SRA Strategic Research Academy Academic Publishing

Global Research on Multidisciplinary Sciences

GlORMuS

4-7 July 2022

• İstanbul/Turkey •

Full Texts Book

Dr. Jateen Raoof Mahmood & Assist. Prof. Dr. Ali Atiyah Adhab (eds).

Edited by

Dr. Jateen Raoof Mahmood

Assist. Prof. Dr. Ali Atiyah Adhab

3. Global Research on Multidisciplinary Sciences (3. GloRMuS) Full Texts Book

4-7 July 2022 • İstanbul/Turkey

SRA Strategic Researches Academy Academic Publishing

SRA Strategic Researches Academy Academic Publishing

We work with leading authors to develop the strongest academic materials with bringing cutting-edge thinking and best learning practice to a global world.

©All rights reserved.

This book is the academic studies of Strategic Researches Academy (SRA). It is printed with the academic and financial support from SRA. The papers are first reviewed by the independent reviewers, and then proof-read and edited by the editor(s). The opinions and views expressed in papers are not necessarily those of this book editor(s) and SRA. All parts of this publication are protected by copyright. Any utilization outside the strict limits of the copyright law, without the permission of the publisher, is forbidden and liable to prosecution. This applies in particular to reproductions, translations microfilming, and storage and processing in electronic retrieval systems. This publication has been peer reviewed.

SRA Academic Publishing
(*Strategic Researches Academy)*
visit us on the World Wide Web at:
http://www.srapublishing.org/

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without either the prior written permission of the publisher or a license permitting restricted copying.

All trademarks used herein are the property of their respective owners. The use of any trademark in this text does not vest in the author or publisher any trademark ownership rights in such trademarks, nor does use of such trademarks imply any affiliation with or endorsement of this book by such owners.

ISBN: ……

Copyright © 2022 by Dr. Jateen Raoof Mahmood & Assist. Prof. Dr. Ali Atiyah Adhab (eds.)

Printed in Turkey

Cataloging-in-Publication Data for Library

Mahmood, Jateen Raoof & Adhab, Ali Atiyah.
3. Global Research on Multidisciplinary Sciences (3. GloRMuS) Full Texts Book /
edited by Dr. Jateen Raoof Mahmood & Assist. Prof. Dr. Ali Atiyah Adhab
1st Edition. XVI+148 p. 16,5x23,5 cm. References included. Index not included.
ISBN ….
1. conference, 2. science, 3. applied sciences
p. cm.

Printed Date: 5 August 2022
Cover Design: 3M Graphics Design

SRA Academic Publishing
H. Manto G. 74 Klaipeda 92292 Lithuania +370 46 3796028
http://www.srapublishing.org

PROGRAM

IMPORTANT NOTES / *ÖNEMLİ NOTLAR*

1- Each presentation lasts 15 minutes / *Her sunum süresi 15 dakikadır.*

2- A separate link is defined for each day. You can log in at any time you want from the specified link every day. /
Her gün için ayrı link tanımlanmıştır. Her gün belirtilen linkten dilediğiniz saatte giriş yapanilirsiniz.

3- Please be ready in the hall 30 minutes before the presentation time. /
Lütfen sunum saatinden 30 dakika önce salonda hazır olunuz.

4- There are 15 different countries, 52 papers from other countries than Turkey, while 25 papers from Turkey. The opening was held with participants from 5 different countries. /
15 farklı ülkeden, Türkiye dışındaki ülkelerden 52 bildiri, Türkiye'den 25 bildiri bulunmaktadır. 5 farklı ülkeden katılımcı ile açılış yapılmıştır.

5 JULY 2022, TUESDAY ●

	5 July 2022, TUESDAY	INVITED SPEAKERS	Session G1 ● Time: 09.00-10.30
IT	22101 - Alessandro Di Martino	Scope of contracts in the public sector and the results of contracts: Generalizations and suggestions that can be made in Italy	
FR	22102 - Mathilde Groussard	Consequences of Dunning-Kruger Effect in society: Comparison of tradition and future of society	
AL	22103 - Ermir Shahini	The role of organizations in ensuring efficiency and productivity development within the Albania economy	
LT	22104 - Reda Jacynė	Evaluation of the effects of distance education on students and teachers in Lithuania	
CZ	22105 - Veronika Hajkova	Knowledge-based approaches to explain the impact of economic growth on urban development	

	5 July 2022, TUESDAY	Chair: Şakir Altinsoy	Session O1 ● Time: 09.00-10.30
TR	22702 - Rıza Fatih Mendilcioğlu, Soufi Moazemi Goudarzi	Lighting problems and solutions in museum and exhibition areas	
TR	22704 - Ahmet Böbrek, Ali Öz	Monitoring of motion symmetry in vehicles with the internet of things	
TR	22708 - Ahmet Böbrek, Ali Öz	Evaluation of balance performance on vehicles by signal similarity method	
TR	22706 - Mustafa Ersoy, Şakir Altinsoy, Nuray Beköz Üllen	Experimental study on machinability of ti6al4v alloy during drilling by different drill diameters and cooling medias	
TR	22707 - Mustafa Ersoy, Şakir Altinsoy, Nuray Beköz Üllen	Investigation of the effects on machinability of cutting speed and cooling media in milling of ti6al4v alloy	
TR	22725 - Sinem Başkut, Aleyna İlgezdi, Servet Turan	Improving the sinterability and mechanical properties of boron carbide ceramics with different spak plasma sintering conditions	

COFFEE BREAK	10.30-10.45

	5 July 2022, TUESDAY	Chair: Ahlam Fadel Mosleh	Session G2 ● Time: 10.45-12.15
IQ	22311 - Ahlam Fadel Mosleh	The Arabic teacher's perceptions towards the adoption of Blended Learning	
LY	22312 - Nada Salaheddin ElGheriani	The Differential structure between two architectures	
IQ	22313 - Walaa Abdulrahman Hussein Ali	Students perspective for educational changes in the classrooms	
IQ	22314 - Hala Hamdi Ahmed Hassanein	Transaction strategies for changing educational programs	
IQ	22315 - Doaa Fathy Ibrahim Al-Sayed Al-Srouji	Managing attitudes on Central Administration for Discount and Inquiries, Tenth Branch	

	6 July 2022, WEDNESDAY	Chair: Nada Kadhim Hussein	Session G8 • Time: 13.30-14.45
IQ	22331- Sackineh Shamel Jasem, Shurooq Abdulridha Saeed, Bashar Khalid Ali	Estimation of the risk-ratio function of the Freget distribution using the hippocampal fuzzy bass method	
IQ	22332 - Nada Kadhim Hussein	Revolt of the Abject: Images of Women in Khaled Hosseieni's Selected Novels	
IQ	22333 - Majid Hamid Rashid Al-Mohammadi	Political Relations between the Abbasids and the Ismailis	
EG	22334 - Reham Ahmed Mohamed Nasr Shaaban	The effect of the use of hormones in fish farming on the development of fish	
EG	22335 - Hala Hamdi Ahmed Hassanein	Critical examination of the responsibilities of sectors for industrial development	

COFFEE BREAK	14.45-15.00

	6 July 2022, WEDNESDAY	Chair: Abdullah Abdulaziz Al-Hazza	Session G9 • Time: 15.00-16.30
EG	22336 - Doaa Fathi Ibrahim Al-Sayed Al-Saudi	Examining method differences in academic research	
IQ	22337 - Ihsan Ali Alzamily, Muhssin Jasim Mohammed, Moamel Ali Hussain	Isolation and diagnosis of filamentous fungi from dairy products and detection their toxicity	
KW	22338 - Anwar Namchan Al-Janfawi	Legal regulation of freedom of public and virtual gatherings in Kuwaiti law	
IQ	22339 - Ayad Kadhim Fadhil	Quantification analysis of Betahistine in tablet dosage forms using HPLC-ZIC-HILIC with ultraviolet detection	
AE	22340 - Share Abdullah Abdulaziz Al-Hazza	Civil liability for damages resulting from the use of artificial intelligence	
TR	22726 - Ömer Kürşad TÜFEKCİ	Experimental research to understand consumer behavior in the tourism sector: Strategies within the framework of the concept of neurotourism	

COFFEE BREAK	16.30-16.45

	6 July 2022, WEDNESDAY	Chair: Abdelaziz Labidi	Session G10 • Time: 16.45-18.15
IQ	22341 - Ghufran Abdullah Taher	Morphological investigations in the books of the party's picnic in morphology	
IQ	22342 - Bassem Khalaf Hussein, Imad Hashem Mohammed	Using cleaner production in printing educational books	
MA	22343 - Abdelaziz Labidi	Protecting the environment refugees	
IQ	22344 - M. Boran Fadel Saleh	The role of information technology in achieving sustainable development (Iraqi insurance companies) as a model	
IQ	22345 - Abbas Obaid Al-Janabi, Mohammed A. Obaid	Bacterial Infections associated with Contact Lenses User's	

Overview of GloRMuS Participants

COUNTRY ABBREVIATION	COUNTRY	NUMBER OF PARTICIPANTS	COUNTRY ABBREVIATION	COUNTRY	NUMBER OF PARTICIPANTS
AE	United Arab Emirates	1	IT	Italy	1
AL	Albania	1	KW	Kuwait	1
AZ	Azerbaijan	5	LT	Lithuania	1
CZ	Czech Republic	1	LY	Libya	1
DZ	Algeria	5	MA	Morocco	6
EG	Egypt	3	SD	Sudan	5
FR	France	1	TR	Turkiye	25
IQ	Iraq	23			

EXPERIMENTAL STUDY ON MACHINABILITY OF Ti6Al4V ALLOY DURING DRILLING BY DIFFERENT DRILL DIAMETERS AND COOLING MEDIAS

Mustafa ERSOY[1], Şakir ALTINSOY[2], Nuray BEKÖZ ÜLLEN[3]

[1]Metallurgy and Materials Engineering, Istanbul University-Cerrahpasa, mustafa.ersoy@valeo.com, ORCID: 0000-0002-4839-0285

[2]Biomedical Engineering, Istanbul Yeni Yüzyıl University, sakir.altinsoy@yeniyuzyil.edu.tr, ORCID: 0000-0002-1893-2266

[3]Metallurgy and Materials Engineering, Istanbul University-Cerrahpasa, nbekoz@iuc.edu.tr, ORCID: 0000-0003-2705-2559

Abstract

The highest usage rate among titanium alloys; belongs to Ti6Al4V alloy due to its excellent chemical and mechanical properties, good heat treatment, and weldability properties. The necessity of good surface quality and measurement accuracy of Ti6Al4V alloy products brings machining processes to the fore. Since it has a low modulus of elasticity and thermal conductivity, strong tools are needed especially in hole drilling. The biggest problem in drilling with a drill bit is the difficulty in ejecting the chip from the hole and the increased temperature. These problems experienced in the drilling of Ti6Al4V alloy made it necessary to work in this field. In this study, the drillability of Ti6Al4V alloy, which is difficult to process and preferred in many sectors, was investigated according to different drill diameters and cooling mediums. For this purpose, drilling operations were carried out using Ø7.5 mm and Ø8.4 mm carbide drill inserts, using 50 m/min cutting speed, 0.08 mm/rev feed rate and 20 mm drilling depth in dry and cool environment. The chip formation mechanisms, surface roughness measurements and wear mechanisms of the inserts and the structure of the drilled surfaces were characterized. As a result of the study, better surface quality and cutting tool life were obtained in drilling with the use of Ø7.5 mm diameter drill inserts and cutting fluid. With increasing drill diameter, wear increased in both cutting environments. It has been determined that the use of coolant has a more decisive effect on the chip form than the drill diameter.

Keywords: *Ti6Al4V, machinability, drill diameter, wear, drillability.*

FARKLI MATKAP ÇAPI VE SOĞUTMA ORTAMI İLE Ti6Al4V ALAŞIMININ DELİNMESİNDE İŞLENEBİLİRLİK ÜZERİNE DENEYSEL ÇALIŞMA

Özet

Titanyum alaşımları içerisinde en yüksek kullanım oranı; mükemmel kimyasal ve mekanik özelliklere sahip olması, ısıl işlem ve kaynak edilebilirlik özeliklerinin iyi olmasından dolayı Ti6Al4V alaşımına aittir. Ti6Al4V alaşım ürünlerinin yüzey kalitesi ve ölçü hassasiyetinin iyi olmasının gerekliliği talaşlı imalat işlemlerini ön plana çıkartmaktadır. Düşük elastikiyet modülüne ve ısıl iletkenliğe sahip olduğundan dolayı özellikle delik delme işleminde güçlü takımlara ihtiyaç duyulur. Matkap ucu ile delik delinmesinde yaşanan en büyük problem, talaşın delikten dışarı atılmasında zorluk ve artan sıcaklıktır. Ti6Al4V alaşımının delinmesinde yaşanan bu problemler bu alanda çalışmayı gerekli hale getirmiştir. Bu çalışmada, birçok sektörde kullanılması tercih edilen ve işlenmesi zor olan Ti6Al4V alaşımının delinebilirliği; farklı matkap çapı ve soğutma ortamına göre incelenmiştir. Bu amaçla; delme işlemleri Ø7,5 mm ve 8,4 mm karbür matkap uçları kullanılarak kuru ve soğutucu ortamda 50 m/dak kesme hızı, 0,08 mm/dev ilerleme miktarı ve 20 mm delme derinliği kullanılarak yapılmıştır. Talaş oluşum mekanizmaları, yüzey pürüzlülük ölçümleri ve kesici uçların aşınma mekanizmaları ve delinen yüzeylerin yapısı karakterize edilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda; Ø7,5 mm çapında matkap ucu kullanımı ve kesme sıvısı ile delmede daha iyi yüzey kalitesi ve kesici takım ömrü elde edilmiştir. Artan matkap çapı ile her iki kesme ortamında da aşınma artmıştır. Kesme sıvısı kullanımının talaş formu üzerine matkap çapından daha belirleyici etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Ti6Al4V, işlenebilirlik, matkap çapı, aşınma, delinebilirlik.*

Giriş

Malzeme alanında yapılan gelişmeler bu alanlarda kullanılan malzemelerin de geliştirilmesini gerekli kılmıştır. Elektronik, bilgisayar, havacılık ve uzay endüstrilerinde mukavemetli ve hafif malzemelere olan ihtiyaçlar giderek artmaktadır. Titanyum alaşımları, çelik kadar dayanıklı ancak ondan %45 daha hafiftir. Alüminyum alaşımlarından ise %60 daha ağır olmasına karşın, iki kat daha dayanıklıdır (Taylan ve Oral, 2018). Titanyum alaşımları yüksek sıcaklıklarda; yüksek dayanım/ağırlık oranı, yüksek ergime sıcaklığı, düşük yoğunluğu, yüksek özgül dayanımı, mükemmel korozyon direnci, iyi kaynak edilebilirlik ve biyolojik uyumluluk gibi özelliklerini koruyabilmektedir. Bu özelliği de bu alaşımların havacılık ve uzay endüstrisi başta olmak üzere, kimya, biyomedikal, denizcilik, otomotiv, petrokimya, gıda ve spor endüstrisinde, tıpta, denizcilikte ve yiyecek endüstrisinde sıklıkla tercih edilmesine sebep olmuştur (Bruschi vd. 2016, Garbiec vd. 2016, Qin vd. 2016). Titanyum ve alaşımları; saf titanyum, alfa titanyum alaşımları, alfa-beta titanyum alaşımları ve beta titanyum alaşımları olarak sınıflandırılmaktadırlar. Titanyum üretiminin yaklaşık %30'unu alaşımsız grup, yaklaşık %45'ini Ti6Al4V ve geri kalan yaklaşık %25'ini ise diğer alaşım grupları oluşturmaktadır. Titanyum alaşımları içerisinde en yaygın olarak kullanılan alfa-beta

alaşımı olan Ti6Al4V'dir. Havacılık, uzay ve medikal endüstrilerinde %80, global üretimde ise %50'den fazla kullanım potansiyeline sahiptir (Amin vd., 2007; Shokrani vd., 2016). Ancak bu olumlu özelliklerinin yanında kayma, sertlik ve aşınmadaki zayıf performansı, zor tedarik edilmesi gibi olumsuz özellikleri de vardır. Ti6Al4V alaşımı düşük ısıl iletkenliği, düşük elastik özellikleri, yüksek sıcaklıklardaki dayanımı koruması ve kimyasal reaktifliği nedenleriyle zor işlenebilen malzemelerdendir (Armendia vd. 2010, Garbiec vd. 2016). Bu özelliklerinden dolayı talaşlı imalat ile işlemede; düşük takım ömrü, düşük talaş kaldırma oranı ve kötü yüzey kalitesi gibi sorunlar problemler oluşur (Çiftçi ve Gökçe; 2019). Tornalama, frezeleme ve delme gibi talaşlı imalat yöntemleri arasında delme işlemi yaklaşık %33'lük bir orana sahiptir. Yapılan araştırmalar bu oranın havacılık, uzay ve otomotiv sektörlerinde yaklaşık %40-60 aralığında olduğunu göstermiştir Uçak kanatlarında ve gövde kısımlarında, silindir kapaklarında, motor gövdesinde ve birçok parçada delik oranı oldukça fazladır (İşbilir ve Ghassemieh; 2011; Kıvak ve Şeker; 2015).

Ti6Al4V alaşımının ısıl iletkenliğinin düşük olması, talaşlı imalat ile işlenmesinde ortaya çıkan ısının kesme alanında yoğunlaşmasına ve bölgesel olarak kalmasına neden olmaktadır. Özellikle delme işlemi esnasında, plastik deformasyonun %90'ı ısıya dönüşmekte, deformasyon bölgesinde takımın, iş parçası ve talaşla temas ettiği bölgelerde yüksek ısı oluşturmaktadır. Diğer talaşlı imalat yöntemlerine göre delme işleminde talaşın kesme bölgesinden uzaklaşması daha yavaş olması bu duruma neden olmaktadır. Isının çoğu kesme bölgesinde kalır ve matkap ucunun aşınmasına sebep olur. Aşınma ile işlem maliyeti artar, yüzey kalitesi düşer ve işlem süresi artar. (Çiftçi ve Gökçe; 2019). Delik delme işleminde, matkapla delik delme en yaygın kullanılan yöntemdir (Kalpakjian ve Schmid; 2009). Literatürde Ti6Al4V alaşımının matkapla delinmesinde; matkap cinsi, geometrisi, işlem parametreleri ve kesme ortamı gibi değişkenlerin optimizasyonu üzerine birçok çalışma görülmektedir. (Cantero vd., 2005; Çiftçi ve Gökçe, 2019; Darsin vd., 2017; İşbilir ve Ghassemieh, 2011; SenthilKumar vd., 2013). Ancak Ti6Al4V alaşımlarının oldukça riskli alanlarda kullanımı düşünüldüğünde delinebilirliğinin optimizasyonu üzerine çalışmalar devam etmektedir.

Talaşlı işlenebilirliğin anlaşılması için çıkan talaşların karakteristiğini belirleyen talaş tipi, boyutu, kalınlığı ve rengi gibi faktörlerin ele alınması gerekmektedir. Talaş morfolojisi, işlenen yüzeyin kalitesi ve kesici takım ömrü açısından önemli kıstaslardandır (Beköz Üllen vd., 2017; Kayır ve Aytürk, 2012). Delik yüzey kalitesini belirleyen en önemli özelliklerden biri yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesidir. Yüzey pürüzlülüğü; kesme hızı, ilerleme miktarı ve kesme derinliği gibi parametrelere bağlıdır. Bunun yanında soğutma sıvısı, kesici uç özellikleri ve tezgâh rijitliği gibi kriterlere de bağlıdır (Beköz Üllen vd., 2017, Tekaslan vd., 2008). Kaliteli delinmiş bir yüzey yorulma mukavemetini, korozyon direncini ve sürtünme ömrünü önemli derecede iyileştirir. Yüzey pürüzlülüğü ayrıca yüzey sürtünmesine sebep olan temas, aşınma, ısı iletimi, yağ filminin tutulması ve dağıtılması kabiliyeti, kaplama veya direnç ömrü gibi parçaların çeşitli fonksiyonel özelliklerini de etkiler. Yüzey pürüzlülüğünü tahmin etmek ve ilerleme veya kesme hızı gibi işleme parametrelerinin uyumunu değerlendirmek ürün kalitesini yükseltir ve istenilen yüzey pürüzlülüğünün elde edilmesini sağlar. Kesici takımın daha uzun ömürlü olabilmesi, iş parçasının istenilen kalitede üretilerek hammadde israfının önlenebilmesi için kesme performansı ve şartlarını iyi belirlemek gerekir. Bunu gerçekleştirebilmek için, kesici takımın kullanım ömrüne etki eden faktörler ve iş

parçasının yüzey kalitesinin belirlenmesinde etkili olan etkenler belirlenmelidir (Hasak, 2018; Tekaslan vd., 2016). Ti6Al4V alaşımının delinmesinde kullanılan matkap ucu yüksek ısıya, gerilmeye ve sürtünmeye maruz kalır. Yaşanan bu süreç kesici uç, iş parçası, kesme ortamı ve talaşlı imalat parametreleri arasındaki etkileşimin sonucudur. Talaşlı imalat sonrasında işlenen parçanın yüzey kalitesi, ölçüm hassasiyeti ve işlemin verimliliği kesici takımların aşınmasından doğrudan etkilenmektedir (Lindvall vd., 2021; Sert, 2015). Bu yüzden kesici uçlarda oluşan aşınma mekanizmalarının tanımlanması çok önemlidir. Bu faktörlerin iyileştirilmesi ile Ti6Al4V alaşımının işlenmesinde; parça yüzey kalitesinin ve kesici takımların performansının arttırılması, üretim maliyetlerinin ve zamanının azaltılması sağlanacaktır. Bu çalışmada, Ti6Al4V alaşımının delinmesinde farklı çaplarda matkap uçları ve soğutma ortamları kullanılarak işlenebilirlik davranışları incelenmiştir. Matkap uçlarının aşınma mekanizması, işlenen parçaların yüzey pürüzlülükleri ve işlem sonucu çıkan talaşların morfolojileri, konuyla ilgili literatür ışığı altında ele alınmıştır.

1. Deneysel Çalışmalar

Bu çalışmada; Varzene Metal San. ve Tic. A. Ş.'den tedarik edilen 30 mm çapında ASTM standart numarası B348 olan Ti6Al4V titanyum alaşımı çubuklar kullanılmıştır. Deneysel çalışmada kullanılan Ti6Al4V titanyum alaşımının kimyasal bileşimi ve mekanik özellikleri sırasıyla Tablo 1 ve 2'de verişmiştir.

Tablo 1. Ti6Al4V titanyum alaşımının kimyasal bileşimi.

Element	Al, %	V, %	Fe,%	C, %	N, %	H, %	O, %	Ti, %
Ti6Al4V	6,09	3,91	0,13	0,02	0,01	0,001	0,09	Kalan

Tablo 2. Ti6Al4V titanyum alaşımının mekanik özellikleri.

Mekanik Özellik	Çekme Dayanımı, MPa	Akma Dayanımı, MPa	Sertlik, HV	Uzama, %
Ti6Al4V	992	935	310	21

Ti6Al4V parçaların delik delme işlemi, AGMA VMC Serisi, VMC-115, X, Y ve Z eksenli, FANUC Serisi 18i-MB kontrolörlü 1-10,000 mm/dak kesme ilerlemesine sahip dik işleme tezgâhında yapılmıştır. Delme işleminde; Ø7,5 mm ve Ø8,4 mm çapında standart boylu iki ağız sayılı elmas karbür matkap uç kullanılmıştır. Kesme hızı 50 m/dak, ilerlemesi hızı 0,08 mm/dev ve delme derinliği 20 mm kör delik olarak belirlenmiştir. Her bir delme işlemi, üç parçaya üçer delik olmak üzere toplam dokuz delik delinerek yapılmıştır. Delme işlemleri kuru ve kesme sıvısı kullanılarak yapılmıştır. Delme işlemlerinde kesme sıvısı olarak; %5 ESTRA 320 mikro emülsiyon metal işleme sıvısı ve %95 su karışımı kullanılmıştır. Delme işlemi sonucu elde edilen talaş morfolojilerinin fotoğrafları Canon marka EOS 1300D model 18-55MM DC-III fotoğraf makinesi kullanılarak çekilmiştir. Talaş morfolojileri, matkap ucu çapı ve soğutma ortamına göre gruplandırılmıştır.

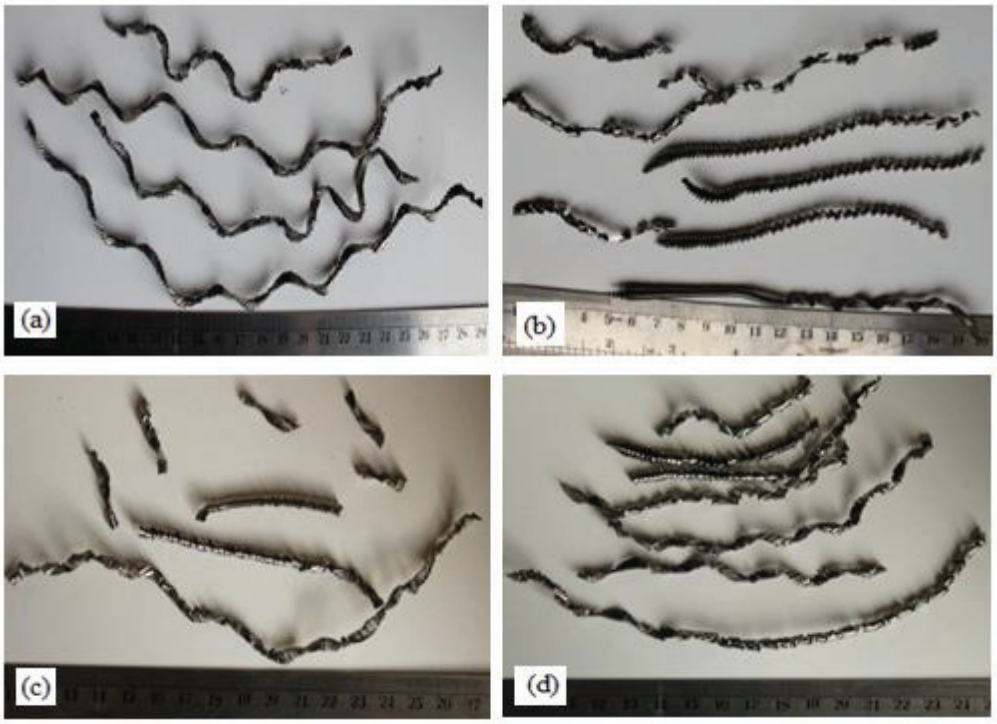
Bu çalışmada işlenmiş numunelerin yüzey pürüzlülük ölçümleri, Mitutoyo marka Surftest SJ-210 model cihazda "Surface Roughnees Tester SJ-210/310/410" programı kullanılarak tespit edilmiştir. Numune yüzeylerinde; profil sapmalarının aritmetik ortalaması (Ra) değerleri ölçülmüştür. Deliklerin yüzey pürüzlülük ölçümleri için özel

bir aparat yardımıyla delik içlerine girilerek ölçüm alınmıştır. Matkap uçların aşınan yüzeylerinin ve işlem sonrası parça yüzeylerinin görüntü analizleri, İstanbul Teknik Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümünde bulunan JEOL™ JCM-6000 Benchtop model Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile yapılmıştır. Kesici uçların aşınan kısımlarını daha iyi görüntülemek için uçlar numune tutuculara dik bir konumda yerleştirilmiştir. İşlenen parçalardan alınan örnekler ve kesici uçlar çift taraflı karbon bant kullanılarak numune tutuculara sabitlenmiştir. SEM görüntüleri farklı büyütme oranları ile gerçekleştirilmiştir. Takım ömrü belirlenirken aşınma kriteri olarak; kesici uçta oluşan ortalama serbest yüzey aşınmasının 200 μm'den fazla olması, kesici uçta herhangi bir kopma veya kırılma gerçekleşmesi durumu ele alınmıştır. Bu aşamalardan sonra kesme işlemine devam edilmemiş sonlandırılmıştır.

2. Deneysel Sonuçlar ve Tartışma

2.1. Talaş Morfolojileri

Talaşların boyutu ve yapısı talaşlı imalatta kullanılan kesici takımın ömrü, malzemenin yüzey kalitesini etkilemektedir (Sert, 2017). Talaşların morfolojilerini yorumlamak, takım aşınması ve işlenmiş yüzeyin kalitesi gibi işleme karakteristikleri hakkında bilgi vermek açısından önemlidir. Şekil 1(a) ve (b)'de sırasıyla kuru ve soğutma sıvısı kullanılarak Ø7,5 mm çapında elmas karbür matkap uç ile elde edilen talaş formları verilmiştir. Şekil 1(c) ve (d)'de sırasıyla kuru ve soğutma sıvısı kullanılarak Ø8,4 mm çapında elmas karbür matkap ucu ile elde edilen talaş formları verilmiştir. Görüntüsü alınan talaşların tamamı son parçanın delinme işleminden sonra elde edilen talaş formlarıdır.

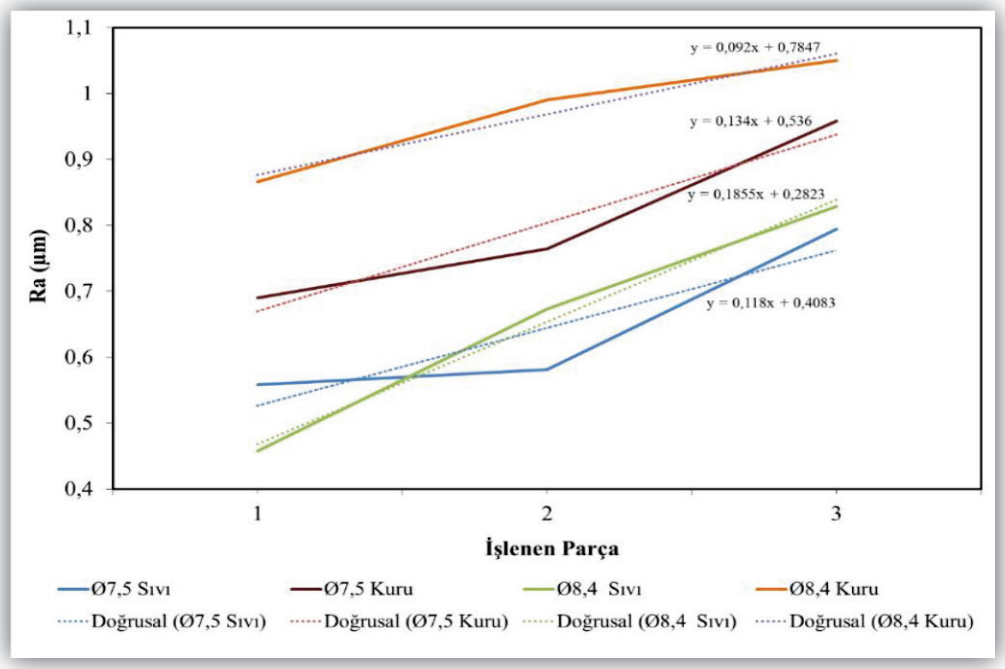


Şekil 1: (a) Ø7,5 mm uç ile kuru ortamda, (b) Ø7,5 mm uç ile kesme sıvısıyla, (c) Ø8,4 mm uç ile kuru ortamda, (d) Ø8,4 mm uç ile kesme sıvısıyla delme sonrası talaş formları.

Talaşlı işlemler sonrası ortaya çıkan talaş formlarını değerlendirmek için; literatürde genel talaş formlarının sınıflandırılmasında kullanılan genel terimlere göre değerlendirme yapılmıştır. Şekil 1'de Ø7,5 mm çapında elmas karbür matkap ucu ile elde edilen talaş formları incelendiğinde; (a) kuru işlemede istenmeyen talaş tipi olan burgu talaş oluşumu gözlemlenirken, (b) kesme sıvısı ile işlemede ise kabul edilebilir sınırın en altında olan helisel talaş oluşumu gözlenmiştir. Her iki koşulda da talaşlar uzun boyutlu ve düzenli şekilde kırılmıştır. Burgu talaş formu talaşlı işlemede, talaş boşaltma kanalında kolayca talaşın sıkışmasına sebep olacağından dolayı arzu edilmez (Yavuz vd., 2017). Ti6Al4V alaşımının işlenmesinde yaşanan en büyük sorunlardan biri kesici takım ile talaş arasında meydana gelen yüksek sıcaklık oluşumudur. Oluşan talaşın ilk kısmı ve son kısmı arasındaki yüksek sıcaklık farkından dolayı yaşanan ısıl genleşme ve büzülmeler burgu veya helisel olarak bilinen kıvrımlı talaş yapısının oluşmasına neden olmaktadır (An vd., 2014). Şekil 1'de Ø8,4 mm çapında elmas karbür matkap ucu ile elde edilen talaş formları incelendiğinde, (c) kuru işlemede istenmeyen talaş tipi olan burgu talaş oluşumu düzensiz olarak farklı boyutlarda, (d) kesme sıvısı ile işlemede ise burgu ve helisel talaş formları bir arada, boyutları birbirinden farklı talaş oluşumları gözlenmiştir. Sonuç olarak, kesme sıvısı ile yapılan delme işlemlerinde, kabul edilebilir sınırın en altında kalan helisel talaş oluşumu gözlenirken, kuru ortamda delmede istenmeyen ve işlem sırasında deliği tıkayarak talaş çıkışına sebep olan burgu talaş oluşumu gözlenmiştir. Ø8,4 mm çapında matkap ucuyla kuru işlemede ise boyutsal düzensizlik oldukça belirgindir. Şekil 1'de ki görüntülere talaş rengi açışından bakıldığında ise tüm şartlarda oluşan talaş renkleri birbirine benzerdir. Genel olarak; matkap çapının, kesme sıvısı kullanımı kadar talaş şekli üzerinde belirleyici olmadığı söylenebilir. Elde edilen burgulu ve helisel talaş formlarının takım aşınmasına hızlandırıcı etkisinin olduğu birçok çalışmada ifade edilmiştir (Ant, 2014; Strano vd., 2015; Yavuz, 2017).

2.2. Yüzey Pürüzlülük Değerleri

Talaşlı imalatta işlenebilirliğin en önemli ölçütlerinden biri yüzey kalitesidir ve yüzey pürüzlülüğü ile açıklanır. Yüzey pürüzlülüğün; işleme parametrelerine bağlı olarak değişebileceği bilinen bir gerçektir (Üllen vd., 2019). Her bir parametre için üç parçaya üçer delik açılmıştır. Açılan her bir deliğin yüzeyinden farklı noktalardan altı adet ölçüm yapılarak ortalamaları alınmıştır. Böylece kademe kademe açılan delik yüzeyleri incelenerek yüzey pürüzlülük ölçümleri yapılmıştır. Değişen kesme koşullarına ve matkap çapına göre delinen yüzeylerdeki pürüzlülük değerlerinin değişimini daha net anlamak için grafik gösterimi Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2: Ø7,5 ve Ø8,4 mm matkap ucu ile kuru ve sıvı ortamda işlenen parça sayısına göre Ra değişimleri.

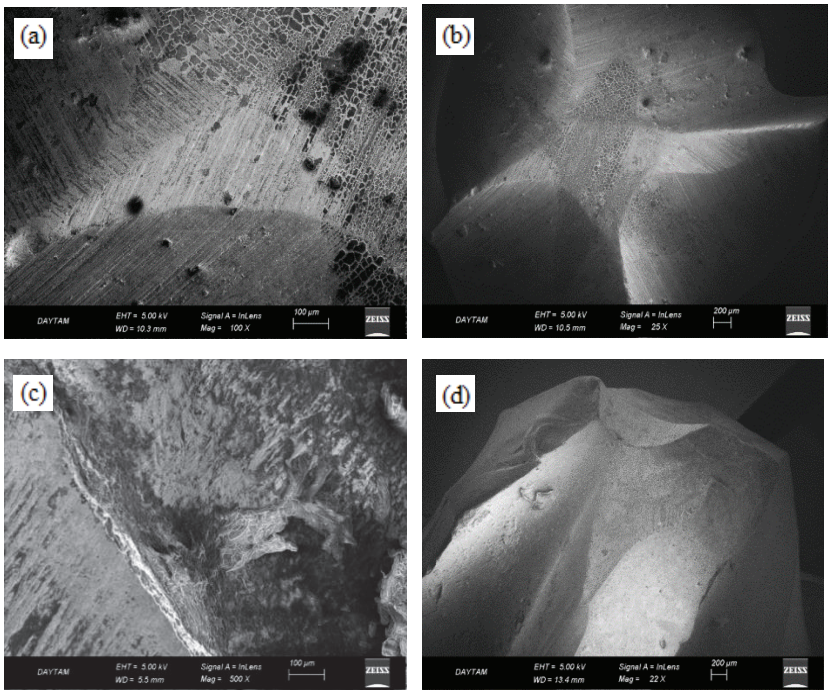
Şekil 2 değerlendirildiğinde kuru ve kesme sıvısı ile işlemede delinen parça sayısının artması ile ortalama yüzey pürüzlülük değerinin arttığı görülmektedir. Ø7,5 mm ve Ø8,4 mm çapında elmas karbür matkap uçları kullanılarak kesme sıvısı ile işlenen Ti6Al4V alaşımı parçalarının yüzey pürüzlülük değerleri kuru işlemeye göre daha düşük, yüzey kalitesi daha iyidir. Matkap çapı 7,5 mm'den 8,4 mm'ye çıktığında hem kuru işleme hem de kesme sıvısı ile işleme kıyaslandığında, delinen parçaların yüzey pürüzlülük değerleri artmıştır. En yüksek ortalama yüzey pürüzlülük değeri Ø8,4 mm çapında elmas karbür matkap uç kullanılarak kuru kesme ortamında, en düşük Ra değeri Ø7,5 mm çapında elmas karbür matkap uç kullanılarak kesme sıvısı ortamında tespit edilmiştir. Ti6Al4V alaşımı talaşlı işlem sırasında ortaya çıkan yüksek sıcaklık ve basınç değerlerinde mukavemetini korurken, kesici uç koruyamamaktadır (Küçükköse, 2017). Bu çalışmada da artan matkap çapı ve kuru ortam, delinen yüzeye uygulanan sıcaklık ve basıncı arttırarak yüzey kalitesini olumsuz etkilemektedir. Kuru ortamda delinen delikten talaşların çıkmasını zorlaştırmakta, kesme alanını olumsuz etkilemektedir ve bu durum artan matkap çapı ile daha da artmaktadır. Sonuç olarak düşük çap ve kesme sıvısı kullanımında daha iyi yüzey kalitesi elde edilmektedir.

2.3. SEM Analizleri

2.3.1. Matkap uçlarının SEM görüntüleri

Talaşlı imalat işlemlerinde genellikle, maliyet açısından takım ömrü ve üretilen malzemenin kalitesi açısından işlenen yüzey kalitesi ölçüt olarak kabul edilir. Aşınmış matkap ucu ile oluşturulan delikler parçanın kalitesini aşağı çeker ve ortaya çıkan

ürünün kullanıcı tarafından reddedilmesine neden olabilir. Şekil 3(a) ve (b)'de sırasıyla kuru ve kesme sıvısı kullanılarak delme sonrası Ø7,5 mm çapında elmas karbür matkap ucunda meydana gelen aşınmaların SEM görüntüleri verilmiştir. Şekil 3(c) ve (d)'de sırasıyla kuru ve kesme sıvısı kullanılarak delme sonrası Ø8,4 mm çapında elmas karbür matkap ucunda meydana gelen aşınmaların SEM görüntüleri verilmiştir.



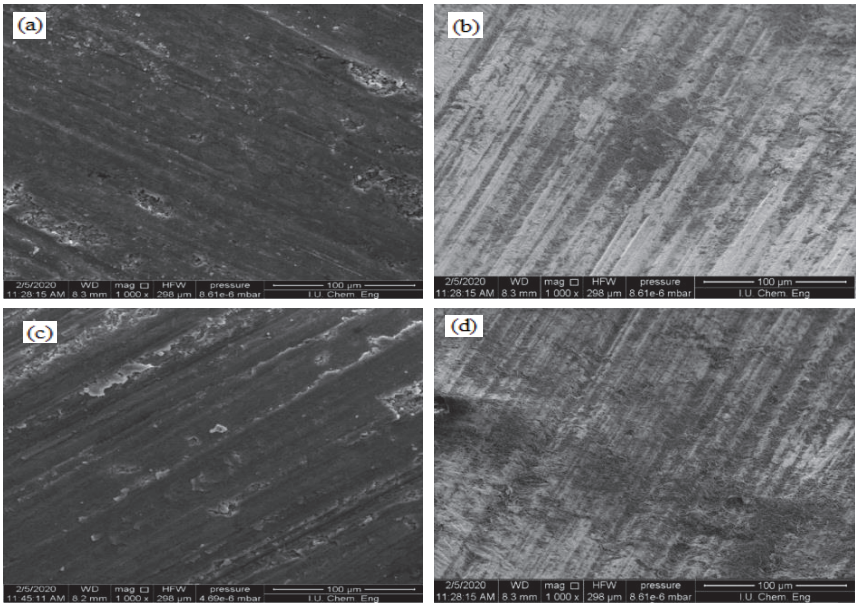
Şekil 3: Ø7,5 mm uç ile (a) kuru delme, (b) kesme sıvısıyla delme; Ø8,4 mm uç ile (c) kuru delme ve (d) kesme sıvısıyla delme sonrası kesici uçların SEM görüntüleri.

Şekil 3(a) ve (c)'da sırasıyla Ø7,5 mm ve Ø8,4 çapında elmas karbür matkap ucu ile kuru delmeden sonra matkap ucu incelendiğinde burgu talaş oluşumundan kaynaklı matkap yüzeyinde aşınmalar oluşmuştur. Ayrıca kesici uç ve delinen yüzey arasında kuru işlemeden kaynaklı yüksek ısıyla ortaya çıkan malzeme kaybı yani adhezyon aşınması gerçekleşmiştir. Kuru işlemeden kaynaklı basınç ve sıcaklığa bağlı olarak talaş ve matkap ucu arasında oluşan difüzyon da aşınmaya neden olmuştur. Artan matkap çapıyla beraber kesici uçtaki aşınma da artmıştır. Kuru kesme ortamından kaynaklı matkap uçlarında oluşan adheziv aşınma yüzey kalitesinin düşmesine sebep olarak ortalama yüzey pürüzlülük değerlerini düşürmüştür. Şekil 3 (b) ve (d)'de sırasıyla Ø7,5 mm ve Ø8,4 çapında elmas karbür matkap ucuyla kesme sıvısı ile delmeden sonra matkap ucu incelendiğinde kabul edilebilir sınırlar içinde kalan helisel formda talaş oluşumundan kaynaklı aşınma kuru işlemeye göre daha azdır. Kesici ucun işlem yapan yüzeyinde serbest yüzey aşınması meydana gelmiştir. Meydana gelen bu aşınma sonucunda yüzey aşınması matkap çapının artması ile artmıştır. Sonuç olarak kesme sıvısıyla yapılan işlemlerde aşınma azalmıştır. Artan matkap çapı ile her iki kesme ortamında da aşınma artmıştır. Tüm şartlarda oluşan aşınmaların matkabın kesici ağzının merkeze yakın olan bölgesinde yan yüzey aşınması şeklinde olduğu ancak kuru kesme şartlarında matkabı dış kısmında yakın bölgelerde kırılma ağzı şeklinde gerçekleştiği görülmüştür. Çiftçi ve Gökçe (2019), Ti6Al4V alaşımının delinebilirliği üzerine yaptıkları çalışmada

gerçekleşen matkap ucu aşınmaların kesici ağzın merkeze yakın olan bölümleri ve yan yüzeyinde olduğunu, matkap ucu kırılmalarının da dışa doğu ağız kırılması şeklinde gerçekleştiğini açıklamışlardır. Ti6Al4V alaşımının delinmesi üzerine yapılan çalışmalara bakıldığında uygun matkap geometrisi, malzemesi, işlem değişkenleri ve soğutma yöntemlerinin optimize edilmesi amacıyla çok sayıda araştırmanın olduğu görülmektedir (Isbilir ve Ghassemieh, 2011; Kıvak ve Şeker, 2015; Sharif, ve Rahim, 2017). Bu çalışmada da kesici uç aşınmasın soğutma ortamının matkap çapından daha fazla etkilediği belirlenmiştir.

2.3.2. İşlenen yüzeylerin SEM görüntüleri

Titanyum alaşımlarının talaşlı imalatı esnasında düşük elastik modülüne sahip olmasından dolayı oluşan titreşimler yüzey kalitesi üzerine oldukça etkilidir (Çelik, 2018). Kesici takım performanslarının değerlendirilmesi, talaşlı imalat sonrası işlenmiş yüzeyler görüntülenerek de yapılmaktadır. Şekil 4(a) ve (b)'de sırasıyla, kuru ve kesme sıvısı kullanılarak Ø7,5 mm çapında matkap ucu ile delme sonrası aşınan yüzeylerin, Şekil 4 (c) ve (d)'de sırasıyla kuru ve kesme sıvısı kullanılarak Ø8,4 mm çapında matkap ucu ie delme sonrası aşınan yüzeylerin SEM görüntüleri verilmiştir.



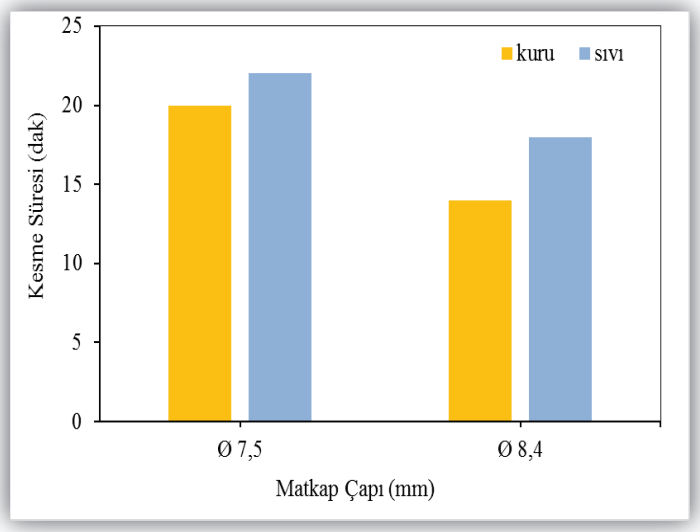
Şekil 4: Ø7,5 mm uç ile (a) kuru delme, (b) kesme sıvısıyla delme, Ø8,4 mm uç ile (c) kuru delme ve (d) kesme sıvısıyla delme sonrası aşınan yüzeylerin SEM görüntüleri.

Ti6Al4V alaşımı düşük elastikiyet modülüne ve ısıl iletkenliğe sahip olduğundan özellikle delik delme gibi kaba işlemlerde daha güçlü takımlara ihtiyaç duyulur. Matkap ucu ile delik delinmesinde yaşanan en büyük problem, talaşın delikten dışarı atılmasında zorluk ve artan sıcaklıktır. Bu durum kesici uçta sürtünme, yüzeyde bozukluk ve boyutsal sapmalara sebep olur. Ayrıca artan sıcaklık ve sürtünme ile çıkan talaşlar matkap ile delik yüzeyi arasında sıkışarak matkap yüzeyine yapışır ve yığıntı talaş oluşumuna sebep olur. Yaşanan talaş yapışması sonucu işlenen yüzeyler daha kaba olmaktadır (Çakıroğlu ve Acır, 2013). Aşınan yüzeylerde oluşan beyaz çizgiler iki ilerleme (besleme) arasındaki tepelerdir. Bazı kaynaklar oluşan bu çizgileri düzensiz bir plastik deformasyon akışı sonucu kesici kenarda termomekanik koşulların değişmesine bağlamaktadır

(Özçatalbaş, 2014; Zurecki vd., 2003). Ø7,5 mm matkap ucu ile yapılan delme işlemlerinde aynı şartlar altında Ø8,4 mm matkap çapı ile delme işleminden daha iyi kalitede yüzeyler elde edilmiştir. Matkap çapının artması ile paralel olarak oluşan aşınma çizgileri arasındaki mesafenin arttığı da görülmektedir. Kuru ortamda işleme sonucu elde edilen SEM görüntüleri incelendiğinde derin yarık dışında kopmuş parçacıkların taşınırken yapıştıkları ve dalgalı yüzeylerin oluşumuna sebep oldukları görülmektedir. Kesme sıvısı ile delinen yüzeylere paralel olarak oluşan aşınma çizgileri arasındaki mesafenin azaldığı görülmektedir. Her iki matkap ucundaki delme işlemleri sonucunda kuru kesme ortamında işlenmiş yüzey görüntülerinde yüzeye yapışmış malzeme kalıntıları görülmektedir. Delinen parçaların aşınan yüzeylerinin görüntüleri, verilen yüzey pürüzlülük ve takım aşınması sonuçlarını desteklemektedir.

2.4. Takım Ömrü

İşlenebilirliğin belirlenmesinde kullanılan en önemli kriterlerden birisi kesici takım ömrüdür. Delme işlemlerinin tamamı; 50 m/dak kesme hızı, 0,08 mm/dev ilerlemesi hızı ve 20 mm kör delme derinliği ile yapılmıştır. Şekil 5'te Ti6Al4V alaşımının delme sonrası matkap ucu çapı ve soğutma ortamına göre, matkap ucun aşınma sürelerinin grafik görüntüsü ile verilmiştir.



Şekil 5: Matkap çapına göre, kuru ve kesme sıvısı ortamlarında delme sonrası kesici uçların aşınma süreleri.

Matkap ucunun aşınma süreleri incelendiğinde; Ø7,5 ve Ø8,4 mm çapındaki matkap uçları ömürlerinin kesme sıvısı kullanımında kuru işlemeye göre daha uzun olduğu görülmektedir. Ø7,5 mm çapındaki matkap uçunda % 9,1 artış tespit edilirken bu oran Ø8,4 mm çapında %22,23 olarak tespit edilmiştir. Kuru ortamda matkap çapının Ø8,4 mm'den Ø7,5 mm'ye düşmesiyle matkap ömründe %42 artış belirlenmiştir. Sıvı ortamda delmede ise matkap çapının Ø8,4 mm'den Ø7,5 mm'ye düşmesiyle matkap ömründe %22 artış belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar delme sonucu elde edilen yüzey pürüzlülük, takım aşınması ve işlenen yüzeyin aşınma sonuçları ile uyum içindedir. Kuru ortamda delme her iki matkap ucunda da, kesme sıvısı kullanımına göre kesici ucun kullanım ömrünü azaltmıştır. Titanyum alaşımlarının düşük ısıl iletkenliklerinden dolayı oluşan ısının kesme alanında dar bir bölgede kalmasına neden olmaktadır. Yaşanan bu sorun delme işleminde diğer yöntemlere istinaden daha belirgindir. Çünkü talaşın

delinen bölgeden tahliyesi zor ve yavaştır. Bu yüzden oluşan ısının çoğu kesme bölgesinde kalır ve matkap ucunun kullanım ömrünü azaltmaktadır (Çiftçi ve Gökçe, 2019). Bu bağlamda delinebilirlik üzerine kesici takım ömrü açısından sonuçlarımız önem taşımaktadır.

3. Genel Sonuçlar

Ti6Al4V titanyum alaşımı parçaların delinmesinde farklı çapta matkap ucu ve soğutma ortamları kullanılarak işlem sonucu çıkan talaşların morfolojileri, işlenen parçaların yüzey pürüzlülükleri, kesici uçların aşınma mekanizmaları, işlenen yüzeylerin görüntüleri ve kesici takım ömürlerinin incelenmesi sonucu elde edilen genel sonuçlar aşağıda verilmiştir**:**

- Talaş formu üzerine, kesme sıvısının etkisi matkap çapından daha belirgindir. Kesme sıvısı ile yapılan delme işlemlerinde, kabul edilebilir sınırın en altında kalan helisel talaş oluşumu gözlenirken, artan matkap çapı ve kuru kesme şartlarında istenmeyen talaş tipi olan burgu talaş oluşumu gözlenmiştir.
- Delme işleminde düşük çap ve kesme sıvısı kullanımında daha iyi yüzey kalitesi elde edilmiştir. Kuru ortam ve artan matkap çapı ile delinen deliklerden talaşların çıkması zorlaşmış ve kesme alanı olumsuz etkilenmiştir.
- Delme işleminde kesme sıvı kullanılarak gerçekleştirilen delmede kesici uç aşınması azalmıştır. Artan matkap çapı ile her iki kesme ortamında da aşınma artmıştır.
- Delme işleminde kesme sıvısının kullanımı delinen yüzeylere paralel olarak oluşan aşınma çizgileri arasındaki mesafeyi azaltmıştır. Artan matkap çapı ile aşınma çizgileri arasındaki mesafe artmıştır.
- Delme işlemi sonucu Ø7,5 mm çapında matkap uç ömürlerinin kuru ve kesme sıvısı kullanımında Ø8,4 mm çapında matkap uç ömürlerine göre daha uzun olduğu belirlenmiştir. Kuru ortamda delme her iki matkap ucunda da, kesme sıvısı kullanımına göre kesici ucun kullanım ömrünü azaltmıştır.
- Ti6Al4V'un delinmesinde en ciddi sorun işlem esnasında kesici uçta oluşan dar alana sıkışmış bölgesel sıcaklıktır. Bu çalışmada kesme sıvısı kullanımında bu sorunun yarattığı olumsuzluklar aşağı çekilmiştir.

Teşekkür

Bu çalışma İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje numarası: FYL-2021-35633.

Bu çalışmanın yapılabilmesi için her türlü yardımı, desteği ve çalışma ortamını sağlayan Bor Kesici Takım ve Mak. San. Tic. Ltd. Şti. Müdürü Sayın Tarkan YAZICI'ya ve şirket çalışanlarına teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynakça

An, Q., Wang, C., Xu, J., Liu, P. & Chen, M. (2014). Experimental investigation on hard milling of high strength steel using PVD-AlTiN coated cemented carbide tool. International Journal of Refractory Metals and Hard Materials, 43, 94-101.

Amin, A. K. M. N., Ismail, A. F. & Nor Khairusshima, M. K. (2007). Effectiveness of uncoated WC– Co and PCD inserts in end milling of titanium alloy-Ti-6Al-4V. Journal of Materials Processing Technology, 192-193, 147-158.

Armendia, M., Garay, A., Iriarte, L. M. & Arrazola, P. J. (2010). Comparison of the machinabilities of Ti6Al4V and TIMETAL® 54M using uncoated WC–Co tools. Journal of Materials Processing Technology, 210(2), 197-203.

Beköz Üllen, N., Hasak, S. M. A. & Dirikolu, M. (2017). The effect on surface roughness of cutting parameters in the machining of sintered parts. 8th İnternational Advanced Technology Symposium, IATS 2017, 19-22 October, 212-217, Elazığı, Turkey.

Beköz Üllen, N., Hasak, S. M. A. & Dirikolu, M. (2017). The effect on chip morphology of cutting parameters in the machining of sintered parts. 8th İnternational Advanced Technology Symposium, IATS 2017, 19-22 October, 212-217, Elazığı, Turkey.

Bruschi, S., Bertolini, R., Bordin, A., Medea, F. & Ghiotti, A. (2016). Influence of the machining parameters and cooling strategies on the wear behavior of wrought and additive manufactured Ti6Al4V for biomedical applications. Tribology International, 102, 133-142.

Cantero, J. L., Tardio, M. M., Canteli, J. A., Marcos, M. & Miguelez, M. H. (2005). Dry drilling of alloy Ti-6Al-4V. International Journal of Machine Tools and Manufacture, 45(11), 1246-1255.

Çakıroğlu, R. & Acır, A. (2013). Al2014 malzemesinin delinmesinde takım talaş ara yüzey sıcaklıkları ve kesme kuvvetinin Taguchi metodu ile optimizasyonu. Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 10(2), 73-86.

Çelik, Y. H. & Kılıçkap, E. (2018). Titanyum alaşımlarından Ti-6Al-4V'nın işlenmesinde karşılaşılan zorluklar: Derleme. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji, 6(1), 163-175.

Çiftçi, İ. & Gökçe, H. (2019). Ti6Al4V Titanyum alaşımının delinmesinde delme yönteminin aşınmaya etkisinin incelenmesi. Politeknik Dergisi, 22(3), 627-631.

Garbiec, D., Siwak, P. & Mróz, A. (2016). Effect of compaction pressure and heating rate on microstructure and mechanical properties of spark plasma sintered Ti6Al4V alloy. ACME, 16(4), 702-707.

Hasak, S. M. A. (2018). Cu-Ni-Mo alaşımlı demir toz metal malzemesinin işlenebilirlik performansının incelenmesi. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Isbilir, O. & Ghassemieh, E. (2011). Finite element analysis of drilling of titanium alloy. Procedia Engineering, 10, 1877-1882.

Kalpakjian, S. & Schmid, S. R. (2009). Manufacturing engineering and technology. 8th Edition, Prentice Hall.

Kayır, Y. & Aytürk, A. (2012). AISI 316 Ti paslanmaz çeliğin işlenebilirlik karakteristiklerinin incelenmesi. Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, Ankara, 18 (1), 61-71.

Kivak, T. & Seker, U. (2015). Effect of cryogenic treatment applied to M42 HSS drills on the machinability of Ti-6Al-4V alloy. Materials and Technology, 49, 949-956.

Küçükköse, M. (2017). a-C:N/TiAlN kaplamaların karakterizasyonu ve aşınma davranışlarının incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Lindvall, R., Lenrick, F., M'Saoubi, R., Ståhl, J. E. & Bushlya, V. (2021). Performance and wear mechanisms of uncoated cemented carbide cutting tools in Ti6Al4V machining. Wear, 477, 203824.

Özçatalbaş, Y. (2014). Machinability of Elongated Coarse Grain Fe-Based Superalloys. Machining Science and Technology, 18(4), 626-637.

Qin, Y., Xiong, D., Li, J., Jin, Q., He, Y., Zhang, R. & Zou, Y. (2016). Adaptive-lubricating PEO/Ag/MoS2 multilayered coatings for Ti6Al4V alloy at elevated temperature. Materials & Design, 107, 311-321.

SenthilKumar, M., Prabukarthi, A. & Krishnaraj, V. (2013). Study on tool wear and chip formation during drilling carbon fiber reinforced polymer (CFRP)/titanium alloy (Ti6Al4V) stacks. Procedia engineering, 64, 582-592.

Sert, A. (2017). Ti6AI4V alaşımının buzul işlem uygulanmış WC-Co karbür takımlar ile talaşlı imalatının iyileştirilmesi. Doktora Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Sharif, S. & Rahim, E. A. (2007). Performance of coated-and uncoated-carbide tools when drilling titanium alloy-Ti6Al4V. Journal of materials processing technology, 185(1-3), 72-76.

Shokrani, A., Dhokia, V. & Newman, S. T. (2016). Investigation of the effects of cryogenic machining on surface integrity in CNC end milling of Ti–6Al–4V titanium alloy. Journal of Manufacturing Processes, 21, 172-179.

Strano, M., Albertelli, P., Chiappini, E. & Tirelli, S. (2015). Wear behaviour of PVD coated and cryogenically treated tools for Ti-6Al-4V turning. International Journal of Material Forming, 8, 601-611.

Taylan, F. & Oral, N. (2018). Ti-6Al-4V Eli malzemesinin tornalama işleminde yüksek basınçlı jet soğutmanın yüzey pürüzlülüğüne etkisi. Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi, 10(1), 31-46.

Tekaslan, Ö., Gerger, N. & Şeker, U. (2008). AISI 304 östenitik çeliklerde kesme parametrelerine bağlı olarak yüzey pürüzlülüklerinin araştırılması. BAÜ FBE Dergisi, 10 (2), 3-12.

Yavuz, M., Gökçe, H. & Şeker, U. (2017). Matkap geometrisinin takım aşınması ve talaş oluşumu üzerine etkisinin araştırılması, Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi (GMBD), 3(1), 11-19.

Üllen, N. B., Hasak, S. M. A. & Dirikolu, M. H. (2019). The effect of cutting speed on tool life in the machining of powder metal parts. IMCOFE 2019, April 24-26, 40-47, Young Scholars Union (YSU), Antalya, Turkey.

Zurecki, Z., Ghosh, R. & Frey, J.H. (2003). Finish turning of hardened powder metallurgy steel using cryogenic cooling. 2003 International Conference on Powder Metallurgy and Particulate Materials, Las Vegas, 22-36.