



تأثیر سرعت دورانی و ترکیب دو ذرهی ساینده آلومینیوم اکساید و سلیکون کار باشد با روش نانو پرداخت کاری با استفاده از میدان مغناطیسی

علی خوش انجام^۱، صادق امیری^{۲*}، عبدالحمید عزیزی^۳

۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی کرمانشاه، کرمانشاه

۲ مردم، ماشین ابزار، دانشگاه فنی و حرفه ای کرمانشاه، کرمانشاه

۳ استادیار، مهندسی مکانیک، دانشگاه ایلام، ایلام

*کرمانشاه، صندوق پستی -۰۷۱۵۶۶۸۴۴۹ ah.azizi@ilam.ac.ir

چکیده

پرداخت کاری با استفاده از میدان مغناطیسی^۱ (NNMAF)، روشنی نوین برای برآمد پردازی بصورت مکانیکی بوده و از طریق سایش ابزار، که بصورت پودر ذرات ساینده در فرآیند NMAF می‌باشد، نیزیو مورد نیاز برای حرکت ابزار توسط میدان مغناطیسی که خود دارای حرکت نسبی با قطعه کار است تأمین می‌شود. این روش برای پرداخت قطعات فلزی غیرمغناطیسی یا قطعات غیر فلزی قابل استفاده است. یکی از ویژگی‌های خاص این روش توانایی انجام پرداخت کاری روی سطوحی از قطعه است که بدليل شکل هندسی ابزارهای معمول تووانایی انجام کار را برخواه آن‌ها ندارند. این مقاله با استفاده از مکانیزم پرداخت کاری سوپر آیاژا و فلات سخت و همچنین برای سطوحی که فرم‌های خاص دارند و نمی‌توان از طرق دیگر به این میزان پرداخت سطحی دست پیدا کردد. این مقاله با استفاده از NMAF برای پرداخت کاری سطوح خارجی بر روی میله‌های ارجنس سوپر الیاژ هاستالوی C206 شرح داده شده است که کیفیت سطح در حد نارانچه می‌باشد. این روش می‌تواند آهنرباهای متغیر استفاده شده است. در آزمایشات انجام شده سعی بر آن شده است که تأثیرات ذرات ساینده و دوران بروی کیفیت سطوح قطعات مورد بررسی قرار گیرد. افزایش سرعت دورانی تأثیر گذار بوده و افزایش آن تا مقدار خاصی سبب دستیابی به صافی سطح بهتر می‌شود. عامل اصلی تأثیرگذار بروی کیفیت سطح مقدار استفاده از ذرات ساینده می‌باشد. در این تحقیق از ذرات ساینده آلومینیوم اکسید و برای اولین بار از سلیکون کار باشد و تلفیق آن‌ها مورد استفاده قرار گرفته است. با افزایش سرعت حرکت نسبی نیز تا محدوده خاصی تأثیر مثبت در نتیجه دیده می‌شود اما با گذشت این محدوده تأثیر افزایش سرعت عکس شده و روی نتایج فرآیند اثر ناطولوب خواهد داشت.

کلید واژگان: نانو پرداخت کاری، میدان مغناطیسی، پودرهای ساینده، سرعت دورانی، آهنربای متغیر، صافی سطح.

The effects of angular velocity and combination of AlO₂ and SiC abrasive particle by use of NNMAF method

Ali Khoshanjam¹, Sadehg Amiri^{2*}, Abdolhamid Azizi³

1- Mechanical Student of azad university, Kermanshah, Iran

2- Preceptor at Technical and Vocational University, Kermanshah, Iran

3- Assistant Professor of Mechanical Engineering, Ilam University

* P.O.B. 6715668449, Kermanshah, Iran, ah.azizi@ilam.ac.ir

ABSTRACT

Nano Magnetic Abrasive Finishing (NMAF) is a modern method for machining by abrading tool which is in the form of abrasive powder applied to the surface concerned in the process of magnetic abrasive finishing (MAF). The energy required for motion of the tool is provided by a magnetic field which, in turn, has a motion relative to the workpieces used. This method is used for finishing non-magnetic metal and/or non-metallic parts. A characteristic feature of this method is its capability of finishing surfaces which, considering their special geometric configuration, the ordinary tools cannot be applied to them, such as super alloys and hard metals and surfaces having special forms not amenable of surface finishing by use of other methods. In this article, the use of MAF for finishing outer surfaces of Hostalloy C276 alloy bars is described in which the surface quality is promoted to nano level. For creating magnetic fields, variable magnets have been used. In the tests performed, efforts were made to survey the effects of abrasive particles and angular velocity on the quality of the surfaces of the workpieces. Escalation of angular velocity is effective and will lead to achievement of a better smoothness of the surfaces. The main factor affecting the surface quality is the amount of the abrasive particles used for the escalation. In this study, Aluminum oxide and silicon carbide abrasive particles and their combination have been used for the first time. Increasing of relative motion velocity to a certain extent will lead to positive results, but surpassing this limit will lead to an inverse result and will render undesirable effects on the process result.

Keywords: Abrasive Powders, Angular Velocity, Nano Finishing, Surface Smoothness, Variable Velocity Magnets.

میدان مغناطیسی، یکی از روش‌های جدید پرداخت کاری است که در این

مقاله سعی شده است همراه با معرفی یکی از کاربردهای آن مورد بررسی قرار گیرد و چند پارامتر مهم آن معرفی و بررسی شوند. در این روش، فرآیند پرداخت کاری، که شکلی از ماشین‌کاری است، بصورت کاملاً مکانیکی انجام

۱- مقدمه

نیاز روزافزون به سطوح پرداخت شده و دقیق در قطعات مختلف صنعتی و نانوایی روش‌های سنتی و معمول در بسیاری از موارد باعث شده تا روش‌های جدید برای پرداخت سطوح ابداع شوند. روش پرداخت کاری سایشی به کمک

1. Nano magnetic Abreasive Finishing

Please cite this article using:

A. Khoshanjam , S. Amiri, A. Azizi, The effects of angular velocity and combination of AlO₂ and SiC abrasive particle by use of NNMAF method, *Modares Mechanical Engineering, Proceedings of the Advanced Machining and Machine Tools Conference*, Vol. 15, No. 13, pp. 234-239, 2015 (in Persian)

برای ارجاع به این مقاله از عبارت ذیل استفاده نمایید:

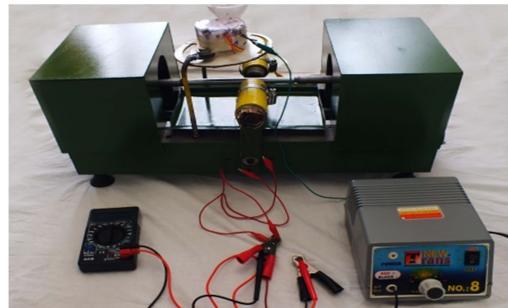
میلگرد با استفاده از دستگاه تراش^۱ CNC به قطر ۳۱ میلی‌متر رسید (شکل ۱)، و سپس در عملیات سنگزنی با دستگاه سنگ سنترلس MC50 به قطر ۴۰ میلی‌متر پرداخت اولیه جهت انجام فرایند آماده گردید. قطعات سنگزنی شده در دستگاه ساخته شده مخصوص فرایند MAF قرار داده شد (شکل ۳).

براساس تحقیقات انجام شده [۴] متغیرهای این فرایند از جمله گپ، زمان فرآیند، میزان شدت میدان مغناطیسی و مقدار روغن به عنوان ثابت‌های این تحقیق به ترتیب مطابق جدول ۲ انتخاب گردید.

ذرات ساینده‌ی مورد استفاده در این تحقیق از آلومینیوم اکسید و سیلیکون کارباید انتخاب گردیده است. آلومینیوم اکسید سفید خالص ترین ماده ساینده است و حدود ۹۹/۵٪ آلومینیم اکسید خالص دارد. سیلیکون کارباید سخت‌تر از آلومینیم اکسید و شکننده‌تر از آن است سیلیکون کارباید سبز یکی از سخت‌ترین مواد مصنوعی است، کاربرد اصلی این ماده ساینده سنگزنی ابزارهای کاربایدی الماسی می‌باشد (شکل ۴).



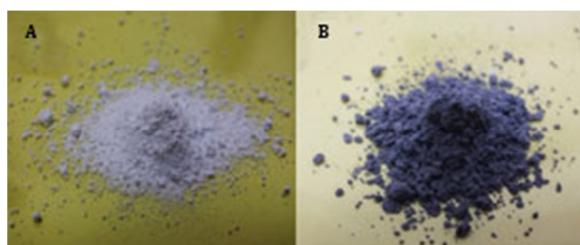
شکل ۲ نمایی از نمونه‌های مورد آزمایش



شکل ۳ نمایی از دستگاه MAF

جدول ۲ مشخصات متغیرهای ثابت آزمایش

اسم	گپ	زمان	شدت جریان	ذرات ساینده	روغن
مقدار ۶ گرم	۰/۵ میلی‌متر	۲۲ دقیقه	۱ تسل	۱۲ گرم	۶ گرم



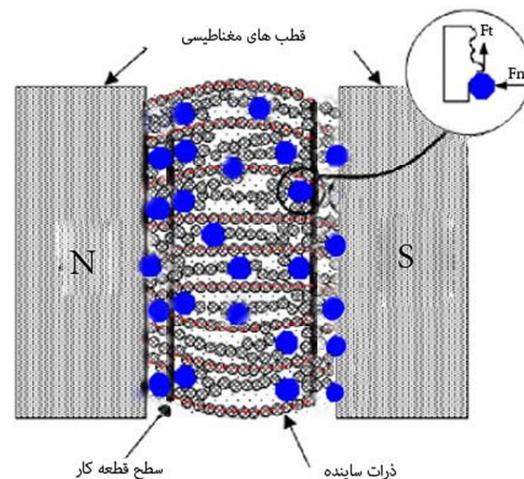
شکل ۴ نمایی از ذرات (A) آلومینیوم اکسید و (B) سیلیکون کارباید

1. CNC FAGOR 8055A-T

می‌شود و در آن تمامی اجرای ماشین‌کاری سنتی، از قبیل قطعه‌کار، ابزار، و ماشین‌کاری وجود دارد. اما المان جدیدی که وظیفه‌ی تولید انرژی یا نیروی ماشین‌کاری را به عهده دارد میدان مغناطیسی متغیر یا ثابت است (شکل ۱). در این تحقیق از آهنربای متغیر که جهت انجام این آزمایش طراحی و ساخته شده است، استفاده خواهد شد [۱] میزان قدرت این میدان مغناطیسی برای پرداخت کاری، ۱ تسل در نظر گرفته شده است [۲] که این میزان شدت میدان مغناطیسی برای این آزمایش مناسب و حتی می‌توان گفت بیشتر از میدان مغناطیسی موردنیاز می‌باشد [۲]. در فرایند NMAF ابزار برشی بصورت ذرات بسیار کوچک پودری شکل هستند که در اندازه‌های مختلف عرضه می‌شوند. البته پودر ساینده می‌تواند مغناطیسی بوده و مستقیم مورد استفاده قرار گیرد. اگر ذرات حالت مغناطیسی نداشته باشند در جهت مغناطیسی کردن آن‌ها از مخلوط پودر آهن استفاده می‌شود. در این تحقیق از ذرات ساینده‌ی آلومینیوم اکسید، سیلیکون کارباید و ترکیب این دو و مقایسه‌ی آن‌ها به عنوان ذرات ساینده استفاده می‌شود. در فرایند NMAF پودر ساینده روی سطحی از قطعه‌کار که باید پرداخت شود قرار می‌گیرد. موقعیت قرارگیری پودر باید به گونه‌ای باشد که در حوزه میدان مغناطیسی ایجاد شده قرار گیرد. با حرکت نسبی بین قطعه‌کار و میدان مغناطیسی پودر ساینده نیز نسبت به قطعه‌کار حرکت خواهد کرد. این حرکت همراه با نیروی فشاری ناشی از میدان مغناطیسی باعث پرداخت سطح قطعه می‌شود. از فرایند NMAF برای پرداخت سطوحی که دیگر ابزارها توان انجام پرداخت آن را ندارند استفاده می‌شود، مانند سطوح ناهمگون و غیرمتقارف. در این تحقیق، آزمایش بر روی میله‌ای از جنس سوپرآلیاژ هاستالوی C۲۰۶ به قطر ۳۰ میلی‌متر استفاده شده است.

۲- روش تحقیق

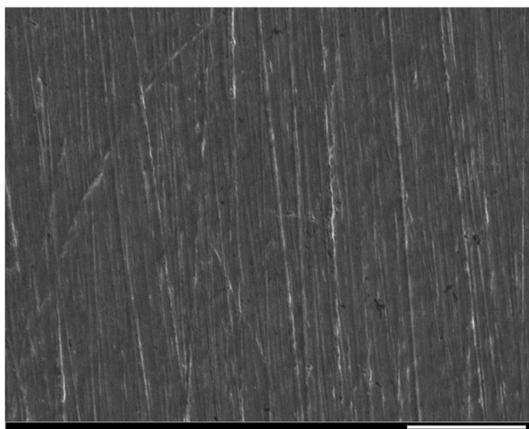
در این تحقیق عملیات پرداخت کاری روی میلگردی از جنس هاستالوی C۲۰۶ شده به قطر ۳۰ میلی‌متر انجام شد. ترکیب شیمیایی آلیاژ فولاد هاستالوی C۲۰۶ در جدول ۱ ارائه شده است.



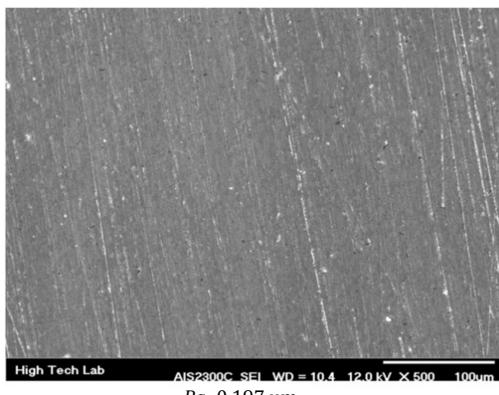
شکل ۱ نمای شماتیک از پرداخت کاری با استفاده از میدان مغناطیسی

جدول ۱ ترکیب شیمیایی آلیاژ فولاد هاستالوی C۲۰۶

ترکیبات	کروم	منگنز	سیلیسیوم	کربن	نام اختصاری
شیمیایی					



شکل ۶ نمای میکروگرافی SEM در دوران ۵۰۰ rpm



شکل ۷ نمای میکروگرافی SEM در دوران ۱۵۰۰ rpm

باشد، اما بدليل سختی بالا اين ذره کيفيت سطح و پرداخت کاري بdest آمده از اين ماده‌ی ساینده بهتر از آلومينيوم اكسيد می‌باشد (شکل ۷).

۲-۱ مقایسه ۲ ذره ساینده در دوران ۱۵۰۰ rpm

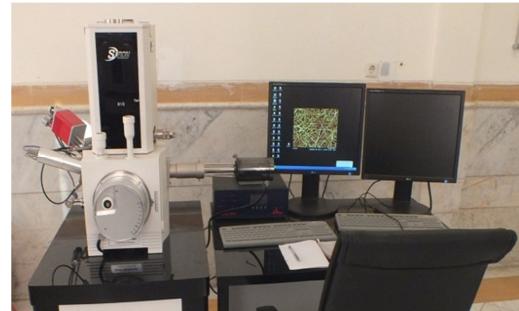
با توجه به عکس‌های بdest آمده از دستگاه SEM می‌توان گفت کيفيت سطح نمونه‌ی پرداخت شده با ذره‌ی سیلیکون کارباید دارای سطحی پرداخت تر و عرض شیارهای کمتر می‌باشد (شکل ۷). پس می‌توان نتیجه گرفت ذره‌ی سیلیکون کارباید می‌تواند بدليل سختی بالاتر کيفيت نسبتاً بهتری از نمونه‌ی پرداخت شده با ذره‌ی ساینده‌ی آلومینیوم اکساید بوجود بیاورد. اما بدليل ترد بودن زیاد اين ذره بیازان مصروف آن در طول عملیات پرداخت کاري بیشتر بود. همان‌گونه که در شکل ۸ آمده است کيفيت سطح نمونه‌های پرداخت شده با ذره‌ی ساینده‌ی سیلیکون کارباید دارای مقدار ۰/۱۷۹ میکرومتر بوده که اين مقدار برای ذرات ساینده آلومینیوم اکساید مقدار ۰/۲۱۷ میکرومتر می‌باشد.

۳-۱ تأثیر ذرات ساینده آلومینیوم اکسید و سیلیکون کارباید در دوران ۱۵۰۰ rpm

نوع ذره‌ی ساینده و مقدار آن يکی از پارامترهای مهم در پرداخت کاري به روش MAF می‌باشد. در دوران ۱۵۰۰ rpm با استفاده از ذره‌ی ساینده‌ی آلومینیوم اکسید کيفيت سطح به مقدار قابل توجهی نسبت به سطح سنگ زده شده ارتقاع پیدا کرد شکل ۶ و پیچگی ذرات ساینده‌ی آلومینیوم اکسید به گونه‌ای می‌باشد که دارای چقرمگی بالا هستند که اين امر سبب می‌شود، زمان استفاده از اين ذرات طولاني تر باشد. ذرات در زمان طولاني استفاده، لبه‌های تيز خود را از دست می‌دهند و اين باعث می‌شود که کيفيت سطحی که از اين ذره بdest می‌آيد تا مقدار مشخصی ثابت بماند.

ذرات ساینده‌ی سیلیکون کارباید دارای سختی بسيار بالايی نسبت به آلومینیوم اکسید می‌باشد که همين امر باعث شده است از اين ذره برای سنگ‌زنی فولادهای سخت HSS و فولادهای ابرازاسازی استفاده شود. اما اين ذره‌ی ساینده چقرمگی کمتری نسبت به ذره‌ی ساینده آلومینیوم اکسید دارا می‌باشد [۷] و همين امر باعث شد که مراحل تعويض اين ذره ساینده کوتاه

1. VK.Jain



شکل ۵ نمایی از دستگاه SEM

سرعت دورانی انتخاب شده و مورد بررسی ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ rpm انتخاب گردیده است در اين آزمایش از آهنربای متغير با شدت جريان ۱ Tesla استفاده گردید. پس از انجام تست‌های موردنظر در دوران مختلف و ذرات مختلف قطعات را جهت اندازه‌گيری کيفيت سطح مورد بررسی در دستگاه میکروسکوب الکترونیکی با استاندارد AIS2300C مورد بررسی قرار می‌دهیم (شکل ۵).

۳- تفسیر و تحلیل نتایج

سرعت دورانی بين قطعه‌کار و میدان مغناطیسي يکی از مواردی است که می‌تواند روی صافی سطح قطعه‌کار و زمان پرداخت کاري اثرگذار باشد [۶]. براساس کار انجام شده‌ی وي.کي. جين^۱، که از دوران ۱۵۰۰ الى ۲۰۰۰ کيفيت سطح رویه بهبود است که بعد از دوران ۲۰۰۰ سطح هیچ‌گونه تغيير محسوسی در آن ایجاد نمی‌شود [۵]. قبل از دوران ۱۵۰۰ بهبود کيفيت سطح ناچیز و خطی می‌باشد بعد از دوران ۲۰۰۰ بهبود کيفيت سطح ثابت می‌ماند.

براساس تحقیقات و نتایج بdest آمده از آزمایش وي.کي. جين در این آزمایش برای مقایسه و تائیرگذار بودن دوران از دو دوران ۲۰۰۰ rpm و ۱۵۰۰ استفاده شده است و با ثابت نگه داشتن دیگر متغيرهای اين آزمایش و استفاده از دو ذره‌ی ساینده‌ی آلومینیوم اکسید و سیلیکون کارباید به تائیر این دو دوران و این دو ذره‌ی ساینده بر صافی سطح می‌پردازیم [۳]

۳-۱ تأثیر ذرات ساینده آلومینیوم اکسید و سیلیکون کارباید در دوران ۱۵۰۰ rpm

نوع ذره‌ی ساینده و مقدار آن يکی از پارامترهای مهم در پرداخت کاري به روش MAF می‌باشد. در دوران ۱۵۰۰ rpm با استفاده از ذره‌ی ساینده‌ی آلومینیوم اکسید کيفيت سطح به مقدار قابل توجهی نسبت به سطح سنگ زده شده ارتقاع پیدا کرد شکل ۶ و پیچگی ذرات ساینده‌ی آلومینیوم اکسید به گونه‌ای می‌باشد که دارای چقرمگی بالا هستند که اين امر سبب می‌شود، زمان استفاده از اين ذرات طولاني تر باشد. ذرات در زمان طولاني استفاده، لبه‌های تيز خود را از دست می‌دهند و اين باعث می‌شود که کيفيت سطحی که از اين ذره بdest می‌آيد تا مقدار مشخصی ثابت بماند.

ذرات ساینده‌ی سیلیکون کارباید دارای سختی بسيار بالايی نسبت به آلومینیوم اکسید می‌باشد که همين امر باعث شده است از اين ذره برای سنگ‌زنی فولادهای سخت HSS و فولادهای ابرازاسازی استفاده شود. اما اين ذره‌ی ساینده چقرمگی کمتری نسبت به ذره‌ی ساینده آلومینیوم اکسید دارا می‌باشد [۷] و همين امر باعث شد که مراحل تعويض اين ذره ساینده کوتاه

همان‌گونه که پیش‌تر در مورد دو ذره بحث و نتیجه‌گیری انجام شد براساس شکل ۱۱ می‌توان گفت با تغییر ذرات ساینده از آلومینیوم اکساید به سیلیکون کاربید کیفیت سطح نیز بهبود می‌یابد. کیفیت سطح نمونه‌ی پرداخت شده با ذره ساینده سیلیکون کاربید در دوران ۲۰۰۰ rpm به مقدار $0.097\text{ }\mu\text{m}$ میکرومتر می‌باشد که بدلیل سختی ذره ساینده سیلیکون کاربید است. اما مقدار عددی Ra بدست آمده برای ذره ساینده آلومینیوم اکساید به مقدار $0.127\text{ }\mu\text{m}$ میکرومتر است.

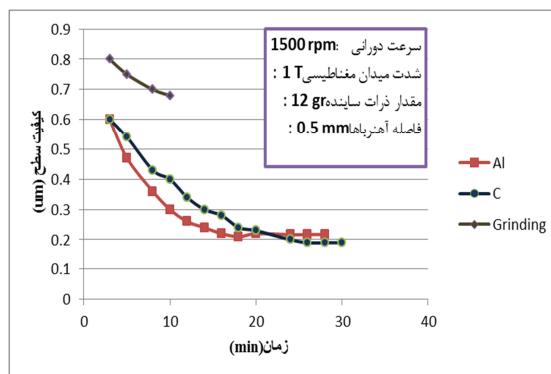
حال می‌توان نتیجه گرفت با تغییر دوران و نوع ذرات ساینده کیفیت سطح مطلوبی بدست آمده است زیرا در دوران ۲۰۰۰ rpm چون قطعات با سرعت بالاتری نسبت به نمونه‌های ۱۵۰۰ rpm دوران دارند و همین امر سبب می‌شود که تماس ذرات با قطعه کار در زمان تعیین شده (۳۲ دقیقه) بیشتر از حالت دوران ۱۵۰۰ rpm باشد. پس می‌توان گفت دلیل بهتر بودن کیفیت سطح در سرعت دورانی بالاتر، سطح تماس بیشتر و در مدت ثابت می‌باشد (شکل ۱۲).

۴-۳ - تأثیر ذرات ترکیبی آلومینیوم اکساید و سیلیکون کاربید بر کیفیت سطح در دوران ۲۰۰۰ rpm

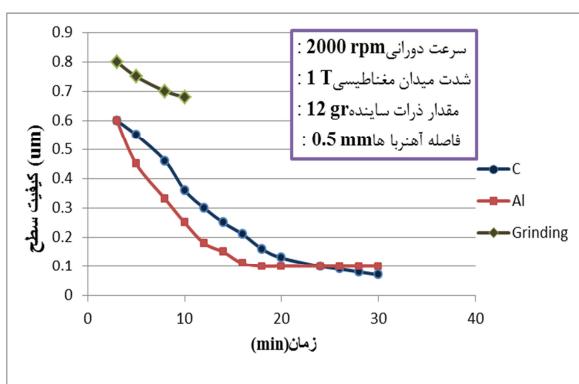
در آزمایشات گذشته چنین نتیجه‌گیری شد که با افزایش دوران از ۱۵۰۰ به 2000 rpm کیفیت سطح مطلوب‌تری بدست می‌آید. پس برای این آزمایش جدید از دورانی استفاده شد که بهینه‌ترین کیفیت سطح را در آن حاصل شده، همان‌گونه که در بخش‌های قبل در مورد ذرات ساینده صحبت شد، در نتیجه‌گیری‌ها این امر اثبات گردید که نمونه‌های پرداخت شده با ذرات سیلیکون کاربید دارای کیفیت سطح مطلوب‌تری می‌باشد. اما مقدار وزن ذره استفاده شده سیلیکون کاربید از آلومینیوم اکساید بیشتر بود که این امر نشان دهنده ترد بودن و زود از بین رفتن ذره ساینده سیلیکون کاربید نسبت به آلومینیوم اکساید می‌باشد [۶]. پس با تکیه بر مزایا و معایب

سرعت دورانی مدت زمان بیشتری ذرات با سطح قطعه کار در گیربوده و این امر سبب بهبود کیفیت این سطح نسبت به سطح با دوران 1500 rpm می‌باشد.

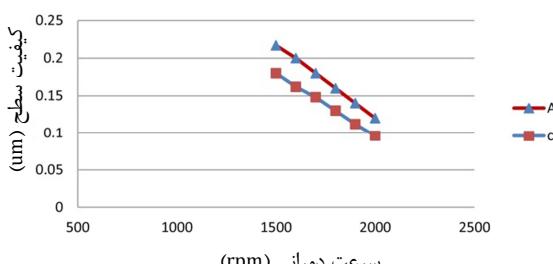
به دلیل سختی بالاتر ذره ساینده سیلیکون کارباید و استفاده از سرعت دورانی بالاتر، کیفیت سطح بدست آمده از این ماده ساینده بهتر از کیفیت سطح بدست آمده با آلومینیوم اکساید می‌باشد (شکل ۱۰). بهبود کیفیت سطح در دو ذره آلومینیوم اکساید و سیلیکون کاربید باهم متفاوت است که این تفاوت بدلیل سختی و چرمگی این دو ذره می‌باشد.



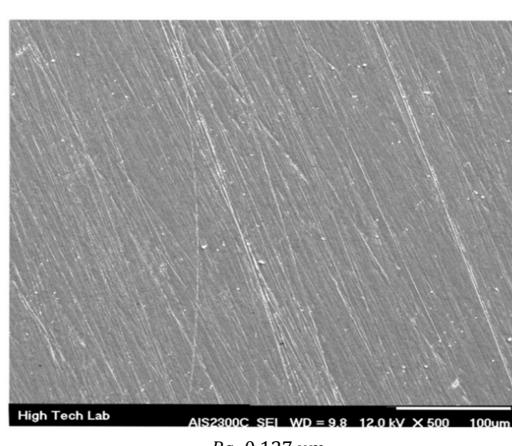
شکل ۸ مقایسه کیفیت سطح دو ذره ساینده براساس سرعت دورانی 1500 rpm



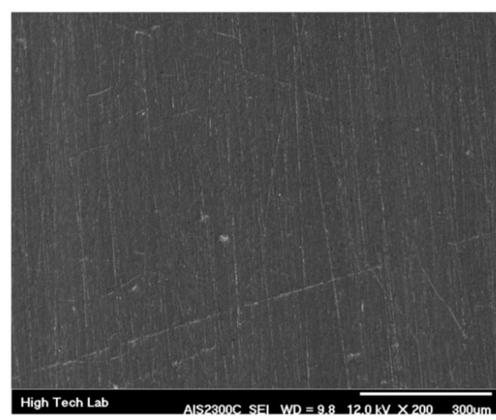
شکل ۱۱ مقایسه کیفیت سطح براساس سرعت دورانی 2000 rpm



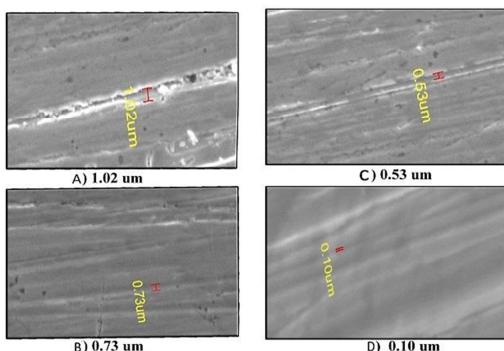
شکل ۱۲ مقایسه کیفیت سطح براساس سرعت دورانی 1500 rpm و 2000 rpm



شکل ۹ نمای میکروگرافی SEM دو ذره ساینده دوران 2000 rpm



شکل ۱۰ نمای میکروگرافی SEM ذره ساینده سیلیکون کاربید با دوران 1500 rpm



شکل ۱۵ نمایی از کاهش عرض شیارها در طی فرآیند ترکیبی آلومینیوم و سلیکون کارباید A. مرحله اول B. مرحله دوم C. مرحله سوم D. مرحله چهارم

۴- نتیجه‌گیری

- استفاده از فرآیند NMAF منجر به پرداخت نهایی سطح با کیفیت بالا می‌شود، بطوری که کیفیت سطح سنگزنانی در حدود ۰/۶۸۱ میکرومتر بوده و پس از انجام فرآیند به مقدار ۰/۰۳ میکرومتر بهبود پیدا کرد که می‌توان دلیل بهبود کیفیت سطح را تغییر سرعت دورانی و تغییر نوع ذره و در مرحله پایانی که کیفیت سطح به عدد ۰/۳ نانومتر رسیده است به دلیل آن است که ذرات ساینده ترکیب شده اند.
- افزایش کیفیت سطح با استفاده از ذرات ساینده آلومینیوم اکساید نسبت به سطح سنگزنانی شده با دوران ۱۵۰۰ دور بر دقیقه که نشان دهنده تاثیر ذرات آلومینیوم اکساید در روش NMAF نسبت به سطح سنگزنانی شده می‌باشد.
- افزایش کیفیت سطح با استفاده از ذرات ساینده سلیکون کاربید با دوران ۱۵۰۰ دور بر دقیقه به نسبت آلومینیوم اکساید در دوران ۱۵۰۰ دور بر دقیقه که نشان دهنده سختی بیشتر و جنس مطلوبتر ذره ساینده سلیکون کارباید جهت پرداخت کاری این آلیاز است.
- افزایش کیفیت سطح با استفاده از ذرات ساینده آلومینیوم با دوران ۲۰۰۰ دور بر دقیقه به نسبت ذرات ساینده مشابه در دوران ۱۵۰۰ دور بر دقیقه، که می‌توان به تاثیر مطلوب دوران بالاتر از ۱۵۰۰ بر روی کیفیت سطح اشاره کرد.
- افزایش کیفیت سطح با استفاده از ذرات سلیکون کاربید با دوران ۲۰۰۰ دور بر دقیقه به نسبت ذرات ساینده مشابه در دوران ۱۵۰۰ دور بر دقیقه تاثیر دوران که باعث می‌شود تماس ذرات با سطح کار بیشتر از دوران ۱۵۰۰ باشد.
- افزایش کیفیت سطح با استفاده از ذرات آلومینیوم اکساید و سلیکون کاربید با دوران ۲۰۰۰ دور بر دقیقه ترکیب این دو ذره باعث شده که سختی ذره ساینده سلیکون کارباید در کنار چرمگی ذره ساینده‌ی آلومینیوم اکساید قرار بگیرد و این ترکیب سبب شده بهترین کیفیت سطح نسبت به نمونه‌های قبلی و با دوران ۲۰۰۰ باشد.

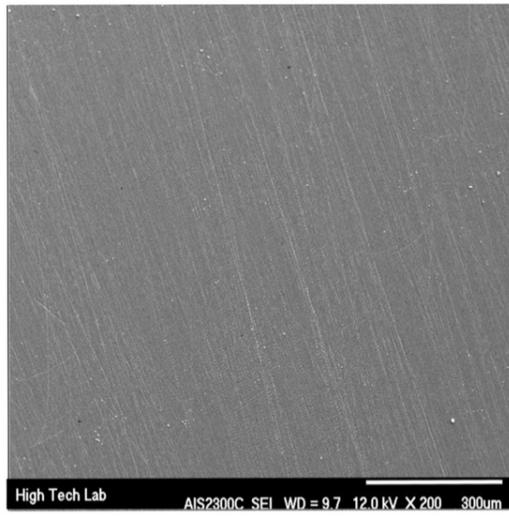
۵- تقدیر و تشكر

باسپاس و تقدیر از دوستان و همکارانی که ما را در این تحقیق یاری نمودند. کیوان خوش انجام، عارف اعظمی، شاهو روحانی، وحیدانش پژو، حسین شیرمحمدی، مصطفی راستگو.

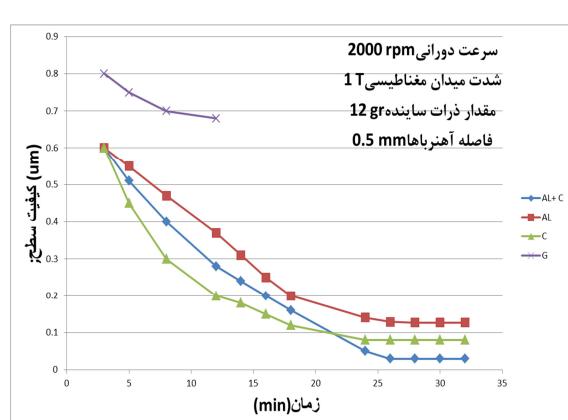
این دو نوع ذره یک نوع آزمایش جدید اجرا گردید در این آزمایش با تکیه بر سخت بودن ذرات سلیکون کاربید و چرمگی آلومینیوم اکساید سطح پرداختی را می‌توان بدست آورد که کیفیت سطح در این آزمایش بالاتر می‌رسد و صرفه اقتصادی نسبت به حالت‌های دیگر دارد. در عکس گرفته شده از میکروسکوپ SEM شکل ۱۳ می‌توان مشاهده کرد که کیفیت سطح به دست آمده از ترکیب این دو ذره از نمونه‌های قبلی بهتر می‌باشد.

می‌توان براساس نمودار رسم شده در شکل ۱۴ نتیجه گرفت کیفیت سطح بدست آمده از ترکیب دو ذره در دوران یکسان نسبت به کیفیت سطح به دست آمده از ذره‌های ساینده‌ای که بصورت جداگانه آزمایش شده‌اند، دارای سطح مطلوب تری و باکیفیت بالاتری می‌باشد.

۵-۳- تأثیر ترکیب دو ذره ساینده بر روی صافی سطح در دوران ۲۰۰۰ rpm براساس تصاویر مacroگرافی گرفته شده از نمونه مورد آزمایش شماره ۵ و تاثیر تعویض ذرات ساینده می‌توان مشاهده نمود که در ۴ مرحله تعویض ذرات عرض شیارهای سطح کاهش می‌باید و کیفیت سطح مطلوب می‌شود به نحوه‌ای که در مرحله نهایی تعویض ذرات، اثر بسیار کمی از شیارهای سطح مشخص است و کیفیت سطح نیز تا ۰/۱ میکرومتر بهبود یافته است (شکل ۱۵).



شکل ۱۳ نمای میکروگرافی SEM در دوران ۲۰۰۰ rpm



شکل ۱۴ کیفیت سطح با ذرات ترکیبی براساس سرعت دورانی ۲۰۰۰ rpm

151, 2011

- [4] W. Kordonski, A. Shorey, Magnetorheological (MR) jet finishing technology, *Journal of Intelligent Material Systems and Structures*, Vol 18, pp 1127–1130, 2007.
- [5] V.K. Jain, Zhang, J.N. Liu, Effect of magnetic field on properties of MR fluid, *International Journal of Modern Physics B* 19 , pp 597–601, 2005.
- [6] S. Jha, Magnetorheological nanofinishing processes, in: V.K. Jain (Ed.), Introduction to Micromachining, Alpha Science International Ltd., Oxford, U.K, 2010, pp. 5.1–5.21.
- [7] A. Sidpara, M. Das, V.K. Jain, Rheological characterization of magnetorheological finishing fluid, *Journal of Materials and Manufacturing Processes*, 24-12, pp 1467–1478, 2009.

۶- مراجع

- [1] V.K. Jain, Prashant Kar, P.K. Behera, S.C. Jayswal, Effect of working gap and circumferential speed on the performance of magnetic abrasive finishing process, *International Journal of Advanced Manufacturing Elsevier Science*, pp 384–390, 2001.
- [2] M. Arif, M. Rahman, W.Y. San, N. Doshi, An experimental approach to study the capability of end-milling for microcutting of glass, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol 53, pp 1063–1073, 2011.
- [3] A. Kar Singh, S. Jha, P.M. Pandey, Design and development of nanofinishing process for 3D surfaces using ball end MR finishing tool, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, Vol 51, pp 142–