

A7075-T651 Alaşımının Sürtünmeli Delinmesinde Ön-delik Çap ve Derinliğinin Yüzey Pürüzlülüğüne ve Kovanın Geometrik Boyutlarına Etkisinin Araştırılması

Zülküf DEMİR¹, Oktay ADIYAMAN², Rifat YAKUT³

¹ Yrd. Doç. Dr., Batman Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Makine ve İmalat Mühendisliği Bölümü,
zulkuf.demir@batman.edu.tr, zulkuff75@gmail.com

² Yrd. Doç. Dr., Batman Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Makine ve İmalat Mühendisliği Bölümü,
oktay.adiyaman@batman.edu.tr, adiyamanoktay@gmail.com

³ Yrd. Doç. Dr., Batman Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü,
rifat.yakut@batman.edu.tr, rifat45@gmail.com

Geliş Tarihi/Received:
28.04.2017

Kabul Tarihi/Accepted:
31.05.2017

Yayın Tarihi/Published:
27.12.2017

ÖZ

4 mm ve 6 mm kalınlıklarına sahip, geleneksel ön-delinmiş, A7075-T651 alüminyum alaşımı, koniklik açısı (β) 36° , silindirik bölge uzunluğu (h_1) 16 mm, çapları 8 ve 10 mm olan HSS takımlar ile 3000 d/dak dönme devrinde, 60 mm/dak ilerleme değerinde sürtünmeli olarak delinmişlerdir. Bu çalışmada ön-delik çapının ve derinliğinin yüzey pürüzlülüğüne, kovan yüksekliğine ve kovanın çeper kalınlığına etkisi araştırılmıştır. Elde edilen deneysel çalışmalardan ön-delik çapının takım ucunun son çapına, ön-delik derinliğinin ise takım ucunun (h_c) yüksekliğine yakın olduğu durumlarda deformasyon azaldığından dolayı yüzey pürüzlülüğünün azaldığı, sürtünmeli delme işlemi sırasında ise yumuşamış malzeme düzenli bir şekilde aktığından kovanın çeper kalınlığı ve kovan yüksekliğinin arttığı tespit edilmiştir. En uygun ön-delik çapı 8 mm çapındaki delik için 2.5-3 mm, 10 mm çapındaki delik için ise 3-3.5 mm olduğu, ön-delik derinliğinin ise 2-3 mm arasında olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Sürtünmeli delme, Kovan boyutları, Ön-delik çapı, Ön-delik derinliği

Investigation of the Effect of Pre-drilling Height and Diameter on Geometrical Dimensions and Surface Roughness in Friction Drilling of A7075-T651 Alloy

ABSTRACT

A7075-T651 alloy, which were selected 4 mm and 6 mm in thicknesses, after traditionally pre-drilled they were frictional drilled by using HSS tools with 8 and 10 mm diameters, which have 36° conical angle. Tools cylindrical region length (h_1) is 16 mm. 3000 rpm spindle speed, 60mm/min feed rate were selected. In experimental study the effect of both pre-drilling depths and diameters on the surface roughness, bushing height and wall thickness was investigated. Consequently, when pre-drilling diameter close to the end diameter of the tip of the tool, pre-drilling depth close to the height of the tip of the tool (h_c), because of decreasing initial deformation and regular flowing softening material during friction drilling, surface roughness decreased and bushing height and wall thickness were increased. It was observed that the optimum pre-drilling diameters were 2.5-3 mm and 3-3.5 mm for 8 and 10 mm in diameters respectively, however the optimum pre-drilling depth is in between 2-3 mm.

Keywords: Friction drilling, Bushing dimensions, Pre-drilling diameter, Pre-drilling depth

1. GİRİŞ

Sürtünmeli delme, takım-iş parçasının temas bölgesinde sürtünme etkisiyle oluşan ısı ile yumuşamış iş parçasına takımın dalması ve yumuşamış malzemenin, takımın itme kuvvetiyle takımın ilerleme doğrultusunda akması şeklinde uygulanan bir delik delme yöntemidir. Bu yöntem, talaşsız, temiz ve geleneksel olmayan, form delme, akıcı delme ve sürtünmeli karıştırmalı delme olarak da adlandırılmaktadır. Sürtünmeli delmenin amacı, cidar kalınlığı az olan levha şeklinde dökülmüş malzemelerde oluşan kovan yardımı ile bağlantı uzunluğunu arttırmaktır. İşlem sırasında malzemenin bir kısmı yukarıya akarak sızdırmazlık halkası olarak adlandırılan pulu oluştururken bir kısmı da takımın dönme ve ilerleme hareketlerinin etkisiyle aşağıya doğru akarak bağlantı uzunluğunu arttıran kovayı oluşturur. Ayrıca önemsenmeyecek kadar az miktarda malzeme de takım hareketlerinin etkisiyle çevreye yayılır. (Van Gafffen, 1976; Van Gafffen, 1979; Van Gafffen, 1980; Miller vd, 2006).

Sürtünmeli delme işleminde takım-iş parçası temas bölgesinde, sürtünme etkisiyle oluşan maksimum ısı miktarı yaklaşık olarak, iş parçası malzemesinin ergime sıcaklığının $1/2 - 2/3$ katı kadardır. Malzeme kalınlığının delik çapına t/d oranı, kovanın biçimini ve yüksekliğini etkileyen önemli bir parametre olduğundan bu oranın artmasıyla kovan oluşumunu sağlayan malzeme miktarı artar (Van Gafffen, 1976)

Sürtünmeli delme işleminde kovanın biçimini ve kalitesini iyileştirmek, kovanın biçiminde oluşan çatlak ve yarıkları azaltmak, kovanın taç yaprağı biçiminde oluşumunu azaltarak silindirikliğini geliştirmek amacıyla gevrek malzemelere sürtünmeli delme işleminden önce, $100^{\circ}\text{C}-300^{\circ}\text{C}$ arasında ön ısıtılma işlemi gerçekleştirilir ve malzemenin sünekliği artırılır (Miller vd, 2006; Demir, 2015; Demir, 2016).

Sürtünmeli delme işleminde en etkili parametreler dönme devri, ilerleme ve takım koniklik açılarıdır. Dönme devri ve takım koniklik açısı, takım-iş parçası temas alanında oluşan sıcaklığı etkileyen en önemli parametrelerdir. Dönme devrinin artışı ve koniklik açısının azalması ile takım-iş parçası temas bölgesinde sürtünme etkisiyle oluşan ısı miktarı artar. Takımın ilerleme parametresi ise işlemin tamamlanma sürecini etkileyen parametre olduğundan ilerlemenin artışı ile işlem süresi kısalmıştır (Gopal Krichma vd, 2010; Dogru, 2010; Boopathi vd, 2013; Ozler & Dogru, 2013; Miller & Shih, 2007)

Sürtünmeli delmede iş parçasına geleneksel delinmiş ön-delikler, takım ucu ile iş parçası ile takım ucu arasındaki temas alanını azalttığından oluşan ısı miktarı azalır. Fakat işlemin başlangıcında meydana gelen deformasyon etkisi azalır, böylece kovanın silindirikliği artar, kovandaki çatak ve yarıklar oluşumu azalır ve kovanın taş yaprağı biçiminde meydana gelmesi önlenir (Ozek & Demir, 2014; Ozek & Demir, 2013; Demir, 2015)

Dönme devrinin artışı ile sürtünme etkisiyle yumuşamış malzeme moment etkisiyle çevreye yayıldığından kovanın biçiminde oluşan çatlak ve yarıklar ile sürtünme etkisiyle oluşan ısı miktarı artar, yüzey pürüzlülüğü (R_a) azalır, fakat dönme devri kovan oluşumunu etkilemez (Lee vd, 2006; Dekkers, 1993; Lee vd, 2009)

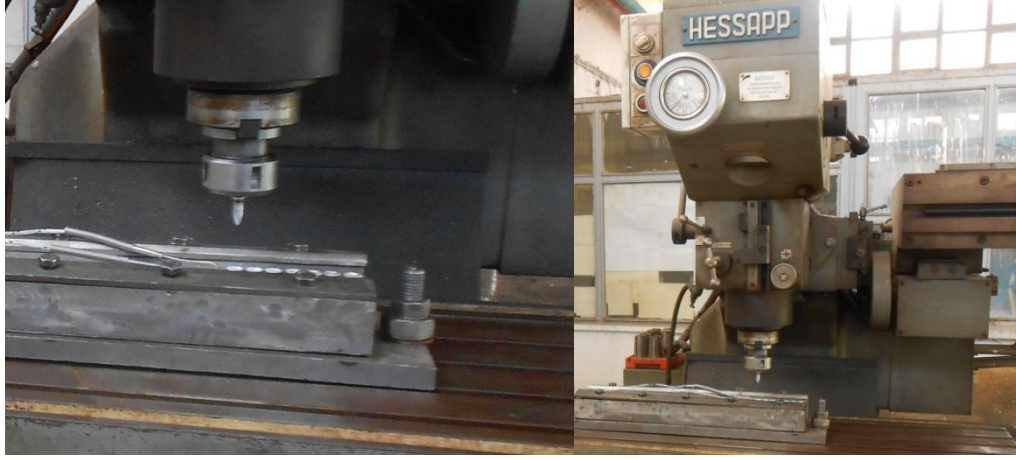
Sürtünmeli delme işleminde ilerlemenin çok yüksek olması yeterli miktarda malzemenin yumuşamasına ve akmasına imkan vermediğinden, ilerlemenin çok düşük olması ise ısı etkisiyle malzemenin aşırı miktarda eriyik delinen yüzeye yapıştığından yüzey pürüzlülüğü (R_a) artar dolayısıyla yüzey kalitesi düşer (Lee vd, 2006; Demir, 2015; Pantawana ve Ahuja, 2011).

Sürtünmeli delme işleminde malzemenin alt kısmında oluşan ve ince cidarlı metalik levhalarda bağlantı uzunluğunu arttıran kovanın yüksekliği, iş parçası malzemesi kalınlığının yaklaşık olarak 3 katı kadardır (Chow vd, 2008; Demir, 2015; Kumar & Pachiaraj, 2012).

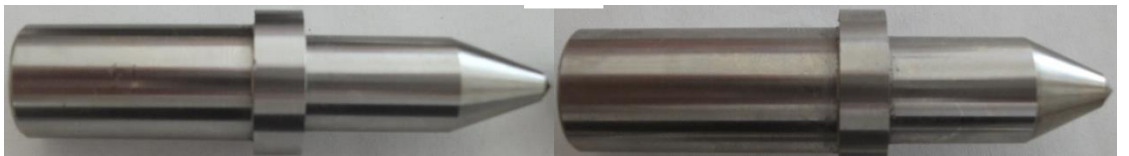
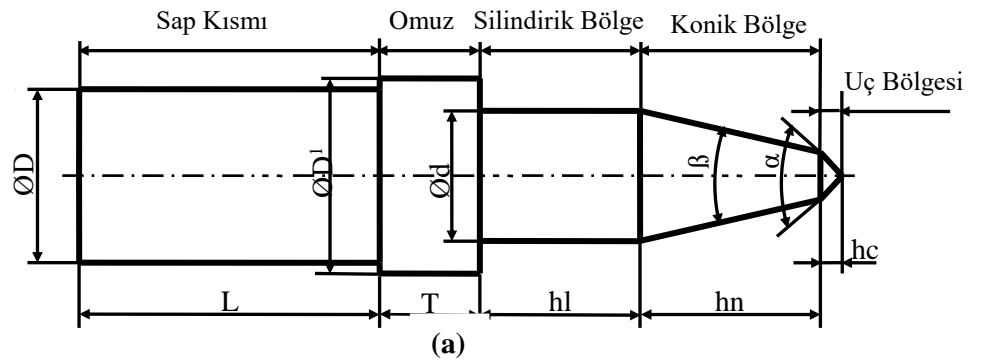
Bu deneysel çalışmada, literatür çalışmalarından farklı olarak gevrek olan A7075-T651 alüminyum alaşımına, 4 farklı derinlik ve 6 farklı çapta geleneksel ön-delikler delindikten sonra sürtünmeli delme işlemi uygulanmıştır. Ön-delme işlemi ile başlangıç deformasyonu azaldığından, sürtünme sonucu meydana gelen ısı etkisiyle yumuşayan malzemenin akışı düzenli olduğundan kovan biçiminin ve yüzey kalitesinin iyileştiği, oluşan kovanın biçiminde çatlak ve yarıkların azaldığı tespit edilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Deneyler, 3000 d/dak dönme devrinde, 60 mm/dak ilerlemede HESSAPP True – Trace C – 360/3D 1095 Model Kopya Freze tezgâhında yapılmıştır (Şekil 1). Deneysel çalışmalarda kullanılan bütün parametreler, konu ile ilgili yapılmış deneysel çalışmalara ve literatüre göre seçilmiştir. Koniklik açısı $\beta=36^\circ$, uç açısı $\alpha=90^\circ$, silindirik bölgenin uzunluğu $h_1=16$ mm, çapı $d=8$ ve 10 mm olan HSS takımlar ile sürtünmeli delme işlemi gerçekleştirilmiştir. 4x70x500 mm ebatlarında hazırlanmış numuneler 1, 2 ve 3 mm, 6x70x500 mm ebatlarında hazırlanmış numuneler ise 1, 2, 3 ve 4 mm derinliklerinde, ayrıca bütün numuneler 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5 ve 4 mm çaplarında geleneksel ön-delindikten sonra sürtünmeli delinmişlerdir (Şekil 2). Deneysel çalışmada kullanılan HSS takımların geometrik boyutları Şekil 2 a’da, takımların fotoğrafları ise Şekil 2 b’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Deney düzeneği ve deneysel çalışmada kullanılan bağlama aparatı



(b)

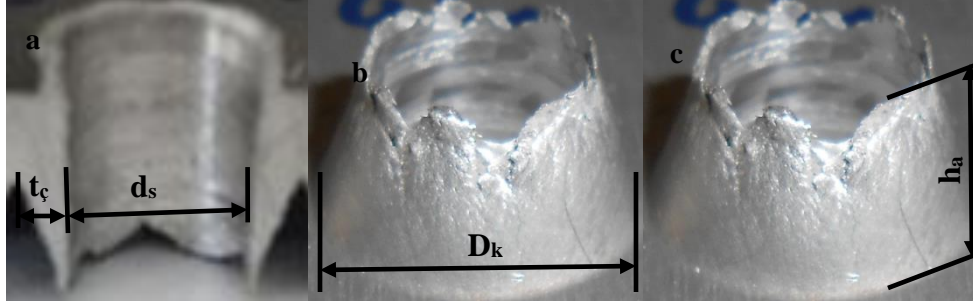
Şekil 2. Deneysel çalışmada kullanılan takımların geometrik boyutları

a) Takımın geometrisi, b) ((b₁): 8 mm), ((b₂):10 mm) çapındaki takımların fotoğrafları

Deneysel çalışmalarda kullanılan takımların geometrik boyutları ve fotoğrafları Şekil 2’de gösterilmiştir. Takım ucunun (h_c) konik bölgeye (h_n) geçişindeki (kök) çapı: 8 mm çapındaki takımlarda 2.80 mm, 10 mm çapındaki takımlarda ise 3.50 mm dir. Kök çapı Şekil 2 a’da h_c bölgesinden h_n bölgesine

geçiş çapıdır. Takım ucunun yüksekliği (h_c) ise 8 mm çapındaki takımlarda 1.40 mm, 10 mm çapındaki takımlarda ise 1.75 mm dir.

Deliklerin yüzey pürüzlülük değerleri, Taylor Hobson Surtronic 3+ marka yüzey pürüzlülük cihazı ile 0.80 cm mesafede, kovan yüksekliği derinlik mikrometresi ile ve kovanın dış çapı ise dijital kumpas ile ölçülmüştür. Kovan yüksekliği h_a (Şekil 3 c) değeri ise 1/100 hassasiyet ile ölçüm yapabilen dijital kumpas ile ölçülmüştür. Kovanın çeper kalınlığı, kovanın dış çapından sürtünmeli delinmiş deliğin çapı çıkarılmış ve elde edilen değer ikiye bölünerek elde edilmiştir.



Şekil 3. a) Kovanın çeper kalınlığı (t_c), Sürtünmeli delinen delik çapı (d_s), b) Kovan dış çapı (D_k), c) Kovan Yüksekliği (h_s)

Şekil 3 a'da kovan çeper kalınlığı (t_c), kovan dış çapı (Şekil 3 b) ile sürtünmeli delinen delik farkının ikiye bölünmesiyle elde edilmiştir ($t_f = \frac{D_k - d_s}{2}$). Kovan yüksekliği, sürtünmeli delinen iş parçasının yüzeyinden kovanın ucuna olan uzaklık olarak ölçülmüştür.

3. ANALİZ VE BULGULAR

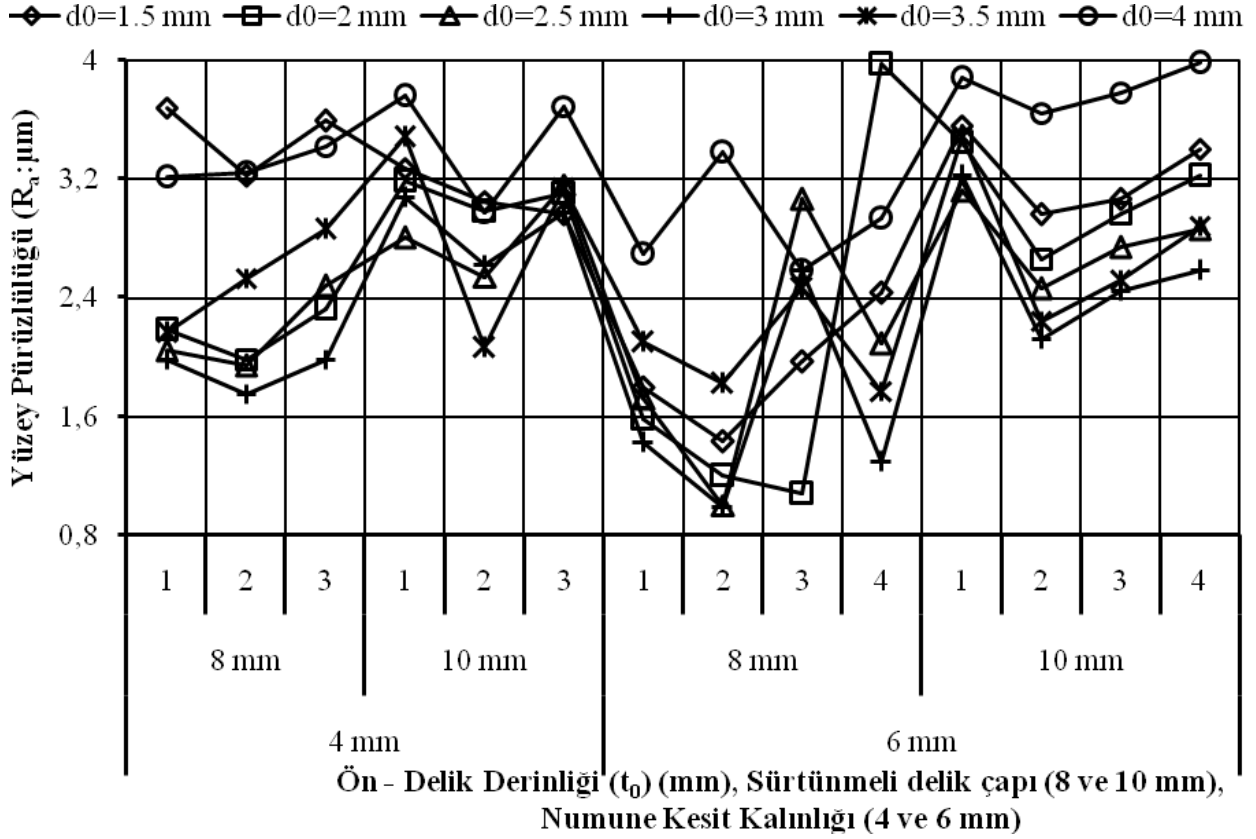
3.1. Yüzey pürüzlülüğünün Değerlendirilmesi

Makine parçalarının imalatında yüzey pürüzlülüğü ve işlenen yüzeyin kalitesi önemlidir. Sürtünmeli delme yöntemiyle delinen deliğin yüzey kalitesi, birlikte çalışan parçaların bağlantı mukavemetini etkiler. A7075-T651 alüminyum alaşımı gevrek bir malzeme olduğundan sürtünmeli delme işlemi sırasında büyük oranda başlangıç deformasyonu, kovanın biçimindeki çatlak ve yarıklar, kovanın taç yaprağı biçiminde oluşumu, sürtünme etkisiyle oluşan ısının yetersiz olması gibi işlemin amacına uygun olmayan sonuçlar meydana gelir. Bu olumsuz sonuçları azaltmak, A7075-T651 alaşımının sürtünmeli delinmesinde istenilen sonuçları iyileştirmek amacıyla, numuneler sürtünmeli delinmeden önce 4 farklı derinlik ve 6 farklı çap değerlerinde geleneksel yöntemle ön-delinmişlerdir. Şekil 4'te ön-delik derinliğinin ve çapının yüzey pürüzlülüğüne etkisi gösterilmiştir.

Şekil 4'te 3000 d/dak dönme devri ve 60 mm/dak ilerlemede 8 mm ve 10 mm çaplarında, geleneksel yöntemle ön-delikler delinmiş, 4 mm ve 6 mm kalınlıklarındaki A7075-T651 alüminyum levha alaşımlarına uygulanan sürtünmeli delme işleminde elde edilmiş yüzey pürüzlülüğü değerleri gösterilmiştir. 8 mm çapındaki takım ucunun yüksekliği (h_c) 1.40 mm, kök çapı ise 2.80 mm, 10 mm çapındaki takım ucunun ise yüksekliği (h_c) 1.75 mm, kök çapı ise 3.5 mm olarak imal edilmişlerdir. Yüzey pürüzlülüğü kriterine göre ön-delik derinliği takım ucunun yüksekliğine yakın olduğu 2 ve 3 mm derinlikte, ön-delik çapının ise takım ucunun kök çapına yakın olduğu değerlerde en düşük yüzey pürüzlülüğü değerleri elde edilmiştir. 8 mm çapındaki deliklerde en düşük yüzey pürüzlülüğü değerleri 2.5 ve 3 mm, 10 mm çapındaki deliklerde ise 3 ve 3.5 mm ön-delik çaplarında, 2 ve 3 mm ön-delik derinliklerinde elde edilmiştir. Malzeme kalınlığının artışı ve delik çapının azalması ile malzeme kalınlığının delik çapına (t/d) oranı arttığından, takım-iş parçası arasındaki temas bölgesinde oluşan ısı miktarı yeterli ve malzeme akışı düzenli olduğundan yüzey pürüzlülüğü azalmıştır. Bu nedenle en düşük yüzey pürüzlülüğü değeri 6 mm malzeme kalınlığında, 8 mm delik çapında, 2 mm ön-delik derinliğinde 2.5 mm ön-delik çapında $1\mu\text{m}$, 3 mm ön-delik çapında ise $0.99\mu\text{m}$ olarak ölçülmüştür.

Numunelere delinen ön-delikler, sürtünmeli delme işleminde takım-iş parçası temas alanında başlangıçta meydana gelen deformasyonun etkisini azalttığından sürtünme etkisiyle oluşan ısı ve malzeme akışı düzenli olduğundan yüzey pürüzlülüğü azalmıştır.

Ön-delik çapı ve derinliğinin takım ucunun geometrik boyutları ile bağlantılı olduğu, ön-delik derinliği takım ucunun yüksekliğine (h_c 'ye), ön-delik çapının ise ucun konik bölgeye geçiş (kök) kısmının çapına yaklaştıkça başlangıç deformasyonu ve yüzey pürüzlülüğünün azaldığı, yüzey kalitesinin ise iyileştiği tespit edilmiştir.

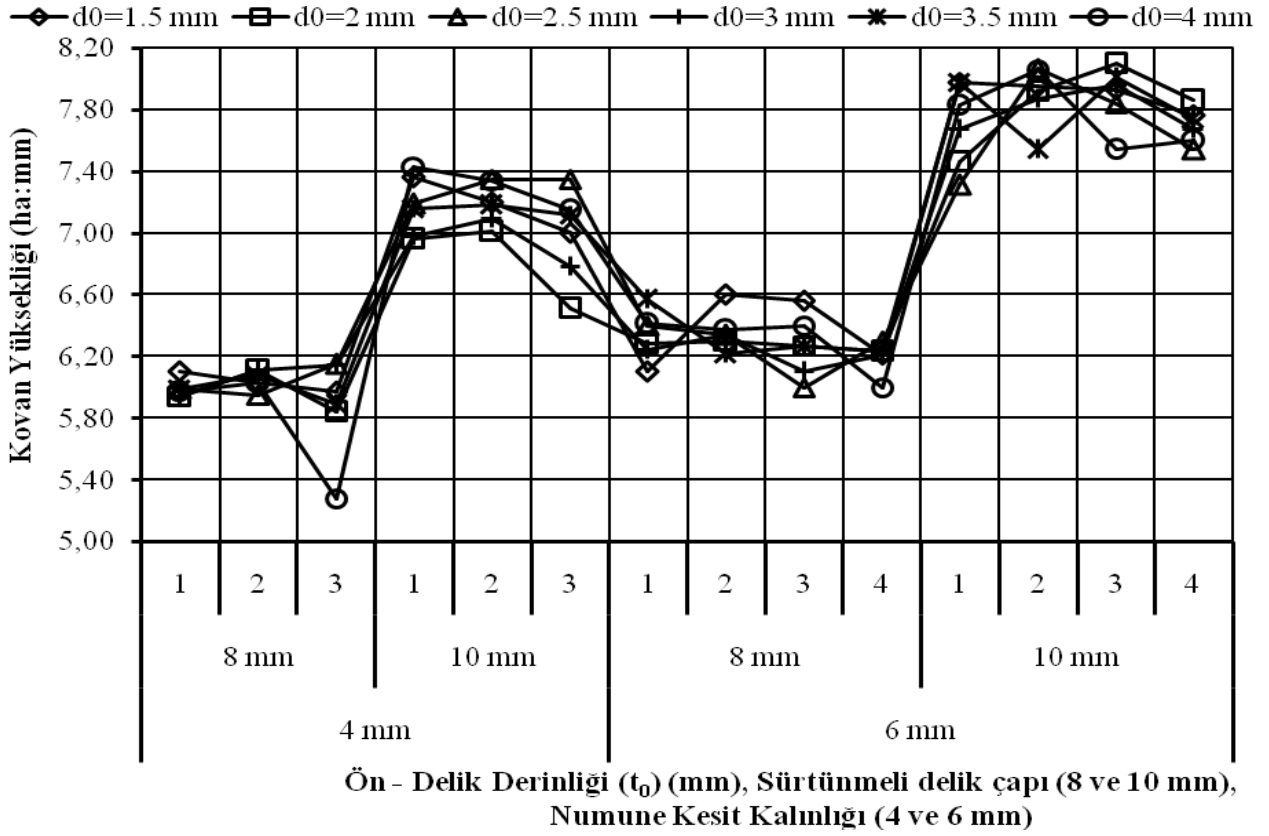


Şekil 4. Ön-delik derinliği ve çapının yüzey pürüzlülüğüne etkisi (3000 d/dak dönme devri, 60 mm/dak ilerleme şartlarında)

3.2. Kovan Yüksekliğinin Değerlendirilmesi

Sürtünmeli delme işleminde bağlantı uzunluğunu ve dolayısıyla bağlantı mukavemetini artırmak amacıyla elde edilen kovanın silindirik biçimde olması, çatlak ve yarıkların olmaması arzu edilir. A7075-T651 alüminyum alaşımı gevrek bir malzeme olduğundan sürtünmeli delme işleminde istenilen biçimde kovanın elde edilebilmesi amacıyla 4 farklı derinlik ve 6 farklı çapta geleneksel yöntemle ön-delikler delindikten sonra sürtünmeli delme işlemi uygulanmıştır. Şekil 5'te 3000 d/dak dönme devri ve 60 mm/dak ilerlemede 8 mm ve 10 mm çaplarında, geleneksel yöntemle ön-delikler delinmiş, 4 mm ve 6 mm kalınlıklarındaki A7075-T651 alüminyum levha alaşımlarına uygulanan sürtünmeli delme işleminde elde edilmiş kovan yüksekliği değerleri gösterilmiştir.

Kovan yüksekliğini etkileyen en önemli parametrelerden biri malzemenin cidar kalınlığı ve delinen delik çapıdır. Malzemenin cidar kalınlığının ve delik çapının artışı ile kovan yüksekliği artmıştır. Fakat malzeme kalınlığının (t/d) oranı artıkça kovan biçimi silindirik, bağlantı uzunluğunu ve mukavemetini arttıracak şekilde çatlak ve yarıkların az olduğu biçimde meydana gelmiştir. Şekil 5'te hem 4 mm hem de 6 mm kalınlığındaki A7075-T651 malzemelere ön-delikler delindikten sonra uygulanmış sürtünmeli delme işleminde elde edilmiş kovanların yüksekliği sürtünmeli delik çapı 8 mm'den 10 mm'ye yükseldiğinde önemli oranda artmıştır. 4 mm kalınlığındaki A7075-T651 alaşımına 8 mm çapındaki sürtünmeli delik çapı için ön-delik derinliği 2 mm'den büyük olması durumunda kovanı oluşturan malzeme miktarı azaldığından kovan yüksekliği doğal olarak azalmıştır. Fakat 8 mm sürtünmeli delik çapı için 2 mm, 10 mm sürtünmeli delik çapı için ise 2.5 mm ön-delik çaplarında en büyük kovan yüksekliği değerleri elde edilmiş ve bu değerler sırasıyla: 6.11 mm ve 7.35 mm olarak ölçülmüştür.



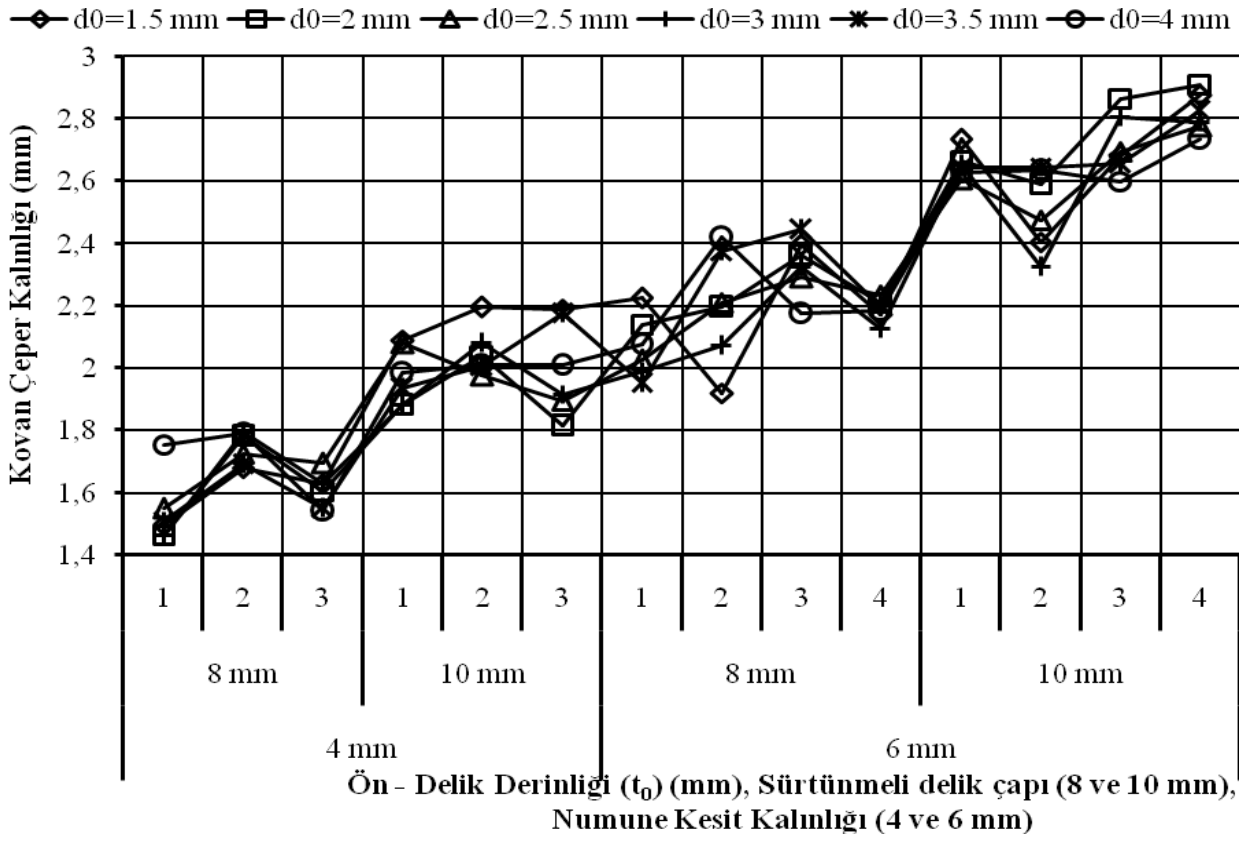
Şekil 5. Ön-delik derinliği ve çapının kovan yüksekliğine etkisi (3000 d/dak dönme devri, 60 mm/dak ilerleme şartlarında)

6 mm kalınlığındaki A7075-T651 alaşımına 8 mm sürtünlü delik çapı için ön-delik derinliği 2 ve 3 mm'de en büyük kovan yüksekliği değerleri elde edilmiştir. 10 mm sürtünlü delik çapı için ise 3 mm'den büyük ön-delik derinlikleri için ise malzeme miktarı azaldığından kovan yüksekliği azalmıştır. En büyük kovan yüksekliği değerleri 8 mm sürtünlü delik çapı için 1.5 mm ön-delik çapı ve 2 mm ön-delik derinliğinde 6.60 mm, 10 mm çapındaki sürtünlü delik çapı için ise 2 mm ön-delik çapı ve 3 mm ön-delik derinliğinde 8.10 mm olarak ölçülmüştür.

Kovan yüksekliği, malzeme kalınlığı ve sürtünlü delik çapına bağlı olarak önemli oranda değişen bir sonuçtur. Sürtünlü delinen malzemenin cidar kalınlığı ve delinecek delik çapı arttıkça kovan yüksekliği artmıştır. Kovanın biçimi ise sürtünlü delinen malzeme kalınlığının delinen delik çapına (t/d) oranına bağlı olan bir sonuçtur. Bu oran arttıkça, dönme devri, ilerleme, takım geometrisi gibi parametrelere bağlı olarak kovanın biçimi, çatlak ve yarıkların az olduğu silindirik şekilde oluşarak iyileşir.

3.3. Kovan Çeper Kalınlığının Değerlendirilmesi

Kovanın çeper kalınlığı sürtünlü delinen deliğe çekilecek vida dişlerinin derinliğini ve vidalı bağlantılarda, bağlantı mukavemetini etkileyen bir parametredir. Kovan çeper kalınlığı, kovana çekilecek vida dişinin derinliğinden büyük olma zorunluluğu vardır. Aksi takdirde kovana çekilecek vida dişleri kovayı deleceğinden elde edilen kovan bağlantı mukavemetini etkilemeyecektir. Kovanın çeper kalınlığı, kovana çekilecek vida diş derinliğinden büyüklüğü arttıkça bağlantı mukavemeti artacaktır. Bu nedenle sürtünlü delme işleminde oluşan kovanın çeper kalınlığı önemli bir parametredir.



Şekil 6. Ön-delik derinliği ve çapının kovan çeper kalınlığına etkisi (3000 d/dak dönme devri, 60 mm/dak ilerleme şartlarında)

Şekil 6'da hem 4 mm hem de 6 mm kalınlığındaki A7075-T651 malzemelere ön-delikler delindikten sonra uygulanmış sürtümlü delme işleminden elde edilmiş kovanların çeper kalınlıkları, sürtümlü delik çapı 8 mm'den 10 mm'ye yükseldiğinde önemli oranda arttığı gözlenmiştir. 4 mm kalınlığındaki A7075-T651 alaşımına 8 mm çapındaki sürtümlü delik çapı için ön-delik derinliği 2 mm'de en büyük kovan çeper kalınlığı elde edilmiş ve 1.79 mm olarak ölçülmüştür. Ön-delik derinliği 2 mm'den büyük olması durumunda ise malzeme miktarı azaldığından kovan çeper kalınlığı azalmıştır. 10 mm sürtümlü delik çapı için ise 1.5 mm ön-delik çapında 3 mm ön-delik derinliğinde çeper kalınlığı 2.19 mm olarak ölçülmüştür.

6 mm kalınlığındaki A7075-T651 alaşımına 8 mm çapındaki sürtümlü delik çapı için ön-delik derinliği 3 mm'de ve 3.5 mm ön-delik çapında en büyük kovan çeper kalınlığı elde edilmiş ve 2.44 mm olarak ölçülmüştür. Ön-delik derinliği 3 mm'den büyük olması durumunda ise malzeme miktarı azaldığından kovan çeper kalınlığı azalmıştır. 10 mm sürtümlü delik çapı için ise 2 mm ön-delik çapında 4 mm ön-delik derinliğinde, çeper kalınlığı 2.91 mm olarak ölçülmüştür.


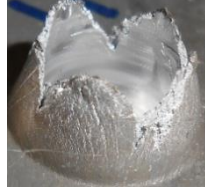
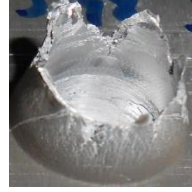
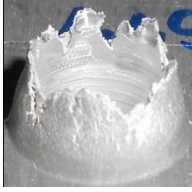
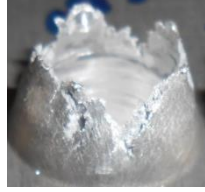

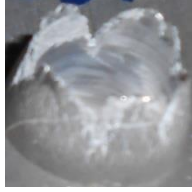



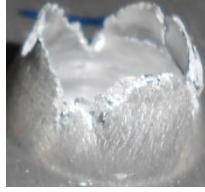



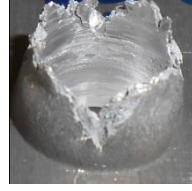


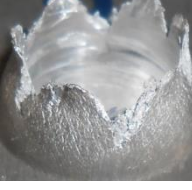
Çeper kalınlığı kriterine göre malzeme kalınlığı 4 mm'den 6 mm'ye yükselmesiyle malzemeye delinebilecek ön-delik çapı ve derinlikleri artmıştır. Kovan çeper kalınlığı da kovan yüksekliği gibi malzeme kalınlığı ve delik çapına bağlı bir sonuçtur. Malzeme kalınlığının ve sürtümlü delik çapının artışıyla oluşan kovanın çeper kalınlığı artmıştır.

3.4. Kovan Biçiminin Değerlendirilmesi

Sürtümlü delme işleminin amacı ince cidarlı malzemelerde bağlantı uzunluğunu ve mukavemetini artırmak olduğundan işlemde oluşan kovanın biçimi bu açıdan önem arz etmektedir. İşlemde oluşan kovanda çatlak ve yarıkların az olduğu ve silindirik biçimde oluşması arzu edilir. A7075-T651 alaşımı gevrek bir malzeme olduğundan oluşan kovanın biçiminde çatlak ve yarıklar fazla olmuş, bağlantı uzunluğunu ve mukavemetini arttırmayan kovanlar elde edilmiştir. Bu nedenle A7075-T651 alaşımının sürtümlü delinmesinde oluşan kovanların biçimini iyileştirmek amacıyla numunelere geleneksel olarak matkap ucu ile 4 farklı derinlik ve 6 farklı çapta ön-delikler delindikten sonra sürtümlü delme işlemi uygulanmıştır. Tablo 1-4'de

ön-delinmiş A7075-T651 alaşımının sürtünmeli delme işleminde elde edilmiş kovan biçimlerinin resimleri gösterilmiştir.






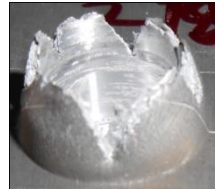












Tablo 1. Ön-delik derinliği ve çapının kovan biçimine etkisi (3000 d/dak dönme devri, 60 mm/dak ilerleme şartlarında)

$t=4\text{mm},$ $d_s=8\text{ mm}$	$t_0=1\text{ mm}$	$t_0=2\text{ mm}$	$t_0=3\text{ mm}$
$d_0=1.5\text{ mm}$			
$d_0=2\text{ mm}$			
$d_0=2.5\text{ mm}$			
$d_0=3\text{ mm}$			
$d_0=3.5\text{ mm}$			
$d_0=4\text{ mm}$			

Tablo 1’de 4 mm kalınlığındaki malzemeye 8 mm çapında sürtünmeli delikler delindikten sonra oluşan kovanların biçimleri gösterilmiştir. Malzeme kalınlığının delik çapına (t/d) oranı düşük olduğundan kovan biçimlerinde çatlak ve yarıklar meydana gelmiş ve kovanlar taç yaprağı biçimde oluşmuştur. Kovandaki çatlak ve yarıklar ön-delik derinliği ve ön-delik çapının artışına paralel olarak artmıştır.

Tablo 2’de 4 mm kalınlığındaki malzemeye 10 mm çapında sürtünmeli delikler delindikten sonra oluşan kovanların biçimleri gösterilmiştir. Malzeme kalınlığının delik çapına (t/d) oranı Tablo 1’e göre daha düşük olduğundan kovan biçimlerindeki çatlak ve yarıklar artmış ve kovanlar taç yaprağı biçimde oluşmuştur.

Tablo 2. Ön-delik derinliği ve çapının kovan biçimine etkisi (3000 d/dak dönme devri, 60 mm/dak ilerleme şartlarında)


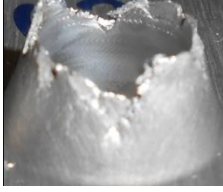
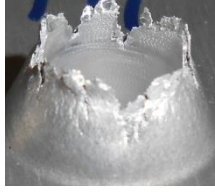





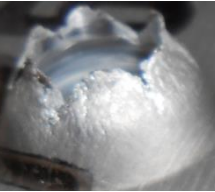
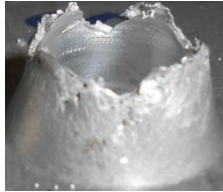
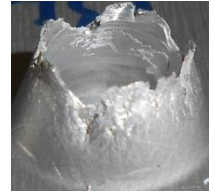
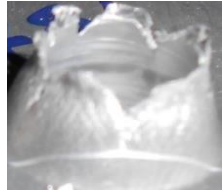
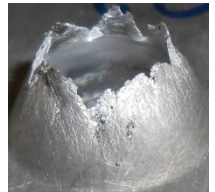
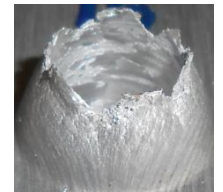

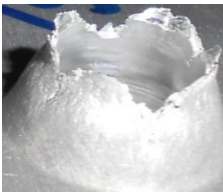
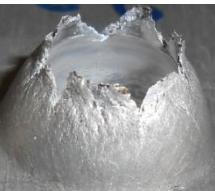


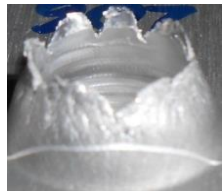
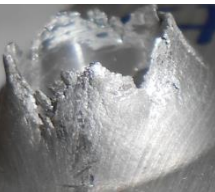


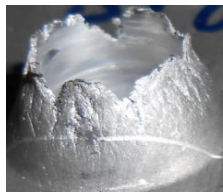
$t=4\text{mm}$, $d_s=10\text{ mm}$	$t_0=1\text{ mm}$	$t_0=2\text{ mm}$	$t_0=3\text{ mm}$
$d_0=1.5\text{ mm}$			
$d_0=2\text{ mm}$			
$d_0=2.5\text{ mm}$			
$d_0=3\text{ mm}$			
$d_0=3.5\text{ mm}$			
$d_0=4\text{ mm}$			

Tablo 3'te 6 mm kalınlığındaki malzemeye 8 mm çapında sürtünmeli delikler delindikten sonra oluşan kovanların biçimleri gösterilmiştir. Malzeme kalınlığının delik çapına (t/d) oranı 4 mm kalınlığındaki malzemeye göre daha fazla olduğundan ve kovano oluşturan malzeme miktarı arttığından kovanın biçiminde oluşan çatlak ve yarıklar azalmıştır. 8 mm sürtünmeli delik çapı için 2 - 3.5 mm ön-delik çaplarında (takım ucunun kök çapına (2.80 mm'ye) yakın olduğundan), 2 mm ön-delik derinliğinde (1.40 mm (h_c) takım ucunun yüksekliğinden büyük olduğundan) çatlak ve yarıkların az olduğu silindirik kovanlar elde edilmiştir.

Tablo 4'te 6 mm kalınlığındaki malzemeye 10 mm çapında sürtünmeli delikler delindikten sonra oluşan kovanların biçimleri gösterilmiştir. Malzeme kalınlığının delik çapına (t/d) oranı 8 mm sürtünmeli delik çapına göre daha az olduğundan kovano oluşturan malzeme miktarı azalmıştır. 10 mm sürtünmeli delik çapı için kovano oluşturan malzeme miktarından dolayı 1.5 mm ön-delik çapında ve 1 mm ön-delik derinliğinde en uygun kovan biçimi elde edilmiştir. Artan ön-delik çapı ve ön-delik derinliği ile kovanın biçimindeki çatlak ve yarıklar artmış, kovan taç yaprağı biçiminde oluşmuştur. Bu çatlak ve yarıkların














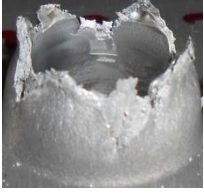








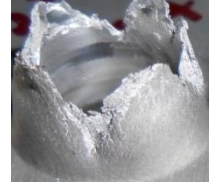
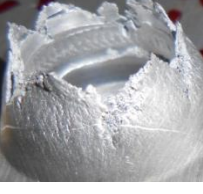
azaltılabilmesi için 6 mm kalınlığındaki malzemeye 8 mm ve daha küçük çaplı deliklerin sürtünmeli delme yöntemiyle delinmesi gerekmektedir.

Tablo 3. Ön-delik derinliği ve çapının kovan biçimine etkisi (3000 d/dak dönme devri, 60 mm/dak ilerleme şartlarında)

t=6mm, d _s =8 mm	t ₀ =1 mm	t ₀ =2 mm	t ₀ =3 mm	t ₀ =4 mm
d ₀ =1.5 mm				
d ₀ =2 mm				
d ₀ =2.5 mm				
d ₀ =3 mm				
d ₀ =3.5 mm				
d ₀ =4 mm				

A7075-T651 alüminyum alaşımının sürtünmeli delinmesinde kovan biçimini etkileyen en önemli etken deformasyondur. Sürtünmeli delme işleminde takım ucunun iş parçasına temasından takım omzunun (Şekil 2 a'da T bölgesi) pulu iş parçasının yüzeyine bastırıldığı ana kadar geçen süreçte, az da olsa deformasyon etkilidir. Deformasyonun etkisiyle kovanın biçimindeki çatlak ve yarıklar artar ve kovan taç yaprağı biçiminde oluşur. Deformasyonun etkisini azaltmak amacıyla sürtünmeli delinen malzeme cidar kalınlığı boyunca ön-delinmelidir. Ön-delik çapı küçük olması durumunda deformasyonun etkisi artarak, ön-delik çapının büyük olması durumunda ise kovani oluşturan malzeme miktarı yetersiz olacağından kovanın biçimindeki çatlak ve yarıklar artar (Ozek & Demir, 2014) Ön-delikler sürtünmeli delinen malzemenin cidar kalınlığı boyunca delinmediği durumda, ön-deliğin sona erdiği derinlikten itibaren az da olsa deformasyon etkisi devam ettiğinden kovanların ucunda düzensiz ve silindirik olmayan bir biçimde meydana gelmiştir.

Tablo 4. Ön-delik derinliği ve çapının kovan biçimine etkisi (3000 d/dak dönme devri, 60 mm/dak ilerleme şartlarında)

$t=6\text{mm}$, $d_s=10\text{ mm}$	$t_0=1\text{ mm}$	$t_0=2\text{ mm}$	$t_0=3\text{ mm}$	$t_0=4\text{ mm}$
$d_0=1.5\text{ mm}$				
$d_0=2\text{ mm}$				
$d_0=2.5\text{ mm}$				
$d_0=3\text{ mm}$				
$d_0=3.5\text{ mm}$				
$d_0=4\text{ mm}$				

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

A7075-T651 alüminyum alaşımı gevrek bir malzeme olduğunda sürtünmeli delinmesinde yüzey kalitesini iyileştirmek, kovan yüksekliğini artırmak ve kovan biçimini iyileştirmek amacıyla numunelere geleneksel yöntemlerle matkap uçları ile değişik çap ve derinliklerde delikler delinmiştir.

Ön-delikli sürtünmeli delme işleminde takım-iş parçası temas alanında başlangıçta meydana gelen deformasyonun etkisi azalmış, sürtünme etkisiyle oluşan ısı ve malzeme akışı düzenli olmuş ve yüzey pürüzlülüğü azalmıştır. Ön-delik çapı ve derinliğinin takım ucunun geometrik boyutlarına bağlı olmuştur. Malzeme kalınlığının delik çapına (t/d) oranı arttığından yüzey pürüzlülüğü azalmıştır. Takımın uç ve konik bölgesinin geometrik boyutlarına uygun seçilmiş ön-delik çap ve derinliklerde yapılan sürtünmeli delme işlemlerinde yüzey pürüzlülüğü azalmıştır. Bu nedenle en düşük yüzey pürüzlülük değeri (R_a), 6

mm kalınlıkta ve 8 mm delik çapındaki deliklerde elde edilmiştir. R_a değerleri, 2 mm ön-delik derinliğinde ve 2.5 mm ön-delik çapında $1\mu\text{m}$ olarak, 3 mm ön-delik çapında ise $0.99\mu\text{m}$ olarak ölçülmüştür.

Malzeme kalınlığının ve delik çapının artışı ile kovan yüksekliği artarken, malzeme kalınlığının (t/d) oranı artıkça, kovan biçimi silindirik, bağlantı uzunluğunu ve mukavemetini arttıracak şekilde çatlak ve yarıkların az olduğu biçimde meydana gelmiştir.

Malzeme kalınlığı 4 mm'den 6 mm'ye yükselmesiyle malzemeye delinebilecek ön-delik çapı ve derinlikleri artmıştır. Kovan çeper kalınlığı da kovan yüksekliği gibi malzeme kalınlığı ve delik çapına paralel bir şekilde değiştiği tespit edilmiştir.

Artan ön-delik çapı ve ön-delik derinliği ile kovanın biçimindeki çatlak ve yarıklar artmış, kovan taç yaprağı biçiminde oluşmuştur. Bu çatlak ve yarıkların azaltılabilmesi için 6 mm kalınlığındaki malzemeye 8 mm ve daha küçük çaplı deliklerin sürtünmeli delme yöntemiyle delinmesi önerilmektedir. A7075-T651 alüminyum alaşımı gibi gevrek malzemelerin sürtünmeli delinmesinde işlem sürecinde meydana gelen deformasyonun etkisini azaltabilmek veya ortadan kaldıracak amacıyla numunelerin takım ucunun kök çapına eşit çapta uç yüksekliğine (h_c) eşit derinlikte delindikten sonra numunenin geri kalan cidar kalınlığı ise 0.5, 0,75 ve 1 mm gibi küçük çaplarda delinmesi önerilmektedir.

TEŞEKKÜR

Deneyisel çalışmalarımda atölye ve laboratuvar imkanlarından yararlanmamı sağlayana Diyarbakır Elektromekanik Sanayi Müdürlüğüne (TEMSAN) verdikleri desteklerinden dolayı teşekkürlerimi sunarım.

KAYNAKÇA

- Boopathi M., Shankar S., Manikandakumar S., Ramesh R. 2013. Experimental Investigation of Friction Drilling on Brass, Aluminium and Stainless Steel. *International Conference on Design and Manufacturing, IConDM, Procedia Engineering* 64: 1219-1226.
- 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.
- Demir, Z. 2016. An Experimental Investigation of the Effect of Depth and Diameter of Pre-drilling on Friction Drilling of A7075-T651 Alloy. *Journal of Sustainable Construction Materials and Technologies*, 1(2), 46-56.
- Demir, Z. 2015. A7075-T651 alaşımlarının sürtünmeli delinmesinde takım geometrisinin etkisinin araştırılması. *Batman Üniversitesi Yaşama Bilimleri Dergisi*, 5, (1), 13-25.
- Demir, Z. 2015. A7075-T651 ve St 37 alaşımlarının sürtünmeli delinmesinde kovanı oluşturan malzeme hacminin araştırılması. *Batman Üniversitesi Yaşama Bilimleri Dergisi*, 5, (1), 85-107.
- Demir, Z., Ozek, C. 2014. Investigate the Effect of Pre-drilling in Friction Drilling of A7075-T651. *Materials and Manufacturing Processes*, 29, 593 – 599.
DOI: 10.1080/10426914.2014.892986
- Dekkers, G. 1993. Flow Drill Process Firma Katalogları. *Copyright by Flow Drill B. V. Holland*, pp 1 – 30.
- Doğru, N. 2010. *AISI 1010 Çelik Malzemenin Sürtünmeli Delme Yöntemiyle Delinmesinde İşleme Karakteristiklerinin Araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Gopal Krichna, P. V., Kishore, K., and Satyanarayana, V. V. 2010. Some Investigations in Friction Drilling AA6351 Using High Speed Steel Tools. *ARNP Journal Engineering and Applied Sciences*, 5, 1819–6608.
- Kumar, J. P., Packiaraj, P. 2012. Effect of drilling parameters on surface roughness, tool wear, material removal rate and hole diameter error in drilling of ohns. *International Journal of Advanced Engineering Research and Studies, IJAERS*, I, (III), 150-154.
- 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.
- Lee S. M., Chow H. M., Yan B. H. 2007. Friction drilling of IN – 713LC cast superalloy. *Materials and manufacturing Process*, 22, 893-897.
- Miller S. F., Blau P., Shih A. J. 2005. Microstructural Alterations Associated with Friction Drilling of Steel, Aluminium and Titanium. *Journal of Materials Engineering and Performance*, 14: 647–653.
- 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.
- Miller S. F., Tao, j., Shih A. J. 2006. Friction Drilling of Cast Metals. *International Journal of machine Tool and Manufacture*, 46 1526 – 1535.
- Ozek, C., Demir, Z. 2013. Investigate the effect of tool conical angle on the bushing height, wall thickness and forming in friction drilling of A7075-T651 aluminum alloy. *Usak University Journal of Material Sciences*, 1, 61 – 74. DOI: <http://dx.doi.org/10.12748/uujms/20131712>
- Ozek, C., Demir, Z. 2013. Investigate the Friction Drilling of Aluminium Alloys According to the Thermal Conductivity. *TEM Journal*, 2, (1), 93-101.
- Ozler, L., Dogru, N. 2013. An Experimental Investigation of Hole Geometry in Friction Drilling. *Materials and Manufacturing Processes*, 28, (4), 470-475. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/10426914.2012.746699>
- Pantawane, P. D., Ahuja, B. B. 2011. Experimental investigation and multiobjective optimization of friction drilling process on AISI 1015. *International Journal of Applied Engineering Research, Dindigul*, 2, (2), 448-461.
- 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*.