



NWSA-ENGINEERING SCIENCES

Received: September 2012
Accepted: January 2013
NWSA ID : 2013.8.1.1A0341
ISSN : 1308-7231

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

SÜRTÜNMELİ DELMEDE MİKRO YAPI VE MİKRO SERTLİĞİN ARAŞTIRILMASI

ÖZET

Sürtünmeli delme, geleneksel olmayan, sürtünme sonucu oluşan ısının etkisi ile delik delme yöntemidir. Bu çalışmada, 2400d/dak, 3600d/dak ve 4800d/dak dönme hızlarında, 75mm/dak ilerleme hızında, cidar kalınlığı 4mm ve 6mm olan St 37 ve A7075-T651 alaşımlarına sürtünmeli delme yöntemiyle delikler delinmiştir. Delme esnasında koniklik açısı 24° , 36° ve 48° , silindirik bölge uzunluğu $h_1=24$ mm olan HSS ve WC takımlar kullanılmıştır. Elde edilen deliklerin, mikro sertlik ve mikro yapı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Maksimum mikro sertlik değeri 3600d/dak dönme hızında, 36° ve 48° koniklik açılarında, 24° koniklik açısında ise daha düşük değerler elde edilmiştir. St37 çelik alaşımında, A7075-T651 alüminyum alaşımına göre daha yüksek mikro sertlik değerleri elde edilmiştir. St37 çelik alaşımında çökelti sertleşmesi olmadığından mikro sertlik değerinde fazla değişiklik olmamıştır.

Anahtar Kelimeler: Sürtünmeli Delme, Mikro Sertlik, Mikro Yapı, Devir Sayısı, Koniklik Açısı

INVESTIGATION THE MICRO HARDNESS AND MICRO STRUCTURE IN FRICTION DRILLING

ABSTRACT

Friction drilling process is a non-traditional hole making method which a no-chip drilling process was formed by thermal friction. In this friction drilling experimental study, the selected spindle speeds were 2400rpm, 3600rpm, and 4800rpm, feed rates was 75mm/min and tool material were HSS and WC tools with 24° , 36° , and 48° conical angles and 24mm, tool cylindrical region lengths. The specimens were St37 and A7075-T651 alloys with thickness of 4mm and 6mm. It was analysed the effect of experimental parameters on the micro hardness and micro structure. Maximum micro hardness values were obtained at 3600rpm spindle speed, 36° and 48° conical angles the smaller micro hardness was obtained at 24° tool conical angle. In friction drilling of St37 steel alloy higher micro hardness values were obtained than in friction drilling of A7075-T651 aluminium alloy. Because of deficient precipitation hardening of St37 steel alloy the micro hardness was not changed over.

Keywords: Friction Drilling, Micro Hardness, Micro Structure, Spindle Speed, Conical

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Sürtüneli delme, konik bir takım ile iş parçasının temas bölgesinde sürtünme sonucu oluşan ısının etkisiyle yumuşamış iş parçasına takımın dalması ve iş parçasının delinmesi şeklinde meydana gelen, talaşsız, temiz ve geleneksel olmayan, form delme, akıcı delme ve sürtüneli karıştırmalı delme olarak da adlandırılan, geleneksel olmayan bir delik delme yöntemidir. Bu imalat yönteminin amacı, ince cidarlı malzemelerde, 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 delinir. Malzemeye dalan takım, yumuşamış malzemeyi ilerleme doğrultusunda iterek deliğin alt kısmında bağlantı uzunluğunu arttıran kovayı oluşturur. Malzemenin bir kısmı yukarıya akarken diğer bir kısmı da takımın dönme hızı ve ilerleme hareketinin etkisi ile çevreye yayılır [1].

İş parçası malzemesinin ön ısıtılması ile itme kuvveti, dönme momenti, enerji ve harcanan güç miktarı azalır. İşlem sırasında meydana gelen maksimum ısı miktarı yaklaşık olarak, iş parçası

malzemesinin ergime sıcaklığının $\frac{1}{3} - \frac{2}{3}$ katı kadardır. Malzeme

kalınlığının delik çapına ($\frac{t}{d}$) oranı, meydana gelen kovanın biçimini

ve yüksekliğini etkileyen önemli bir parametredir. Bu oranın artmasıyla kovan oluşumunu sağlayan malzeme miktarı artar [1]. Dönme hızının artışı ile kovanın biçimi bozulur, iş parçasının yüzey sıcaklığı ve delik çevresinin sertliği artar, itme kuvveti, dönme momenti, enerji ve harcanan güç miktarı, kaplanmış ve kaplanmamış takımların aşınma miktarları arasındaki fark, deliğin daireselliği ve yüzey pürüzlülüğü (R_a) azalır, fakat dönme hızı kovan oluşumunu etkilemez [2 ve 3].

İlerleme hızının artışı ile işlem süresi azalır, eksensel itme kuvveti, dönme momenti, harcanan güç miktarı artar. İlerleme hızının çok yüksek veya çok düşük olması durumunda malzemenin akması için yeterli ısı oluşmaz, malzeme yüzeye yapışır ve yüzey pürüzlülüğü değeri (R_a) artar ve yüzey kalitesi düşer [3 ve 4]. Mikro yapı, sürtünme kuvvetleri ve yükselen sıcaklıktan etkilenir[5]. Sürtüneli delme işleminde meydana gelen kovanın yüksekliği iş parçası malzemesi kalınlığının yaklaşık olarak 3 katı kadardır [6].

Sürtüneli delme işlemi tamamlandıktan ve takım geri çekildikten sonra deliğin yüzeyi hızlı bir şekilde hava akımına maruz kalır ve soğur. Delik yüzeyi, iç bölgelere göre daha hızlı soğur. Bu nedenle en küçük tane boyutu ve en yüksek mikro sertlik değerleri delik yüzeyinde meydana gelmektedir. Delik yüzeyinden uzak bölgeler hava akımına direkt maruz kalmadığından, iş parçasının ısıl iletkenlik katsayısına bağlı olarak daha yavaş soğuduğundan iç bölgede daha büyük taneli ve yumuşak bir mikro yapı meydana gelir. İş parçasının ısıl iletkenlik katsayısı azaldıkça, temas bölgesinde meydana gelen ısının uzaklaşma ve ısıl işlem süreleri uzar, tane boyutu büyük ve mikro yapı yumuşak olur. Isıl iletkenlik katsayısı yüksek olan malzemelerde mikro sertlik değeri yüksek olur. İlerleme hızı mikro sertlik değerini etkilemez. Yüksek dönme hızlarında ısınan bölgenin alanı fazla, soğuma süresi uzun, tane boyutu büyük ve mikro sertlik değeri düşük olur. Düşük dönme hızlarında ısınan bölgenin alanı az, soğuma süresi kısa, tane boyutu küçük ve mikro sertlik değeri ise yüksek olur. Deliğin yüzeyinden belli bir mesafede, malzemenin ısıl iletkenlik katsayısına bağlı olarak, mikro sertlik değeri, iş parçası malzemesinin mikro sertlik değerine eşit olur [3, 5 ve 6].

Takımın uç kısmı, işlem sırasında aşınarak sivrileşir. Sivri takım ucu, sürtünmeli delme işlemi süresince, itme kuvvetini azaltır [7]. İşlem sırasında meydana gelen itme kuvveti ve dönme momenti arasındaki ilişki, iş parçası malzemesinin gerilme dayanımı özelliklerine bağlı olarak oluşan sıcaklık modellenerek tespit edilmiştir. Sürtünme katsayısı, dönme hızı ve sıcaklıktan bağımsız olduğu kabul edildiğinde, sürekli değişir [8]. Sonlu eleman modelleme yöntemiyle iş parçası malzemesinin nasıl ısındığı, nasıl yumuşadığı gösterilmiş, A6061-T6 malzemesine uygulanan sürtünmeli delme işleminde bu model kullanılarak sıcaklığın ergime sıcaklığına yakın bir sıcaklığa, 580°C'ye, yükselmiştir [9].

İtme kuvveti, takım ucunun iş parçasına teması ile hızlı bir şekilde yükselir ve maksimum değerine ulaşır. Takımın konik kısmının iş parçasına dalması ile itme kuvvetinin değeri yaklaşık olarak yarıya düşer ve işlem sonuna kadar devam eder ve işlemin tamamlanması ile bu değer sıfır olur [10].

Takım ile iş parçası arasındaki sürtünme sonucu yükselen sıcaklık ile iş parçası malzemesi yumuşar, sünekliği ve akıcılığı artar [11]. Yumuşamış malzemenin akış yönü, delme işleminin başlangıcında takımın ilerleme hareketinin tersi doğrultuda olur. Takımın ilerleme hareketinin tersi doğrultuda akan malzeme, deliğin giriş kısmında yığılır ve pul olarak adlandırılan sızdırmazlık halkasını meydana getirir. Delme İşleminde meydana gelen kovanın yüksekliği, iş parçası malzemesi kalınlığının yaklaşık olarak 2-3 katı kadar olmaktadır [12].

2. ÇALIŞMANIN AMACI (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Bu çalışmada, literatür çalışmalarından farklı olarak A7075-T651 alüminyum alaşımının ve St37 çelik malzemesinin sürtünmeli delme işlemlerinde meydana gelen mikro yapı ve delik bölgesinin mikro sertlik değerleri araştırılmıştır.

Sürtünmeli delme işleminin amacı ince cidarlı malzemelerin bağlantılarında bağlantı uzunluğunu ve mukavemetinin artırılmasıdır. Mukavemeti etkileyen önemli bir parametre ise malzemenin sertliğidir. Bağlantı sırasında bağlantı bölgesindeki mikro yapı ve mikro sertlik değerleri de mukavemeti etkilemektedir. Bu amaçla sürtünmeli delme işleminde, delik bölgesinin mikro yapısı ve işlem etkisiyle mikro sertlik değerlerinde meydana gelen değişimler mukavemet açısından önemlidir.

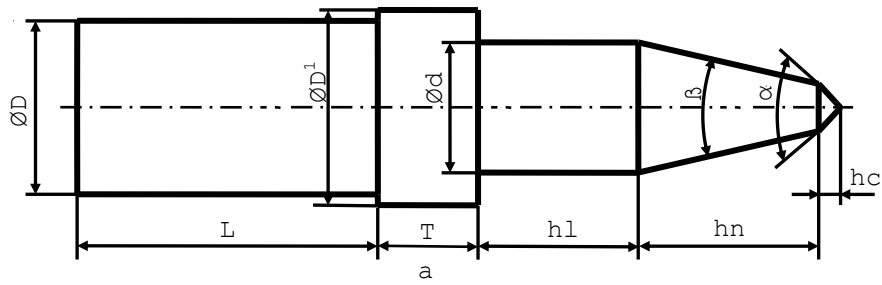
3. DENEYSEL ÇALIŞMA (EXPERIMENTAL METHOD)

Deneyle, HESSAP True-Trace C-360/3D 1095 Model Kopya Freze tezgâhında yapılmıştır (Şekil 1). 2400d/dak, 3600d/dak, ve 4800d/dak dönme hızları, 75 mm/min ilerleme hızı seçilmiştir. Koniklik açısı 24°, 36° ve 48°, silindirik bölgenin uzunluğu 24mm olan yüksek hız çeliğinden (HSS) ve tungsten karbür (WC) malzemelerden imal edilmiş takımlarla, kesit kalınlığı 4mm ve 6mm olan St37 ve A7075-T651 alaşımlarına, 10mm ve 12mm çaplarında delikler delinmiştir.

70x500mm ebatlarında hazırlanmış iş parçası numuneleri, özel bağlama aparatı ile tezgâhın tablasına rijit bir şekilde bağlanmıştır (Şekil 1). Delme esnasında kullanılan takımlar Şekil 2'de gösterilmiştir. Deneysel çalışma sırasında iş parçasının sıcaklığı oda sıcaklığında olmuştur. Her bir delik delindikten sonra iş parçasının sıcaklığın oda sıcaklığına düşmesi için beklenmiştir.



Şekil 1. Deneysel düzeneği ve bağlama aparatı
(Figure 1. Experimental setup and binding apparatus)



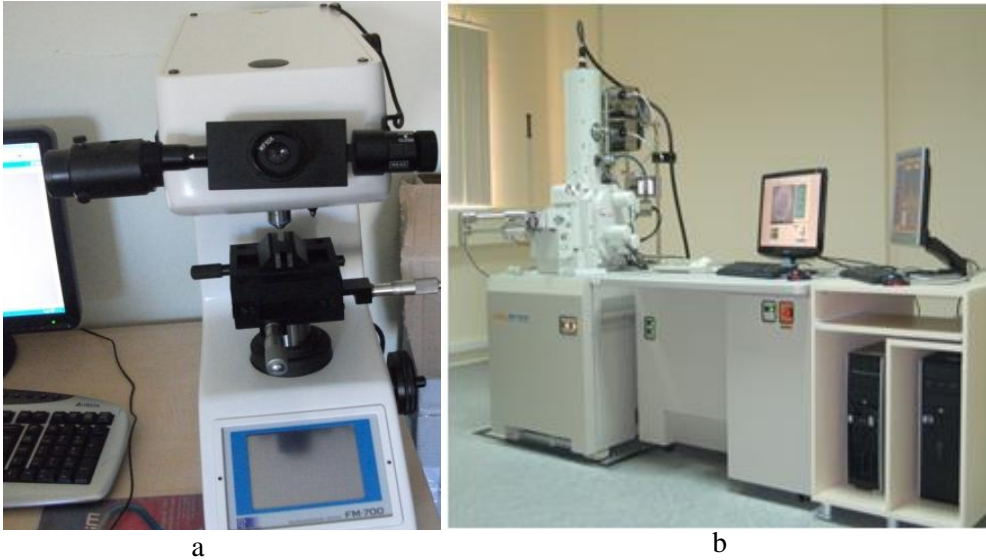
Şekil 2. Takımların geometrik boyutları a) Takımın geometrisi
b) WC takımların fotoğrafları c) HSS takımların fotoğrafları
(Figure 6. The tool geometry a) Tool geometry
b) The pictures of WC tools c) The pictures of HSS tools

Mikro sertliği ölçülmüş ve SEM fotoğrafları çekilmiş numuneler Şekil 3'te görüldüğü şekilde üç aşamada hazırlanmıştır. A7075-T651 alüminyum alaşımında delik yüzeyinden itibaren 10 μ m, 40 μ m, 70 μ m, 100 μ m ve 130 μ m uzaklıkta olmak üzere 5 ayrı noktada ölçülmüştür. St37 çelik malzemesinde ise 50 μ m, 100 μ m, 150 μ m, 200 μ m, 250 μ m ve 300 μ m uzaklıkta olmak üzere 6 ayrı noktada mikro sertlik değerleri ölçülmüştür. SEM fotoğrafları ise belirtilen alanı kapsayacak şekilde çekilmiştir. Mikro sertlik ölçme mesafeleri ve sertliği ölçülen nokta sayısı, mikro sertlik değerinin esas malzemenin sertliğine eşit olma mesafesine göre belirlenmiştir.



Adım 1 Adım 2 Adım 3
Şekil 3. Mikro sertlik testi ve SEM fotoğraflarının çekimi için numuneleri hazırlama aşamaları
(Figure 3. Preparing stages of experiment samples for micro hardness measuring and SEM images)

Mikro sertlik testleri, Future-Tech FM-700 marka mikro sertlik cihazı ile ölçülmüştür (Şekil 4.a). Mikro yapının resimleri, JEOL JSM 7001F Taramalı Elektron Mikroskobu'nda (SEM) 500X büyütmede, termal ve basınç gerilmelerinden dolayı delik yüzeyinde meydana gelen çatlaklar ise 2000X büyütmede çekilmiştir (Şekil 4.b).



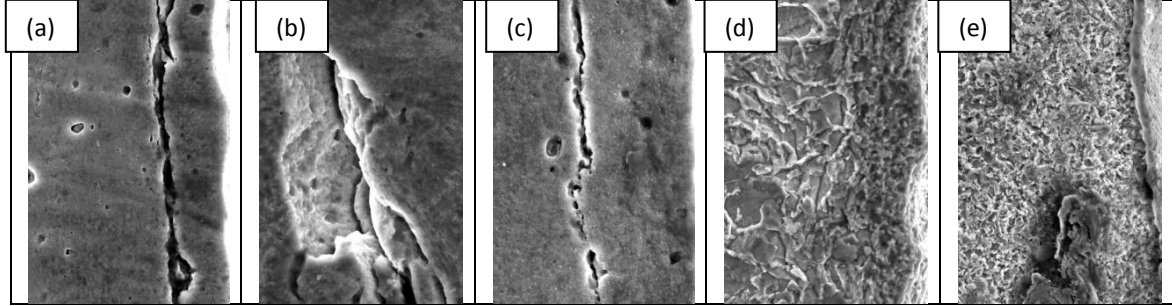
Şekil 4. a) Mikro sertlik testlerinin uygulandığı cihaz.
b) JEOL JSM 7001F Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)
(Figure 4. a)The micro hardness measuring machine
b) JEOL JSM 7001F Scanning Electron Microscope (SEM)

4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR (FINDINGS AND DISCUSSIONS)

Sürtünmeli delme işleminde mikro sertliği etkileyen en önemli parametreler, sıcaklık oluşumunu etkileyen dönme hızı, takım koniklik açısı, termal ve basınç etkisiyle meydana gelen deformasyonlardır. İşlem sırasında iş parçasının sıcaklığı artmış, işlemin tamamlanması ile hava akımına maruz kalan iş parçası soğumuştur. Delik yüzeyinden uzak iç bölgeler kapalı alan olduğundan soğuma, iş parçası malzemesinin ısı iletkenlik katsayısına bağlı olarak meydana gelmiştir. İş parçasının ısı iletkenlik katsayısının artması ile soğuma hızı artmıştır. Termal ve basınç deformasyonun etkisiyle yumuşamış ve delik eksenine doğrultusunda akmış malzemenin bir kısmı iş parçasının iç kısımlarına doğru basılmıştır. Basınç etkisiyle malzemenin yapısında bulunan çökeltiler, delik yüzeyine yakın bölgede toplandığından birim alandaki çökelti sayısı ile mikro sertlik değeri

artmıştır. Delik yüzeyinden uzaklaştıkça mikro sertlik değeri azalmıştır. A7075-T651 alüminyum alaşımında delik yüzeyinden itibaren 30µm aralıklarla 5 değişik noktada, St37 çelik malzemede ise delik yüzeyinden itibaren 50µm aralıklarla 6 değişik noktada mikro sertlik değerleri ölçülmüştür. 75mm/min ilerleme oranında dönme hızının, takım koniklik açısının ve takım malzemesinin mikro sertlik değerine etkisi Şekil 5 ve Şekil 6'daki grafiklerde gösterilmiştir.

Sürtülmeli delme işlemi sırasında termal ve basınç etkisiyle, delik yüzeyine yakın bölgelerde termal gerilmelerin sebep olduğu çatlaklar meydana gelmiştir. Bu çatlaklar Şekil 5. a, b, c, d ve e'de gösterilmiştir.



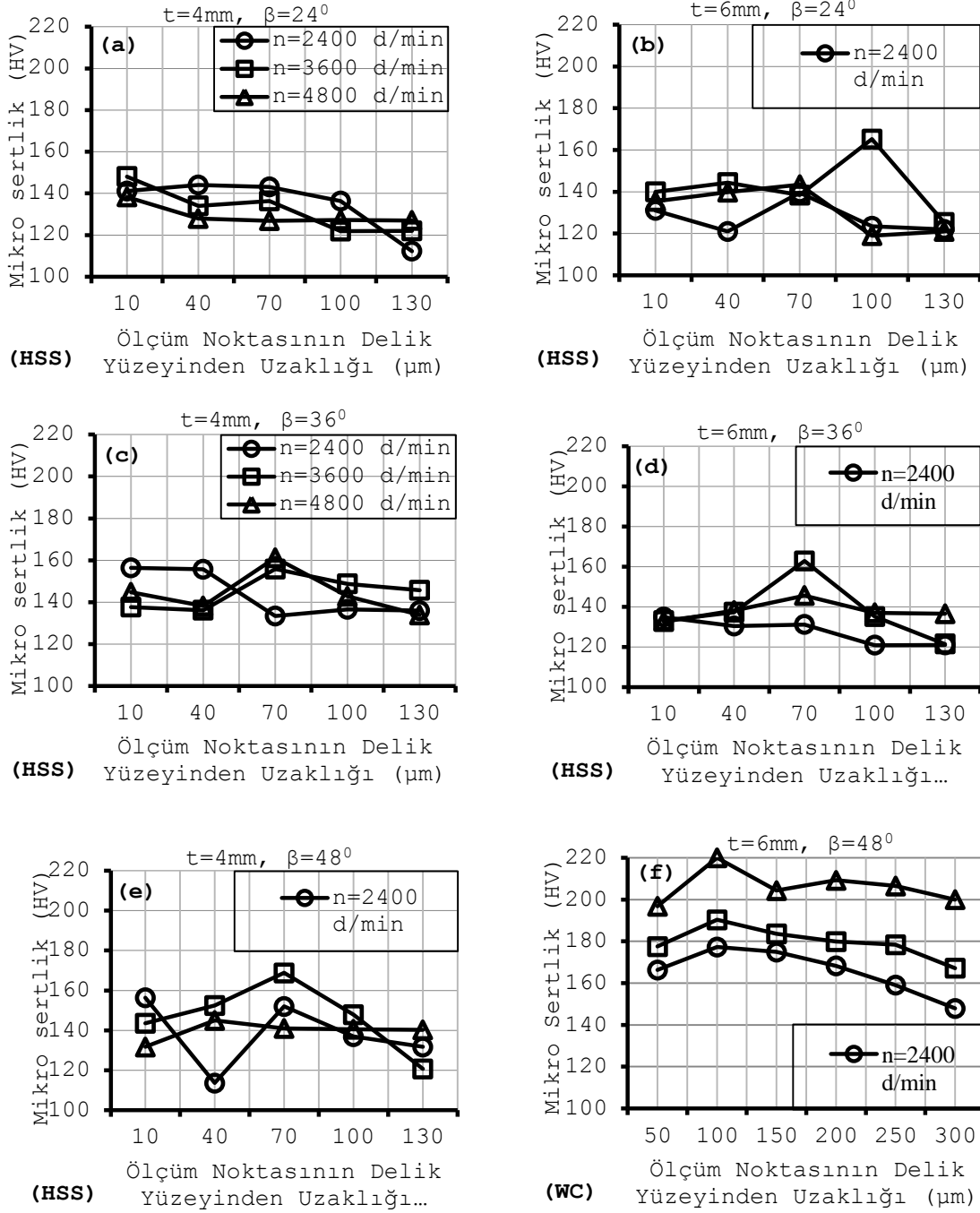
Şekil 5. Sürtülmeli delme işleminde, delik yüzeyine yakın bölgelerde meydana gelmiş termal ve basınç gerilmelerinin sebep olduğu çatlaklar.

a) 2400d/dak, 24°, b) 3600d/dak, 36°, c) 4800d/dak, 48°'de delinmiş
(Figure 5. The obtained cracks because of thermal and pressing strains in friction drilling near hole surface. Drilled in conditions, a) 2400rpm, $\beta=24^\circ$, b) $\beta=3600$ rpm, 36°, c) 4800rpm, $\beta=48^\circ$)

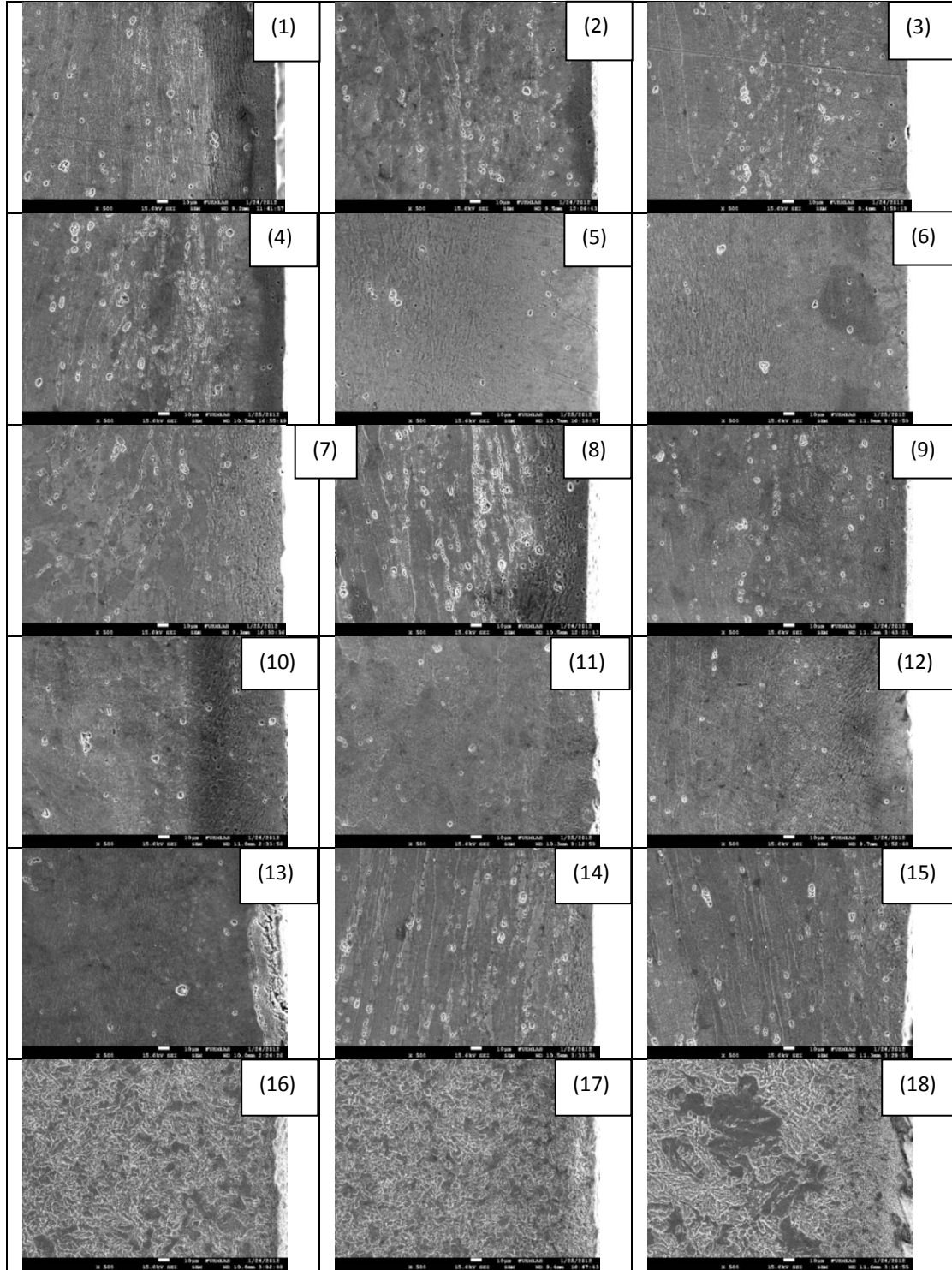
Dönme hızının artışı ile sürtülmeli delme işleminde takım-iş parçası yüzey temas alanının sıcaklığı artmış ve iş parçasının sıcaklığı yükselmiştir. İşlemin tamamlanması ile deliğin içerisinde hareket eden hava ile iş parçası soğumuş ve malzemenin mikro yapısında küçük boyutlu taneler yeniden oluşmuş, basınç ve ısı etkisiyle kenarlara basılmış olan malzeme ile birim alandaki çökelti sayısı ve mikro sertlik değeri artmıştır. Meydana gelene ısı miktarı yetersiz olduğunda ise malzemenin sıcaklığı yetersiz olmuş ve hava akımı ile sertleşme gerçekleşmemiştir. En düşük mikro sertlik değeri iş parçası malzemesinin kendi mikro sertlik değerine eşit olmuştur. Şekil 6'daki grafiklerde dönme hızının mikro sertliğe etkisi ve Şekil 7'de ise mikro yapının fotoğrafları gösterilmiştir.

A7075-T651 alüminyum alaşımında, delik yüzeyinden itibaren 10, 40, 70, 100 ve 130µm uzaklıklarda olmak üzere 5 değişik noktada, St37 çelik alaşımında ise 50, 100, 150, 200, 250 ve 300µm uzaklıkta olmak üzere 6 değişik noktada ölçülmüştür. Şekil 6'daki grafiklerde dönme hızının mikro sertliğe etkisi, Şekil 7'de ise dönme hızının mikro yapıya etkisi gösterilmiştir. 24° koniklik açısında, 3600d/dak dönme hızında, 4mm malzeme kalınlığında, delik yüzeyinden itibaren 10µm uzaklıkta (148.1HV), 6mm malzeme kalınlığında, delik yüzeyinden itibaren 100µm uzaklıkta (165.2HV), maksimum mikro sertlik değerleri ölçülmüştür. 36° koniklik açısında, 4mm malzeme kalınlığında, 4800d/dak dönme hızında, delik yüzeyinden 70µm uzaklıkta (161.2HV), 48° koniklik açısında 3600d/d dönme hızında ise (168.8HV), 6mm malzeme kalınlığında, 3600d/d dönme hızında, delik yüzeyinden 70µm uzaklıkta (165.2HV) maksimum mikro sertlik değerleri ölçülmüştür. St37 çelik alaşımında, maksimum mikro sertlik değeri 4800d/dak dönme hızında, delik yüzeyinden itibaren 100µm uzaklıkta (220HV), 2400d/dak ve 3600d/dak hızlarında ise 100µm uzaklıkta (sırasıyla 177HV ve 190HV)

ölçülmüştür. A7075-T651 alaşımında maksimum mikro sertlik değeri 3600d/dak dönme hızında, St37 çelik alaşımında ise 4800d/dak dönme hızında elde edilmiştir.



Şekil 6. (a - e) A7075-T651 alüminyum ve (f) St 37 çelik alaşımlarının sürtünmeli delme işleminde dönme hızının mikro sertliğe etkisi (Figure 6. The affection of spindle speed on the micro hardness (a-e)for friction drilling A7075-T651 alloy and (f)for friction drilling St37 steel materials)

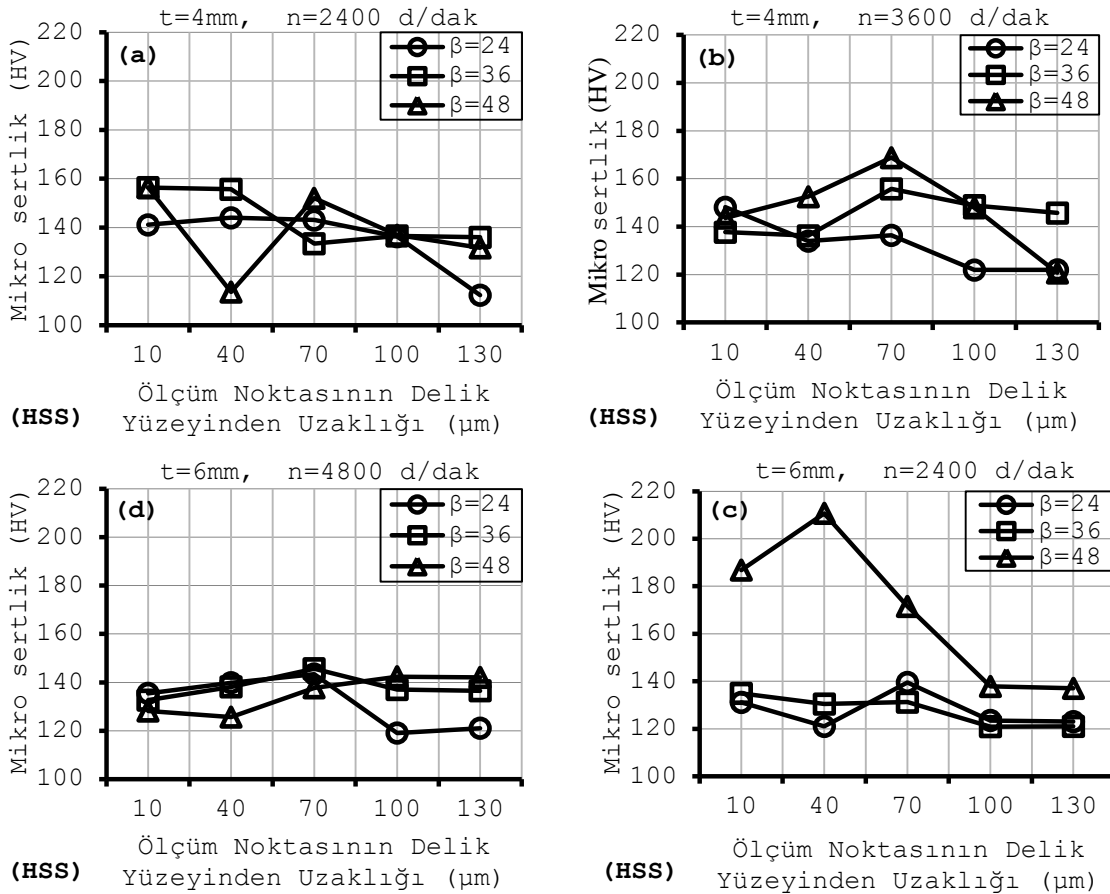


Şekil 7. A7075-T651 malzeme, HSS takım için dönme hızının mikro sertliğe etkisi (1, 4, 7, 10, 13, 16)2400 d/dak, (2, 5, 8, 11, 14, 17)3600 d/dak, (3, 6, 9, 12, 15, 18) 4800 d/dak

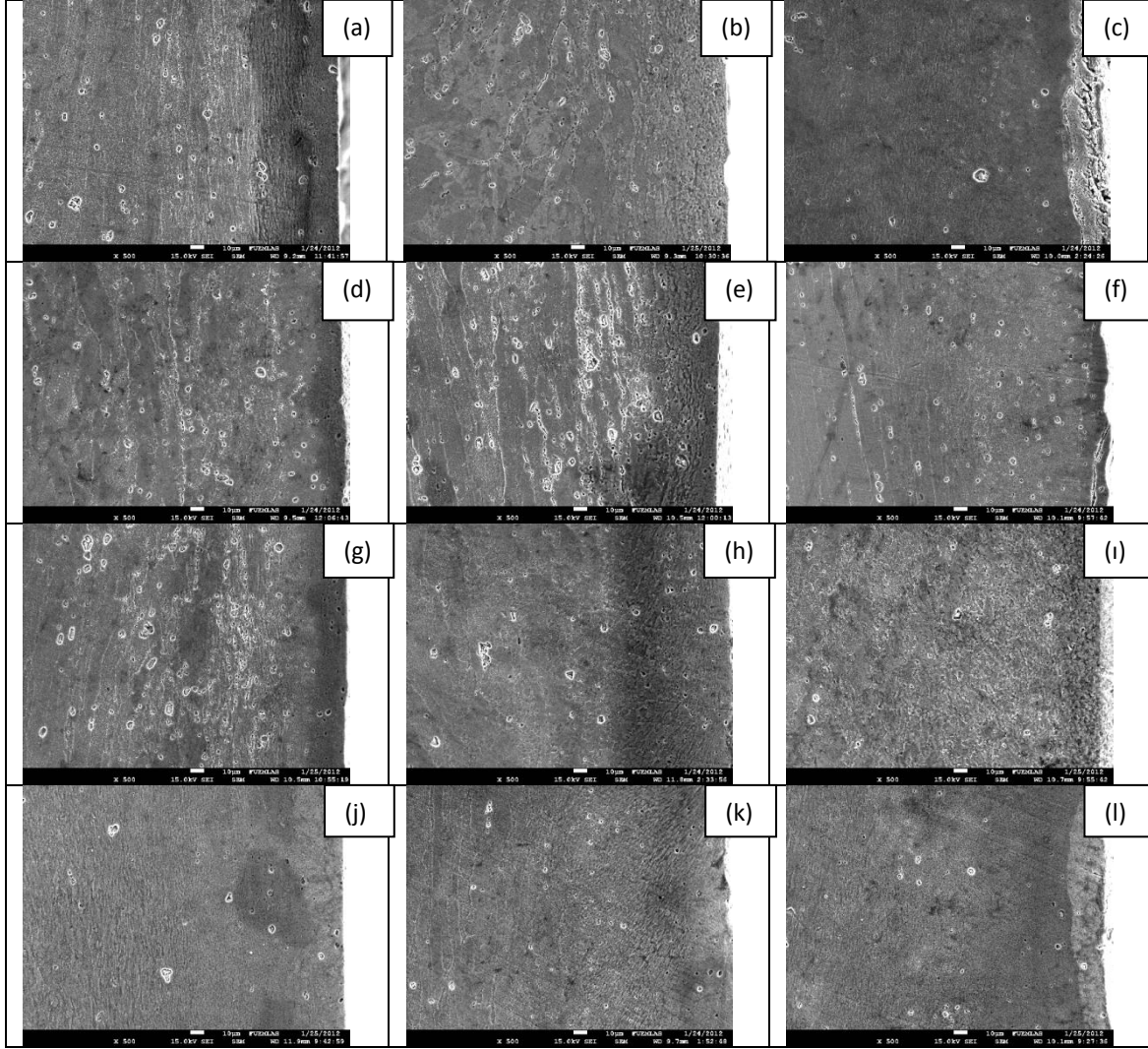
(Figure 7. The affection of spindle speed on the micro hardness for A7075-T651 alloy and HSS tool, (1, 4, 7, 10, 13, 16)2400rpm, (2, 5, 8, 11, 14, 17)3600rpm, (3, 6, 9, 12, 15, 18) 4800rpm)

Sürtülmeli delme işleminde mikro sertliği etkileyen en önemli parametreler, işlem sırasında meydana gelen sıcaklık, termal ve basınç etkisiyle meydana gelen deformasyonların etkisi ile birim alandaki çökelti sayısındaki artış ile soğuma hızı olmuştur. Takım koniklik açısının artışı ile takım-iş parçası yüzey temas alanının uzunluğu ve işlem sırasında oluşan sıcaklık miktarı azalmıştır. Değişen sıcaklıkla mikro sertlik değerinde değişme olmuştur. Şekil 8'deki grafiklerde takım koniklik açısının mikro sertliğe etkisi, Şekil 9'da ise mikro yapıya etkisi gösterilmiştir.

A7075-T651 alüminyum alaşımında, delik yüzeyinden itibaren 10, 40, 70, 100 ve 130µm uzaklıkta olmak üzere 5 değişik noktada, St 37 çelik alaşımında ise 50, 100, 150, 200, 250 ve 300µm uzaklıkta olmak üzere 6 değişik noktada ölçülmüş ve SEM mikroskobundaki görüntüleri ile birlikte Şekil 9'da gösterilmiştir. 36° koniklik açısında, maksimum mikro sertlik değeri (156.4HV), 48° koniklik açısında ise maksimum mikro sertlik değeri ise (210.7HV) olarak ölçülmüştür. 48° koniklik açısında termal ve basınç etkisiyle birim alandaki çökelti sayısının artmasıyla mikro sertlik değeri artmıştır.



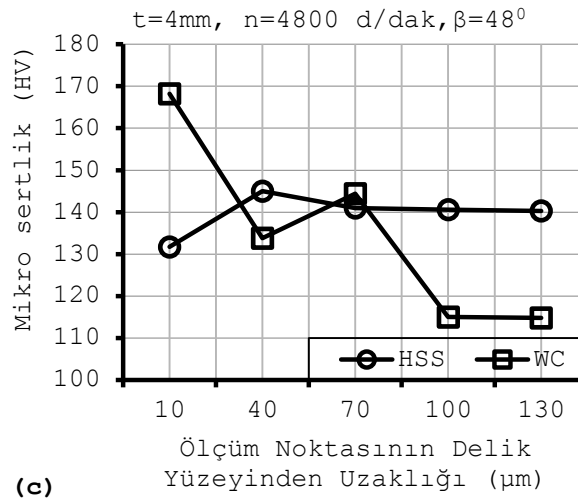
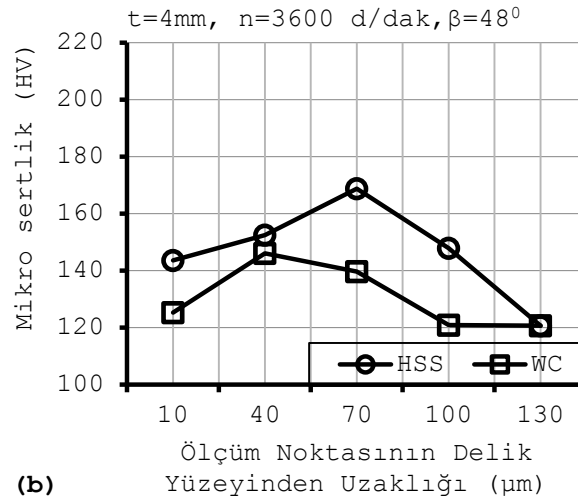
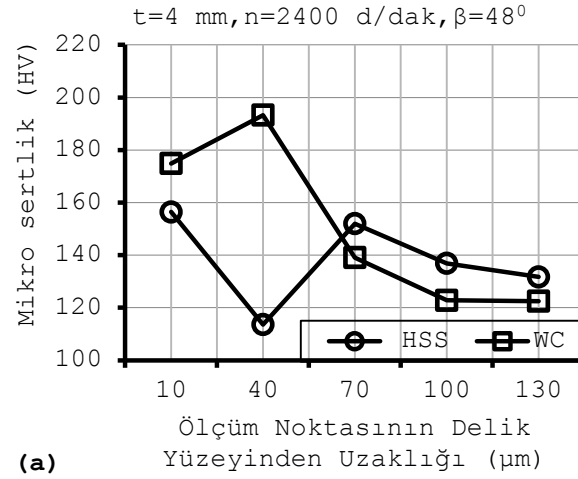
Şekil 8. A7075-T651 malzeme, HSS takım için takım koniklik açısının mikro sertliğe etkisi
(Figure 8. The affection of tool conical angle on the micro hardness for A7075-T651 alloy)



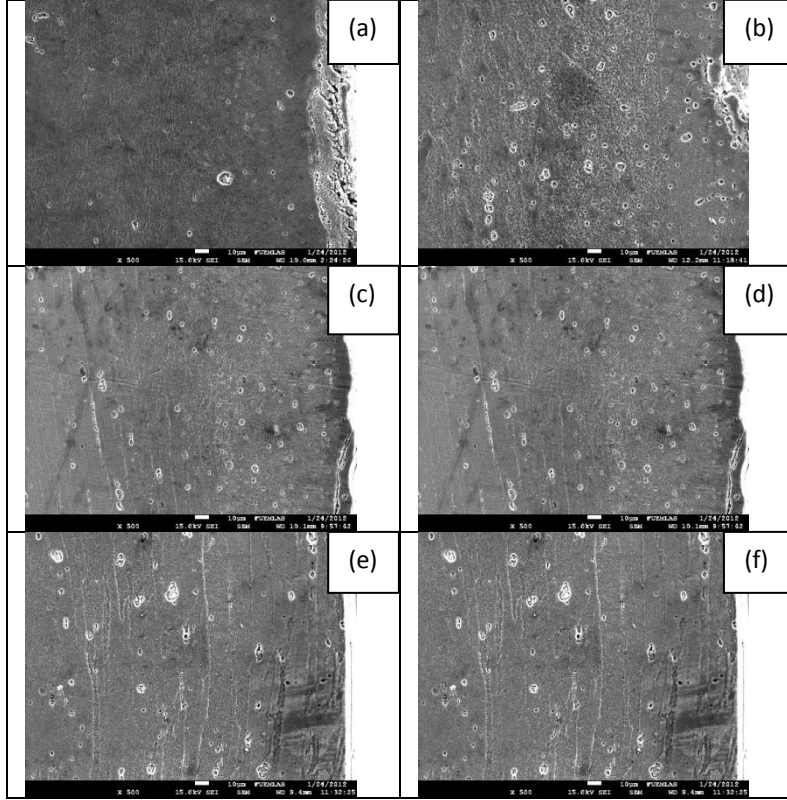
Şekil 9. A7075-T651 malzeme, HSS takım için takım koniklik açısının mikro sertliğe etkisi (a, g, d, j) 24° , (b, e, h, k) 36° , (c, f, l, l) 48°
(Figure 9. The affection of tool conical angle on the micro hardness for A7075-T651 alloy (a, g, d, j) 24° , (b, e, h, k) 36° , (c, f, l, l) 48°)

Sürtülmeli delme işleminde takım malzemesinin mikro sertlik değeri üzerindeki etkisi, takım malzemesinin ısıl iletkenlik katsayısı ile değişmiştir. Yüksek hız çeliği (HSS) takımın ısıl iletkenlik katsayısı 21w/m-K , tungsten karbür (WC) takımın ısıl iletkenlik katsayısı ise 84w/m-K dır. Tungsten karbür takımın ısıl iletkenlik katsayısı daha yüksek olduğundan işlem sırasında takım malzemesi tarafından takım-iş parçası yüzey temas alanından iletilen ısı miktarı daha fazla olmuş, işlemde meydana gelen ısı miktarı azalmış ve soğuma hızı artmıştır. Şekil 10'da takım malzemesinin mikro sertliğe etkisi, Şekil 11'de ise mikro yapıya etkisi gösterilmiştir.

A7075-T651 alüminyum alaşımında, delik yüzeyinden itibaren 10, 40, 70, 100 ve $130\mu\text{m}$ uzaklıkta olmak üzere 5 değişik noktada, St 37 çelik malzemede ise 50, 100, 150, 200, 250 ve $300\mu\text{m}$ uzaklıklarda olmak üzere 6 değişik noktada ölçülmüştür. HSS takımında delik yüzeyinden itibaren $40\mu\text{m}$ $70\mu\text{m}$ uzaklıklarda maksimum mikro sertlik değerleri elde edilirken WC takımında ise 10 ve $40\mu\text{m}$ uzaklıklarda elde edilmiştir.



Şekil 10. A7075-T651 malzeme için takım malzemesinin mikro sertliğe etkisi
(Figure 10. The affection of tool materials on the micro hardness for A7075-T651 alloy)



Şekil 11. A7075-T651 malzeme için takım malzemesinin mikro sertliğe etkisi (a, c, e)HSS, (b, d, f)WC
(Figure 11. The affection of tool materials on the micro hardness for A7075-T651 alloy, (a, c, e)HSS, (b, d, f)WC)

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS)

Sürtülmeli delme işleminde mikro sertliği etkileyen en önemli parametreler, sıcaklık oluşumunu etkileyen dönme hızı, takım koniklik açısı, termal ve basınç etkisiyle meydana gelen deformasyonlar olduğu görülmüştür. İşlem sırasında iş parçasının sıcaklığı artmış, işlemin tamamlanması ile hava akımına maruz kalan iş parçası soğumuştur. Deliğin çevresi kapalı alan olduğundan soğuma, iş parçası malzemesinin ısı iletkenlik katsayısına bağlı olarak meydana gelmiştir. İş parçasının ısı iletkenlik katsayısının artması ile soğuma hızı artmıştır. Termal ve basınç deformasyonun etkisiyle yumuşamış ve delik eksenine doğrultusunda akan malzemenin bir kısmı iş parçasının iç kısımlarına doğru basılmıştır. Basınç etkisiyle malzemenin yapısında bulunan çökeltiler, delik yüzeyine yakın bölgede toplandığından birim alandaki çökelti sayısı ile mikro sertlik değeri artmıştır. Delik yüzeyinden uzaklaştıkça mikro sertlik değeri azalmıştır.

Sürtülmeli delme işlemi sırasında termal ve basınç etkisiyle, delik yüzeyine yakın bölgelerde termal gerilmelerin sebep olduğu çatlaklar meydana gelmiştir.

A7075-T651 alüminyum alaşımında maksimum mikro sertlik değeri 3600d/dak dönme hızında, St37 çelik alaşımında ise 4800d/dak dönme hızında elde edilmiştir.

36° koniklik açısında, maksimum mikro sertlik değeri (156.4HV), 48° koniklik açısında ise maksimum mikro sertlik değeri ise (210.7HV) olarak ölçülmüştür. 48° koniklik açısında termal ve basınç etkisiyle birim alandaki çökelti sayısının artmasıyla mikro sertlik değeri artmıştır.

HSS takımında delik yüzeyinden itibaren 40µm 70µm uzaklıklarda maksimum mikro sertlik değerleri elde edilirken WC takımında ise 10µm ve 40µm uzaklıklarda maksimum mikro sertlik değerleri elde edilmiştir. Takım malzemelerinin mikro sertlik değerleri üzerindeki farklı etkileri, malzemelerin ısıl iletkenlik katsayılarının sebep olduğu soğuma hızındaki farklılık olduğu tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Miller, S.F., Tao, J., and Shih, A.J., (2006). Friction Drilling of Cast Metals, International Journal of machine Tool and Manufacture, 46, pp:1526-1535.
2. 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-and TiAlN Coated Tungsten Carbide Tools, International Journal of Machine Tools and Manufacture, 49, pp:81-88.
3. Lee, S.M., Chow, H.M., Yan, B.H., (2007). Friction drilling of IN-713LC cast superalloy, Materials and Manufacturing Processes, 22, pp:893-897
4. Miller, S.F., McSpadden, S.B., Wang, H., Li, R., and Shih, A.J., (2004), Experimental and numerical analysis of the friction drilling process, ASME, Journal of Manufacturing Science and Engineering, submitted for publication.
5. Miller, S.F., Blau, P., and Shih, A.J., (2005). Microstructural Alterations Associated with Friction Drilling of Steel, Aluminum and Titanium, Journal of Materials Engineering and Performance 14 (5), pp:647-653.
6. Chow, M.H., Lee, M.S., and Yang, L.D., (2008). Machining Characteristic study of friction drilling on AISI 304 Stainless Steel, journal of Materials Processing Technology, 207, pp:180-186.
7. Miller, S.F., Blau, P.J., and Shih, A.J., (2007). Tool Wear in Friction Drilling, International journal of Machine Tools and Manufacture 47, pp:1636-1645
8. Miller, S.F., Wang, H., Li, R., and Shih, A.J., (2006). "Experimental and Numerical Analysis of the Friction Drilling Process", Journal of Manufacturing Science and Engineering 128 (3), 802-810.
9. Miller, S.F. and Shih, A.J., Thermo-Mechanical Finite Element Modeling of the Friction Drilling Process, International journal of Manufacturing Science and Engineering 129, pp:531-538.
10. 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, pp:1819-6608.
11. Miller, S.F., Blau, P.J., and Shih, A.J., (2007). Tool Wear in Friction Drilling, International of Machine Tool and manufacture, 47, pp:1636-1645.
12. Dekkers, G., (1993). Flow Drill Prosesi Firma Katalogları, Copyright by Flow Drill B.V. Holland, pp:1-30.