21w/m-K, A7075-T651 alüminyum alaşımının ısı iletkenlik katsayısı ise 130w/m-K dır. En düşük yüzey pürüzlülüğü kriterine göre 20mm/dak ilerleme hızı için en uygun devir sayısının 1600d/dak'dan daha küçük olduğu, 40mm/dak ilerleme hızı için en uygun devir sayısının 2000d/dak, 60mm/dak ilerleme hızı için en uygun devir sayısının 2400d/dak, 80mm/dak, ilerleme hızı için en uygun devir sayısının 3200d/dak ve 100mm/dak, ilerleme hızı için en uygun devir sayısının 3600d/dak olduğu görülmüştür. A7075-T651 alüminyum alaşımının yüksek hız çeliği takım ile sürtünmeli delme işleminde daha kaliteli yüzey elde etmek ve en düşük yüzey pürüzlülüğü değerleri için uygun devir sayısı ve ilerleme oranları seçilmelidir. Sürtünmeli delme işlemi ısı etkisiyle malzemenin yumuşaması ve akması esasına dayandığından takım-iş parçası yüzey teması alanında meydana gelen ısı miktarı seçilmiş devir sayısı ve ilerleme hızı tarafından etkilenmiştir. Düşük ilerleme oranları için düşük dönme hızları ve yüksek ilerleme oranları için ise yüksek dönme hızları seçilmelidir. 4000d/dak devir sayısında meydana gelen ısı etkisiyle ergime fazla olduğundan dolayı ergimiş malzeme delik yüzeyine sıvanmış ve yüzey pürüzlülüğü artmıştır.



Şekil 4. Yüzey pürüzlülüğüne göre en uygun devir sayısı ve ilerleme hızı.

(Figure 4. a) The optimum spindle speed and feed rate according to surface roughness)

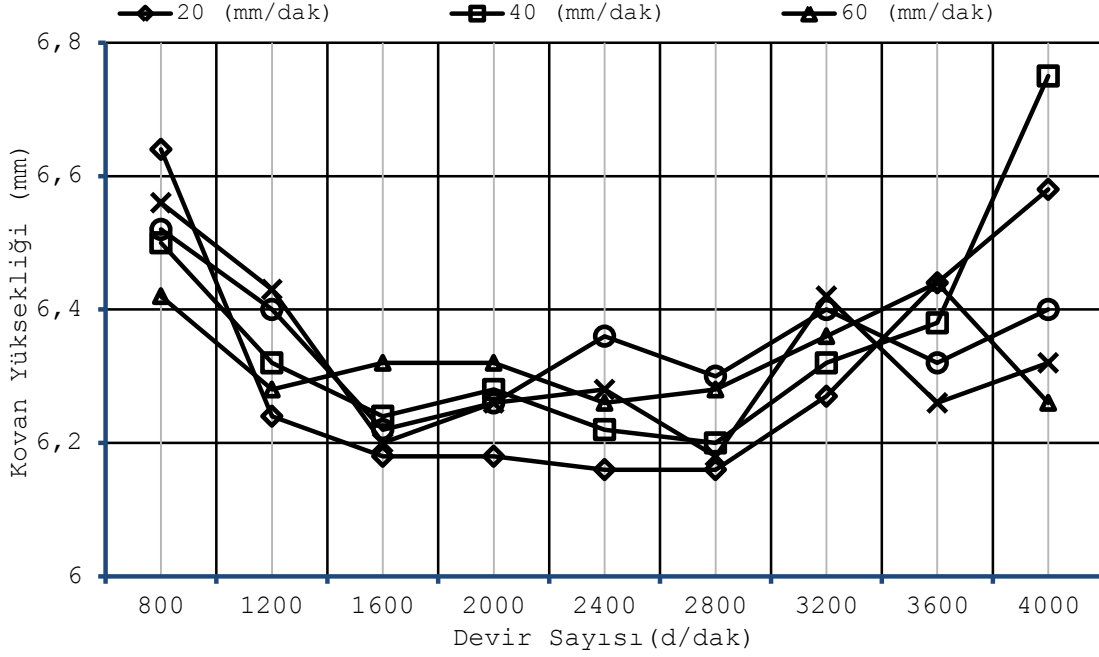
DeneySEL çalışmanın sonucunda elde edilen yüzey Pürüzlülüğü değerlerine göre en uygun devir sayısı ve ilerleme hızı çifti Şekil 5'teki grafikte gösterilmiştir.



Şekil 5. Devir sayısı ve ilerleme hızı yüzey pürüzlülüğüne etkisi.

(Figure 5. a) The effect of spindle speed and feed rate on the surface roughness)

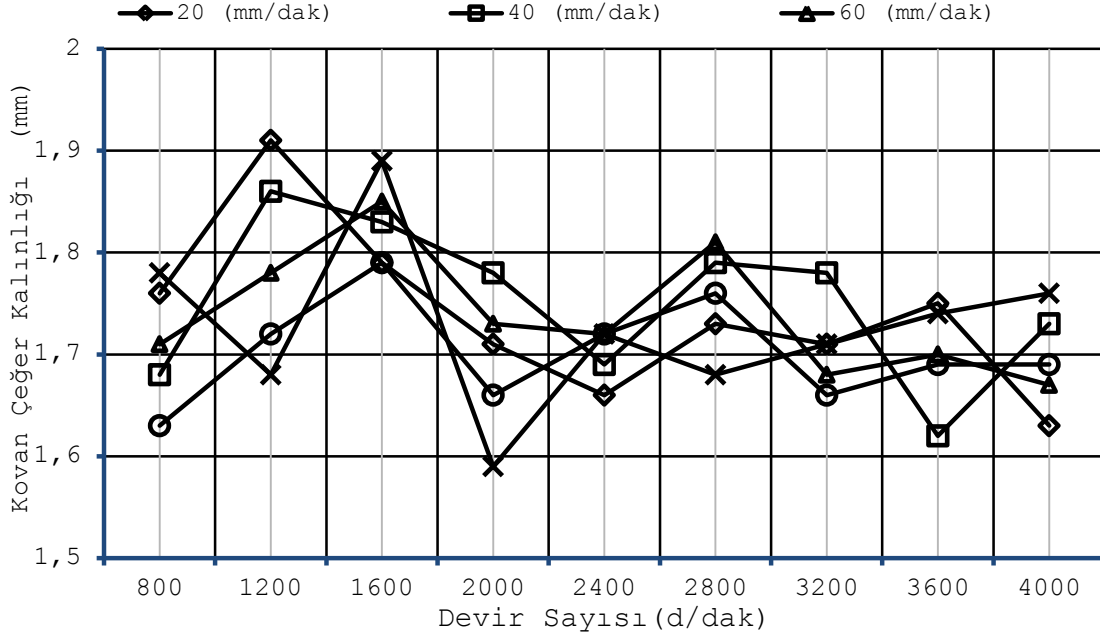
İlerleme hızının artışı ile sürtümlü delme işleminde deformasyonun etkisi artmış ve akan malzeme radyal doğrultuda deliğin çevresine yayıldığından kovan yüksekliği azalmıştır. Yüksek dönme hızlarında meydana gelen dönme momentinin etkisi ile malzeme radyal doğrultuda yayıldığından kovan yüksekliği azalmış, düşük dönme hızlarında ise elde edilen kovan yüksekliği değerleri daha fazla olduğu görülmüştür. Devir sayısının artışı ile ergime sıcaklığı artmış ve malzeme yeterince yumuşamıştır. Fakat yumuşamış malzeme, yüksek dönme hızlarında dönme momentinin etkisi ile deliğin çevresine doğru akmış, kovan yüksekliği azalmıştır. Daha büyük kovan yüksekliği değerlerine göre en uygun devir sayısı ve ilerleme hızı Şekil 6'daki grafikte gösterilmiştir. En uygun devir sayısı ve ilerleme hızı, büyük kovan yüksekliği değerlerine göre belirlenmiştir. En büyük kovan yüksekliği kriterine göre tüm ilerleme oranlarında 800d/dak devir sayısında takım-iş parçası yüzey temas alanında yeterli ısı meydana gelmediğinden iş parçası yeterince yumuşamamış, akmamış ve kovanın şekillenmesinde deformasyon etkili olmuş ve kovan yüksekliği artmıştır. 4000d/dak devir sayısında ise takım-iş parçası yüzey temas alanında yeterli ısı meydana gelmiş, iş parçası yumuşamış ve aktığından dolayı kovan yüksekliği artmıştır. Böylece en büyük kovan yüksekliği değerleri, düşük dönme hızlarında (800d/dak) deformasyon etkisiyle, yüksek dönme hızlarında (4000d/dak) ise ergimiş ve yumuşamış malzemenin akması sonucu elde edilmiştir. İlerleme hızı kovan yüksekliğine etkisi devir sayısına göre daha az olmuştur.



Şekil 6. Kovan yüksekliğine göre en uygun devir sayısı ve ilerleme hızı.

(Figure 6. a) The optimum spindle speed and feed rate according to bushing height)

İlerleme hızının artışı ile sürtümlü delme işleminde deformasyonun etkisi artmış ve akan malzeme radyal doğrultuda deliğin çevresine yayıldığından kovan çeper kalınlığı artmıştır. Yüksek dönme hızlarında meydana gelen dönme momentinin etkisi ile malzeme radyal doğrultuda çevreye yayıldığından dolayı kovanın çeper kalınlığı azalmış, düşük dönme hızlarında ise deformasyonun ve takımın akan malzemeye radyal doğrultuda uyguladığı basınç etkisi ile kovan çeper kalınlığı artmıştır. Devir sayısının artışı ile ergime sıcaklığı artmış ve malzeme yeterince yumuşamış, düşey doğrultuda aktığından kovan çeper kalınlığı azalmıştır. Daha yüksek kovan çeper kalınlığı değerlerine göre en uygun devir sayısı ve ilerleme hızı Şekil 7'deki grafikte gösterilmiştir. En uygun devir sayısı ve ilerleme hızı, büyük kovan çeper kalınlığı değerlerine göre belirlenmiştir. En büyük kovan çeper kalınlıkları, 20 ve 40mm/dak ilerleme oranlarında, 1200d/dak devir sayısında, 60, 80 ve 100mm/dak ilerleme oranlarında, 1600d/dak devir sayısında elde edilmiştir. İlerleme hızının kovan çeper kalınlığına etkisi devir sayısına göre daha az olduğu görülmüştür.



Şekil 7. Kovan çeper kalınlığına göre en uygun devir sayısı ve ilerleme hızı.

(Figure 7. The optimum spindle speed and feed rate according to bushing wall thickness)

Şekil 8'de A7075-T651 alüminyum alaşımının yüksek hız çeliği (HSS) takım ile sürtümlü delme işleminde meydana gelen kovan biçimlerinin fotoğrafları gösterilmiştir. A7075-T651 alüminyum alaşımı gevrek malzeme olduğundan meydana gelen kovanın biçiminde, çatlak ve yarıklar fazla olmuştur. Devir sayısının artışı ile dönme momenti artmıştır. Dönme momentinin etkisiyle yumuşamış ve akmış malzeme radyal doğrultuda ve çevreye yayılmış malzemenin miktarı artmıştır. Kovan oluşumunu sağlayan malzeme miktarı ise azaldığından meydana gelen kovanda çatlak ve yarıkların oluşumu artmıştır. A7075-T651 alüminyum alaşımı gevrek malzeme olduğundan devir sayısı ve ilerleme hızının değişimiyle kovan biçimi de değişmiştir. Artan devir sayısı ve ilerleme hızı ile kovandaki çatlak, yarıklar ve yırtıkların miktarı artmıştır. İlerleme hızının artışı ile meydana gelen çatlak miktarı devir sayısının artışı ile meydana gelen çatlak miktarından daha az olmuştur. İlerleme hızının kovan biçimi üzerindeki etkisi devir sayısının etkisinden daha az olduğu görülmüştür.

	20mm/dak	40mm/dak	60mm/dak	80mm/dak	100mm/dak
800d/dak					
1200d/dak					
1600d/dak					
2000d/dak					
2400d/dak					
2800d/dak					
3200d/dak					
3600d/dak					
4000d/dak					

Şekil 8. Kovan biçimleri
(Figure 8. Bushing shapes)

5. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS)

Sürtülmeli delmede, yüzey pürüzlülüğünü etkileyen en önemli parametre, takım - iş parçası yüzey temas alanında meydana gelen ısı etkisiyle iş parçası malzemesinin yeterince yumuşaması, akması ve işlemede deformasyonların etkisinin azalmasıdır. İşlem sıcaklığını etkileyen en önemli parametreler ise devir sayısı ve ilerleme hızı çiftidir.

En düşük yüzey pürüzlülüğü kriterine göre 20mm/dak ilerleme hızı için en uygun dönme hızlarının 800d/dak, 40mm/dak ilerleme hızı için en uygun devir sayısının 1200 ve 1600d/dak, 60mm/dak ilerleme hızı için en uygun devir sayısının 2000, 2400 ve 4000d/dak, 80mm/dak ilerleme hızı için en uygun dönme hızlarının 2800, 3200 ve 3600d/dak ve 100mm/dak ilerleme hızı için en uygun devir sayısının 3600d/dak olduğu görülmüştür. 4000d/dak devir sayısında meydana gelen ısı etkisiyle ergime fazla olduğundan ergimiş malzeme delik yüzeyine sıvanmış ve yüzey pürüzlülüğü artmıştır.

En büyük kovan yüksekliği kriterine göre tüm ilerleme oranları için 1200d/dak'dan daha küçük dönme hızlarında deformasyonların etkisinden dolayı 4000d/dak devir sayısında ise malzemenin ergime sonucu düşey doğrultuda akmasından dolayı daha büyük kovan yüksekliği değerleri elde edilmiştir.

En büyük kovan çeper kalınlığı kriterine göre tüm ilerleme oranları için 1600d/dak'dan daha küçük dönme hızlarında daha büyük kovan çeper kalınlığı elde edilirken 1600d/dak'dan daha büyük dönme hızlarında ise artan dönme momentinin etkisiyle malzemenin çevreye yayılan malzeme miktarı artmış ve kovan çeper kalınlığı azalmıştır. A7075-T651 alüminyum alaşımını gevrek malzeme olduğundan devir sayısı ve ilerleme hızının değişimiyle kovan biçimi de değişmiştir. Artan devir sayısı ve ilerleme hızı ile kovan biçiminde meydana gelen çatlakların sayısı ve boyutu artmıştır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Van Geffen, J.A., (1976). Piercing Tools, US Patent 3.939.683.
2. 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.
3. Van Geffen, J.A., (1980). Rotatable Piercing Tools for Forming Bossed Holes, US Patent 4.185.486.
4. Miller, S.F., Tao, j., and Shih, A.J., (2006). Friction Drilling of Cast Metals, International Journal of machine Tool and Manufacture, 46 1526-1535.
5. 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.
6. Lee, S.M., Chow, H.M., Huang, F.Y., and 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.
7. 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.
8. Doğru, N., (2010). AISI 1010 Çelik Malzemenin Sürtünmeli Delme Yöntemiyle Delinmesinde İşleme Karakteristiklerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
9. 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.
10. 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.



11. 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.
12. 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.