مجله مهندسی ساخت و تولید ایران، شهریور 1400، دوره 8، شماره 6، ص‌ص. 26- 33

ماه‌نامه علمی پژوهشی

مهندسی ساخت و تولید ایران

www.smeir.org

بررسی پارامترهای مختلف در پرداخت‌کاری با ذرات ساینده AlO_2 و SiC با استفاده از میدان مغناطیسی در مقیاس نانو

محمد رضا صمدی[1*]، علی خوش انجام[2]، کیوان خوش انجام[3]

1- دانشجوی دکتری تخصصی مهندسی مکانیک- ساخت و تولید دانشگاه صنعتی مالک اشتر تهران، عضو هیات علمی دانشگاه فنی و حرفه‌ای

2- کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک- ساخت و تولید، شرکت تجربه صنعت پویا کرمانشاه

3- کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک- طراحی کاربردی، مدرس دانشکده فنی و حرفه‌ای کرمانشاه

*بروجرد، صندوق پستی 673، msamadi@tvu.ac.ir

اطلاعات مقاله

این مقاله به عنوان یکی از مقالات برتر در هفدهمین همایش ملی و ششمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی ساخت و تولید ایران (ICME2021) انتخاب شده است.

کلیدواژگان:

نانو پرداخت‌کاری

میدان مغناطیسی

پودرهای ساینده

سرعت دورانی

صافی سطح

چکیده

پرداخت‌کاری با استفاده ازمیدان مغناطیسی در مقیاس نانو[1] (NMAF)، روشی جدید برای پرداخت‌کاری سطح با زبری در حد نانو بصورت فرآیند مکانیکی بوده و از طریق سایش پودر ذرات ساینده به عنوان ابزار، انجام می‌گیرد. نیروی مورد نیاز برای حرکت ذرات ساینده توسط میدان مغناطیسی که خود دارای حرکت نسبی با قطعه‌کار است تأمین می‌شود. این روش برای پرداخت قطعات فلزی غیرمغناطیسی و یا قطعات غیر فلزی قابل استفاده است. از ویژگی‌های خاص این روش کاهش تنش‌های حرارتی به قطعه‌کار و نداشتن محدودیت در پرداخت‌کاری سطوحی از قطعه است که به دلیل شکل هندسی، توانایی انجام کار ابزارهای معمول برروی آنها دشوار است. مانند پرداخت‌کاری سوپر آلیاژها و فلزات سخت و همچنین برای سطوحی با فرم‌های خاص که نمی توان با روش‌های دیگر به میزان صافی سطح قابل قبول رسید. دراین مقاله با استفاده از مکانیزم نانو پرداخت‌کاری، پرداخت‌کاری سطوح خارجی استوانه ایی از جنس سوپرآلیاژ اینکونل بررسی شده، به صورتیکه کیفیت سطح در مقیاس نانو ارتقاء می‌یابد. برای ایجاد میدان مغناطسیی از آهن‌رباهای متغیر با قابلیت تنظیم شدت جریان میدان مغناطیسی استفاده شده است.در آزمایش‌های انجام شده افزایش سرعت دورانی، فاصله‌ی کاری آهن‌ربا از سطح قطعه‌کار ،مقداراستفاده از ذرات ساینده از عوامل تأثیرگذار و مورد بررسی هستند. در این تحقیق از ذرات ساینده آلومینیوم اکسید و سیلیکون‌کارباید و تلفیق آنها استفاده شده است.

The Effects of Angular Velocity and Combination of AIO_2 and SiC Abrasive Particle by Use of NMAF Method

Mohammad Reza Samadi[1*], Ali khoshanjam[2], Keyvan khoshanjam[3]

1- Mechanical Engineering-Construction and Production of Malek Ashtar University of Technology, Tehran Faculty member of Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran

2- Mechanical Engineering - Construction and Production, CEO of Tejarat Sanat Pouya Kermanshah, Kermanshah, Iran

3- Mechanical Engineering - Applied Design, Lecturer at Kermanshah Technical and Vocational College, Kermanshah, Iran

* P.O.B. 673, Borujerd, Iran, msamadi@tvu.ac.ir

Article Information

Original Research Paper
Received: 15 April 2021
First Decision: 26 April 2021
Accepted: 7 July 2021

Keywords:
Nano polishing
Magnetic field
Abrasive powders
Rotational speed
Surface smoothness

Abstract

Polishing using nanoscale magnetic field (NMAF) is a new method for surface coating with nanoscale roughness as a mechanical process and is done by abrasive powder abrasion as a tool. The force required to move the abrasive particles is provided by a magnetic field that has a relative motion to the workpiece. This method can be used for polishing non-magnetic metal parts or non-metallic parts. One of the special features of this method is the reduction of thermal stresses to the workpiece and the lack of restrictions on polishing surfaces of the workpiece, which due to their geometric shape, the ability to work with conventional tools is difficult. Such as polishing of superalloys and hard metals, as well as for surfaces with special forms that can not be achieved by other methods to an acceptable level of smoothness. In this paper, using the nano-polishing mechanism, the polishing of cylindrical external surfaces of Inconel superalloy is investigated, so that the surface quality is improved at the nanoscale. To create a magnetic field, variable magnets with the ability to adjust the current intensity of the magnetic field have been used. In this research, aluminum oxide and silicon-carbide abrasive particles have been used and their combination.

[1] Nano magnetic Abrasive Finishing

Please cite this article using:

برای ارجاع به این مقاله از عبارت ذیل استفاده نمایید:

M. R. Samadi, A. khoshanjam, K. khoshanjam, The Effects of Angular Velocity and Combination of AIO_2 and SiC Abrasive Particle by Use of NMAF Method, Iranian Journal of Manufacturing Engineering, Vol. 8, No. 6, pp. 26- 33, 2021 (in Persian)

1- مقدمه

نیاز روزافزون به سطوح پرداخت شده و دقیق در قطعات مختلف صنعتی و ناتوانی روش‌های سنتی و معمول در بسیاری از موارد باعث شده تا روش‌های جدید برای پرداخت سطوح ابداع شوند. روش پرداخت‌کاری سایشی به کمک میدان مغناطیسی، یکی از روش‌های جدید پرداخت کاری است که در این تحقیق سعی شده است به کمک آزمایش، یکی از کاربردهای آن مورد بررسی قرار گیرد و چند پارامتر مهم آن معرفی و بررسی شوند. در این روش، فرآیند پرداخت‌کاری، که شکلی از ماشین‌کاری است، بصورت کاملا مکانیکی انجام می‌شود و در آن تمامی اجزای ماشین‌کاری سنتی، از قبیل قطعه‌کار، ابزار، و ماشین ابزار وجود دارد. اما المان جدیدی که وظیفه‌ی تولید انرژی یا نیروی ماشین‌کاری را به عهده دارد، میدان مغناطیسی متغیر یا ثابت است. (شکل 1).

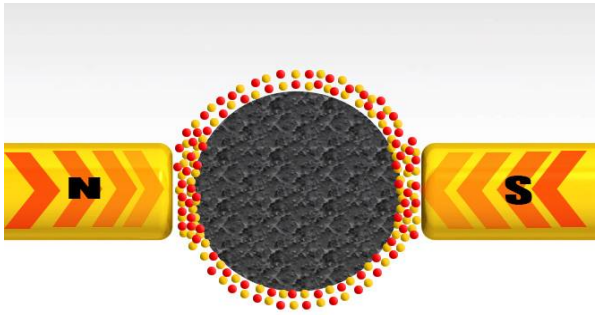

Fig. 1 Schematic view of work payment using magnetic field

شکل 1 نمای شماتیک از پرداخت‌کاری با استفاده ازمیدان مغناطیس

در این تحقیق از آهن‌ربای متغیر که جهت انجام این آزمایش طراحی و ساخته شده است، استفاده خواهد شد[1]. میزان قدرت این میدان مغناطیسی برای پرداخت‌کاری، 1 تسلا در نظر گرفته شده است[2] که این میزان شدت میدان مغناطیسی برای این آزمایش مناسب و حتی می‌توان گفت بیشتر از میدان مغناطیسی مورد نیاز می‌باشد[3]. در فرآیند پرداخت‌کاری در مقیاس نانو 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 خاصیت مغناطیسی نداشته باشند برای مغناطیس کردن آنها از مخلوط پودر آهن استفاده می‌شود. در این تحقیق از ذرات ساینده آلومینیوم اکسید، سیلیکون کارباید و ترکیب این دو و مقایسه‌ی آنها به عنوان ذرات ساینده استفاده می‌شود. در فرایند نانوپرداخت‌کاری پودر ساینده روی سطحی از قطعه‌کار که باید پرداخت شود، قرار می‌گیرد. موقعیت قرارگیری پودر باید به‌گونه‌ای 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 انرژی ناشی از میدان مغناطیسی باعث پرداخت سطح قطعه می‌شود. از فرآیند نانوپرداخت‌کاری برای پرداخت سطوحی که دیگر ابزارها توان انجام پرداخت آن را ندارند استفاده می‌شود، مانند سطوح ناهمگون و غیر متعارف. در این تحقیق، آزمایش بر روی سطح استوانه ای از جنس سوپرآلیاژهاستآلوی C206 به قطر 24 میلی‌متر انجام شده است.

2- بیان مسئله نوآوری و ذکر اهداف

در این تحقیق عملیات پرداخت‌کاری روی میلگردی از جنس‌هاستالوی C206 به قطر 24 میلی‌متر انجام شد. ترکیب شیمیایی آلیاژ فولادهاستالوی C206 در جدول 1 ارائه شده است.

جدول 1 ترکیب شیمیایی آلیاژ فولاد هاستالوی C206

Table1 Chemical composition of Hostalloy 206C steel alloy

ترکیبات شیمیایی	کروم	منگنز	سیلسیوم	کربن
7/7	11/5	0/30	0/25	2/05

میلگرد با استفاده از دستگاه تراش CNC [1] به قطر 24/5 میلی متر رسید (شکل 2) و سپس در عملیات سنگزنی با دستگاه سنگ سنترلس MC50 به قطر 24 میلی‌متر رسید و پرداخت اولیه‌ی آن جهت انجام فرآیند انجام شد. قطعات سنگ زنی شده در دستگاهِ آماده شده جهت فرآیند MAF قرار داده شد (شکل 3).

Fig. 2 Tested samples

شکل 2 نمونه‌های مورد آزمایش

بر اساس تحقیقات انجام شده [4]، در این آزمایش متغیرهای زمان فرآیند، میزان شدت میدان مغناطیسی و مقدار روغن

[1] CNC FAGOR 8055A-T

به‌عنوان ثابت‌های این تحقیق مطابق جدول 2 انتخاب گردید.

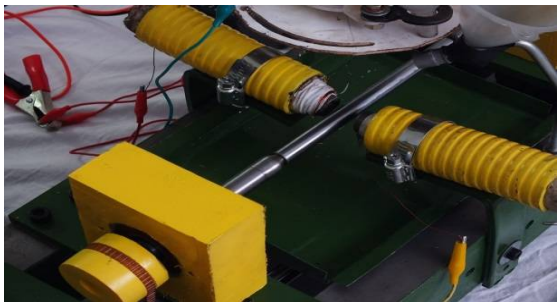

Fig. 3 MAF device

شکل 3 دستگاه MAF

جدول 2 مشخصات متغیرهای ثابت آزمایش

Table 2 Specification of test variables

زمان	شدت جریان	روغن
32 دقیقه	تسلا 1	6 گرم

ذرات ساینده‌ی مورد استفاده در این تحقیق از آلومینیوم اکسید و سیلیکون کارباید به مقدار 12 گرم انتخاب گردیده است. آلومینیوم اکسید سفید، خالص‌ترین ماده ساینده است و حدود 99/5% آلومینیم اکسید خالص دارد. سیلیکون کارباید سخت تر از آلومینیم اکسید و شکننده‌تر از آن است. سیلیکون کارباید سبز یکی از سخت‌ترین مواد مصنوعی است، کاربرد اصلی این ماده ساینده، سنگ زنی ابزارهای کاربایدی الماسی می‌باشد (شکل 4).

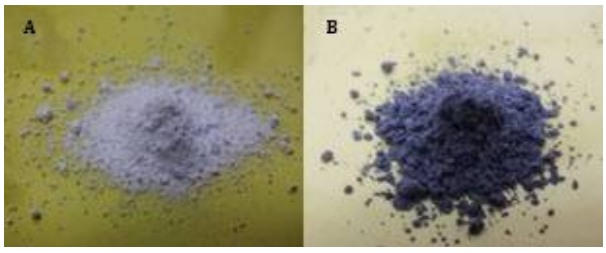

Fig. 4 Particles (A) of aluminum oxide and (B) of silicon carbide

شکل 4 ذرات (A) آلومینیوم اکسید و (B) سیلیکون کارباید

در این آزمایش، سرعت دورانی انتخاب شده و مورد بررسی rpm 1500 و2000 در نظر گرفته شد . در اینجا از آهن‌ربای متغیر با شدت جریان 1 تسلا استفاده شده و نیز فاصله‌ی کاری آهن‌ربا با سطح قطعه‌کار 0/5 و 0/8 میلی‌متر منظورگردید. پس از انجام تست‌های مورد نظر در سرعت‌های دورانی مذکور و با ذرات ساینده متفاوت ،قطعات جهت اندازه‌گیری کیفیت سطح، با دستگاه SEM بااستاندارد AIS2300C مورد بررسی قرار گرفتند.

3- روش تحقیق وتفسیر و تحلیل نتایج

میزان گپ از مواردی است که می‌تواند روی صافی سطح و کیفیت تأثیرگذار باشد به نحوی که اگر این فاصله از یک حد بیشتر باشد تأثیر میدان مغناطیسی برروی ذرات ساینده در حین فرآیند برروی سطح کار کمتر خواهد شد و اینکه جهت جبران فاصله‌ی زیاد بین آهن‌ربا و سطح کار مجبور به استفاده از ذرات ساینده‌ی بیشتری می‌باشد. این عمل متحمل هزینه‌ی بیشتر و دورریزشدن ذرات ساینده خواهد بود. ضمن اینکه اگر فاصلهٔ بین آهن‌ربا و سطح کار کمتر از حد بهینه باشد تأثیر مثبت ذرات ساینده به دلیل کثرت آنها کمتر بوده و نیز کیفیت سطح کاهش می‌یابد. در این مقاله از دو فاصله‌ی کاری 0/5 و 0/8 میلی‌متر جهت رسیدن به فاصله‌ی بهینه استفاده شد. سرعت دورانی بین قطعه‌کار و میدان مغناطیسی یکی از مواردی است که می‌تواند روی صافی سطح قطعه‌کار و زمان پرداخت‌کاری اثر گذار باشد [6]. براساس تحقیقات انجام شده توسط وی‌کی. جین[1] در سرعت‌های دورانی 1500 الی rpm 2000 کیفیت سطح روبه بهبود است. طبق همین مطالعات بعد از سرعت دورانی rpm 2000 کیفیت سطح هیچگونه تغییر محسوسی نداشته [5] و قبل از سرعت دورانی rpm 1500 بهبود کیفیت سطح ناچیز و خطی می‌باشد ضمن اینکه بعد از دوران rpm 2000 بهبود کیفیت سطح ثابت می‌ماند.

بر اساس تحقیقات و نتایج بدست آمده از آزمایش "وی‌کی جین" در این آزمایش برای مقایسه با هدف رسیدن به شرایط بهینه، از دو سرعت دورانی rpm 2000 و 1500 با فاصله‌ی کاری 0/5 و 0/8 میلی‌متر بین آهن‌ربا و سطح کار استفاده شده است و با ثابت نگه داشتن دیگر متغیرهای این آزمایش و استفاده از ذرات ساینده‌ی آلومینیوم اکسید و سیلیکون کارباید به تأثیر این دو سرعت دورانی و فاصله‌ی کاری و ذرات ساینده بر صافی سطح پرداخته می‌شود[3]

به دلیل تعدد بالای پارامترهای متغیر در این تحقیق و زیاد شدن آزمایش‌ها، ابتدا میزان فاصله کاری بهینه را بدست آورده سپس در ادامه با ثابت نگه داشتن پارامتر فاصله‌ی کاری بهینه، آزمایشات انجام می‌شوند.

برای حصول نتیجه‌ی مطلوب و عینیت یافتن تأثیر فاصله‌ی کاری درآزمایشها، و به جهت ثابت نگه داشتن این متغیر در روند آزمایش، از سرعت دورانی rpm 1500 و ذرات ساینده‌ی سیلیکون کارباید در دو فاصله‌ی کاری 0/5 و 0/8 استفاده شد.

[1] VK.Jain

3-1- تأثیر فاصله‌ی کاری 0/5 میلی‌متر با استفاده از ذرات ساینده‌ی سیلیکون کارباید در سرعت دورانی 1500 rpm بر کیفیت سطح

فاصله‌ی کاری یکی از پارامترهای موثر در پرداخت‌کاری NMAF می‌باشد. که با تغییر این پارامتر (فاصله‌ی آهن‌ربا تا سطح) شدت جریان مغناطیسی و به طبع آن میزان براده برداری ذرات ساینده و حجم ذرات ساینده مورد استفاده در این نوع پرداخت‌کاری متأثر می‌شود. آزمایش فوق در دوران 1500 rpm با ذرات ساینده‌ی سیلیکون کارباید با گپ کاری 0/5 میلی‌متر انجام شد. و کیفیت سطح بدست آمده نسبت به سطح قبل از این آزمایش (سطح سنگ زنی شده) به میزان قابل توجهی بهینه گردید (شکل 5).

Fig. 5 Grinding and polishing lines

شکل 5 خطوط سنگ زنی و پرداخت

3-2- تأثیر فاصله‌ی کاری 0/8 میلی‌متر با استفاده از ذرات ساینده‌ی سیلیکون کارباید در سرعت دورانی 1500 rpm بر کیفیت سطح

در آزمایش فوق که در سرعت دورانی 1500 rpm و با استفاده از ذرات ساینده‌ی سیلیکون کارباید و فاصله‌ی کاری 0/8 میلی‌متر انجام شد. کیفیت سطح نسبت به حالت گپ 0.5 میلی‌متر مقایسه گردید (شکل 6).

در مقایسه‌ی دوفاصله‌ی کاری 0/5 و 0/8 میلی‌متر می‌توان نتیجه گرفت، کیفیت سطح مطلوب‌تر در فاصله‌ی کاری 0/5 میلی‌متر به دست آمده است. و براساس همین نتیجه، آزمایشهای بعدی با ثابت قرار دادن فاصله‌ی کاری 0/5 میلی‌متر به عنوان فاصله‌ی کاری بهینه ادامه یافت.

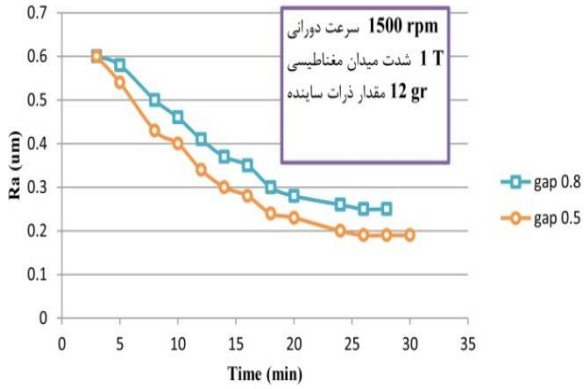

Fig. 6 Comparison of gaps of 0.8 and 0.5 mm

شکل 6 مقایسه گپ 0/8 و 0/5 میلی‌متر

3-3- تأثیرذرات ساینده آلومینیوم اکسید و سیلیکون کارباید در سرعت دورانی 1500 rpm

نوع ذرات ساینده و مقدار آن یکی از پارامترهای مهم در پرداخت‌کاری به روش MAF می‌باشد. در سرعت دورانی 1500 rpm با استفاده از ذرات ساینده‌ی آلومینیوم اکسید کیفیت سطح به مقدار قابل توجهی نسبت به سطح سنگ زده شده ارتقاء پیدا کرد (شکل 7). ویژگی ذرات ساینده‌ی آلومینیوم اکسید به گونه‌ای می‌باشد که دارای چقرمگی بالایی هستند و این امر سبب می‌شود، زمان استفاده از این ذرات طولانی‌تر باشد. ذرات در زمان طولانی استفاده، لبه‌های تیز خود را از دست می‌دهند و این باعث می‌شود که کیفیت سطحی که از این ذره بدست می‌آید تا مقدار مشخصی ثابت بماند.

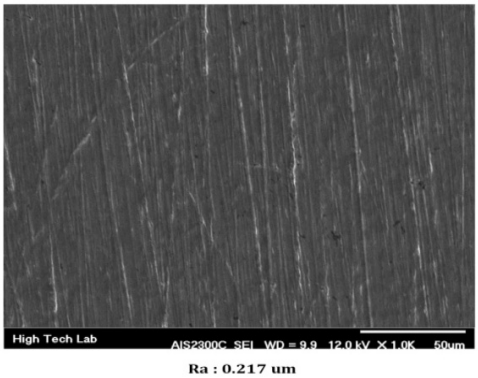

Fig. 7 SEM image at 1500 rpm with aluminum oxide abrasive particles

شکل 7 تصویر SEM در سرعت دورانی 1500 rpmبا ذرات ساینده آلومینیوم اکسید

ذرات ساینده‌ی سیلیکون کارباید دارای سختی بسیار بالایی نسبت به آلومینیوم اکسید می‌باشند، که همین امر باعث شده است از این ذره برای سنگ زنی فولادهای سخت HSS و فولادهای ابزارسازی استفاده شود. اما این ذره‌ی ساینده

چقرمگی کمتری نسبت به ذرات ساینده آلومینیوم اکسید دارد [7] و همین امر باعث شد که مراحل تعویض این ذرات ساینده کوتاه باشد، اما به دلیل سختی بالای این ذرات، کیفیت سطح و پرداخت‌کاری بدست آمده از این ماده‌ی ساینده بهتر از آلومینیوم اکسید می‌باشد (شکل 8).

3-4- مقایسه 2 ذره ساینده در دوران 1500 rpm

باتوجه به نتایج بدست آمده از تصاویر SEM می‌توان گفت کیفیت سطح نمونه‌ی پرداخت شده با ذرات سیلیکون کارباید دارای سطحی پرداخت‌تر و عرض شیارهای کمتر می‌باشد (شکل 8). پس می‌توان نتیجه گرفت ذرات سیلیکون کارباید می‌تواند به دلیل سختی بالاتر کیفیت نسبتا بهتری از نمونه‌ی پرداخت شده با ذرات ساینده‌ی آلومینیوم اکسید ایجاد کند. اما به دلیل ترد بودن زیاد این ذره میزان مصرف آن در طول عملیات پرداخت‌کاری بیشتر بوده. همانگونه که در شکل 9 آمده است کیفیت سطح نمونه‌های پرداخت شده با ذرات ساینده‌ی سیلیکون کارباید دارای مقدار 0/179 میکرومتر بوده که این مقدار برای ذرات ساینده آلومینیوم اکسید 0/217 میکرومتر می‌باشد.

3-5- تأثیرذرات ساینده آلومینیوم اکسید و سیلیکون کارباید در سرعت دورانی 2000 rpm

در سرعت دورانی 2000 rpm با استفاده از ذرات ساینده‌ی آلومینیوم اکسید کیفیت سطح به مقدار قابل توجهی نسبت به سطح پرداخت شده با سرعت دورانی 1500 rpm با همین ذره ارتقاء پیدا کرد (شکل 10). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت با افزایش سرعت دورانی مدت زمان بیشتری ذرات با سطح قطعه‌کار درگیربوده و این امر سبب بهبود کیفیت سطح شده است.

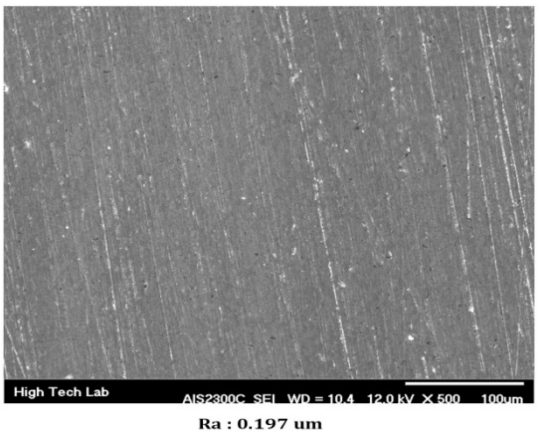

Fig. 8 SEM image at 1500 rpm with silicon carbide abrasive particles

شکل 8 تصویر SEM در سرعت دورانی 1500 rpm با ذرات ساینده سیلیکون کارباید

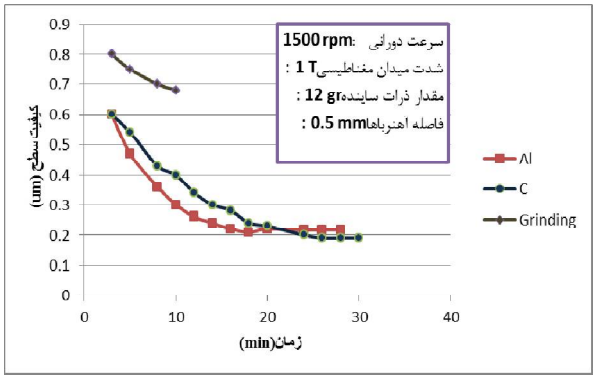

Fig. 9 Comparison of surface quality of two abrasive particles based on 1500 rpm rotational speed

شکل 9 مقایسه کیفیت سطح دو ذره ساینده بر اساس سرعت دورانی 1500 rpm

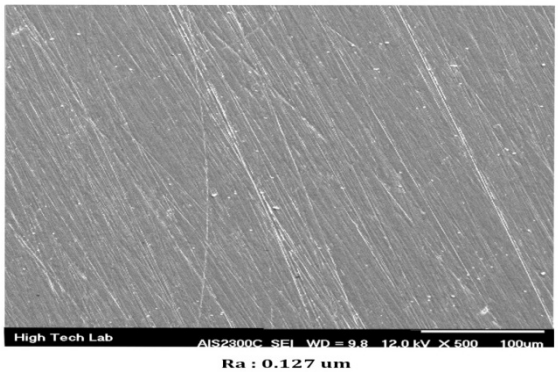

Fig. 10 SEM image of two abrasive particles with a rotational speed of 2000 rpm

شکل 10 تصویر SEM دو ذره ساینده با سرعت دورانی 2000 rpm

به دلیل سختی بالاتر ذرات ساینده‌ی سیلیکون کارباید و استفاده از سرعت دورانی بالاتر، کیفیت سطح بدست آمده از این ماده‌ی ساینده بهتر از کیفیت سطح بدست‌آمده با آلومینیوم اکسید می‌باشد (شکل 11).

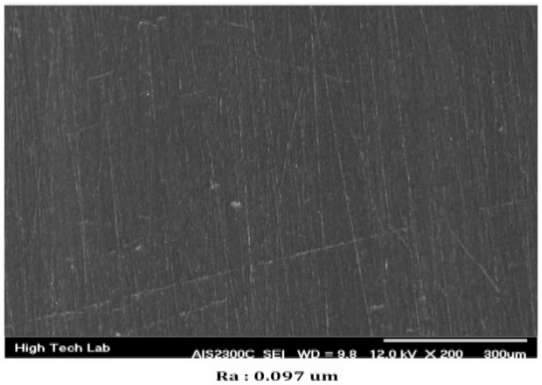

Fig. 11 SEM image of abrasive silicon carbide particles with a rotational speed of 2000 rpm

شکل 11 تصویر SEM ذرات ساینده سیلیکون کارباید با سرعت دورانی 2000 rpm

بهبود کیفیت سطح با ذرات ساینده آلومینیوم اکسید و سیلیکون کاربید باهم متفاوت است که این تفاوت به دلیل سختی و چقرمگی این دو ذره می‌باشد. همانگونه که پیش‌تر در مورد دو ذره بحث و نتیجه‌گیری انجام شد، براساس شکل 12 می‌توان گفت با تغییر ذرات ساینده از آلومینیوم اکسید به سیلیکون کارباید کیفیت سطح نیز بهبود می‌یابد. کیفیت سطح نمونه‌ی پرداخت شده با ذره ساینده سیلیکون کاربید در دوران 2000 rpm به مقدار 0/097 میکرومتر می‌باشد که به دلیل سختی ذرات ساینده سیلیکون کارباید است. اما مقدار عددی Ra بدست آمده برای ذره‌ی ساینده آلومینیوم اکساید به مقدار 0/127 میکرومتر است.

حال می‌توان نتیجه گرفت با تغییرسرعت دورانی و نوع ذرات ساینده ،کیفیت سطح مطلوب تری بدست آمده، زیرا در سرعت دورانی 2000 rpm قطعات با سرعت بالاتری نسبت به نمونه‌های قبلی ،دوران داشته و تماس ذرات با قطعه‌کار در زمان تعیین شده (32 دقیقه) بیشتر از سرعت دورانی 1500 rpm می‌باشد. پس می‌توان گفت دلیل بهتر بودن کیفیت سطح در سرعت دورانی بالاتر، سطح تماس بیشتر و در مدت زمان ثابت می‌باشد (شکل 13).

3-6- تأثیر ذرات ترکیبی آلومینیوم اکسید و سیلیکون کارباید بر کیفیت سطح در سرعت دورانی 2000 rpm

در آزمایش‌های گذشته چنین نتیجه گیری شد که با افزایش دوران از 1500 rpmبه 2000 rpm کیفیت سطح مطلوبتری بدست می‌آید. پس برای این آزمایش جدید از دورانی استفاده شد که بهینه ترین کیفیت سطح را در آن حاصل شده .همان‌گونه که در بخش‌های قبل در مورد ذرات ساینده صحبت شد، در نتیجه گیری‌ها این امر اثبات گردید که نمونه‌های پرداخت شده با ذرات سیلیکون کاربید دارای کیفیت سطح مطلوبتری می‌باشد. اما مقدار وزن ذره‌ی استفاده شده‌ی سیلیکون کاربید از آلومینیوم اکسید بیشتر بود که این امر نشان دهنده‌ی ترد بودن و زود از بین رفتن ذره‌ی ساینده سیلیکون کاربید نسبت به آلومینیوم اکسید می‌باشد [6]. پس با تکیه برمزایا و معایب این دو نوع ذره یک نوع آزمایش جدید اجرا گردید در این آزمایش با تکیه بر سخت بودن ذرات سیلیکون کاربید و چقرمگی آلومینیوم اکساید سطح پرداختی را می‌توان بدست آورد که کیفیت سطح در این آزمایش بالاتر می‌رود و صرفه اقتصادی نسبت به حالت‌های دیگر دارد. در تصاویر بدست آمده SEM شکل 14 می‌توان مشاهده کرد که کیفیت سطح به دست آمده از ترکیب این دو ذره از نمونه‌های قبلی بهتر می‌باشد.

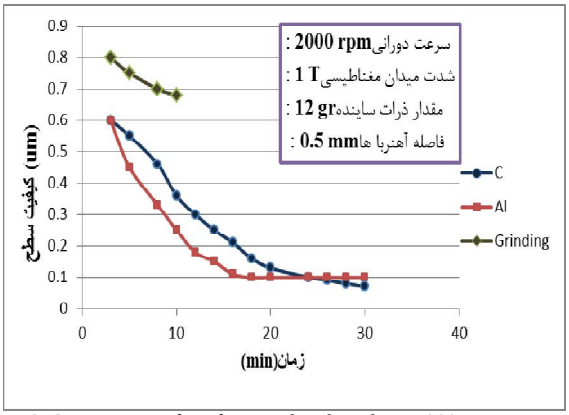

Fig. 12 Comparison of surface quality based on 2000 rpm rotational speed

شکل 12 مقایسه کیفیت سطح بر اساس سرعت دورانی 2000 rpm

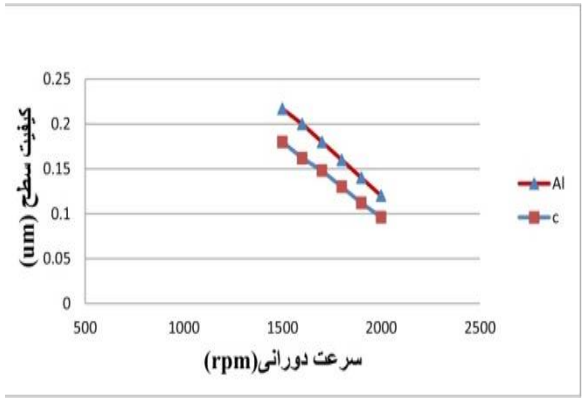

Fig. 13 Comparison of surface quality based on 1500 and 2000rpm rotational speed

شکل 13 مقایسه کیفیت سطح بر اساس سرعت دورانی 1500 rpm و 2000

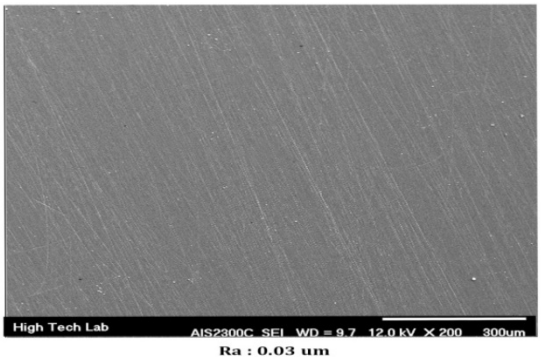

Fig. 14 SEM image at 2000 rpm with mixed abrasive particles

شکل 14 تصویر SEM در سرعت دورانی 2000 rpm با ذرات ساینده ترکیبی

می‌توان براساس نمودار رسم شده در شکل 15 نتیجه گرفت کیفیت سطح بدست آمده از ترکیب دو ذره در دوران یکسان نسبت به کیفیت سطح بدست آمده از ذره‌های ساینده‌ای که بصورت جداگانه آزمایش شده‌اند، دارای سطح مطلوب‌تر و کیفیت بالاتری می‌باشد.

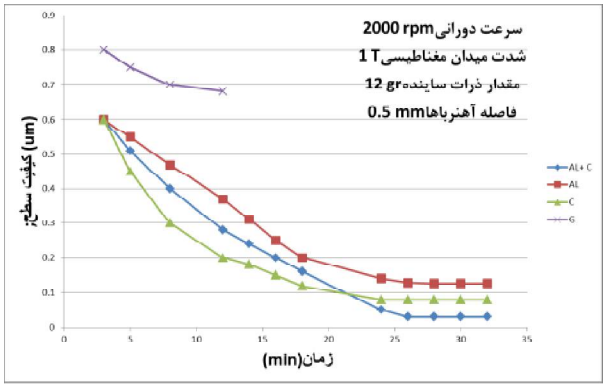

Fig. 15 Surface quality with combined abrasive particles based on 2000rpm rotational speed

شکل 15 کیفیت سطح با ذرات ساینده ترکیبی بر اساس سرعت دورانی 2000 rpm

7-3- تأثیر ترکیب دو ذره ساینده بر روی صافی سطح در سرعت دورانی 2000 rpm

بر اساس تصاویر بدست آمده از نمونه‌های مورد آزمایش و تأثیر تعویض ذرات ساینده می‌توان مشاهده نمود که در چهار مرحله تعویض ذرات عرض شیارهای سطح کاهش می‌یابد و کیفیت سطح مطلوب می‌شود به نحوی که در مرحله نهایی تعویض ذرات، اثر بسیار کمی از شیارهای سطح مشخص است و کیفیت سطح نیز تا 0/1 میکرومتر بهبود یافته است (شکل 16).

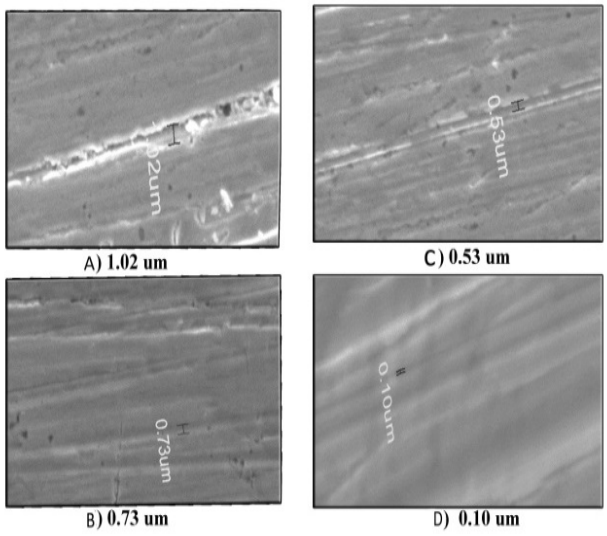

Fig. 16 View of the reduction in the width of the grooves during the combined process of aluminum and silicon carbide A. The first stage B. The second stage C. The third stage D. The fourth stage

شکل 16 نمایی از کاهش عرض شیارها در طی فرآیند ترکیبی آلومنیوم و سیلیکون کارباید A. مرحله اول B. مرحله دوم C. مرحله سوم D. مرحله چهارم

4- نتیجه‌گیری

- استفاده از فرآیند NMAF منجر به پرداخت نهایی سطح با کیفیت بالا می‌شود، بطوری‌که کیفیت سطح سنگ زنی در حدود 0/681 میکرومتر بوده و پس از انجام فرآیند به مقدار 0/03 میکرومتر بهبود پیدا کرد که می‌توان دلیل بهبود کیفیت سطح را تغییر فاصله کاری در ابتدای آزمایش، تغییر سرعت دورانی و تغییر نوع ذره ساینده دانست و در مرحله‌ی پایانی که کیفیت سطح به عدد 0/3 میکرومتر رسیده است به این دلیل است که ذرات ساینده ترکیب شده اند .

- افزایش کیفیت سطح در فاصله‌ی کاری 0/5 میلی‌متر نسبت به 0/8 میلی‌متردر شرایط ثابت سرعت دورانی 1500rpmو ذره‌ی ساینده‌ی سیلیکون کارباید نشان از تأثیر شدت میدان مغناطیسی بر ذرات ساینده در پرداخت‌کاری سطح در فاصله‌ی کم کاری است و این را اثبات می‌کند که فاصله‌ی کاری یکی از متغیرهای مهم در این روش است.

- افزایش کیفیت سطح با استفاده از ذرات ساینده آلومینیوم اکسید نسبت به سطح سنگزنی شده با سرعت دورانی 1500 دوربردقیقه که نشان دهنده‌ی تاثییر ذرات آلومینیوم اکسید در روش NMAF نسبت به سطح سنگزنی شده می‌باشد.

- افزایش کیفیت سطح با استفاده از ذرات ساینده سیلیکون کاربید با سرعت دورانی 1500 دوربردقیقه به نسبت آلومینیوم اکسید در سرعت دورانی 1500 دور بر دقیقه که نشان دهنده‌ی سختی بیشتر و جنس مطلوبتر ذره‌ی ساینده‌ی سیلیکون کارباید جهت پرداخت‌کاری این آلیاژ است.

- افزایش کیفیت سطح با استفاده از ذرات ساینده آلومینیوم با دوران 2000 دوربردقیقه به نسبت ذرات ساینده مشابه در دوران 1500 دور بردقیقه، که می‌توان به تأثیر مطلوب دوران بالاتر از 1500 بر روی کیفیت سطح اشاره کرد.

- افزایش کیفیت سطح با استفاده از ذرات سیلیکون کارباید با سرعت دورانی 2000 دوربردقیقه نسبت به ذرات ساینده مشابه در سرعت دورانی 1500 دوربردقیقه تأثیر تماس بیشتر ذرات با سطح کار را نشان می‌دهد.

- افزایش کیفیت سطح با استفاده از ترکیب ذرات ساینده آلومینیوم اکسید و سیلیکون کاربید با سرعت دورانی 2000 دور بردقیقه نشان می‌دهد که سختی ذره‌ی ساینده‌ی سیلیکون کارباید در کنار چقرمگی ذره‌ی ساینده‌ی آلومینیوم اکسید راه گشا بوده و این ترکیب سبب شده بهترین کیفیت سطح نسبت به نمونه های قبلی و با سرعت دورانی 2000 دور بر دقیقه حاصل شود.

5- مراجع

[1] Jain, V.K., Prashant Kar, P.K. Behera, S.C. Jayswal, 2001. “Effect of working gap and circferential speed on the performance of magnetic abrasive finishing process”, International Journal of Advanced Manufacturing Elsevier Science 384–390.

[2] Arif. M., Rahman M. San. W.Y., 2011, “An experimental approach to study the capability of end-milling for microcutting of glass”, International Journal of Advanced Manufacturing Technology 53 1063–1073.

[3] Kar Singh. A. Jha. S., 2011, “Design and development of nanofinishing process for 3D surfaces using ball end MR finishing tool”, International Journal of Machine Tools and Manufacture 51, 142–151.

[4] Kordonski.W, Shorey.A,2007, “Magnetorheological (MR) jet finishing technology”, Journal of Intelligent Material Systems and Structures 18 , 1127–1130.

[5] Jain. V.K., Zhang, J.N. Liu, 2005, “Effect of magnetic field on properties of MR fluid”, International Journal of Modern Physics B 19, 597–601.

[6] Jha. S., 2010, “Magnetorheo logical nano finishing processes”, pp. 5.1–5.21.

[7] Sidpara. A., Das. M., 2009, “Rheological characterization of magnetorheological finishing fluid”, Journal of Materials and Manufacturing Processes 24-12 ,1467–1478.