

Ticari Saflıktaki Molibden Malzemesine HSS Kılavuzla Vida Açma İşleminde Kesme Hızının Etkisi

Hüseyin GÖKÇE^{*a}, Mehtap YAVUZ^b

^{a,*} Çankırı Karatekin Üniversitesi Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, ÇANKIRI 18200, TÜRKİYE

^b Çankırı Karatekin Üniversitesi Elektronik ve Otomasyon Bölümü, ÇANKIRI 18200, TÜRKİYE

MAKALE BİLGİSİ

Alınma: 07.10.2019
Kabul: 08.12.2019

Anahtar Kelimeler:

Vida geometrisi
Kılavuzla vida açma
Molibden

***Sorumlu Yazar:**

e-posta:
huseyingokce@karate
kin.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, iyi mekanik özellikler sergileyen ticari saflıktaki molibden malzemeye kılavuz çekilmiştir. Ticari saflıktaki molibden malzeme üzerinde gerçekleştirilen vida açma operasyonlarında, düşük maliyet ve yüksek verimlilik esas alınarak uygun kesme hızının tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla HSS kılavuz kullanılarak dokuz farklı kesme hızında (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ve 10 m/dak) vida açma işlemi gerçekleştirilmiştir. Deneyler sonucunda, vida dişlerinin görüntüleri alınmış, diş üstü, diş dibi ve diş yüksekliği ölçümleri yapılmıştır. Ticari saflıktaki molibden malzemeye kılavuz çekilmesi esnasında malzeme kayıpları ve kırılmalar gözlenmiştir. Bu malzeme kaybı nispeten düşük kesme hızlarında meydana gelmiştir. 9 m/dak kesme hızında optimum ölçü değerleri elde edilirken 10 m/dak kesme hızında kayıplar artarak vida diş profili bozulmaya başlamıştır

<https://dx.doi.org/10.30855/gmbd.2019.03.04>

The Effect of Cutting Speed in Tapping Process with Commercial Purity Molybdenum Material HSS Tap

ARTICLE INFO

Received: 07.10.2019
Accepted: 08.12.2019

Keywords:

Thread geometry
Tapping
Molybdenum

***Corresponding**

Authors

e-posta:
huseyingokce@karate
kin.edu.tr

ABSTRACT

In this study, molybdenum material of commercial purity with good mechanical properties was threaded. The aim of this study is to determine the appropriate cutting speed on the basis of low cost and high efficiency in tapping operations performed on commercial purity molybdenum material. For this purpose, nine different cutting speeds (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 and 10 m/min) were performed using HSS machine taps. As a result of the experiments, the images of the screw crest, root and the height of the thread were measured. Material losses and fractures were observed during tapping of commercial purity molybdenum material. This material loss occurred at relatively low cutting speeds. 9 m/min cutting speed optimum results obtained while the 10 m/min cutting speed losses increased screw thread profile began to deteriorate.

<https://dx.doi.org/10.30855/gmbd.2019.03.04>

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Molibden, roket endüstrisinde nozüller gibi yüksek sıcaklıkta çalışan parçaların üretilmesinde çok önemli bir yer tutar [1]. Havacılık, savunma, nükleer ve elektronik sanayilerindeki gelişmelerle beraber, yüksek sıcaklıklarda yüksek mekanik özellikler sağlaması nedeniyle kullanımı her geçen gün artmakta

ve molibden malzeme talebinde artışlar yaşanmaktadır [2].

Molibden malzeme işlenirken kırılma eğilimine girer [3]. Molibden ve alaşımlarının işlenmesi diğer metal ve alaşımlarının işlenmesi sürecine benzer. Çok basit parçalardan, çok karmaşık parçalara kadar istenilen ölçü ve toleranslarda işlem yapmak

mümkündür. Yüksek hız çelikleri, genellikle düşük yüzey kaliteleri veya kaba işlemlerde kullanılır [4].

Molibden ve alaşımlarının işlenmesiyle ilgili literatürde kısıtlı çalışmalar bulunmaktadır. Zlatin vd., TZM (titanyum-zirkonyum-molibden) molibden alaşımını da içeren çeşitli refrakter malzemeleri farklı koşullarda tormalama, alın frezeleme, parmak frezeleme, delme, raybalama, kılavuz çekme ve taşlama işlemlerine tabi tutmuş ve kesme sıvısı kullanılmadan tormalama işlemi yapıldığında takım ömründe çok ciddi düşüşler olduğunu ifade etmişlerdir [5]. Kuljanic vd. sertleştirilmiş çelik, titanyum alaşımları, nikel esaslı alaşımlar ve molibden alaşımları gibi bazı önemli ve işlenmesi zor olan malzemelerin işlenebilirlikleriyle ilgili yaptıkları araştırmada saf molibden malzemenin işlenebilirliği üzerinde tane yapısının önemli bir etkiye sahip olduğunu belirtmişlerdir [1]. ED FAGAN şirketinin molibden ve alaşımlarının testere ile kesilmesi, tormalanması, frezelenmesi, delinmesi, raybalanması, kılavuz çekilmesi, taşlanması, parlatılması ve honlanması ile ilgili yayınlamış olduğu bir bültende yüksek hız çeliklerinin, genellikle düşük yüzey kaliteleri veya kaba işlemler için kullanıldığı, iyi yüzey kaliteleri ve sıkı toleranslar için de karbür takımların tercih edildiği ifade edilmiştir [2]. Gökçe vd., ticari olarak saf molibden malzemenin frezelenmesinde, kesme kuvvetleri ve ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra) açısından, kesici takım ve kesme parametrelerini değerlendirmişler ve Fc için en etkili parametrenin ilerleme miktarı, Ra için ise kesme hızı olduğunu ifade etmişlerdir [6].

Kılavuz ile vida açma konusunda bugüne kadar birçok farklı çalışma yapılmıştır. Yin ve Han, yüksek hız çeliği kılavuzun, sertleştirilmiş çelikte (50HRC), küçük deliklerde (M3 vida), yetersiz kaldığından yola çıkarak bu problemi çözmek için titreşimli klavuz çekme özelliğini araştırmışlardır [7]. Kayır, AISI 1050 malzemesine açılan deliklere TiN kaplamalı ve kaplamasız HSS makine kılavuzları ile vidalar açmıştır. Vidaların açılması işlemi, değişik çaplardaki matkaplarla delinen deliklere farklı formdaki kılavuzların uygulanması ile yapılmıştır. Yapılan çalışmanın sonucunda; matkap delik çapının kılavuz ile vida açma işlemi sırasında oluşan tork ve kesme kuvvetlerinin etkilediği ortaya çıkmıştır [8]. Kayır, yaptığı diğer bir çalışmada ise; AA5083 malzemesine açılan deliklere TiN kaplamalı ve kaplamasız HSS makine kılavuzları ile vidalar açmıştır. Deneysel sonuçlar; matkap delik çapının kılavuzla vida açma işleminde oluşan tork ve kesme kuvvetlerini doğrudan etkilediğini göstermiştir [9]. Uzun ve Korkut, kılavuz ile vida açma işleminde, kılavuz çekilen malzeme, kesme sıvısı, kılavuz tipi, deliğin tipi (açık veya kör

delik), delik derinliği, dış taşıma yüzdesi, vida adım, takım ve teçhizatın durumu, kılavuz çekme metodu ve kılavuzun ağızlaşma kısmı gibi faktörlere bağlı olduğunu ifade etmişlerdir [10]. Domingo vd, takım soğutması dikkate alındığında, özellikle cam elyaf takviyeli polyamid malzeme (PA66-GF30) üzerinde kılavuz çekme işlemi sırasında itme kuvvetlerinin değişimi ile ilgili bir çalışma sunmuşlardır. Takım soğutması, kılavuz tipi ve kaplama ile sınırlandırılmış olmasına rağmen, itme kuvvetlerinde bir azalma sağlamıştır [11]. Yağır ve Mete, yaptıkları çalışmada; kalıp malzemeleri için, mevcut üretim süreçlerindeki delik delme ve kılavuz açma ile kalıp içinde delik delme ve kılavuz çekme proseslerini karşılaştırmışlardır [12]. Oezkaya ve Biermann, enerji ve maliyet tasarrufu sağlanabileceğini ifade ettikleri çalışmada, torku belirlemek için, M8×1,25 mm adımlı dört farklı kılavuz kullanmışlardır. Deneyler, AISI 1045 çelik malzeme üzerinde gerçekleştirilirken, kesme parametreleri olarak; 15 mm dış açma derinliği, 12 m/dak kesme hızı ve 1,25 mm ilerleme değerlerini kullanmışlardır. Kılavuz çekme işleminin simülasyonunu yapmak için sonlu elemanlar analizi (SEA) tabanlı bir yazılım sistemi kullanmışlardır [13]. Oezkaya ve Biermann yaptıkları başka bir çalışmada, çeşitli kılavuz çekme takımları ve çapları ile kılavuz çekme işlemlerine ilişkin tork değerlerini belirlemek için kullanılacak geometrik tork tahmin yöntemi (GTPM) geliştirmişlerdir. Deneysel çalışmalar ve sonlu elemanlar yöntemi pratikte sık kullanılan dört farklı kılavuz takımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Belirlenen göreceli tork değerlerinin, artan takım çapı ile parabolik bir artış gösterdiğini ifade etmişlerdir [14]. Uzun ve Korkut Ti6Al4V alaşımını iki farklı geometriye sahip kaplamalı ve kaplamasız kılavuzlarla farklı kesme hızlarında ıslak ve kuru şartlarda vida açma deneylerine tabi tutmuşlar ve deneyler sonucunda oluşan kesme kuvvetlerini analiz etmişlerdir. Kriyojenik işlem görmüş klavuzla yapılan deneylerde oluşan kesme torkunun daha düşük olduğunu ifade etmişlerdir [15]. Uzun ve Korkut diğer bir çalışmada AISI 304 östenitik paslanmaz çelik üzerine farklı kesme parametrelerinde, farklı çaplarda kılavuzlar kullanarak ve farklı kesme derinliklerinde (Q) deneyler yapmışlardır. M5 kılavuzda 5 mm, M6 kılavuzda ise 3 mm kesme derinliğinde yapılan deneylerde en düşük tork değerlerinin elde edildiğini belirtmişlerdir [16]. Günay yaptığı çalışmada, dış vida açma işlemlerinde oluşan yüzey kalitesini ve kesme kuvvetlerini incelemiştir. Dış açma işleminde ana kesme kuvvetinin ve radyal kuvvetin önemli kuvvet bileşenlerinden olduğunu belirtmiştir. Ayrıca yaptığı

mikro sertlik ölçümlerinde dış üstünden dış dibine doğru sertliğin yükseldiğini ifade etmiştir [17].

Bu çalışmada, ticari saflıktaki molibden malzeme üzerinde 9 farklı kesme hızı ve HSS kılavuzlar ile kesme sıvısı kullanılmadan vida açma deneyleri yapılmıştır. Kılavuz çekilen dişler tel erezyon tezgâhında aksel olarak kesilmiş, kesilen yüzeylerden fotoğraflar çekilerek görüntüler alınmıştır. Ayrıca vida diş üstü, diş dibi ve diş yüksekliği ölçümleri yapılarak en uygun kesme hızının belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

Ticari saflıktaki molibden iş parçası, Ø60 mm çapında silindirik malzemeden 16 mm kalınlığında kesilerek elde edilmiştir. Daha sonra iş parçası yüzeyinin tezgâh tablası ile paralellikini sağlayabilmek için toplam kalınlık 15 mm'ye düşürülerek tesviye yapılmıştır. İş parçasının başlıca özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Saf Molibden malzemenin bazı özellikleri (Some properties of pure molybdenum material) [6]

Özellikler	Birim	Saf Molibden
Kimyasal Bileşim	%	>99,97 Mo
Yoğunluk (20°C'de)	cc	10,22
Ergime noktası	°C	2617
Brinell sertliği	BH	205
Akma gerilmesi	MPa	600
Çekme gerilmesi	MPa	800
Elastikiyet modülü	GPa	330
Poison oranı		0,38
Isı iletim katsayısı (20°C'de)	[W/(mK)]	138

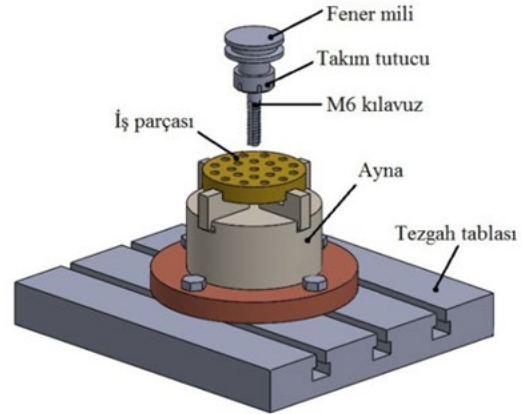
Silindirik olarak hazırlanan iş parçası malzemesi CNC tezgâhının tablasına 3 ayaklı bir ayna ile bağlanmıştır. Ticari saflıktaki molibden malzemeye 5 mm çapında HSS matkaplar (M6×1 standart kılavuza uygun olarak) ile toplam 9 adet boydan boy delik delinmiştir. Daha sonra iş parçası sökülmeden dokuz farklı kesme hızı (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ve 10 m/dak) kullanılarak boydan boy (15 mm) vida açma işlemi uygulanmıştır. HSS kılavuz Şekil 1'te verilmiştir. Deneylerde kullanılan kesici takımlar, Ø6 mm çapında kesici takımları sıkabilecek pens ile takım tutucuya bağlanmıştır. Vida açılan delikler akselleri doğrultusunda GF CUT 300 SP tel erezyon tezgâhında

kesilmiş, kesilen yüzeylerden fotoğraflar çekilerek görüntüler alınmıştır. Elde edilen görüntülerden dış geometrileri (diş üstü, diş dibi ve diş profili) gözlemlenmesi için Nikon SMZ800N stereo mikroskop kullanılmıştır. Çekilen görüntülerden AutoCAD yazılımı kullanılarak diş dibi ve diş üstü değerleri ölçülmüştür. Kesme sıvısı kullanılmadan gerçekleştirilen deneylerde ilgili malzeme için kesici takım kataloglarında önerilen ve literatürde yer alan çalışmalar dikkate alınmıştır.



Şekil 1. HSS Maline Kılavuzu (HSS machine tap)

Deneyler, Çankırı Karatekin Üniversitesi Meslek Yüksekokulu Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü Makine Atölyesi CNC Laboratuvarında bulunan Arion IMM-600 CNC dik işlem merkezinde yapılmıştır. Şekil 2'de, kullanılan deney düzeneği şematik olarak gösterilmiştir.

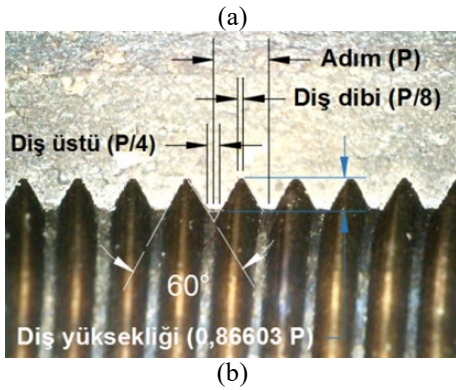
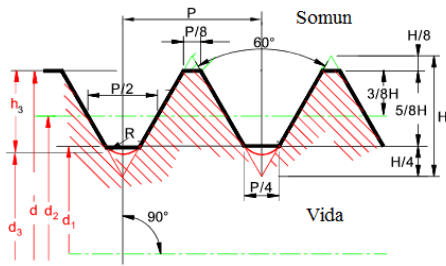


Şekil 2. Deney düzeneği (Experimental setup)

Şekil 3a'da standart metrik vidalar için gerekli ölçülendirilmeler genel olarak verilmiştir. Diş geometrisi için gerekli ölçümler tel erezyonla hassas ve çapaksız olarak aksel kesilen vidaların görüntülerinin AutoCAD yazılımına aktarılması ile elde edilmiştir. AutoCAD yazılımına aktarılan görüntülerden vida profilleri çıkartılmış ve Şekil 3b'de gösterilen uzunluklar ölçülmüştür. 15 mm kalınlığında deney malzemesine 1mm adımlı yaklaşık 15 adet vida diş profili oluşturulmuş ve ölçümler ortada bulunan 5 dişin ölçülmesi sonucu elde edilen değerlerin ortalamaları alınarak belirlenmiştir.

Daha sonra, değeri kesin olarak bilinen (çalışmamızda adım (P=1) alınmıştır) uzunluk ile ölçülmek istenen uzunluk (diş üstü, diş dibi ve diş

yüksekliği) karşılaştırılmıştır. Standart M6×1 için diş geometrisinde, adım (P) 1 mm, diş dibi (P/8) 0,125 mm, diş üstü (P/4) 0,250 mm ve diş yüksekliği ($H=0,86603 \times P$) $\approx 0,866$ mm olmalıdır. Diğer ölçü değerlerinde (diş üstü çapı, diş dibi çapı gibi) önemli değişiklikler gözlenmediği için bu ölçümler dikkate alınmamıştır. Burada hesaplanan değerler M6×1 standart kılavuz değerleridir. Çalışmada somun toleransı olarak 7H somun tolerans temel alınarak hesaplamalara dahil edilmiştir. Buna göre minimum diş üstü çapı 6 mm olurken diş dibi çapı minimum 4,917 mm maksimum 5,217 mm aralığındadır. Bu aralıklara göre hesaplanan diş dibi ölçüsü minimum 0,19 mm maksimum 0,37 mm aralığında olmalıdır.



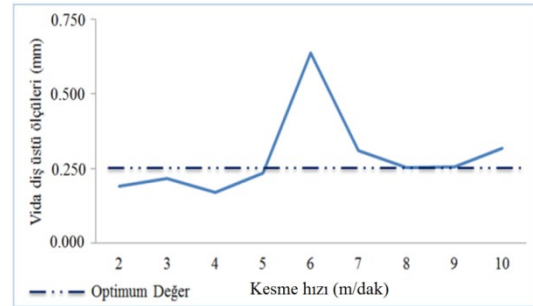
Şekil 3. a) Standart metrik vida ölçüleri ve b) AutoCAD ölçüm noktaları (a) Standard metric screw dimensions and b) AutoCAD measurement points)

3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

Ticari saflıktaki molibden malzeme üzerinde 9 farklı kesme hızı kullanılarak gerçekleştirilen boydan boya (15 mm) vida açma deneyleri sonucunda alınan vida diş üstü, diş dibi ve diş yüksekliği ölçümleri ve görüntüleri değerlendirilmiştir. Diş geometrilerinin ölçülmesi sonucu elde edilen değerler, diş üstü için Şekil 4'te, diş dibi için Şekil 5'te ve diş yükseklikleri için ise Şekil 6'daki grafiklerde kesme hızına bağlı olarak gösterilmiştir.

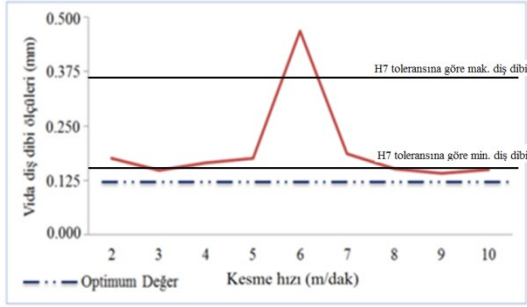
Her 3 grafik (Şekil 4, 5 ve 6) incelendiğinde optimum değerlere en yakın sonuçların 9 m/dak kesme hızında elde edildiği görülmektedir. Ayrıca Şekil 7'deki vida profillerinin görüntüleri de bu bulguyu kanıtlar niteliktedir.

Şekil 4'te kesme hızına bağlı olarak vida diş üstü ölçülerindeki değişimler ve standart M6×1 vida için olması gereken diş üstü ölçüsü gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde standart ölçüye (optimum değeri=0,250 mm) en yakın sonuçlar kesme hızının 8 ve 9 m/dak olduğu deneylerde elde edildiği görülmektedir. Kesme hızının düşük değerleri için diş üstü ölçüsü optimum değerinin bir miktar altında kalırken artan kesme hızı ile diş üstü ölçüsü optimum değere yaklaşmıştır. Kesme hızının 10 m/dak'ya çıkartılması ile diş üstü ölçüsünde artış gözlenmiştir. Bunun nedeni olarak kesme hızının artması ile talaşın rahat tahliye edilememesi ve uzaklaşmayan talaşın sıkışarak diş üstü değerini olumsuz etkilediği düşünülmektedir. Molibden malzeme işlenirken sıvanma eğilimine girer [18]. Kılavuz kesici takımlarda talaşın sıkışması ve malzemenin sıkışması kesme sürecini güçleştirir [9].



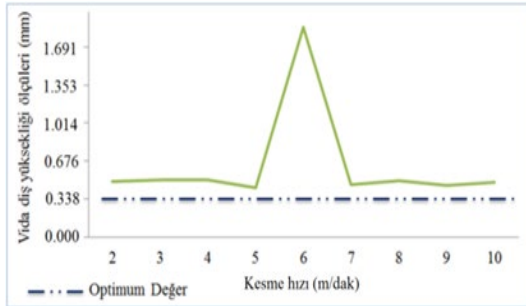
Şekil 4. Vida diş üstü ölçüsünün kesme hızına bağlı değişimi (Screw root of the thread size depending on cutting speed)

Şekil 5'te kesme hızına bağlı olarak vida diş dibi ölçülerindeki değişimler ve standart M6×1 vida için olması gereken diş üstü ölçüsü gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde standart ölçüye (optimum değeri=0,125 mm) en yakın sonucun kesme hızının 9 m/dak olduğu deneyde elde edildiği görülmektedir. Kesme hızının her değerleri için diş dibi ölçüsü optimum değerinin bir miktar üstünde olduğu görülürken artan kesme hızı ile diş dibi ölçüsünün optimum değere nispeten yaklaştığı görülmektedir.



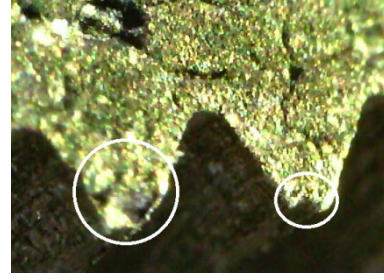
Şekil 5. Vida diş dibi ölçüsünün kesme hızına bağlı değişimi (*Screw crest of the thread size depending on cutting speed*)

Şekil 6'da kesme hızına bağlı olarak vida diş yüksekliği ölçülerindeki değişimler ve standart M6×1 vida için olması gereken diş üstü ölçüsü gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde standart ölçüye (optimum değeri≈0,338 mm) en yakın sonucun bütün kesme hızları için benzer değerlerde olduğu görülmektedir. Deneylerin yapılması için belirlenen kesme hızlarının her değeri için diş yüksekliği ölçüsü optimum değerinin bir miktar üstünde olduğu görülmektedir.

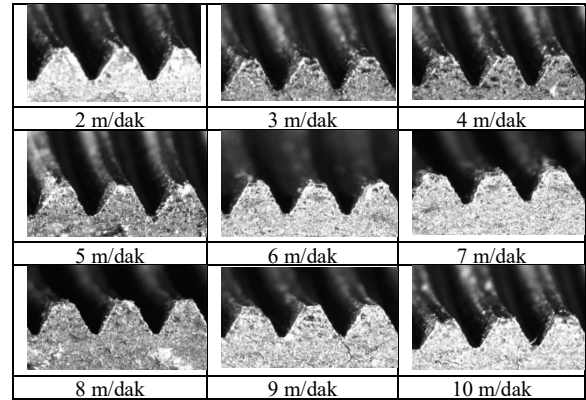


Şekil 6. Vida diş yüksekliği ölçüsünün kesme hızına bağlı değişimi (*Screw the height of the thread size depending on cutting speed*)

Diş üstü, diş dibi ve diş yüksekliği grafikleri incelendiğinde (Şekil 4, 5 ve 6) 6 m/dak kesme hızında diş geometrisinin önemli derecede bozulduğu ve değerlerin optimum değerden uzaklaştığı açıkça görülmektedir. Şekil 7'de 6 m/dak kesme hızında açılan dişlerin görüntüsü verilmiştir. Burada vida geometrisinin bozulmasının iş parçası malzemesinin kırılmasından kaynaklandığı görülmektedir. Şekil 6'deki vida diş profilleri resimleri incelendiğinde en ideal diş profilinin 9 m/dak kesme hızında elde edildiği söylenebilir.



Şekil 7. 6 m/dak kesme hızında açılan dişler ve malzeme kayıpları (kırılmalar) (*Screw thread and material losses at 6 m/min cutting speed (break)*)



Şekil 8. Kesme hızına bağlı olarak vida diş profili görüntüleri (*Screw thread profile images based on cutting speed*)

Ticari saflıktaki molibden malzemenin işlenmesi dökme demirin işlenmesi ile benzerlik gösterir. Ancak saf molibden malzeme işleme sürecinde kırılma eğilimine girer. Saf molibden işlenmesinde düşük ilerleme değerlerine karşın yüksek kesme hızları yüzey kalitesini ve ölçü tamlığını artıran faktörlerdir [15]. Molibden malzeme, kılavuz ile diş açma işleminde daha çok kırılma eğilimine girerek diş geometrilerinin bozulmasına sebep olmaktadır. Kılavuz ile diş açma sürecinde ilerleme miktarı vida adımına bağlıdır ve bu çalışmada adım 1'dir. Şekil 8'de deneylerde kullanılan her kesme hızı değeri için çekilen görüntüler verilmiştir. Bu görüntülerden de görüldüğü gibi neredeyse her kesme hızında diş profilleri üzerinde meydana gelen malzeme kayıpları-kırılmalar görülmektedir. Kesme hızının 8 ve 9 m/dak değerlerinde bu kayıplar diğer kesme hızlarında açılan dişlere nazaran daha az olduğu söylenebilir.

4. SONUÇ (CONCLUSION)

Bu çalışmada ticari saflıktaki molibden malzemeye HSS kılavuz takımlar ile M6×1 vidalar açılmış ve aşağıdaki çıkarımlar elde edilmiştir:

-Vida dış üstü ölçüsünün en iyi değeri 8 ve 9 m/dak kesme hızlarında elde edilirken en iyi vida dış dibi ölçüsü ise 9 m/dak kesme hızında elde edilmiştir.

-Vida dış yükseklikleri neredeyse her kesme hızı değeri için önemli bir değişime uğramamıştır.

-Vida dış üstü, dış dibi ve vida yükseklikleri ölçüleri dikkate alındığında saf molibden malzemeye kılavuz ile vida açılması işleminde nispeten yüksek kesme hızlarının kullanılması dış geometrilerinin daha doğru olacağını göstermiştir.

Bu çalışmada kesici takım olarak kaplamasız HSS kılavuzlar kullanılmış ve deneyler kesme sıvısı kullanılmadan yapılmıştır. Saf molibden malzemeye kılavuz açma sürecinde daha yüksek talaş açısı, boşluk açısı ve helis açısına sahip kesici takımlar (keskin takımlar) kullanılması, kaplama uygulaması ve kesici takım malzemesi olarak karbür takımların seçilmesi ayrıca kesme sıvısının kullanılması diğer araştırmacılara yol gösterici olabilir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] D. Rowe, "Refractory Metals in Heat Treating/Thermal Equipment", Brentwood United Kingdom, 56-60, 2003.
- [2] Plansee materials, "Molybdenum," Available: IEEE Xplore, <http://www.plansee.com/en/Materials-zMolybdenum-402.htm>. [Accessed: 02.09.2019].
- [3] E. Kuljanic, M. Sortino, G. Totis, "Machinability of Difficult Machining Materials," 14th International Research/Expert Conference-Trends in the Development of Machinery and Associated Technology, Mediterranean Cruise, 2010.
- [4] ED Fagan Inc., "General Guide to Machining Molybdenum and Molybdenum Alloy," Available: IEEE Xplore, http://www.edfagan.com/litPDF/Machining_Guide_Molybdenum_Moly_Alloys.pdf. [Accessed: 02 Sept. 2019].
- [5] N. Zlatin, M. Field, J. Gould, "Machining of Refractory Materials," Armed Services Technical Information Agency ASD Interim Report Unclassified, 7-532a (IX): Virginia, 1963.
- [6] H. Gökçe, İ. Çiftçi, H. Demir, "Cutting Parameter Optimization in Shoulder Milling of Commercially Pure Molybdenum," Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, vol. 40, pp. 360, 2018.
- [7] B. Yin, R. Han, "Investigation of the Torque Characteristics in Vibration Tapping of Hardened Steel," International Journal of Machine Tools and Manufacture, vol. 46 (6), pp. 623–30, 2006.
- [8] Y. Kayır, "Kılavuz Kesici Takımları ile AISI 1050 Çeliğine Vida Açılmasında Matkap Delik Çapının Kesme Kuvvetleri ve Momente Etkisi," Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, vol. 15 (1) pp. 99–111, 2010.
- [9] Y. Kayır, "Kılavuz Kesici Takımları ile AA5083 Malzemesine Vida Açılmasında Matkap Delik Çapının Kesme Kuvvetlerine Etkisi," Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, vol. 25 (4) pp. 671–79, 2010.
- [10] G. Uzun, İ. Korkut, "Kılavuz ile Vida Açma İşlemine Kesme Yönteminin ve Kesme Parametrelerinin Etkileri," 3. Ulusal Talaşlı İmalat Sempozyumu, 4-5. Ankara, 2012.
- [11] R. Domingo, R. Calvo, MM. Marín, Bde. Agustina, "Influence of Tool Cooling on Thrust Forces in Tapping Operations of Reinforced Polyamide," Procedia Manufacturing, vol. 13 pp. 343–47, 2017.
- [12] MO. Yağır, OH. Mete, "Proses Azaltıcı Kalıp Tasarımında Endüstriyel bir Ürünün Delme ve Kılavuz Çekme İşlemlerinin Nümerik Model Analizi," Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, vol. 21 (2) pp. 131–40, 2017.
- [13] E. Oezkaya, D. Biermann, "Segmented and Mathematical Model for 3D FEM Tapping Simulation to Predict the Relative Torque before Tool Production" International Journal of Mechanical Sciences, vol. 128 (129), pp. 195–708, 2017.
- [14] E. Oezkaya, D. Biermann, "Development of a Geometrical Torque Prediction Method (GTPM) to Automatically Determine the Relative Torque for Different Tapping Tools and Diameters,"

International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol. 97, pp. 1465–1479, 2018.

[15] G. Uzun and İ. Korkut, “The effect of cryogenic treatment on tapping,” *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol.67, pp. 857–864, 2013.

[16] G. Uzun and İ. Korkut, “ The Effects of Cutting Conditions on the Cutting Torque and Tool Life in the Tapping Process for AISI 304 Stainless Steel,” *Materials and technology*, vol.50 (2), pp. 275–280, 2016.

[17] M. Günay, “Investigation of the Effects on Screw Thread of Infeed Angle during External Threading,” *Gazi University Journal of Science*, vol. 24 (1), pp. 153-160, 2011.

[18] H. Gökçe, İ. Çiftçi, “Optimisation of Cutting Tool and Cutting Parameters in Machining of Molybdenum Alloys Through the Taguchi Method,” *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, vol. 34 (1), pp. 201-213, 2018.

Hüseyin GÖKÇE

Hüseyin GÖKÇE 1982 yılında Çankırı’da doğdu; ilk, orta ve lise öğrenimini Konya’da tamamladı. 2005 yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü’nden mezun olmuş, 2007 yılında Selçuk Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümünde yüksek lisansını bitirmiş ve aynı yıl Ankara’da askerlik görevini tamamlamıştır. 2018 yılında Karabük Üniversitesi İmalat Mühendisliği alanında Doktora derecesi almıştır.

Otomotiv yedek parça üretimi, dökümhane otomasyon sistemleri, CNC-CAD-CAM sistemleri konularında özel sektör tecrübesi olan Gökçe, 2009 yılında Çankırı Karatekin Üniversitesi’nde göreve başlamış ve halen aynı kurumda görevine devam etmektedir. Evli ve bir çocuk babasıdır.

Mehtap YAVUZ

1981 yılında Kayseri’de doğdu. Marmara Üniversitesi Tasarım ve Konstrüksiyon Bölümünde Lisans eğitimini tamamladı. Yüksek Lisans çalışmalarını aynı üniversitede bitirdi. Bu süreçte Yıldız Teknik Üniversitesi’nde Makine Mühendisliği bölümünden mezun oldu. 2017 yılında Gazi Üniversitesi’nde imalat teknolojileri üzerine doktora çalışmalarını tamamladı. 2010 yılında Uzman olarak atandığı Çankırı Karatekin Üniversitesi Meslek Yüksekokulunda halen görevine devam etmektedir.