ماه‌نامه علمی پژوهشی
مهندسی ساخت و تولید ایران
www.smeir.org
10.22034/IJME.2024.445650.1932

مطالعه اثر پارامترهای برشی و حالات روانکاری خشک و نیمه خشک در انتشار ذرات ریز و فوق ریز حین ماشینکاری کامپوزیت فلزی پایه تیتانیوم (Ti-MMC)

سیدعلی نیکنام[۱*]، ویکتور سانگمن[۲]

۱- استادیار، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
۲- استاد، دانشکده مهندسی مکانیک، اکول تکنولوژی دانشگاه کبک، مونترال، کانادا
* ایمیل نویسنده مسئول: saniknam@iust.ac.ir

اطلاعات مقاله

مقاله پژوهشی
دریافت: ۶ اسفند ۱۴۰۲
پذیرش: ۹ مرداد ۱۴۰۳

کلیدواژگان:
کامپوزیت‌های پایه فلزی
ماشینکاری
انتشار ذرات
روانکاری

چکیده

کامپوزیت پایه فلزی تیتانیوم (Ti-MMC) در محصولات و بخش‌های مختلف صنعتی جایگزینی مناسب برای آلیاژهای تیتانیوم است. به علت وجود ذرات سرامیکی سخت و ساینده در ماتریس‌های فلزی این ماده، ماشینکاری این دسته از مواد سخت و معمولاً با روانکاری انجام می‌شود. اندازه و ترکیب ذرات و غبار حاصله در طی فرایندهای روانکاری-ماشینکاری، از جمله فاکتورهای مهم و اصلی در تشخیص و تعیین درجه سمی بودن آلودگی‌های به‌دست آمده محیطی هستند. ذرات غبار معلق در اندازه‌های ۲/۵-۱۰ میکرون در نای و نایژه‌ها مانده و ذرات بزرگتر از ۱۰ میکرون به طور معمول در قفسه سینه و بینی قرار می‌گیرند. نظر به مطالعات اندک در این حوزه، اثرات پارامترهای برشی و حالات روانکاری بر انتشار ذرات فوق ریز و ریز در حین ماشینکاری Ti-MMC مورد مطالعه قرار گرفته است. بر اساس مشاهدات تجربی، اثرات پوشش و سرعت جریان بر کاهش تعداد ذرات فوق ریز واضح بودند. فارغ از نوع پوشش ابزارهای برشی، استفاده از دبی بیشتر در سیال برشی منجر به کاهش ذرات ریز شد و بالعکس هیچ اثر قابل توجهی بر روی ذرات فوق ریز مشاهده نشد. در شرایط برشی مشابه، سطوح بالاتری از ذرات ریز در حالت استفاده از ابزارهای بدون پوشش مشاهده شد. در ابزار بدون پوشش، ذرات فوق ریز کمتری در حالت استفاده از جریان سیال بیشتر مشاهده شد. به طور مشابه در ابزار پوشش داده شده، به جز سطح پایین سرعت برشی، کمترین مقادیر ذرات هنگام استفاده از ابزار پوشش داده شده در بالاترین سطوح دبی و سرعت مشاهده شد.

Study the effects of cutting parameters and lubrication conditions on the fine and ultrafine particles in machining titanium-metal matrix composite (Ti-MMC)

Seyed Ali Niknam[1*], Victor Songmene[2]
1- Assistant Professor, School of Mechanical Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran
2- Professor, Department of Mechanical Engineering, École de Technologie Supérieure (ÉTS), Université du Québec, Montreal, Canada
* Corresponding Author's Email: saniknam@iust.ac.ir

Article Information

Original Research Paper
Received: 25 February 2024
Accepted: 30 July 2024

Keywords:
Metal Matrix Composite (MMC)
Machining
Particle Emission
Lubrication

Abstract

Titanium metal matrix composite (Ti-MMC) is a suitable alternative for titanium alloys in various products and industrial sectors. Due to the presence of hard and abrasive ceramic particles in the matrix of such material, machining of Ti-MMc is generally conducted under lubrication conditions. The size and composition of particles and dust resulting from machining processes are among the critical and primary factors in determining the toxicity of environmental pollution. Aerosol emission of 2.5-10 microns remains in the trachea and bronchioles, and particles larger than 10 microns are usually located in the chest and nose. Considering limited studies in this domain, the effects of cutting parameters and lubrication conditions on the concentration of ultrafine and fine particles during machining Ti-MMC were studied in this work. The effects of coating and flow rate on dust emission reduction were tangible based on experimental observations. Regardless of the coating type, using a higher flow rate in the cutting fluid led to reduced fine particles and vice versa; no significant effect was observed on ultrafine particles. In similar cutting conditions, higher levels of fine particles were observed when using uncoated tools. In addition, on the coated tool, except for the low levels of cutting speed, the lowest values of ultrafine particles were observed in addition to high levels of cutting speed and flow rate.

برای ارجاع به این مقاله از عبارت ذیل استفاده نمایید:

Please cite this article using:

Niknam SA, Songmene V. Study the effects of cutting parameters and lubrication conditions on the fine and ultrafine particles in machining titanium-metal matrix composite (Ti-MMC). Iranian Journal of Manufacturing Engineering. 2024 May 21;11(3):63-70. doi: 10.22034/IJME.2024.445650.1932 [In Persian]

۱– مقدمه

امروزه تحقیقات زیادی پیرامون ساخت و تولید مواد پیشرفته با قابلیت‌های خاص مکانیکی، متالوژیکی و شیمیایی در جریان است. در میان مواد مذکور، کامپوزیت‌های پایه فلزی به عنوان موادی با قابلیت های ممتاز شناخته می‌شوند که دارای طیف کاربردی وسیعی در محصولات و صنایع مختلف همچون هوا فضا، انرژی و پزشکی هستند [۱-۳]. در بین کامپوزیت‌های پایه فلزی، کامپوزیت های پایه تیتانیومی دارای ویژگی‌های خاص و ممتازی همچون نسبت استحکام به وزن عالی هستند که فارغ از قیمت پایه زیاد، کماکان به عنوان جانشینی مناسب برای طیف وسیعی از سوپرآلیاژهای پایه نیکل و پایه آهن در نظر گرفته می‌شوند. کامپوزیت‌های پایه آلومنیومی نیز از دیگر مواد جدید و محبوب در صنعت هستند که با توجه به کاربرد روز افزون آن‌ها، مطالعات گسترده پیرامون مدل‌های جدید کامپوزیت‌های پایه آلومنیومی تقویت شده با ذرات نانو نیز در حال انجام است. فارغ از پیشرفت‌های به‌دست آمده در سال‌های اخیر، ماشینکاری بهینه مواد سخت تراش و با استحکام زیاد همچون کامپوزیت‌های پایه فلزی، علی‌الخصوص کامپوزیت‌های پایه تیتانیومی، دارای مشکلات و پیچیدگی‌های زیادی همچون سایش سریع ابزار برشی و در نتیجه عمرکوتاه ابزار است. از این رو یکی از راهکارهای مفید در جهت کاهش مشکلات فوق الذکر، استفاده مناسب از روش‌های مختلف روانکاری (غوطه‌وری (Wet) و روانکاری کمینه (MQL)) و روانکارهای با کیفیت در حین فرایندهای ماشینکاری است. بر اساس مطالعات موجود، ماشینکاری روغنی فارغ از تاثیر نسبی بر عمر مفید ابزار، باعث افزایش حدودا ۲۰ درصدی هزینه ماشینکاری می‌شود [۱]؛ مضافاً ایجاد تماس و واکنش‌های شیمیایی و فیزیکی بین ابزارهای برشی، قطعه‌کار و روغن‌های روانکار، منجر به ایجاد مشکلات و پیچیدگی‌های دیگری همچون تشکیل و پخش قارچ‌ها، میکروب‌ها و باکتری‌های سطحی و تشکیل ذرات و غبار در مقیاس‌های نانو و میکرو می‌شود. متاسفانه بر اثر ایجاد باکتری‌های سطحی، آلودگی‌های محیطی و بیماری‌های پوستی-قارچی به‌وجود می‌آید. در اثر تشکیل ذرات و غبار در مقیاس‌های نانو و میکرو، بیماری‌های حاد تنفسی برای کاربران و افراد حاضر در منطقه برشی و فضای کارگاهی ایجاد می‌شود. آلودگی‌های محیطی و تنفسی در زمان استفاده از روانکارهای معدنی به مراتب بیشتر از زمان استفاده از روانکارهای پایه گیاهی است. نظر به اینکه ذرات و غبار تشکیل یافته در اکثر واحدهای تولیدی شناخته و کنترل نشده است، لذا به راحتی قابل پخش در فضا و تکثیر سریع‌تر بیماری‌های حاصله در ابعاد گسترده‌تر هستند؛ از این رو کنترل و کمینه نمودن ذرات و غبار حاصله در مقیاس های نانو و میکرو از درجه اهمیت بیشتری نسبت به باکتری‌ها و میکروب‌های سطحی حاصله در دستگاه و فضای برشی برخوردارند.

اندازه و ترکیب ذرات و غبار حاصله از فرایندهای ماشینکاری از جمله فاکتورهای مهم و اصلی در تشخیص و تعیین درجه سمی بودن آلودگی‌های حاصله محیطی هستند. ذرات غبار معلق در اندازه های ۲/۵-۱۰ میکرون در نای و نایژه‌ها مانده و ذرات بزرگتر از ۱۰ میکرون به طور معمول در قفسه سینه و بینی قرار می‌گیرند. غبار و ذرات مخرب حاصله در حالت دوم معمولاً خطر فیزیکی کمتری داشته و از بدن دفع می‌شوند. ذرات فوق ریز به ذرات کوچکتر از ۰/۱ میکرون اطلاق می‌شود. ذرات کوچکتر از ۲/۵ میکرون و بزرگتر از ۰/۱ میکرون هم به عنوان ذرات ریز شناخته می‌شوند [۴]. پیدایش و تشکیل ذرات ریز در فرایندهای ماشینکاری به عللی چون تغییرشکل پلاستیک ماده برشی، اصطکاک حاصله بین ابزار و قطعه کار در حین فرایند و حالت تشکیل براده وابسته است. به طور کلی اندازه و مقیاس ذرات غبار تشکیل شده (سایز نانو و میکرو) به شدت سختی تماس بین قطعات و اجزای میکرونی تراشه‌های حاصله از فرایند ماشینکاری وابسته است [۴]. از این رو، بهترین منبع بررسی نوع، نحوه پیدایش و اندازه احتمالی ذرات و غبار حاصله، استفاده از مطالعات مرتبط با فرایند پیدایش تراشه است که به عوامل فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی مختلفی وابسته است. تاکنون مطالعات گسترده‌ای پیرامون مدل‌سازی عددی و تجربی ذرات و غبار حاصله از ماشینکاری مواد فلزی و غیر فلزی گزارش شده و عوامل تاثیرگذار بر ذرات فوق ریز و ذرات ریز حاصله در شرایط روانکاری و برشی در مواد گوناگون گزارش شده است. با این وجود، غیر از مطالعات محدودی که توسط سانگمن و همکاران [۴-۷] و محققین دیگری [۸-۱۱] بر روی آلومنیوم‌ها و فولادها انجام یافته است، شناخت عوامل موثر بر آلودگی‌های محیطی و ذرات و غبار حاصله در ابعاد گوناگون (میکرون و نانو) در ماشینکاری کامپوزیت‌های پایه تیتانیومی و کامپوزیت‌های پایه آلومنیومی تقویت یافته موجود نمی‌باشد.

بر اساس مطالعات انجام یافته و مشاهدات موجود، علاوه بر نگرانی‌های مرتبط با توانایی ماشینکاری کامپوزیت‌های پایه تیتانیومی و کامپوزیت‌های پایه آلومنیومی تقویت یافته که محور اصلی این پژوهش نمی باشد، می‌توان نتیجه گرفت که مطالعات تکمیلی در راستای بهینه‌سازی پارامترهای برشی و تبیین استراتژی‌ها و روش‌های موثر با هدف اندازه‌گیری، کنترل و کمینه‌سازی آلودگی‌های

محیطی و تنفسی در ماشینکاری کامپوزیت‌های پایه فلزی تیانیومی تقویت یافته آلومینیومی از جمله حوزه‌های مورد توجه است. در واقع یکی از معتبرترین مواد سخت برش با ویژگی‌های عالی و منحصر به فرد Ti-MMC است که می‌توان آن را جایگزینی برای سوپرآلیاژهایی مانند اینکونل و تیتانیوم دانست. بر اساس ادبیات موضوع و با وجود تحقیقات متعدد در مورد برررسی ذرات ریز و فوق ریز حین ماشینکاری آلیاژهای فلزی و بسیاری دیگر از سوپرآلیاژهای پرکاربرد [۳-۱۱]، تنها مطالعات محدودی در مورد ماشینکاری Ti-MMC با رویکردهای سنتی و غیر سنتی گزارش شده است [۱۸-۱۲]. در میان شاخصه‌های ماشین کاری، سایش ابزار، نیروهای برشی و زبری سطح (Ra) از ویژگی‌های اصلی ماشینکاری هستند که در تحقیقات علمی از اهمیت بالایی برخوردار هستند، ولیکن قابلیت ماشینکاری Ti-MMCs به طور جامع در این آثار مورد مطالعه قرار نگرفته است. فرسودگی شدید ابزار، کیفیت پایین سطح ماشینکاری شده و همچنین عمر کوتاه ابزار برشی از اصلی‌ترین مشکلاتی است که مانع از ماشینکاری Ti-MMCها می‌شود. با این حال، با توجه به بررسی ادبیات موضوع، اثرات پارامترهای برشی بر ذرات فوق ریز و ریز در طول ماشینکاری Ti-MMC در ابعاد حرفه‌ای و کلان گزارش نشده است. از این رو می‌توان اذعان کرد که تولید گرد و غبار هنگام ماشینکاری Ti-MMC موضوعی منحصر به فرد است که بسیار کم مورد توجه قرار گرفته است. این موضوع می‌تواند با مشکلات کنترل انتشار گرد و غبار، نظارت و همچنین مطالعات محدود در مورد سطوح کافی پارامترهای برشی مورد استفاده در ماشینکاری Ti-MMC مرتبط باشد. علاوه بر این، به جز تحقیقات محدود گزارش شده [۲۱-۱۸]، مطالعات اندکی در مورد تراشکاری Ti-MMC هنگام استفاده از انواع مختلف ابزارهای کاربید موجود است. بنابراین، در این پژوهش، اثرات پارامترهای برشی و حالت‌های روان‌کاری (خشک و نیمه خشک) بر انتشار ذرات فوق ریز و ریز در حین ماشینکاری Ti-MMC با استفاده از ابزارهای کاربیدی مورد مطالعه قرار گرفته است.

۲- طراحی آزمایش

در این پژوهش، کامپوزیت پایه تیتانیومی (Ti-MMC) با ترکیبات عنصری مندرج در جدول ۱ استفاده شد. آزمایش‌های ماشینکاری بر روی ماشین کنترل عددی Mazak Nexus M II -100 تحت حالت‌های مختلف روانکاری خشک و نیمه خشک به شرح اعلامی انجام شدند: طول برشی ۶۵ میلی‌متر، عمق برشی ۱ میلی‌متر، نرخ پیشروی ۰/۱۵ میلی‌متر در دور و عمق برشی ۱ میلی‌متر. علاوه بر این، پنج سرعت برشی (۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۰ متر در دقیقه) و همچنین شرایط خشک و نیمه خشک تحت دبی‌های مختلف (۱۰۰-۳۰۰ میلی‌لیتر در دقیقه) با استفاده از سیال برشی Oemeta Novamet 100 مورد استفاده قرار گرفتند. دو مدل الماسه پوشش‌دار و بدون پوشش با کدهای تجاری CNMG-432-MR4-832 و CNMG-120408 MR4-TS2500 نیز در طی فرایندهای ماشینکاری استفاده شدند. در هر آزمایش، لبه جدیدی از الماسه‌ها استفاده شدند.

جدول ۱ ترکیب عنصری Ti-MMC

تجزیه و تحلیل شیمیایی	آلومینیوم (Al)	وانادیوم (V)	کربن (C)	اکسیژن (O)	اهن (Fe)	نیتروژن (N)	هیدروژن (H)	تیتانیوم (Ti)
جرم %	۵/۵۵	۳/۸۴	۰/۹۷	۰/۲۶	۰/۰۰۴	۰/۲۱	۰/۰۰۳ >	باقیمانده (۸۹/۱۶۳)

۳- اندازه‌گیری ذرات و غبارهای ماشینکاری (ذرات ریز و فوق ریز)

ریزذرات با اندازه‌های ۰/۵ تا ۲۰ میکرومتر با استفاده از طیف‌سنج اندازه‌گیر ذرات آیرودینامیک APS، مدل ۳۳۲۱ (شکل ۱-الف) اندازه‌گیری شد. زمان جمع‌آوری داده‌ها در تمامی آزمون‌های انجام‌شده ۵۰ ثانیه تعیین شد. نمونه‌های گرد و غبار از طریق یک لوله مکش با قطر ۱۰ میلی‌متر که در فاصله افقی ۱۲۰ میلی‌متری و فاصله عمودی ۱۰ میلی‌متری از ناحیه تماس ابزار با قطعه‌کار ثابت شده بود، اندازه‌گیری گردید. در پایان نمونه‌برداری، تجهیزات APS داده‌هایی همچون غلظت ذرات (تعداد، جرم و سطح ویژه) را به عنوان تابعی از قطر آیرودینامیکی ذرات ارائه می‌دهد. ذرات توسط SMPS برای ذرات فوق ریز در ۳-۳۰۰ نانومتر (شکل ۱-ب) و APS برای ذرات ریز در محدوده ۵-۲۰ میکرومتر پایش شدند. هر دو شاخصه ذرات ریز و ذرات فوق ریز را می‌توان بر حسب غلظت سطح ویژه و غلظت جرم بیان کرد.

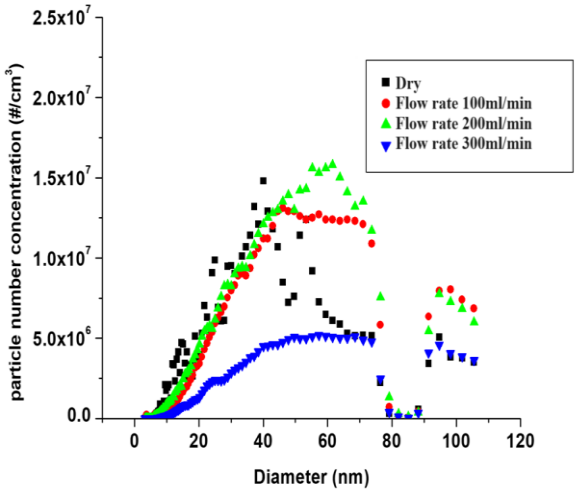
(الف) (ب)

شکل۱ سیستم‌های اندازه‌گیری ذرات و غبار در مقیاس های نانو و میکرو (ذرات ریز و فوق ریز)، الف) سیستم APS، مدل ۳۳۲۱ جهت اندازه‌گیری ذرات ریز و ب) سیستم SMPS جهت اندازه‌گیری ذرات فوق ریز

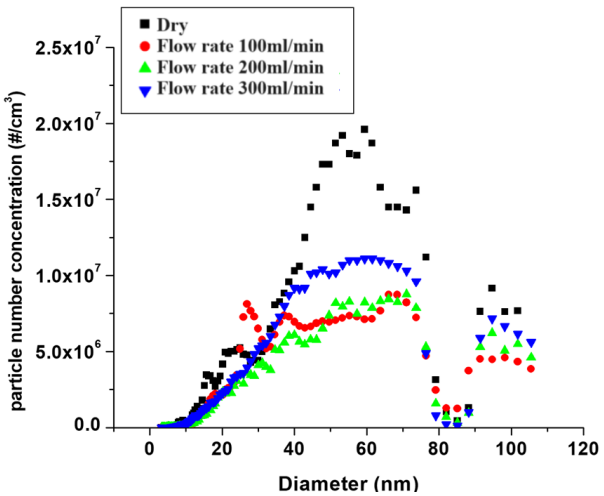
۴- تجزیه و تحلیل

تولید گرد و غبار و آلودگی‌های محیطی در طول عملیات ماشینکاری، یک پدیده اجتناب‌ناپذیر است که منجر به نگرانی‌های بهداشتی و زیست محیطی می‌شود. بر اساس مشاهدات تجربی، نتایج آزمایشگاهی به‌طور گسترده با نرخ جریان و همچنین پارامترهای ماشینکاری (به عنوان مثال نرخ تغذیه و پوشش) مورد استفاده مرتبط است. شکل ۲ غلظت تعداد ذرات فوق ریز را در هنگام تراشکاری خشک و نیمه خشک Ti-MMCs با استفاده از ابزارهای برشی پوشش داده شده و بدون پوشش در سرعت‌های برشی ۲۰، ۴۰ و ۵۰ متر در دقیقه را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل ۲ (الف) نشان داده شده است، فارغ از سرعت برشی استفاده شده، هنگام استفاده از سرعت جریان بالاتر، غلظت کمتری از ذرات مشاهده شد. به طور مشابه، غلظت کمتر ذرات در شرایط خشک در مقایسه با نرخ جریان ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌لیتر در دقیقه تا قطر ۴۰ نانومتر مشاهده شد. همان‌طور که در شکل ۲ نشان داده شده است، ابزار بدون پوشش و پوشش‌دار، مقادیر غلظت ذرات فوق ریز کمتری را می‌توان در سطوح بالاتر نرخ جریان مشاهده کرد که نشان دهنده یک اثر متقابل بین حالت روانکاری، سرعت برش و پوشش ابزار است. بر اساس شکل ۲، مشاهدات کلی مبین این موضوع است که روغن‌کاری باعث کاهش انتشار ذرات در عملیات تراشکاری می‌شود. همچنین در سطوح بالای نرخ جریان، استفاده از ابزار پوشش داده شده منجر به مقادیر کمتر ذرات فوق ریز در مقایسه با ابزار پوشش داده شده می‌شود. این پدیده می‌تواند مربوط به عدم پوشش در ابزار و همچنین استحکام بیشتر ابزار پوشش داده شده باشد که برای شرایط خشن‌تراشی مناسب‌تر است. همچنین استفاده از ابزار پوشش‌دار در سرعت برشی و دبی بیشتر منجر به کاهش ذرات فوق ریز می‌شود. با توجه به شکل ۲، فارغ از نوع ابزار مورد استفاده، سرعت برشی تاثیر قابل توجهی بر غلظت ذرات فوق ریز ندارد.

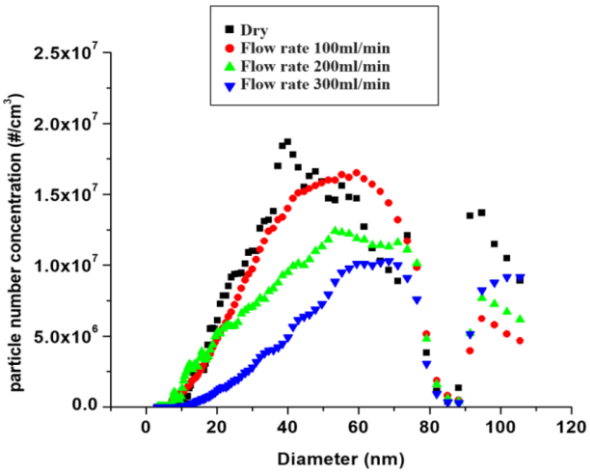
شکل ۳ غلظت ذرات ریز را در حین تراشکاری Ti-MMC با استفاده از ابزارهای پوشش‌دار و بدون پوشش در سرعت‌های برشی ۲۰، ۴۰ و ۵۰ متر در دقیقه و حالت‌های روانکاری خشک و نیمه خشک نشان می‌دهد. بر اساس شکل ۳، میزان ذرات ریز با توجه به قطر آیرودینامیکی در عملیات تراشکاری با استفاده از ابزار پوشش‌دار متفاوت از ذرات فوق ریز در شکل ۲ است. مضافا استفاده از ابزار پوشش‌دار در سطوح بالای سرعت جریان منجر به ذرات ریز بیشتری در مقایسه با شرایط خشک شد. استفاده از ابزار پوشش‌دار در قطر آیرودینامیکی کم (کمتر از ۱/۵ میکرون) در سطوح بالاتر نرخ جریان، در مقایسه با شرایط خشک، به ذرات ریزتر بیشتر منجر شد. غلظت تعداد ذرات ریز در شرایط خشک افزایش یافته و به ۳/۵ میکرون رسید، ولیکن با افزایش قطر آیرودینامیکی، کاهش یافت. با توجه به شکل ۳، سرعت برشی تاثیر قابل توجهی بر غلظت ذرات فوق ریز دارد.



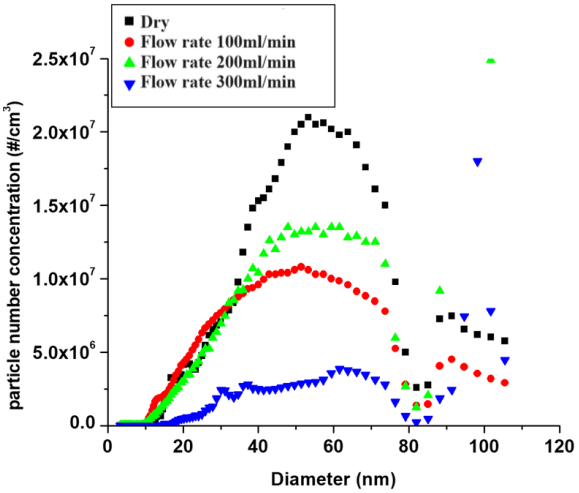
(الف) ابزار بدون پوشش_ سرعت برشی ۲۰ متر بر دقیقه



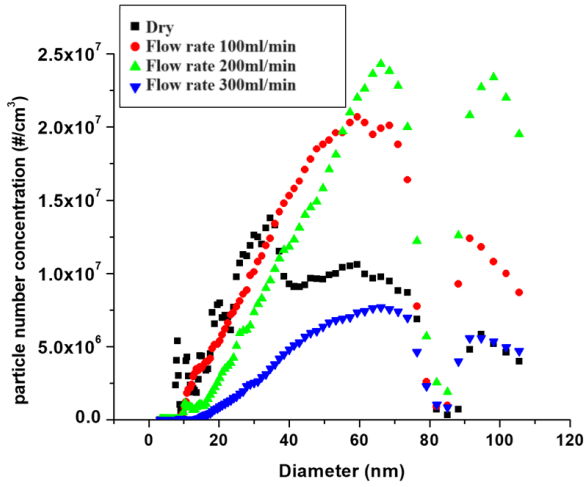
(ب) ابزار پوشش‌دار_ سرعت برشی ۲۰ متر بر دقیقه



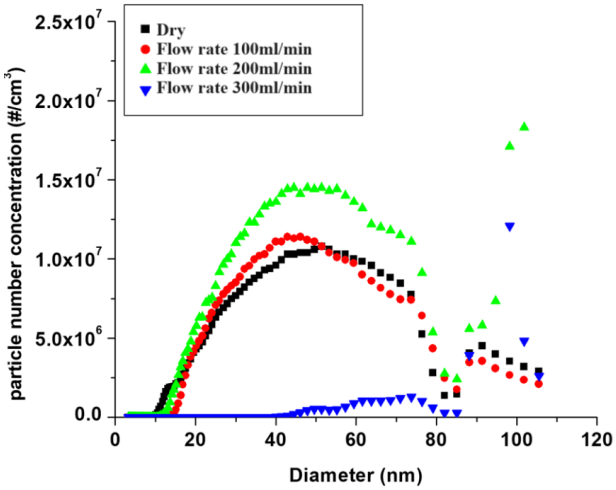
(ج) ابزار بدون پوشش_ سرعت برشی ۴۰ متر بر دقیقه



(د) ابزار پوشش‌دار_ سرعت برشی ۴۰ متر بر دقیقه

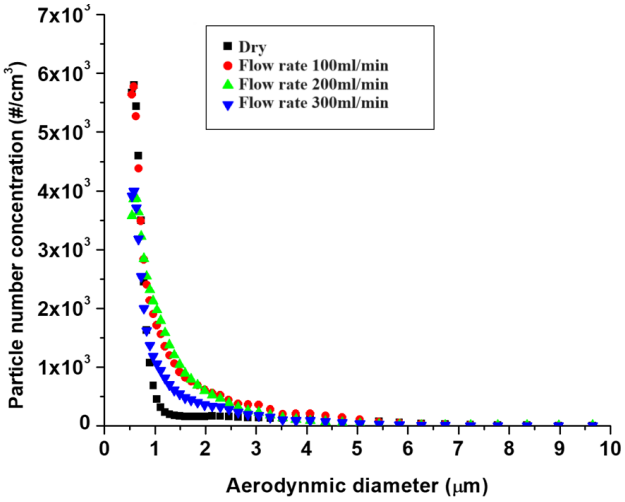


(ه) ابزار بدون پوشش_سرعت برشی ۶۰ متر بر دقیقه

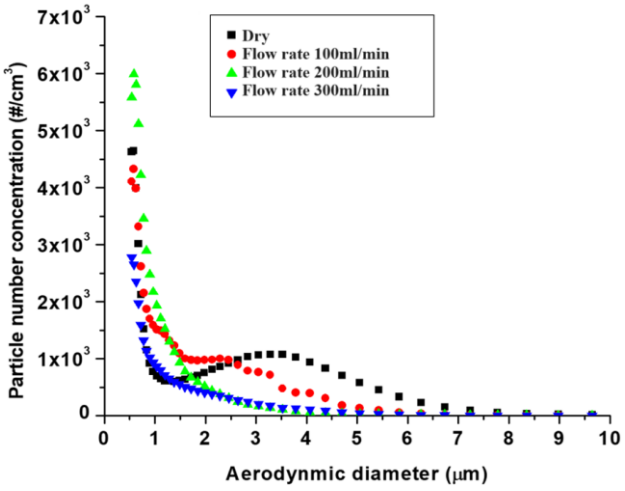


(ی) ابزار پوشش‌دار_سرعت برشی ۶۰ متر بر دقیقه

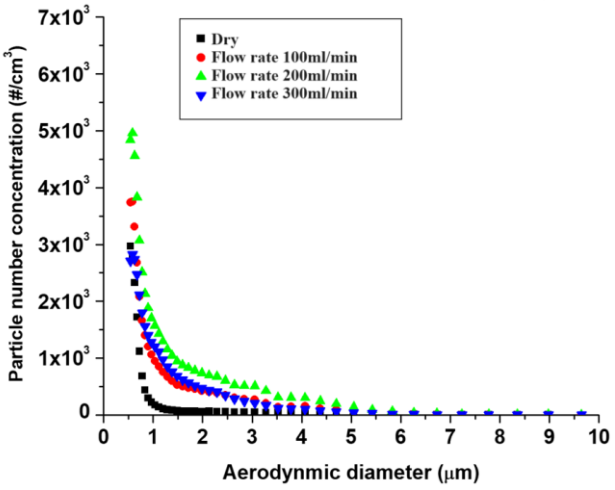
شکل ۲ غلظت ذرات فوق ریز تحت جریان و سرعت‌های مختلف برشی الف) ابزار بدون پوشش_ سرعت برشی ۲۰ متر بر دقیقه، ب) ابزار پوشش‌دار_ سرعت برشی ۲۰ متر بر دقیقه، ج) ابزار بدون پوشش_ سرعت برشی ۴۰ متر بر دقیقه، د) ابزار پوشش‌دار_ سرعت برشی ۴۰ متر بر دقیقه، ه) ابزار بدون پوشش_سرعت برشی ۶۰ متر بر دقیقه و ی) ابزار پوشش‌دار_سرعت برشی ۶۰ متر بر دقیقه



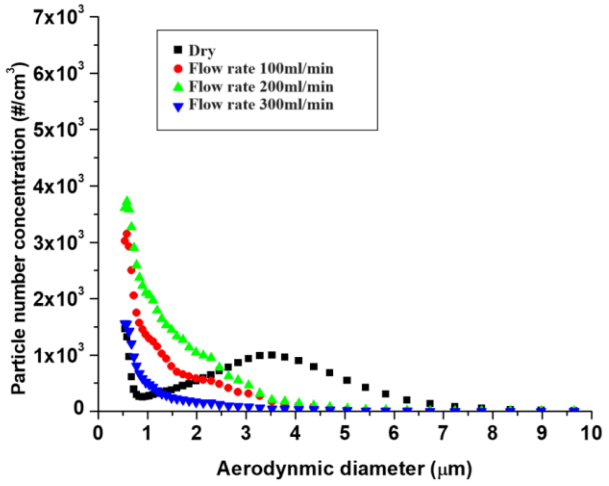
(الف) ابزار بدون پوشش_سرعت برشی ۲۰ متر بر دقیقه



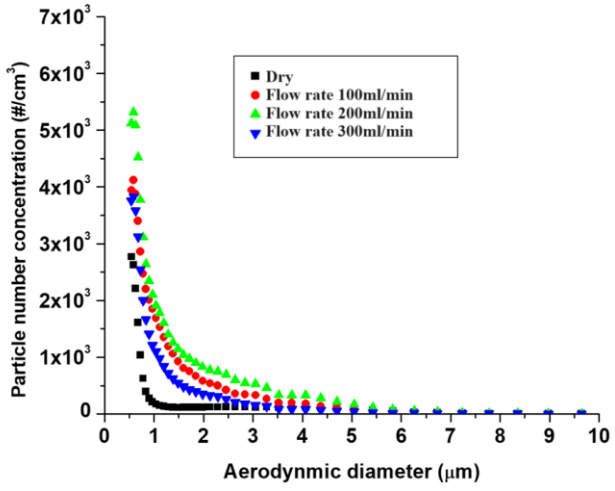
(ب) ابزار پوشش‌دار_سرعت برشی ۲۰ متر بر دقیقه



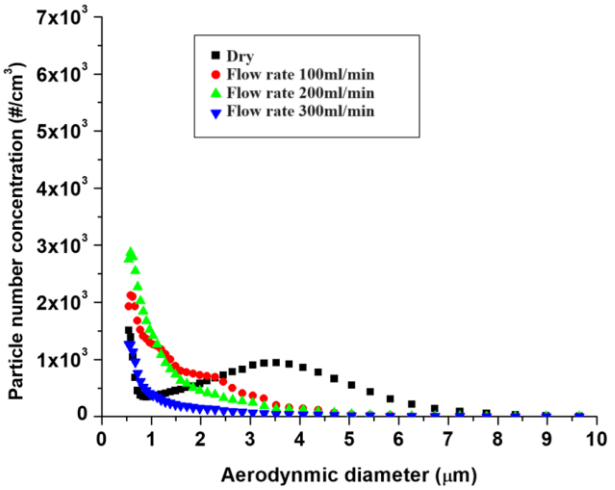
(ج) ابزار بدون پوشش_ سرعت برشی ۴۰ متر بر دقیقه



(د) ابزار پوشش‌دار_ سرعت برشی ۴۰ متر بر دقیقه



(ه) ابزار بدون پوشش_ سرعت برشی ۵۰ متر بر دقیقه



(ی) ابزار پوشش‌دار_سرعت برشی ۵۰ متر بر دقیقه

شکل ۳ غلظت ذرات ریز تحت جریان و سرعت‌های مختلف برشی الف) ابزار بدون پوشش_سرعت برشی۲۰ متر بر دقیقه، ب) ابزار پوشش‌دار_سرعت برشی ۲۰ متر بر دقیقه، ج) ابزار بدون پوشش_ سرعت برشی ۴۰ متر بر دقیقه، د) ابزار پوشش‌دار_ سرعت برشی ۴۰ متر بر دقیقه، ه) ابزار بدون پوشش_ سرعت برشی ۵۰ متر بر دقیقه و ی) ابزار پوشش‌دار_سرعت برشی ۵۰ متر بر دقیقه

۵- نتیجه گیری

اگرچه ماشین‌کاری تیتانیوم‌ها تحت شرایط مختلف برشی در سال‌ها و دوره‌های مختلف انجام شده است، لیکن غیر از مطالعات محدودی که بر روی آلومینیوم‌ها و فولادها انجام یافته است، شناخت عوامل موثر بر آلودگی‌های محیطی و ذرات و غبار حاصله در ابعاد گوناگون (میکرون و نانو) در ماشینکاری کامپوزیت‌های پایه تیتانیومی و کامپوزیت‌های پایه آلومنیومی تقویت‌یافته موجود نیست. از این رو هدف اصلی این پژوهش مقایسه اثرات حالت‌های روانکاری خشک و نیمه‌خشک و پارامترهای برشی، به ویژه سرعت برشی و پوشش ابزار بر روی ذرات فوق ریز و ریز در فرایند تراشکاری Ti-MMC است که دارای جنبه‌های نوآورانه نیز می‌باشد.

با توجه به مشاهدات تجربی، نتایج زیر حاصل می‌شود:

- به طور کلی به جز موارد اندکی، استفاده از دبی بیشتر منجر به تولید ذرات فوق ریز کمتری نسبت به ماشینکاری خشک می‌شود. در واقع، فارغ از سرعت برشی استفاده شده در ابزار بدون پوشش، ذرات فوق ریز کمتری در حالت استفاده از جریان سیال بیشتر مشاهده شد. به طور مشابه در ابزار پوشش داده شده، به جز سطح پایین سرعت برشی، کمترین مقادیر ذرات هنگام استفاده از ابزار پوشش داده شده در بالاترین سطوح دبی و سرعت مشاهده شد.
- بر اساس نتایج آزمایشگاهی، اثرات پوشش و سرعت جریان بر کاهش تعداد ذرات فوق ریز به وضوح قابل تشخیص بودند. فارغ از نوع ابزار برشی، عدم استفاده از سیال برشی تأثیر عمده‌ای بر تعداد ذرات ریز دارد. تحت شرایط برشی مشابه و استفاده از ابزارهای بدون پوشش، تعداد ذرات ریز بیشتری مشاهده شد. علاوه بر این، با توجه به نتایج تجربی، سرعت برشی تاثیر قابل توجهی بر غلظت تعداد ذرات فوق ریز نداشت. با این وجود و فارغ از نوع ابزار مورد استفاده، سرعت برشی به‌طور معنی‌داری بر ذرات ریز تأثیرگذار بود.
- اگرچه نتایج تجربی حاصله در این پژوهش تنها به یک نوع ابزار و پارامترهای برشی خاص محدود می‌شود، با این وجود و بر اساس مطالعات محدود انجام شده بر ماده بسیار گران قیمت Ti-MMC، نتایج تجربی در شرایط برشی ارائه شده به ارائه پنجره عملیاتی جهت کنترل انتشار گرد و غبار هنگام ماشینکاری Ti-MMC در شرایط مختلف کمک می‌کند. مطالعات حاضر نیاز به گسترش در حوزه‌های گسترده‌تر، با به‌کارگیری طیف وسیعی از پارامترهای برشی و شرایط تجربی دارد.

۶- تقدیر و تشکر

این پروژه با حمایت مالی مرکز مطالعات و همکاری‌های علمی بین المللی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری انجام شده است.

Reference

[1] Tayyebati M, Ahmadi H, Liaghat G. Experimental and numerical investigation on crushing of metal-composite hybrid energy absorber under a quasi-static loading. Iranian Journal of Manufacturing Engineering. 2020 Jan 21;6(8):54-66.

[2] Ronaghi A, Jabbari Mostahsan A, Sedighi M. Effect of magnesium particle size on compressive strength of Mg/Hydroxyapatite porous bio-composite. Iranian Journal of Manufacturing Engineering. 2023;10(2):33-40. doi: 10.22034/ijme.2023.420947.1861 [In Persian]

[3] Niknam SA, Khettabi R, Songmene V. Machinability and machining of titanium alloys: a review. Machining of titanium alloys. 2014:1-30. doi: 10.1007/978-3-662-43902-9_7

[4] Kouam J, Songmene V, Djebara A, Khettabi R. Effect of friction testing of metals on particle emission. Journal of materials engineering and performance. 2012 Jun;21:965-72. doi: 10.1007/s11665-011-9972-6

[5] Zaghbani I, Songmene V, Khettabi R. Fine and ultrafine particle characterization and modeling in high-speed milling of 6061-T6 aluminum alloy. Journal of materials engineering and performance. 2009 Feb;18:38-48. doi: 10.1007/s11665-008-9265-x

[6] Khettabi R, Songmene V, Zaghbani I, Masounave J. Modeling of particle emission during dry orthogonal cutting. Journal of materials engineering and performance. 2010 Aug;19:776-89. doi: 10.1007/s11665-009-9538-z

[7] Khettabi R, Songmene V, Masounave J. Effect of tool lead angle and chip formation mode on dust emission in dry cutting. Journal of Materials Processing Technology. 2007 Nov 1;194(1-3):100-9. doi: 10.1016/j.jmatprotec.2007.04.005

[8] Kremer A, El Mansori M. Influence of nanostructured CVD diamond coatings on dust emission and machinability of SiC particle-reinforced metal matrix composite. Surface and Coatings Technology. 2009 Dec 25;204(6-7):1051-5. doi: 10.1016/j.surfcoat.2009.06.012
[9] Hou TH, Su CH, Liu WL. Parameters optimization of a nano-particle wet milling process using the Taguchi method, response surface method and genetic algorithm. Powder technology. 2007 Apr 30;173(3):153-62. doi: 10.1016/j.powtec.2006.11.019
[10] Zaghbani I, Songmene V, Khettabi R. Fine and ultrafine particle characterization and modeling in high-speed milling of 6061-T6 aluminum alloy. Journal of materials engineering and performance. 2009 Feb;18:38-48. doi: 10.1007/s11665-008-9265-x
[11] Kouam J, Songmene V, Djebara A, Khettabi R. Effect of friction testing of metals on particle emission. Journal of materials engineering and performance. 2012 Jun;21:965-72. doi: 10.1007/s11665-011-9972-6
[12] Zhang XP, Shivpuri R, Srivastava AK. A new microstructure-sensitive flow stress model for the high-speed machining of titanium alloy Ti–6Al–4V. Journal of Manufacturing Science and Engineering. 2017 May 1;139(5):051006. doi: 10.1115/1.4035037
[13] Aramesh M, Attia HM, Kishawy HA, Balazinski M. Observation of a unique wear morphology of cBN inserts during machining of titanium metal matrix composites (Ti-MMCs); leading to new insights into their machinability. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2017 Sep;92:519-30. doi: 10.1007/s00170-017-0146-z
[14] Zadeh SK. Initial tool wear mechanisms in turning of titanium metal matrix composites. Ecole Polytechnique, Montreal (Canada); 2016.
[15] Bejjani R, Balazinski M, Attia H, Plamondon P, L'Espérance G. Chip formation and microstructure evolution in the adiabatic shear band when machining titanium metal matrix composites. International Journal of Machine Tools and Manufacture. 2016 Oct 1;109:137-46. doi: 10.1016/j.ijmachtools.2016.08.001
[16] Aramesh M. Machinability of titanium metal matrix composites (Ti-MMCs) (Doctoral dissertation, École Polytechnique de Montréal).
[17] Bejjani R. Machinability and modeling of cutting mechanism for titanium metal matrix composites (Doctoral dissertation, École Polytechnique de Montréal).
[18] Bejjani R, Shi B, Attia H, Balazinski MJ. Laser assisted turning of titanium metal matrix composite. CIRP annals. 2011 Jan 1;60(1):61-4. doi: 10.1016/j.cirp.2011.03.086
[19] Asgari A. Cutting Conditions Optimisation of Titanium Metal Matrix Composites in Turning and Face Milling (Doctoral dissertation, École Polytechnique de Montréal).
[20] Niknam SA, Kouam J, Songmene V, Balazinski M. Dry and semi-dry turning of titanium metal matrix composites (Ti-MMCs). Procedia CIRP. 2018 Jan 1;77:62-5. doi: 10.1016/j.procir.2018.08.215
[21] Duong X, Mayer JR, Balazinski M. Initial tool wear behavior during machining of titanium metal matrix composite (TiMMCs). International Journal of Refractory Metals and Hard Materials. 2016 Nov 1;60:169-76. doi: 10.1016/j.ijrmhm.2016.07.021