ISSN: 2476-6909; Modares Mechanical Engineering. Proceedings of 2nd Iranian National Conference on Advanced Machining and Machine Tools (CAMMT). 2022;22(10):181-186.

Investigation of the Effect of Types of Aluminum Oxide Nanoparticles Lubricants on Surface Roughness in the Micromilling Process of Titanium Alloy Ti_6Al_4V

ARTICLE INFO

Authors
Tanha S.[1], *
Baseri H.[1]

[1] Department Mechanical Engineering, Babol Noshirvani University of Technology, Babol, Iran

*** Correspondence**
Address: ceif.tanha@yahoo.com

How to cite this article
Tanha S, Baseri H, Title. Investigation of the Effect of Types of Aluminum Oxide Nanoparticles Lubricants on Surface Roughness in the Micromilling Process of Titanium Alloy Ti_6Al_4V. 2nd Iranian. Modares Mechanical Engineering. Proceedings of 2nd Iranian National Conference on Advanced Machining and Machine Tools (CAMMT). 2022;22(10):181-186.

ABSTRACT

Micro-milling process as one of the most widely used methods of making parts due to the small size and their delicate properties in the process. In this study, micro-milling operations were performed on a titanium piece made of Ti_6Al_4V alloy using a tool with a diameter of 0.5 mm. The effect of nanoparticles used in lubricants on the surface roughness of the micro-milled workpiece is the most important characteristic studied in this research. In this research, experimental test methods and design and analysis of experiments by Taguchi method have been used to study the surface roughness during the process. Experimental tests to compare the role of lubrication in dry, wet and Minimum Quantity Lubrication (MQL) in different machining environments with lubricants containing nanoparticles and without nanoparticles and the effect of shear parameters on different characteristics of micro-milling of Ti6Al4V alloy is done. The results show that the use of Minimum Quantity Lubrication (MQL), especially with lubricants containing nanoparticles, increased the surface quality and had a more effective role in lubrication during micro-milling of Ti_6Al_4V alloy. Spindle speed and type of lubrication are the most effective parameters in Ti_6Al_4V alloy micro-milling.

Keywords Titanium Alloy, Micromilling, Nanoparticles, Al_2O_3 , Ti_6Al_4V

ماهنامه علمی مهندسی مکانیک مدرس، ویژه‌نامه مجموعه مقالات دومین کنفرانس ملی ماشین‌کاری و ماشین‌های ابزار پیشرفته.
مهر ۱۴۰۱، دوره ۲۲، شماره ۱۰، صفحه ۱۸۱-۱۸۶.

بررسی اثر انواع روانکار حامل نانوذرات اکسید آلومینیوم بر زبری سطح در فرآیند میکروفرزکاری آلیاژ تیتانیوم Ti_6Al_4V

مشخصات مقاله

نویسنده‌ها
سیف اله تنها [1*]
حمید باصری [1]

[1] دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، بابل، ایران

*** نویسنده مسئول**
آدرس: ceif.tanha@yahoo.com

چکیده

فرآیند میکروفرزکاري به عنوان یکی از پرکاربردترین روشهاي ساخت قطعات می باشد که با توجه به ابعاد کوچک و ویژگی های ظریف آنها مطرح است. در این مطالعه، عملیات میکروفرزکاري با استفاده از میکروابزاري به قطر ۰/۵ میلیمتر بر روي قطعه تیتانیومی از جنس آلیاژ Ti_6Al_4V صورت گرفته است. تاثیر نانو ذرات مورد استفاده در روانکار و زبری سطح قطعه کار میکروفرزکاري شده مهمترین مشخصه مورد بررسی در این تحقیق است. در این تحقیق از روشهاي آزمون تجربی و طراحی و تحلیل آزمایشات به روش تاگوچی براي مطالعه زبری سطح حین فرآیند استفاده شده است. آزمایشات تجربی به منظور مقایسه نقش روانکاري در شرایط خشک، تر و حداقل مقدار روانکاري در محیط هاي مختلف ماشینکاري با روانکار حاوی نانو ذرات و بدون نانو ذرات و تاثیر پارامترهاي برشی بر مشخصه هاي مختلف فرآیند میکروفرزکاري آلیاژ Ti_6Al_4V انجام گرفته است. نتایج بدست آمده نشان می دهد که استفاده از حداقل مقدار روانکاري بویژه با روانکارهای حاوی نانو ذرات، با افزایش کیفیت سطح نقش موثرتري در روانکاري حین میکروفرزکاري آلیاژ Ti_6Al_4V داشته اند. سرعت اسپیندل و نوع روانکاري موثرترین پارامترها در میکروفرزکاري آلیاژ Ti_6Al_4V شناخته می شوند.

کلیدواژه‌ها آلیاژ تیتانیوم، میکروفرزکاری، نانوذرات، Al_2O_3 و Ti_6Al_4V

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-05-10]

[DOR: 20.1001.1.10275940.1401.22.10.28.1]

۱- مقدمه

میکروفرزکاری از مهمترین فرآیندهای تولید قطعات بسیار ریز به روش فرزکاری می‌باشد که در آن ابزارهای برشی مورد استفاده قطری کمتر از یک میلیمتر دارند. کوچک شدن مقیاس براده برداری وجه تمایز میکروفرزکاری با فرزکاری معمولی است [1].

در مقایسه با سایر روشهای میکروماشینکاری، میکروفرزکاری به عنوان انعطاف پذیرترین فرآیند میکروماشینکاری شناخته می-شود. به کمک این روش میتوان طیف گسترده ای از اجزای پیچیده کوچک و ریزساختارها را بوسیله مواد مهندسی مختلف تولید نمود [2].

بیشترین مشکلات میکروفرزکاری، اثر ماشینکاری و شکنندگی ابزار است. با این حال، برخی از مسائل مانند ناهمواری سطوح ریز در فرآیند میکروفرزکاری وجود دارد که برای دقت محصولات ریز و عمر مفید آن، نامطلوب است[3].

تیتانیوم و آلیاژهای آن طیف شگفت‌انگیزی از خواص مکانیکی را شامل می‌شوند که برای کاربردهای هوافضا، شیمی، مهندسی و زیست‌پزشکی مورد استفاده قرار می‌گیرند. نسبت استحکام به وزن بالا، شکل‌پذیری آسان و مقاومت در برابر خستگی منجر به معرفی تیتانیوم در کاربردهای هوافضا گردید. پرکاربردترین تیتانیوم آلیاژی، آلیاژ تیتانیوم Ti_6Al_4V است که مناسبترین گزینه در مصارف پزشکی شناخته می‌شود. این سری از آلیاژها قابلیت عملیات حرارتی دارند و با داشتن مقاومت مکانیکی بالا و وزن کم پرکاربردترین آلیاژ تیتانیوم در صنایع مختلف هستند. چگالی بسیار کم، مقاومت به خوردگی و سایش بسیار بالا، تنش پذیری و ضربه پذیری بسیارعالی، قابلیت انجام عملیات حرارتی، قابلیت جوش پذیری بسیار عالی و مقاومت به حرارت بسیار عالی (۴۰۰ درجه سانتیگراد) از خصوصیات بارز این آلیاژ می‌باشد.

نانوسیال‌ها مواد کامپوزیتی جامد-مایع هستند که از نانوذرات جامد یا نانوالیاف با اندازه‌های معمولاً ۱ تا ۱۰۰ نانومتر در سیال تشکیل شده‌اند. نانوسیال یک مخلوط مایع و جامد ساده نیست. مهمترین معیار نانوسیال، تعلیق پایدار بدون چسبندگی برای مدت طولانی بدون ایجاد هرگونه تغییر شیمیایی در سیال پایه است. این را میتوان با به حداقل رساندن چگالی بین جامدات و مایعات یا با افزایش ویسکوزیته مایع به دست آورد. با استفاده از ذرات نانومتری و با جلوگیری از تجمع ذرات می توان از ته نشین شدن ذرات جلوگیری کرد. نانوسیالات اخیراً به دلیل گزارش‌هایی در مورد خواص حرارتی افزایش یافته مورد توجه قرار گرفته‌اند[5,4,1].

اکسید آلومینیوم با فرمول شیمیایی Al_2O_3، اکسید آمفوتری مهم از ترکیبات غیرآلی و یکی از پرکاربردترین مواد معدنی و از جمله نانو پودرهای پرمصرف و ارزان قیمت در صنعت بوده که استفاده عمده آن جهت تولید فلز آلومینیوم می‌باشد. در مقیاس نانو، ذرات اکسید آلومینیوم تقریباً کروی شکل و دارای دو فرم آلفا و گاما است. α-Al_2O_3 دارای مقاومت ویژه بالایی است و به دلیل دارا بودن خاصیت عایقی در مواد عایق حرارتی استفاده می‌گردد. γ-Al_2O_3 دارای سایز کوچک و نقطه ذوب پایینی هستند و بعنوان حامل‌های کاتالیزوری استفاده می‌شوند.

Al_2O_3 رایج‌ترین نانوذره‌ای است که بسیاری از محققان در کارهای تجربی خود از آن استفاده می‌کنند. به طور کلی، هدایت حرارتی نانوسیال با افزایش کسر حجمی نانوذرات افزایش می‌یابد. با کاهش اندازه ذرات، شکل ذرات می‌تواند بر دما و هدایت حرارتی نانوسیال تأثیر بگذارد. در سال ۲۰۱۱ سرینهارا و همکارش دریافتند که نانوسیال‌های حامل نانوذرات Al_2O_3 از پتانسیل بالایی برای انتقال حرارت برخوردارند و به عنوان یک مایع خنک کار مناسب در فرآیندهای انتقال حرارت هستند [6].

در سال ۲۰۱۱ واسو و ردی نیز بر روی تأثیر MQL با سیال حاوی نانوذرات Al_2O_3 تحقیق کردند. آنها دریافتند که با افزایش کسر حجمی نانو ذره Al_2O_3 پراکنده در سطح روغن گیاهی کیفیت سطح افزایش می‌یابد [2].

در سال ۲۰۱۵ هادی و عاطف دریافتند که در سیستم MQL با سیال حاوی نانوذرات γ-Al_2O_3 در روغن گیاهی، کیفیت سطح با افزایش سرعت اسپیندل، افزایش و با افزایش نرخ تغذیه، کاهش می یابد. همچنین از زبری سطح با کاهش عمق برش کاسته و با افزایش، به آن افزوده می شود. که این نشان‌دهنده عملکرد خوب نانوذرات γ-Al_2O_3 در هنگام پراکندگی در روغن گیاهی است [7].

سیستم حداقل مقدار روانکار (Minimum Quantity Lubrication :MQL) که برخی اوقات به عنوان روانکاری نزدیک به خشک [8] نیز نامیده می‌شود، روشی نوین و سازگار با محیط زیست می باشد که در راستای سیاست های زیست محیطی در سالهای اخیر مورد استفاده قرار گرفته است که در آن سیال برش با هوای فشرده در طول فرآیند ماشینکاری به منطقه برش پاشیده می شود. به این ترتیب مایع برش به منطقه برش نفوذ می کند و در نتیجه قابلیت ماشینکاری را افزایش می‌یابد. سپس در همان زمان، بیشتر سیال برش مورد استفاده در MQL تبخیر می‌شود تا برای محیط زیست و سلامت کارگران مضر نباشد.

سیستم MQL به عنوان یک روش خشک در روانکاری شناخته می شود و در این روش مقدار بسیار کمی از مایع خنک کننده در حدود ۱۵۰ - ۱۰ میلی لیتر بر ساعت به طور مستقیم به منطقه ماشینکاری اعمال می‌شود. در حالیکه روش خنک کاری تر در حدود ۶۰۰۰۰ - ۳۰۰۰۰ میلی لیتر بر ساعت مایع خنک کننده در طول عملیات خنک کاری استفاده می‌کند، تا دما و اصطکاک بین ابزار و قطعه کار را کاهش دهد. در سیستم MQL ذرات بسیار ریز روغن پس از برخورد با سطح ناحیه ماشینکاری مجدداً تجمیع و سطح مورد نظر را آغشته می‌نمایند. از آنجا که عملیات روانکاری در این روش با مقدار مصرف بسیار کمتری از سیال صورت می

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-05-10]

[DOR: 20.1001.1.10275940.1401.22.10.28.1]

پذیرد، به این روش روانکاری کمینه اطلاق می‌شود. یکی از محاسن این روش، پاشش موضعی روغن و هوای فشرده به ناحیه ماشینکاری یعنی فصل مشترك ابزار و قطعه کار می‌باشد. نتایج پژوهشهای مختلف نشان می دهد که روانکاری کمینه باعث نفوذ مؤثرتر سیال به ناحیه هدف شده و راندمان عملیات روانکاری را بهبود می‌بخشد [9,3].

عملیات ماشینکاری خشک یک فرآیند در حال توسعه و در شرف تبدیل شدن به یک فناوری مناسب و جایگزینی برای روانکاری معمولی جهت تولید قطعات ماشینکاری است. به دلیل دمای بسیار بالا در عملیات ماشینکاری خشک مشکلاتی مانند کاهش طول عمر و فرسودگی ابزار بسیار تأثیرگذار هستند[10].

ماشینکاری خشک، زمانی که راندمان ماشینکاری بالا و کیفیت سطح بهتر و شرایط برش شدید مورد نیاز است، کارایی کمتری دارد. در این شرایط انتظار می‌رود که عملیات نیمه خشک با استفاده از مقدار بسیار کمی از سیالهای برشی به یک ابزار قدرتمند تبدیل شود و در واقع، آنها در حال حاضر نقش مهمی در تعدادی از کاربردهای عملی دارند[12,11].

در بررسی تحقیقات مختلف مشهود است که بطور معمول سیال خنک کار در ماشینکاری تر به صورت موضعی به ناحیه براده برداری پاشیده نمی‌شود و حجم وسیعی از سیال به اطراف ریخته در نتیجه کارایی چندانی ندارد و نمی‌تواند گرما را به صورت موثر حذف کند .

اخیراً پیشرفت قابل توجهی در ماشین‌کاری خشک و نیمه‌خشک حاصل شده است و بویژه ماشینکاری با حداقل مقدار روانکاری به دلیل ویژگی‌های سازگار با محیط زیست به عنوان یک روش موفق پذیرفته شده است. با این تکنیک برخی نتایج مطلوب به دست آمده است. بنابراین، تکنیک MQL جایگزین خوب برای روانکاری و خنک کاری در فرآیند ماشینکاری می‌باشد. در سال ۲۰۰۶ دار و همکارانش با اعمال پارامترهای یکسان فرآیند ماشینکاری مانند سرعت برش، سرعت تغذیه و عمق برش، مایع برش را با دبی ٦۰ میلی لیتر در ساعت پس از اختلاط با هوای فشرده بر ناحیه ماشینکاری اسپری نمودند. آنها به این نتیجه رسیدند که سیستم MQL باعث کاهش قابل توجهی از سایش ابزار و زبری سطح در مقایسه با ماشینکاری خشک و تر شد [12].

در سال ۲۰۰۹ خان و همکاران اثرات MQL به همراه هوا فشرده جهت انتقال در فرآیند ماشینکاری توسط سیال برشی مبتنی بر روغن گیاهی را در مقایسه با ماشینکاری کاملا خشک و مرطوب از نظر تشکیل براده و حالت تشکیل براده را مقایسه نمودند. ماشینکاری MQL در مقایسه با ماشینکاری خشک و مرطوب به دلیل کاهش قابل‌توجه دمای منطقه عملیات باعث تشکیل براده مطلوب می‌گردد. همچنین کاهش قابل‌توجه در سایش ابزار منجر به افزایش عمر ابزار و پرداخت سطحی بهتر شد. آنها به این نتیجه رسیدند که MQL علاوه بر سازگاری با محیط زیست (اجتناب از خطرات بهداشتی ناشی از گرمـا، دود، گاز و جلوگیری از آلودگی محیطی) ویژگی‌های ماشینکاری را نیز بهبود می‌بخشد [13].

در سال ۲۰۱۱ نام و همکارانش چندین سیال حاوی نانوذره را با استفاده از MQL مورد بررسی قرار دادند. نتایج تجربی آنها نشان می دهد که نانوسیال مورد استفاده در سیستم MQL باعث افزایش راندمان ماشینکاری می‌شود و نیروهای وارد شده به ابزار و قطعه کار را کاهش می‌دهد. علاوه بر این، MQL همراه با نانوسیال با موفقیت پلیسه و براده‌های باقی‌مانده را حذف می‌کند تا کیفیت ماشینکاری را بهبود بخشد [14].

هدف از این پژوهش بررسی تأثیر پارامتر های ورودی (سرعت اسپیندل، نرخ تغذیه و عمق نفوذ) بر زبری سطح ماشینکاری شده و بررسی و مقایسه سیستم خنک کاری MQL و سیستم خنک کاری سنتی در کنار استفاده از سیالهای حاوی نانوذرات و تأثیر آنها بر روی پارامتر های خروجی عملیات میکروفرزکاری بوده است.

۲- مواد و تجهیزات آزمایش

جهت انجام آزمایشهای این تحقیق از قطعه تیتانیوم از جنس آلیاژ Ti6Al4V و ابعاد ٦×٥۰×۱۰۰ میلیمتر و با سطحی سنگ خورده استفاده شده است.

میکرو ابزار مورد استفاده در این تحقیق کاربید تنگستن با پوشش TiAlN با دو تیغه تخت به قطر ٥۰۰ میکرون و زاویه مارپیچ ۳۰ درجه و دنباله ٤ میلیمتر با ماکزیمم سختی برش ٥٥ راکول که در شکل۱ نمایش داده شده است.

شکل ۱) نمای جانبی و مقطعی میکرو ابزار

تمام آزمایشهای طراحی شده بر روی یک فرز۳ محور مدل VMC 850 ساخت ماشین سازی تبریز انجام شد. حداکثر سرعت تغذیه میز و سرعت اسپیندل به ترتیب ۳۲ متر در دقیقه و ۸۰۰۰ دور در دقیقه بود. جهت افزایش سرعت دوران از یک اسپیندل موتور آب خنک با مشخصات GDZ-62-1.2 با سرعت دوران ٦۰۰۰۰ دور در دقیقه استفاده شد که بوسیله یک فیکسچر به محور اصلی ماشین متصل گردید. مجموعه ماشینکاری مورد استفاده در این تحقیق در شکل ۲ نمایش داده شده است. نانوذرات مورد استفاده در این تحقیق از نوع اکسید آلومینیوم و در دو فرم آلفا و گاما می‌باشند. جهت تهیه آنها به ترتیب از روش سونوشیمی و هیدروترمال استفاده شد.

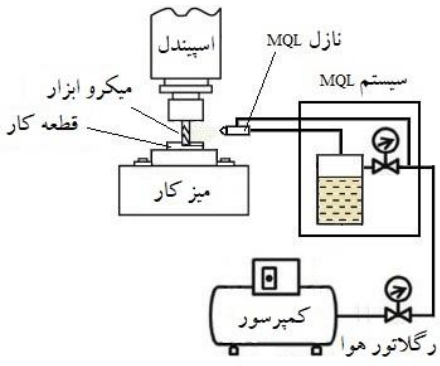
[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-05-10]

[DOR: 20.1001.1.10275940.1401.22.10.28.1]

شکل ۲) مجموعه ماشینکاری مورد استفاده در تحقیق

در انجام آزمایش از نانو ذرات محلول در روغن پایه گیاهی (استحصال شده از دانه های روغنی کنجد) با درصد وزنی ۰/۱ درصد اکسید آلومینیوم در فرمهای آلفا و گاما استفاده شده است. عملیات یکنواخت سازی سیال حاوی نانو ذرات ابتدا به مدت ۱۰ دقیقه با همزن مکانیکی، سپس با استفاده از دستگاه همزن اولتراسونیک با فرکانس ٦۰۰ هرتز به مدت ۳۰ دقیقه انجام می‌پذیرد.

در سیستم MQL مورد آزمایش جهت تامین هوای پر فشار از یک کمپرسور با توان قابل تنظیم تا ۱۰ بار استفاده شده است. هوا با فشار بالا توسط کمپرسور وارد سیستم شده و سپس به دو مسیر تقسیم می‌گردد. مسیر ابتدایی با فشار ٦ بار هوای پرفشار را به نازل منتهی می‌کند. هوای فشرده از یک فلوکنترل جهت کنترل دبی می‌گذرد. در مسیر دیگر، هوا پس از عبور از رگلاتور فشار با فشار ۲ بار وارد هوزینگ حاوی سیال گردیده و سپس در ادامه مسیر، سیال را بعد از عبور از یک فلوکنترل جهت کنترل دبی به سمت نازل هدایت می‌کند. در محفظه نازل، هوای فشرده و سیال با یکدیگر اختلاط پیدا کرده و پس از عبور از یک نازل با قطر ۳۰ میکرون پودر شده و بصورت اسپری به محدوده ماشینکاری تزریق می‌گردد. دبی دستگاه ۱۰۰میلی لیتر در ساعت تنظیم گردیده است. دیاگرام سیستم روانکاری کمینه که در این تحقیق از آن استفاده شده در شکل ۳ ارائه شد.



شکل ۳) دیاگرام سیستم روانکاری کمینه (MQL)

۳- نتایج و بحث

آزمایش‌های انجام شده به شکل ایجاد شیارهایی موازی نسبت به یکدیگر به عرض۵۰۰ میکرون و با فواصل یکسان ۱۰۰۰ میکرون، روی نواحی تست به ابعاد ۵۰×۱۰۰ میلیمتر صورت گرفت. پارامترهای ورودی عملیات میکروفرزکاری بر اساس توصیه های صنعت و مطالعات پیشین انتخاب شده است. در این تحقیق چهار سرعت اسپیندل، دو عمق نفوذ و دو نرخ پیشروی متفاوت در نظر گرفته شد که در نتیجه ١٦ حالت مختلف عملیات میکروفرزکاری مورد بررسی قرار گرفت. در جدول ۱ مقدار پارامتر های عملیات میکروفرزکاری نمایش داده شده است.

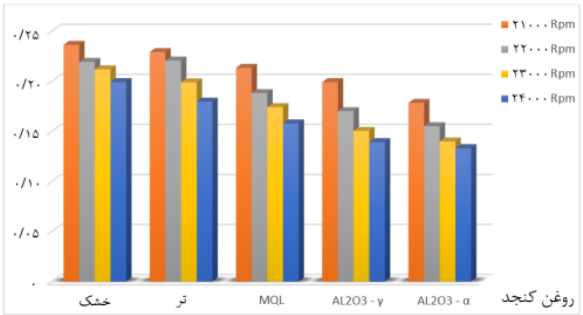
جدول ۱) پارامتر های ورودی عملیات میکرو فرزکاری

پارامتر های ورودی	واحد	مقادیر پارامتر ها			
سرعت اسپیندل	rpm	۲۴۰۰۰	۲۳۰۰۰	۲۲۰۰۰	۲۱۰۰۰
عمق نفوذ	µm	-	-	۵۰	۲۵
نرخ پیشروی	mm/min	-	-	۴۰	۲۰

ایجاد میکروشیارها برای هر یک از روشهای روانکاری (خشک، تر، روانکاری کمینه) با پارامترهای مختلف ماشینکاری مورد بررسی قرار گرفت و قطعات ماشینکاری شده تصویربرداری شد.

جهت انجام سنجش زبری سطح شیارهای میکروفرزکاری شده بوسیله دستگاه زبری سنج Mitutoyo مدل SJ-400 اندازه گیری شده و مقادیر زبری سطح شیارهای ماشینکاری شده با روشهای مختلف نسبت به یکدیگر مقایسه گردید. ترتیب انجام آزمایشات بر اساس طراحی تاگوچی صورت گرفته و میانگین مقادیر اندازه گیری شده به عنوان زبری سطح متوسط ثبت گردید.

اندازه گیری شده در عملیات میکروفرزکاری همراه با روانکاری اکسید آلومینیوم فرم آلفا با پایه روغن گیاهی حاوی نانو ذره ۰/۱ درصد وزنی بدست آمده و بیشترین مقدار زبری سطح در میکرو فرزکاری خشک ثبت شده است. با توجه نمودار شکل ٤، افزایش سرعت اسپیندل تأثیر مثبتی در روند زبری سطح داشته و با نزدیک شدن به سرعت ۲٤۰۰۰ دور بر دقیقه مقدار زبری کاهش پیدا می‌کند.

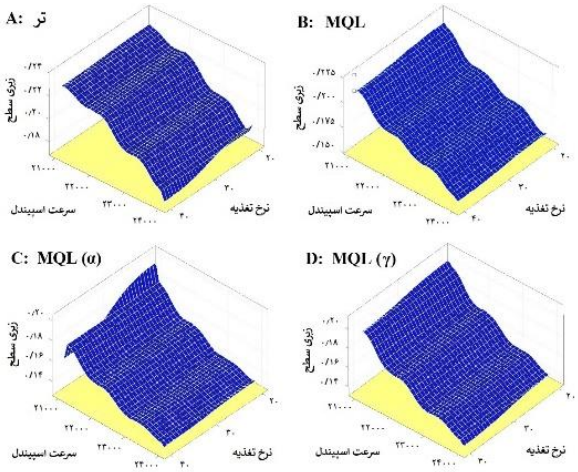


شکل ۴) متوسط تغییرات زبری سطح با طول برش و تغییرات مقادیر Ra

شکل ۵ تاثیر همزمان دو پارامتر سرعت اسپیندل و نرخ تغذیه بر زبری سطح در زمان استفاده از روانکارهای مختلف را مورد

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-05-10]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1401.22.10.28.1]

مقایسه قرار می‌دهد. با افزایش همزمان سرعت اسپیندل و نرخ تغذیه میزان زبری سطح کاهش می‌یابد. این در حالی است که تاثیر افزایش سرعت اسپیندل به مراتب بیشتر از تاثیر نرخ تغذیه بر زبری سطح می‌باشد.



شکل ۵) تاثیر همزمان دو پارامتر سرعت اسپیندل و نرخ تغذیه برای حالتهای مختلف روانکاری با پایه روغن گیاهی. A) روانکاری تر ، B) روانکاری با روانکار بدون نانوذره به روش MQL، C) روانکاری با روانکار حامل نانوذره اکسید آلومینیوم آلفا به روش MQL و D) روانکاری با روانکار حامل نانوذره اکسید آلومینیوم گاما به روش MQL

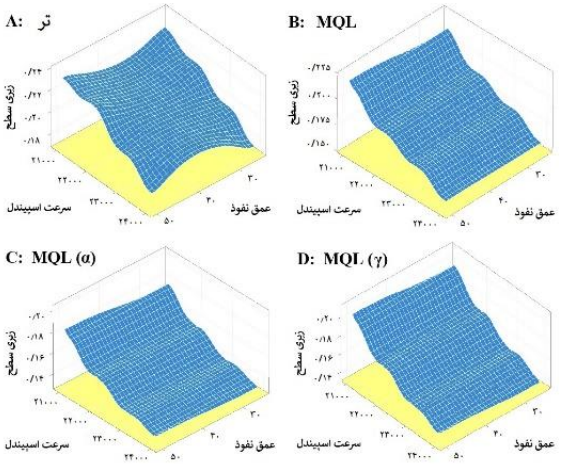
از مقایسه چهار نمودار فوق چنین استنباط می گردد که کمترین مقدار زبری در عملیات میکرو فرزکاری همراه با روانکاری اکسید آلومینیوم فرم آلفا بدست آمده و بیشترین مقدار زبری سطح در میکرو فرزکاری سیستم تر ثبت شده است.

شکل ٦ تاثیر همزمان دو پارامتر سرعت اسپیندل و عمق نفوذ بر زبری سطح در زمان استفاده از روانکارهای مختلف مورد مقایسه قرار می‌دهد. با افزایش همزمان سرعت اسپیندل و عمق نفوذ میزان زبری سطح کاهش می‌یابد.

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که افزایش عمق نفوذ سبب افزایش زبری سطح شده است ولی در آنالیزهای انجام گرفته مشخص گردید که عمق نفوذ تاثیر معناداری بر زبری سطح نداشته است و بنابراین تاثیر اصلی بر کاهش زبری سطح می تواند ناشی از افزایش سرعت اسپیندل باشد.

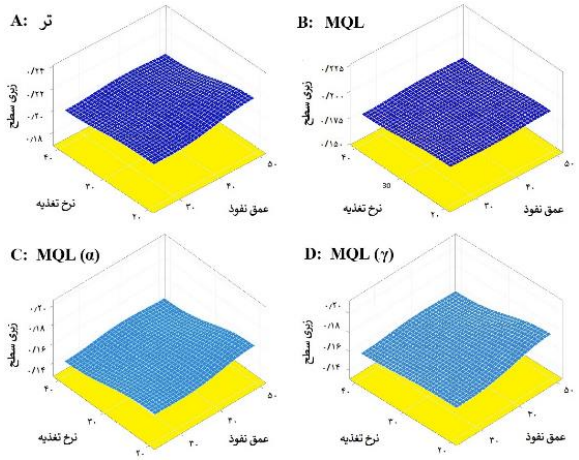
از مقایسه چهار نمودار فوق چنین استنباط می گردد که کمترین مقدار زبری در عملیات میکروفرزکاری همراه با روانکاری اکسید آلومینیوم فرم آلفا بدست آمده و بیشترین مقدار زبری سطح در میکرو فرزکاری سیستم تر ثبت شده است.

شکل ۷ تاثیر همزمان دو پارامتر نرخ تغذیه و عمق نفوذ بر زبری



شکل ۶) تاثیر همزمان دو پارامتر سرعت اسپیندل و عمق نفوذ برای حالت‌های مختلف روانکاری با پایه روغن گیاهی. A) روانکاری تر ، B) روانکاری با روانکار بدون نانوذره به روش MQL، C) روانکاری با روانکار حامل نانوذره اکسید آلومینیوم آلفا به روش MQL و D) روانکاری با روانکار حامل نانوذره اکسید آلومینیوم گاما به روش MQL

سطح در زمان استفاده از روانکارهای مختلف را مورد مقایسه قرار می‌دهد. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که افزایش عمق نفوذ سبب افزایش زبری سطح شده است ولی در آنالیزهای انجام گرفته مشخص گردید که عمق نفوذ تاثیر معناداری بر زبری سطح نداشته است و بنابراین تاثیر اصلی بر کاهش زبری سطح می تواند ناشی از افزایش نرخ تغذیه باشد.



شکل ۷) تاثیر همزمان دو پارامتر نرخ تغذیه و عمق نفوذ برای حالتهای مختلف روانکاری با پایه روغن گیاهی. A) روانکاری تر ، B) روانکاری با روانکار بدون نانوذره به روش MQL، C) روانکاری با روانکار حامل نانوذره اکسید آلومینیوم آلفا به روش MQL و D) روانکاری با روانکار حامل نانوذره اکسید آلومینیوم گاما به روش MQL

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-05-10]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1401.22.10.28.1]

۴- نتیجه گیری

میزان اثرگذاری هر یک از انواع تکنیک های روانکاری و خنک کاری که امروزه برای ماشینکاری مواد مختلف بکار گرفته می شوند ، به شدت وابسته به انتخاب نوع سیال و سیستم پاشش آن بر موضع برش است.

نتایج این تحقیق بر نتایج مطالعات گذشته صحه می گذارد. نتایج بدست آمده در این تحقیق به تاثیر روانکاری کمینه در میکروفرزکاری با سرعت بالا اذعان دارد. در عین حال تاثیر نوع روانکار نیز نشان از اثر مثبت روانکار روغن گیاهی بر کیفیت سطح میکروشیارهای ایجاد شده در عملیات میکروفرزکاری دارد.

با توجه به اینکه شکل ذرات بر دما و هدایت حرارتی سیال تاثیر گذار است و این مزیت با کاهش اندازه ذرات بهبود می یابد. بنابراین انتظار این بود که استفاده از نانوذرات بر تقویت خواص روانکار تاثیرگذار باشد. پتانسیل بالای نانوسیال‌های حامل نانوذرات Al2O3 سبب شد از این مواد به عنوان یک مایع خنک کار مناسب در فرآیندهای انتقال حرارت استفاده گردد.

نتایج مطالعه حاضر وجود نانوذرات Al2O3 در روانکار مورد استفاده در میکروفرزکاری با سرعت بالا را موثر اعلام می کند. در عین حال تاثیر فرم آلفا نسبت به فرم گاما را در نتایج بدست آمده پر رنگتر نشان می دهد. بطوریکه نانوسیال حاوی فرم آلفا نقش بیشتری در افزایش کیفیت سطح میکروشیارهای ایجاد شده و کاهش هندسه براده تولید شده در عملیات میکروفرزکاری دارد.

تشکر و قدردانی:از جناب آقای دکتر مهدی شیخ عربی که در مرکز تحقیقات پزشکی سلولی و مولکولی دانشگاه علوم پزشکی گلستان در آماده سازی نانوسیال همکاری نمودند کمال تشکر بعمل می آید.

تاییدیه اخلاقی: کلیه داده های این مقاله از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای سیف اله تنها استخراج شده و قبلا منتشر نشده است.

تعارض منافع: هیچگونه تعارض منافعی وجود ندارد.

منابع مالی: هزینه ای این پژوهش از گرنت پایان نامه آقای سیف اله تنها در دانشگاه نوشیروانی بابل انجام شده است.

مراجع

1- Ding H, Shen N, Shin YC. Thermal and mechanical modeling analysis of laser-assisted micro-milling of difficult-to-machine alloys. Journal of Materials Processing Technology. 2012 1;212(3):601-13.

2- Huo D. Micro-cutting: fundamentals and applications. John Wiley & Sons; 2013.

3- Bouzakis KD, Michailidis N, Skordaris G, Bouzakis E, Biermann D, M'Saoubi R. Cutting with coated tools: Coating technologies, characterization methods and performance optimization. CIRP annals. 2012 1;61(2):703-23.

4- Lekkala R, Bajpai V, Singh RK, Joshi SS. Characterization and modeling of burr formation in micro-end milling. Precision Engineering. 2011 1;35(4):625-37.

5- Mamedov A, Lazoglu I. Thermal analysis of micro milling titanium alloy Ti–6Al–4V. Journal of Materials Processing Technology. 2016 Mar 1;229:659-67.

6- Huo D, Lin C, Dalgarno K. An experimental investigation on micro machining of fine-grained graphite. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2014;72(5):943-53.

7- Zhang X, Ehmann KF, Yu T, Wang W. Cutting forces in micro-end-milling processes. International Journal of Machine Tools and Manufacture. 2016 1;107:21-40.

8- Cheng X, Wang Z, Nakamoto K, Yamazaki K. Design and development of PCD micro straight edge end mills for micro/nano machining of hard and brittle materials. Journal of Mechanical Science and Technology. 2010 Nov;24(11):2261-8.

9- Ucun I, Aslantas K, Bedir F. An experimental investigation of the effect of coating material on tool wear in micro milling of Inconel 718 super alloy. Wear. 2013 15;300(1-2):8-19.

10- Liu D, Nguyen T, Wang J, Huang C. Mechanisms of enhancing the machining performance in micro abrasive waterjet drilling of hard and brittle materials by vibration assistance. International Journal of Machine Tools and Manufacture. 2020; 151:103528.

11- Zhang S, Zhou Y, Zhang H, Xiong Z, To S. Advances in ultra-precision machining of micro-structured functional surfaces and their typical applications. International Journal of Machine Tools and Manufacture. 2019 1;142:16-41.

12- Dhar NR, Kamruzzaman M, Ahmed M. Effect of minimum quantity lubrication (MQL) on tool wear and surface roughness in turning AISI-4340 steel. Journal of materials processing technology. 2006;172(2):299-304.

13- Khan MM, Mithu MA, Dhar NR. Effects of minimum quantity lubrication on turning AISI 9310 alloy steel using vegetable oil-based cutting fluid. Journal of materials processing Technology. 2009 1;209(15-16):5573-83.

14- Nam JS, Lee PH, Lee SW. Experimental characterization of micro-drilling process using nanofluid minimum quantity lubrication. International Journal of Machine Tools and Manufacture. 2011 1;51(7-8):649-52.

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-05-10]

[DOR: 20.1001.1.10275940.1401.22.10.28.1]