

## **A7075-T651 ve St 37 Alaşımlarının Sürtünmeli Delinmesinde Kovanı Oluşturan Malzeme Hacminin Araştırılması**

Zülküf DEMİR

*Batman Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Bölümü, 72100, Batman, Türkiye,  
zulkuff75@gmail.com, zulkuf.demir@batman.edu.tr*

### **Özet**

Sürtünmeli delme, iş parçasının alt kısmında bağlantı sıcaklıktan dolayı bağlantı uzunluğunu artırarak kovan oluşumunu sağlar. Bu çalışmada, 4 mm kalınlıklarında A7075-T651 alüminyum alaşımı çapı 8 mm olan HSS ve St 37 alaşımı ise çapı 10 mm olan WC takımlar ile delinmişlerdir. Takımların silindirik bölge uzunluğu  $h_1=24$  mm, koniklik açısı ise  $36^\circ$ , dönme devirleri 800, 1200, 1600, 2000, 2400, 2800, 3200, 3600, 4000 ve 4400 d/d, ilerleme, 20, 40, 60, 80 ve 100 mm/dak olarak seçilmiştir. Çalışmada, pulu ve kovanı oluşturan malzemenin hacimlerindeki değişim deney parametrelerine göre incelenmiştir. İşlem sırasında çevreye yayılan malzemenin olmadığı kabul edilmiştir. Pul ve kovan oluşumunu sağlayan malzemenin hacmi  $\text{mm}^3$  birimi cinsinden ayrı ayrı tespit edilmiştir. Değişen parametreler ile sünek olan St 37 alaşımının kovan hacmi gevrek olan A7075-T651 alaşımına göre daha az değişiklik göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Sürtünmeli delme, Pul hacmi, Kovan hacmi.

## **Investigate the Volume of Material Create Bushing in Friction Drilling of A7075-T651 and St 37 Alloys**

### **Abstract**

Friction drilling is provided bushing shape to increase threading height and length of clamp. In this study, 4 mm in thicknesses, A7075-T651 aluminium and St 37 steel alloys were frictional drilled by using 8 mm in diameter HSS and 10 mm in diameter WC tools, respectively. The tools with  $h_1=24$  mm in cylindrical region length,  $36^\circ$  in conical angle, 800, 1200, 1600, 2000, 2400, 2800, 3200, 3600, 4000 and 4400 rpm spindle speeds, 20, 40, 60, 80 and 100 mm/min feed rates were chosen. In study, the alteration in materials volumes, created washer and bushing shape investigated, separately, according to experimental parameters. In the process, it was accepted that there were any materials spreading in the surroundings. The volume of material, created washer and bushing, were determined in unit of  $\text{mm}^3$ , separately. The alteration in the volume of ductile St 37 was smaller than brittle A7075-T651 according to the parameters.

**Key Words:** Friction drilling, Washer volume, Bushing volume.

## 1. GİRİŞ

Sürtünmeli delme, yaklaşık olarak 40 yıl önce keşfedilmiş ve özellikle son 10 yıl içerisinde üzerinde çalışmaların yoğunlaştığı, geleneksel olmayan bir imalat yöntemidir. Bu delme işleminin amacı, ince cidarlı malzemelerde bağlantı uzunluğunun ve bağlantı dayanımının, iş parçasının alt kısmında oluşan kovan yardımıyla, artırılmasıdır. Sürtünmeli delme işlemi sırasında, sürtünme ısısının etkisiyle yumuşayan ve akan malzemeye dalan takım, malzemeyi ilerleme doğrultusunda iterek deliğin alt kısmında, bağlantı uzunluğunu artıran kovani oluştururken, işlemin başlangıcında ise bir miktar malzeme yukarıya doğru akarak pulu oluşturur. Ayrıca işlem sırasında konik takımın dönme ve ilerleme hareketlerinin etkisi ile çok az miktarda malzeme çevreye yayılır.

Sürtünmeli delmede sünek malzemelerde silindirik kovan elde edilirken, gevrek malzemelerde ise bağlantı uzunluğunu artırmayan, çatlakların yoğun olduğu ve taç yaprağı biçiminde kovanlar meydana gelmektedir [1]. Malzeme kalınlığının delik çapına oranı ( $\frac{t}{d}$ ), oluşan kovanın biçimi ve yüksekliği için önemli bir parametredir. Bu oranın artmasıyla kovan oluşumunu sağlayan malzeme miktarı artar [1]. Takım ucu iş parçasına tamamen dalıncaya kadar itme kuvveti hızlı bir şekilde yükselir ve maksimum değerine ulaşır. Takımın konik kısmının iş parçasına dalması ile itme kuvveti işlem sonuna kadar azalmaya devam eder [2]. Kovanın biçimi, takımın ilerleme doğrultusunda hareket etmesiyle meydana gelmektedir. İşlemin başlangıcında malzeme akışı, takımın ilerleme hareketinin tersi yönünde olur. Akan malzeme, deliğin giriş kısmında yığılır ve pul şeklini alır. Meydana gelen kovanın yüksekliği, iş parçası kalınlığının yaklaşık 2–3 katıdır [3,4,12]. Dönme hızının artması ile kovanın biçimi bozulur, çatlak ve yarıkların olduğu taç yaprağı biçiminde meydana gelir [13,14]. Sürtünmeli delmede en etkili olan parametreler; takımın koniklik açısı, takım-iş parçası temas alanı, dönme devri ve ilerlemedir. Dönme hızı ve takım koniklik açısı, takım-iş parçası temas alanı, işlemde meydana gelen ısı miktarını etkileyen en önemli faktörlerdir. İşlem sırasında meydana gelen maksimum ısı miktarı, yaklaşık olarak iş parçası malzemesinin ergime sıcaklığının 0.3-0.7 katı kadardır. Dönme hızının artması ve koniklik açısının azalması ile temas alanında oluşan ısı miktarı artar. İlerleme hızının artması ile işlem süresi kısalmır [5,6,7-11].

Sürtünmeli delme işlemi yöntemi 5 aşamada tamamlanmaktadır. Birinci aşamada, takım iş parçasına yaklaşır, temas eder ve itme kuvveti maksimuma ulaşır. İkinci aşamada, takımın konik kısmının iş parçasına dalmasıyla temas bölgesindeki ısı miktarı ve dönme momenti hızlı bir şekilde yükselir. Üçüncü aşamada, takımın silindirik bölgesi iş parçasına dalar, takım yumuşamış malzemeyi aşağıya doğru iter ve kovan oluşmaya başlar. Dördüncü aşamada, takımın omuz kısmı takımın ilerleme hareketinin tersi doğrultuda akan malzemeyi iş parçasının yüzeyine bastırarak sızdırmazlık halkası olarak adlandırılan pul oluşur ve itme kuvveti tekrar yükselir. Beşinci aşamada ise delme işlemi tamamlanarak takım geri çekilir [7-11].

Geleneksel ön delinmiş sürtünmeli delme işleminde, ön delme takım ucu ile iş parçası arasındaki temas alanını azalttığından işlemin sıcaklığı azalırken işlemin başlangıcında meydana gelen deformasyon etkisi azalır ve kovanın silindirikliği artar, kovandaki çatlak ve yarık oluşumu azalır ve kovanın taç yaprağı biçiminde meydana gelmesi engellenir [15].

Sürtünmeli delme işleminin temel amacı, ince cidarlı malzemelerde oluşan kovan yardımıyla bağlantı uzunluğunu artırmaktır. Bu deneysel çalışmada, sürtünmeli delme işleminde sürtünme ısısının etkisiyle yumuşayan ve akarak iş parçasından boşalan, pulu ve kovanı oluşturan malzemenin hacmi  $\text{mm}^3$  birimi cinsinden ayrı ayrı tespit edilmiş ve kovan oluşumunu sağlayacak malzeme miktarının artması için gerekli olan en uygun parametreler tespit edilmiştir. Takım koniklik açısının, malzeme kalınlığının, delik çapının, dönme devri ve ilerlemenin iş parçasından boşalarak pulu ve kovanı oluşturan malzeme hacimlerinin üzerindeki etkisi incelenmiştir. Gevrek malzemelerin sürtünmeli delme işlemlerinde, dönme devri ve ilerleme parametrelerinin etkisi ile pulu ve kovanı oluşturan malzeme miktarındaki değişim, sünek malzemelere göre daha fazla olduğundan, bu çalışmada gevrek olan A7075-T651 alüminyum ve St 37 çelik alaşımları seçilmiştir. Ayrıca sürtünmeli delme işleminde delik çapının artması ile pulu ve kovanı oluşturan malzeme kayıpları daha fazla olacağından sünek olan St 37 çelik malzemenin delik çapı 10 mm olarak A7075-T651 alaşımının delik çapından daha büyük seçilmiştir.

## 2. MATERYAL VE METOT

Deneyler, HESSAP True – Trace C – 360/3D 1095 Model Kopya Freze tezgâhında yapılmıştır(Şekil 1). Deneylerde,dönme devirleri, 800, 1200, 1600, 2000, 2400, 2800, 3200,

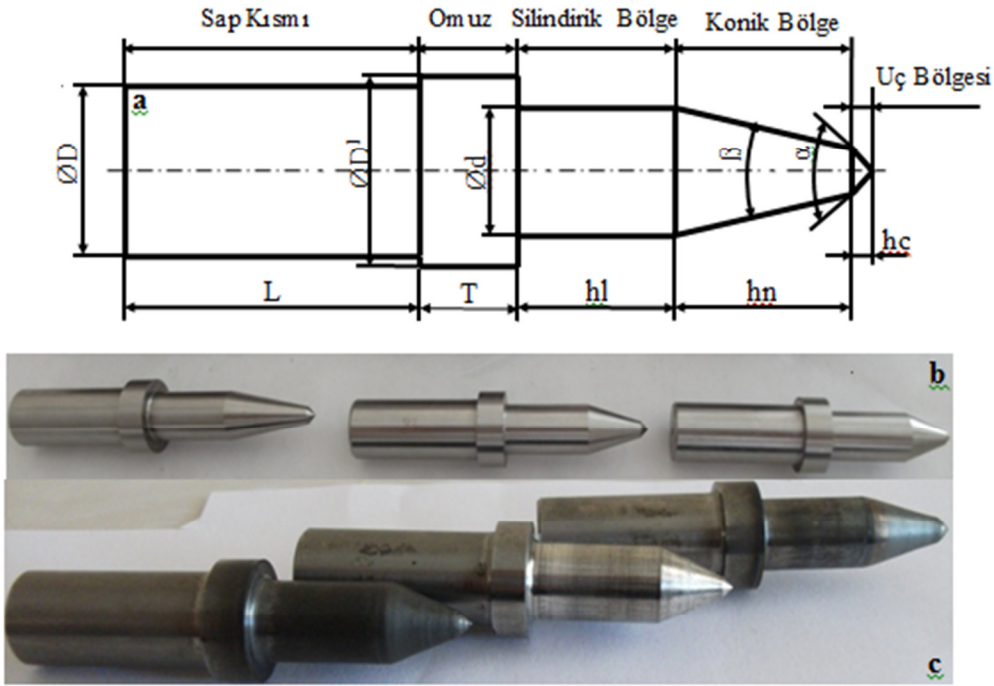
3600, 4000 ve 4400 d/d ilerleme ise 20, 40, 60, 80 ve 100 mm/dak seçilmiştir. Ayrıca sürtünmeli delme işleminde kullanılan takımların çapları HSS takımlar için 8 mm, WC takımlar için ise 10 mm seçilmiştir. Bu takımların silindirik bölge uzunlukları 24 mm ve koniklik açıları  $36^{\circ}$  idi. HSS ile (Şekil 2), 70x500 mm ebatlarında hazırlanmış, kesit kalınlığı 4 mm olan A7075 – T651 malzemeler 8 mm ve WC takımlar ile kesit kalınlığı 4 mm olan St 37 alaşımları ise 10 mm çaplarında sürtünmeli delinmiştir. Deneysel çalışmada kullanılan HSS ve WC takımların geometrik boyutları Şekil 2a’da, takımların fotoğrafları ise HSS Şekil 2b ve WC Şekil 2c’de gösterilmiştir.

St 37 malzemenin sürtünmeli delme işleminde meydana gelen sıcaklık  $600^{\circ}\text{C}$ ’den yüksek olduğundan HSS takım ile delinemediğinden bu malzemenin sürtünmeli delinmesinde çalışma sıcaklığı  $1200^{\circ}\text{C}$  olan WC takımlar kullanılmıştır. Sürtünmeli delme işleminde, malzemenin yumuşayarak akabilmesi için meydana gelen ısı miktarı yaklaşık olarak işleme tabi tutulan malzemenin ergime sıcaklığının  $1/2 - 2/3$ ’ü arasında olmalıdır [8]. Bu nedenle St 37 çelik alaşımının sürtünmeli delinmesinde A7075-T651 alaşımına göre daha yüksek sıcaklık değerleri gerekmektedir.

İşlemin sonunda elde edilmiş ve iş parçasının yüzeyine omuz tarafından bastırılmamış kovanların biçimlerinin fotoğrafları Şekil 3a, b ve c’de, meydana gelen kovan ve pulun biçiminin geometrik boyutları ise bilgisayar programı yardımıyla tasarlanmış ve Şekil 3d ve e’de gösterilmiştir. Şekil 3’te takımın silindirik bölgesi uzun seçildiğinden takımın omuzu ergimiş ve yukarıya doğru akmış malzemeyi iş parçasının yüzeyine bastırmadan kovan oluşumu tamamlanmıştır.

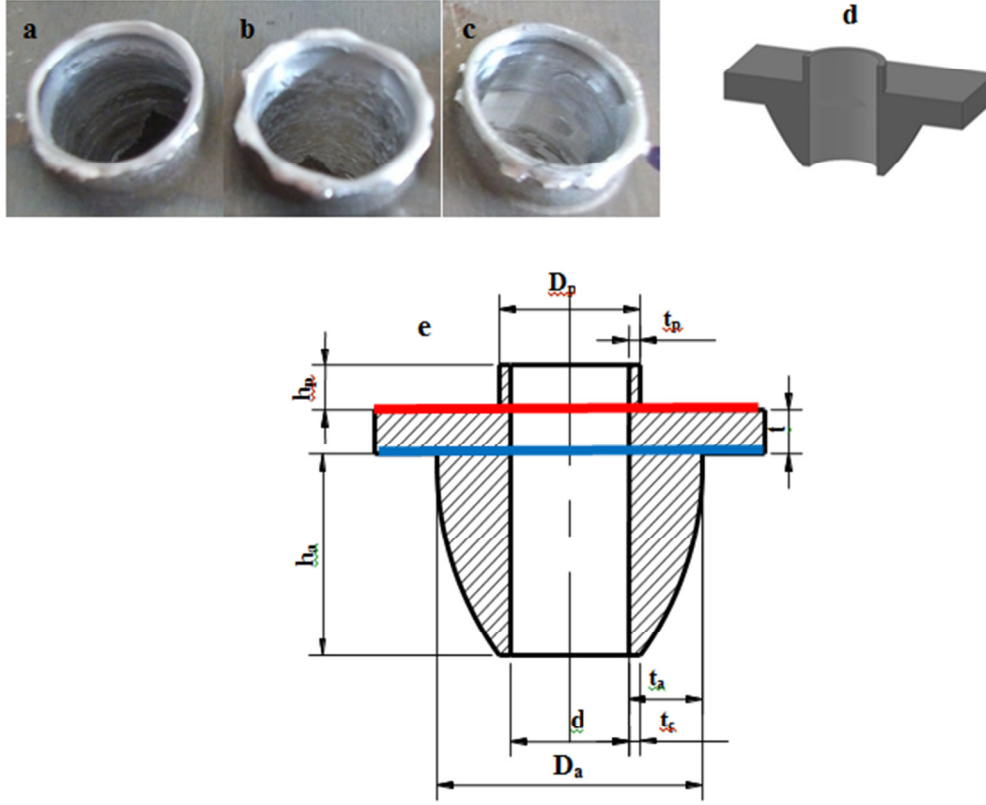


Şekil 1. Deney düzeneği ve deneysel çalışmada kullanılan bağlama aparatı.



**Şekil 2.** Deneysel çalışmada kullanılan takımların geometrik boyutları ve fotoğrafları  
a) Takımların geometrik boyutları, b) HSS, c) WC Takımların fotoğrafları.

Yukarıya akarak pul oluşumunu sağlayan malzeme içi boş bir silindir şeklinde meydana geldiğinden hacmi hesaplanmıştır. Sürtünmeli delme işlemi sonucunda iş parçasından boşalmış toplam malzemenin hacminden pul oluşumunu sağlayan malzemenin hacmi çıkarılmış ve kovani oluşturan malzeme hacmi hesaplanmıştır. Kovani ve pulu oluşturan malzeme hacimleri, iş parçasından boşalan tüm malzeme hacmine oranı % birim cinsinden tespit edilmiştir. Pul ve kovanın geometrik boyutları, 1:100 hassasiyetinde ölçebilen dijital kumpas ile ölçülmüştür.



**Şekil 3.** Sürtümlü delme işleminde elde edilmiş pul ve kovan biçimleri **a)**1600 d/d dönme devri ve 40 mm/dak ilerlemede, **b)** 2800d/d dönme ve 40 mm/dak ilerleme, **c)**4000 d/d dönme ve 80 mm/dak ilerlemede elde edilmiş ve omuz tarafından iş parçasının yüzeyine bastırılmamış pulların biçimleridir. **d, e)** pul ve kovan biçimlerinin bilgisayar programı yardımıyla tasarımını ve geometrik boyutlarını göstermektedir.

Çalışmada malzemenin kesit kalınlığı boyunsa, sürtümlü delme yöntemiyle boşalmış malzemenin hacmi ( $V_B$ ) (Şekil 3 e’de kırmızı ve mavi renkli çizgilerin arası) hesaplanmıştır. İşlem sırasında ergiyerek yukarı doğru akmış ve iş parçasının yüzeyine bastırılmamış pulun geometrik şekli içi boş, düzgün bir silindir olduğu kabul edilmiş ve hacmi ( $V_P$ ) (Şekil 3 e’de kırmızı renkli çizginin üst kısmında kalan bölüm) matematiksel olarak hesaplanmıştır. İşlemden oluşan kovanın hacmi ( $V_K$ )(Şekil 3 e’de mavi renkli çizginin alt kısmında kalan bölüm) ise boşalan tüm malzemenin hacminden pulun hacmi çıkarılarak tespit edilmiştir.

$$V_K = V_B - V_P \dots\dots\dots 1$$

$$V_B = \pi \cdot \left[ \frac{(d)^2}{4} \cdot t \right] \dots\dots\dots 2$$

$$V_P = \pi \cdot \left[ \frac{(D_p - d)^2}{4} \cdot h_p \right] \dots\dots\dots 3$$

Denklem 2 ve 3'teki geometrik boyutları belirten parametreler ölçülmüş ve hesaplanmıştır. Elde edilen değerlerden ( $V_B$ 'den  $V_P$ ) çıkarılarak).

### 3. TERMİNOLOJİ

$V_B$ : Delme işleminde malzemeden boşalan malzemenin hacmi ( $\text{mm}^3$ )

$V_P$ : Pul oluşumunu sağlayan malzeme hacmi ( $\text{mm}^3$ )

$V_K$ : Kovan oluşumunu sağlayan malzeme hacmi ( $\text{mm}^3$ )

$d$ : Sürtünmeli delinmiş deliğin eliğin çapı (mm)

$t$ : İş parçası malzemesinin kalınlığı (mm)

$D_p$ : Kovanın dış çapı (mm)

$t_p$ : Pulun çeper kalınlığı (mm)

$h_p$ : Pulun yüksekliği (mm)

$h_a$ : Kovan yüksekliği (mm)

$D_a$ : Kovanın dış çapı (mm)

$t_a$ : Kovan Kökünün çeper kalınlığı (mm)

$t_ç$ : Kovanın uç çeper kalınlığı (mm)

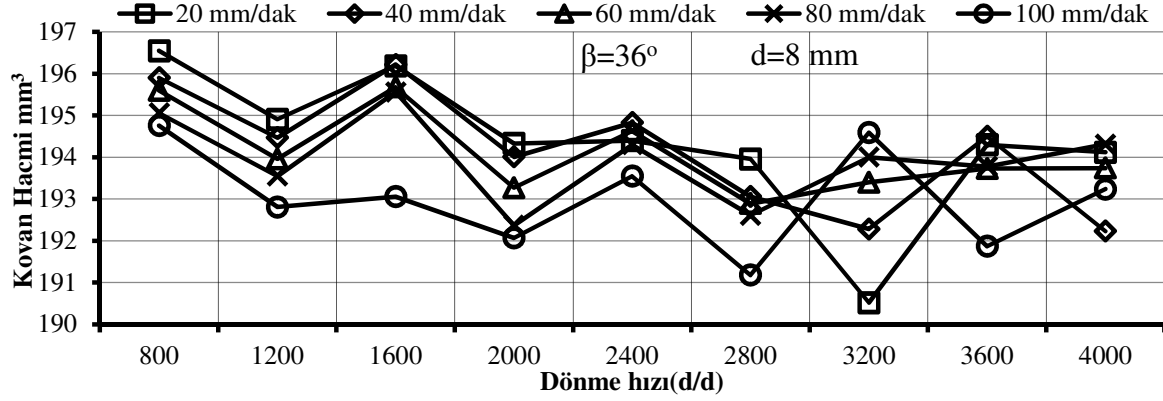
### 4.BULGULAR

#### 4.1. A7075-T651 Alaşımının Sürtünmeli Delinmesinde Kovanı Oluşturan ve Çevreye Yayılan Malzeme Hacminin Değerlendirilmesi

A7075-T651 alaşımının sürtünmeli delme işleminde, gevrek bir malzeme olduğundan kovanın biçiminde meydana gelen çatlak sayısı ve dönme devrinin etkisiyle işlem sırasında çevreye yayılan malzeme miktarı fazla olur.

Şekil 4'te A7075-T651 alaşımının sürtünmeli delinmesi işleminde kovanı oluşturan malzeme hacminin, dönme devri ve ilerleme ile nasıl değiştiği gösterilmiştir. Düşük dönme devirlerinde işlemin başlangıcında ve işlem süresinde ergiyen malzemenin çevreye yayılmasını sağlayacak yüksek dönme momentinin etkisi olmadığından ve malzemenin yukarı akması için yeterli ısı derecesi oluşmadığından kovanı oluşturan malzemenin hacmi artmıştır. Aynı zamanda hızlı ilerlemenin etkisiyle meydana gelen deformasyon, yukarıya akan malzemenin hacmini ve dolayısıyla pulu oluşturan malzeme hacmi ile çevreye yayılan

malzeme miktarını artırmış ve kovani oluşturan malzemenin hacmini azaltmıştır. Dönme devrinin artması ve ilerlemenin azalması ile yukarıya akan malzemenin hacmi artmıştır.



Şekil 4. A7075-T651 alaşımının sürtülmeli delinmesinde kovani oluşumunu sağlayan malzeme hacmine, dönme ve ilerleme hızının etkisi.

3200 d/d dönme devrine yükselinceye kadar 20 ve 40 mm/dak ilerleme hızlarında oluşan kovani hacmi, işlem sırasında yukarıya akan ve pulu oluşturan malzeme miktarı arttığından, düzenli bir şekilde azalmıştır. 80 ve 100 mm/dak ilerlemede ise takımın itme kuvvetinin etkisi ile yumuşamış malzeme aşağı doğru kovani oluşturacak şekilde akması sağlandığından düzenli olarak artmış ve 3200 d/d'da en yüksek kovani hacmi elde edilmiştir. 60 mm/dak ilerlemede ise en büyük kovani hacimleri 1600 – 2400 d/d dönme devirlerinde elde edilmiştir. Kovani hacmini oluşturan malzeme hacminin kriterine göre yüksek dönme devirleri için yüksek ilerleme, küçük dönme devirleri için ise küçük ilerleme seçilmesinin uygun olduğu tespit edilmiştir. Kovani oluşturan ve çevreye yayılan malzemenin hacmi 20 mm/dak ilerleme ve 800 d/d dönme devrinde iş parçasından boşalan malzeme hacminin %98'ini oluşturduğu, A7075-T651 alaşımının sürtülmeli delme işleminde kovani oluşturan malzeme hacminin boşalan malzeme hacmine oranı % 95 – 98 arasında değiştiği görülmüştür. A7075-T651 alaşımı gevrek bir malzeme olduğundan kovani oluşturan malzeme hacminin yüksek çıkmasında, kovanda meydana gelen çatlak sayısı ve çevreye yayılan malzeme miktarının etkisi fazla olmuştur.

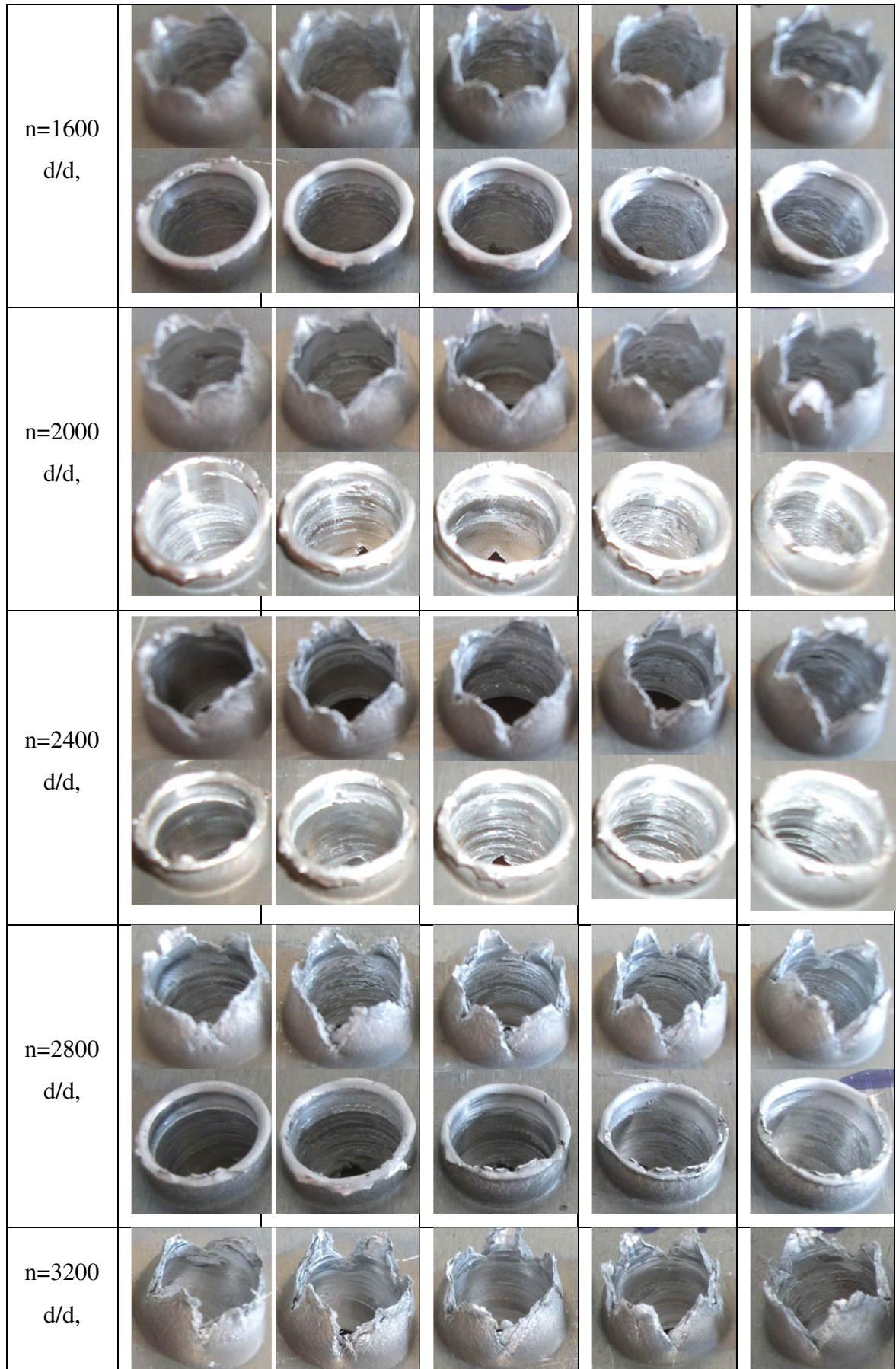
Tablo 1'de 3200 d/d dönme devrinden daha yüksek devirlerde kovani biçimindeki önemli derecede bir değişiklik olmadığından pul ve kovani resimlerini gösterme gereği duyulmamıştır. Tablo 1'de A7075-T651 alaşımının sürtülmeli delinmesinde elde edilmiş

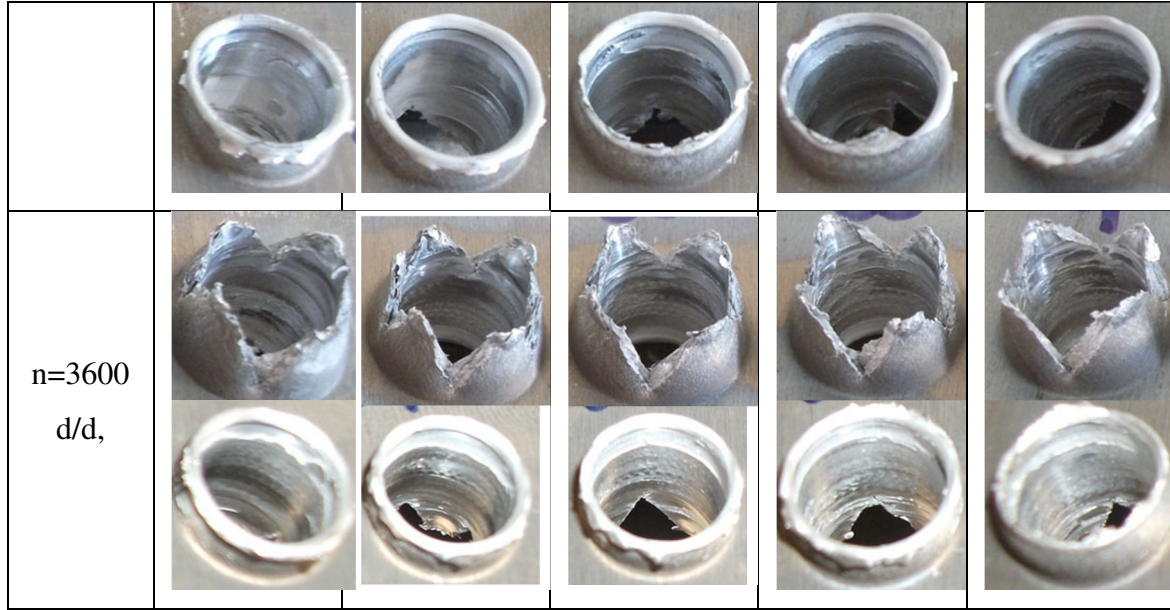


kovan ve pulların fotoğrafları gösterilmiştir. Kenarlarda ergimiş ve sarkmış malzeme, işlemin başlangıcında deformasyonun etkisini göstermektedir. Bu deformasyonun etkisi düşük dönme devri ve yüksek ilerlemede, yüksek dönme devri ve düşük ilerlemede fazla olmuştur. Yüksek dönme devri ve düşük ilerlemede meydana gelen yüksek sürtünme ısısının etkisiyle malzemenin ergime hızı yüksek, fakat ergimiş malzemeyi aşağıya doğru akmasını sağlayan takımın ilerlemesi ise küçük olduğundan yüksek dönme momentinin etkisiyle çevreye yayılmış ve pul oluşumunu sağlayan malzemenin hacmini artırmıştır. Düşük dönme devri ve yüksek ilerlemede ise takım ile iş parçası temas alanında, birim ilerlemede, yeterli döngü meydana gelmediğinden yeterli ısı meydana gelmemiş ve yüksek ilerlemede deformasyonun etkisi, çevreye yayılan malzeme miktarı ve kovandaki çatlak miktarı artmıştır. En uygun kovan ve pul oluşumları 800 - 1600 d/d dönme devirleri ve 20-60 mm/dak ilerlemelerde, elde edilmiştir. İlerleme ve dönme devirlerinin artması ile deformasyonun ve kovandaki çatlak miktarında artış meydana gelmiştir. Yüksek dönme devirlerinde, dönme momentinin etkisi, yüksek ilerlemelerde ise deformasyonun etkisi yüksek olduğundan kovanın ve pulun biçimi bozulmuştur.

**Tablo 1.**A7075-T651 alaşımının sürtülmeli delinmesinde oluşan kovan ve pul biçimleri.

d=8 mm, t=4mm	f=20 mm/dak	f=40 mm/dak	f=60 mm/dak	f=80 mm/dak	f=100 mm/dak
n=800 d/d,					
n=1200 d/d,					

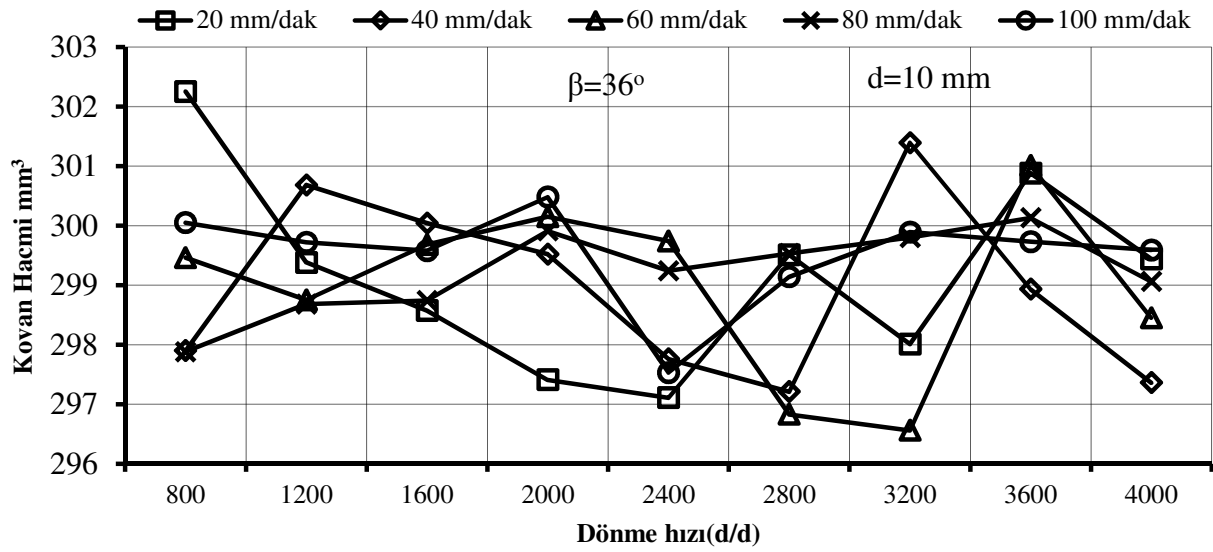




#### 4.2. St 37 Alaşımının Sürtünmeli Delinmesinde Kovanı Oluşturan ve Çevreye Yayılan Malzeme Hacminin Değerlendirilmesi

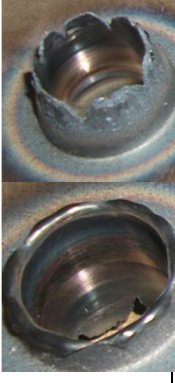


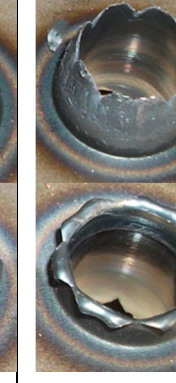
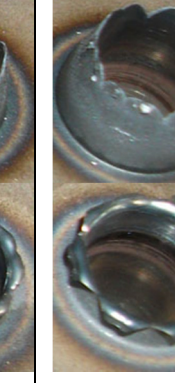

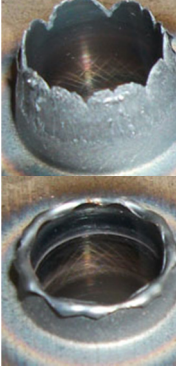

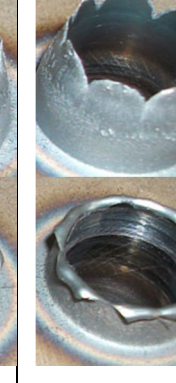

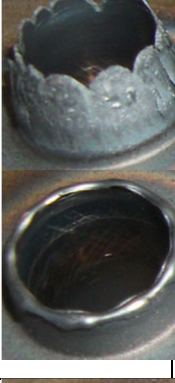


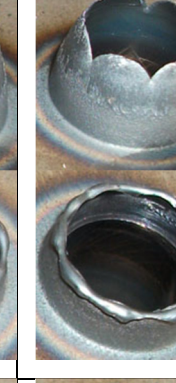

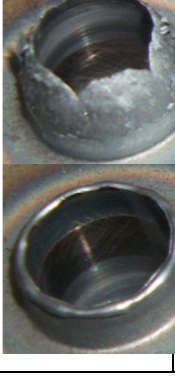


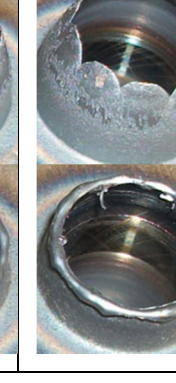
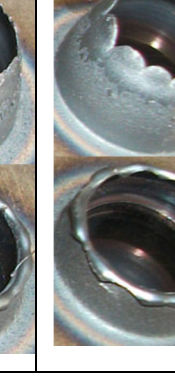
St 37 çelik alaşımı sünek bir malzeme olduğundan sürtünmeli delme işleminde oluşan kovanın biçimi düzgün, talaşsız, amaca uygun ve silindirik biçimde meydana gelmektedir. Şekil 5'te St 37 çelik alaşımının sürtünmeli delinmesinde kovayı oluşturan malzemenin hacminin değişim grafiği gösterilmiştir. St 37 alaşımı sünek olduğundan değişen dönme devri ve ilerlemenin etkisiyle kovayı oluşturan malzemenin hacminde fazla bir değişiklik olmamış ve dönme momentinin etkisiyle çevreye yayılan malzeme miktarı az olmuştur. St 37 alaşımının sürtünmeli delinmesinde hacimdeki değişim, 3600 d/d dönme devrine kadar meydana gelmiş ve daha büyük dönme devirlerinde değişim sabit kalmıştır. 20 mm/dak ilerlemede, en büyük kovan hacmi, 800 d/d dönme devri ve en küçük kovan hacmi ise 2400 d/d dönme devrinde elde edilmiştir. 60 mm/dak ilerlemede, en küçük kovan hacmi 2800 d/d dönme devrinde ve en büyük kovan hacmi ise 3600 d/d dönme devrinde elde edilmiştir. 40 mm/dak ilerlemede en küçük kovan hacmi 2400 d/d dönme devrinde, en büyük kovan hacmi ise 3200 d/d dönme devrinde elde edilmiştir. 80 ve 100 mm/dak ilerlemelerde ise değişen dönme devirleriyle fazla bir değişiklik meydana gelmemiştir. St 37 alaşımının sürtünmeli delme işlemi sırasında, sünek olduğundan, çevreye yayılan malzeme miktarı azalmış ve kovayı oluşturan malzeme hacmi boşalan malzeme hacmine oranı, A7075-T651 alaşımına göre daha düşük olmuş ve bu oran %94-96 arasında olduğu görülmüştür.

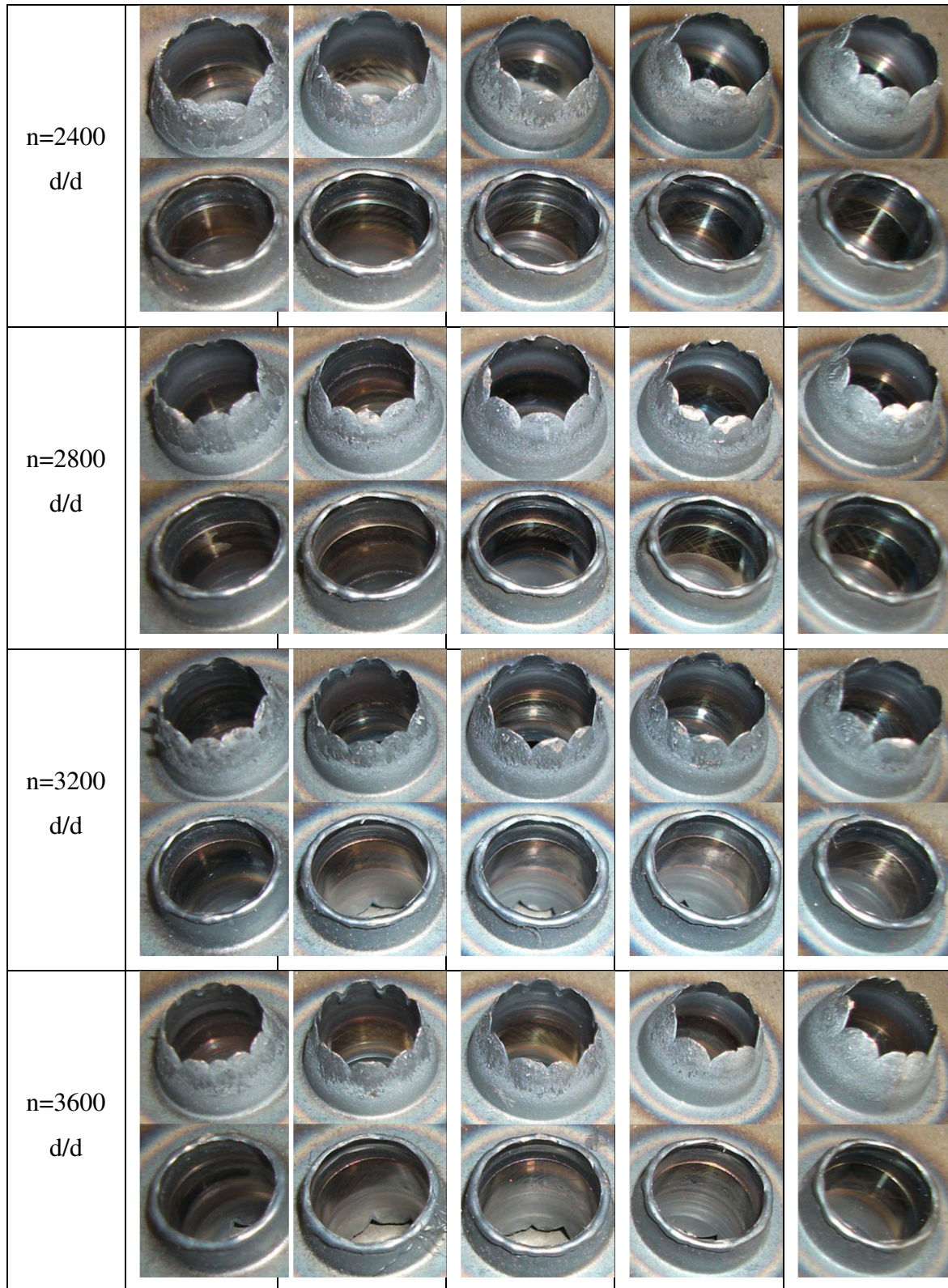
Tablo 2’de St 37 alaşımının sürtünmeli delinmesinde elde edilmiş kovan ve pulların fotoğrafları gösterilmiştir. Kenarlarda ergimiş ve sarkmış malzeme işlemin başlangıcında deformasyonun etkisini göstermektedir. Bu deformasyonun etkisi değişen dönme devri ve ilerlemeyle, A7075-T651 alaşımına göre fazla değişmediği görülmüştür. St 37 alaşımının sürtünmeli delinmesinde daha yüksek ısı dereceleri gerekli olduğundan, A7075-T651 alaşımının aksine artan dönme devirleriyle kovanın ve pulun biçiminde bozulmalar meydana gelmemiştir. Pulların biçimindeki deformasyonun etkisi 2400 -3600 d/d dönme devirlerinde daha az olduğu, ergimiş ve pulların kenarlarından sarkmış malzeme miktarından anlaşılmaktadır. Değişen dönme devri ve ilerlemede kovanların biçiminde oluşan çatlakların sayısında ve yoğunluğunda fazla bir değişme olmamıştır, fakat kovanın çeper kalınlığı ve çeper kalınlığı değişiklik göstermiştir. Çeper kalınlığı küçük olması durumunda vida dişleri için yeterli et kalınlığı olmadığından bağlantı mukavemetini artıran vidalama sağlanmaz ve işlemde istenilen hedeflere ulaşılmaz [16].



Şekil 5.St 37 alaşımının sürtünmeli delinmesinde kovan oluşumunu sağlayan malzeme hacmine, dönme ve ilerleme hızının etkisi.

**Tablo 2.** St 37 alaşımının sürtünmeli delinmesinde oluşan kovan ve pul biçimleri.

d=10 mm, t=4mm	f=20 mm/dak	f=40 mm/dak	f=60 mm/dak	f=80 mm/dak	f=100 mm/dak
n=800 d/d					
n=1200 d/d					
n=1600 d/d					
n=2000 d/d					



## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Sürtünmeli delme işleminin amacı, iş parçasının alt kısmında oluşan kovan yardımıyla bağlantı uzunluğunun ve mukavemetinin artırılması olduğundan kovani oluşturan malzeme hacmini artıran parametreler uygun parametreler olmuştur. İşlemden oluşan kovanın biçimindeki çatlaklar ve çevreye yayılan malzeme miktarının artması istenmeyen olumsuz bir etkidir. Kovanın biçimindeki çatlak sayısı gevrek malzemelerin sürtünmeli delinmesinde daha fazla meydana gelir.

St 37 ve A7075-T651 alaşımlarının sürtünmeli delinmesinde, sünek olan St 37 alaşımında oluşan kovanın biçimi daha düzgün, silindirik ve amaca uygun bir biçimde meydana gelmiştir. Gevrek olan A7075-T651 alaşımında ise değişen parametreler ile kovanın biçimindeki çatlak sayısı artmış ve kovani oluşturan malzeme hacmindeki değişim oranı ve aralığı St 37 alaşımına göre daha fazla olmuştur.

St 37 alaşımının sürtünmeli delinmesinde daha yüksek sıcaklığa ihtiyaç olduğundan, artan dönme devirleriyle kovanın ve pulun biçiminde bozulmalar meydana gelmemiştir. Pulların biçimindeki deformasyonun etkisi 2400 -3600 d/d dönme devirlerinde daha az olduğu, ergimiş ve pulların kenarlarından sarkmış malzeme miktarından anlaşılmaktadır. St 37 alaşımında kovani oluşturan malzeme hacminin iş parçasından boşalan malzeme hacmine oranı % 94-96 arasında değişiklik göstermiştir.

A7075-T651 alaşımının sürtünmeli delinmesinde düşük dönme devri ve yüksek ilerlemelerde yeterli sıcaklık meydana gelmez ve yüksek ilerlemede deformasyonun etkisi, çevreye yayılan malzeme miktarı ve kovadaki çatlak miktarı artmıştır. En uygun kovan ve pul oluşumları 800 - 1600 d/d dönme devirlerinde ve 20-60 mm/dak ilerlemelerde, elde edilmiştir. İlerleme ve dönme devrinin artması ile deformasyonun ve kovadaki çatlak sayısının attığı görülmüştür.

St 37 alaşımı ergime sıcaklığı yüksek olduğundan sürtünmeli delme işleminde daha yüksek dönme devrine, A7075-T651 alaşımının ergime sıcaklığı düşük olduğundan sürtünmeli delinmesinde daha düşük dönme devirlerinin kullanılması gerektiği tespit edilmiştir. Düşük dönme devrinde gevrek olan A7075-T651 alaşımının sürtünmeli

delinmesinde kovanın biçimi daha düzgün ve çatlakların az olduğu bir şekilde oluşurken, sünek olan St 37 alaşımında ise yüksek dönme devirlerinde gerekli olan ergime ısısı elde edilmiştir.

## KAYNAKLAR

- [1]. Miller S. F., Tao, j., Shih A. J., 2006. Friction Drilling of Cast Metals, *International Journal of machine Tool and Manufacture*, 46 1526 – 1535.
- [2]. Gopal Krichna P. V., Kishore K., Satyanarayana V. V., 2010. Some Investigations in Friction Drilling AA6351 Using High Speed Steel Tools, *ARNP Journal Engineering and Applied Sciences*, 5: 1819–6608.
- [3]. Miller S. F., Blau P. J., Shih A. J., 2007. Tool Wear in Friction Drilling,, *International of Machine Tool and manufacture*, 47: 1636–1645.
- [4]. Dekkers G., 1993, Flow Drill Prosesi Firma Katalogları, *Copyright by Flow Drill B. V. Holland*, 1 – 30.
- [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., 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]. Doğru N., 2010, AISI 1010 Çelik Malzemenin Sürtünmeli Delme Yöntemiyle Delinmesinde İşleme Karakteristiklerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- [8]. 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.
- [9]. 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.
- [10]. 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.
- [11]. 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.
- [12]. Matsuoka, M., Motoyoshi, M., Sakaguchi, M., Shinohara, A., Shigeede, T., Saito, Y., Matsuda, M., Shimizu N., 2011, Friction Heat During Self-drilling of an Orthodontic Miniscrew,



International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, Volume 40, Issue 2, February 2011, Pages 191-194.

- [13].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.
- [14].Lee S. M., Chow H. M., Yan B. H., 2007. Friction drilling of IN – 713LC cast superalloy, *Materials and manufacturing Process* , 22, 893-897.
- [15].Demir Z., Ozek C., Investigate the Effect of Pre-drilling in Friction Drilling of A7075-T651, *Materials and Manufacturing Processes*, 2014, 29:593 – 599.
- [16].Demir Z., Ozek C., 2013, Sürtünmeli Delme İşleminde Vida Sıyırma Kuvvetinin Araştırılması, *Ulusal Talaşlı İmalat Sempozyumu (UTİS 2013)*, Kuşadası, pp: 417-427.