ISSN: 2476-6909; Modares Mechanical Engineering. Proceedings of 3rd Iranian National Conference on Advanced Machining and Machine Tools (CAMMT). 2023;23(10):63-67.

Investigating the Effect of Machining Parameters on the Cutting Force and Surface Quality of RZ5/TiB2 Magnesium Based Metal Matrix Composite by Sobel Sensitivity Analysis Method

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

[DOR: 20.1001.1.10275940.1402.23.10.12.2]

[DOI: 10.22034/mme.23.10.63]

ARTICLE INFO

Authors

sousanabadi Farahani A [1]

modabbarifar M [1*]

[1] Department of Faculty Engineering, Arak University, Arak, Iran

*** Correspondence**

Department of Faculty Engineering, Arak University, Arak, Iran

m-modabberifar@araku.ac.ir

How to cite this article

sousanabadi Farahani A, modabbarifar M. Investigating the Effect of Machining Parameters on the Cutting Force and Surface Quality of RZ5/TiB2 Magnesium Based Metal Matrix Composite by Sobel Sensitivity Analysis Method. Proceedings of 3rd Iranian National Conference on Advanced Machining and Machine Tools (CAMMT). 2023;23(10):63-67.

ABSTRACT

The properties of metal-based composites, such as their high strength-to-weight ratio and good resistance to wear and fatigue, have caused a significant growth in their use in the aerospace, automotive, and aircraft industries. Magnesium-based composites have particularly attracted the attention of researchers in various fields, especially aerospace scientists, due to their lower density than other metal-based composite alloys such as titanium and aluminum. However, due to the presence of very abrasive reinforcing material in these materials, machining them is difficult and presents numerous challenges. Therefore, it to study the machining process of these is necessary composites and to examine the effect of the main turning parameters such as cutting speed, feed rate, and depth of cut on machining forces and surface roughness. Sobol's sensitivity analysis method was used for this purpose. Using this method, it was determined that the feed rate, cutting depth, and cutting speed have the greatest effect on the machining forces, respectively. Additionally, the feed rate has a greater effect on the surface roughness than the cutting depth and cutting speed. As the feed rate increases, the surface roughness and cutting forces increase.

Keywords Sensitivity Analysis, Sobol, Metal Matrix Composite, Cutting Force, Surface Roughness

ماهنامه علمی مهندسی مکانیک مدرس، ویژه نامه مجموعه مقالات سومین کنفرانس ملی ماشین‌کاری و ماشین‌های ابزار پیشرفته

مهر ۱۴۰۲، دوره ۲۳، شماره ۱۰، صفحه ۶۳-۷۲

بررسی تأثیر پارامترهای ماشین‌کاری بر روی نیروها و کیفیت سطح کامپوزیت زمینه منیزیمی RZ5/TiB2 برمبنای آنالیز حساسیت سوبل

مشخصات مقاله

نویسنده‌ها

امین سوسن‌آبادی فراهانی[1]

مهدی مدبری فر[1*]

[1] دانشگاه اراک، اراک

*** نویسنده مسئول**

آدرس:

m-modabberifar@araku.ac.ir

چکیده

خواص مناسب کامپوزیت‌های زمینه فلزی ازجمله نسبت استحکام به وزن بالا، مقاومت خوب نسبت به سایش و خستگی باعث رشد چشمگیر استفاده از این مواد در صنایع هوافضا، خودرو، هواپیماسازی و... شده است. کامپوزیت‌های پایه منیزیمی به دلیل دارا بودن چگالی پایین‌تر نسبت به سایر آلیاژهای کامپوزیت‌های زمینه فلزی از قبیل تیتانیوم، آلومینیوم و... موردتوجه محققان حوزه‌های مختلف، به‌خصوص دانشمندان صنایع هوافضا قرار گرفته است. از طرفی به دلیل وجود ماده تقویت‌کننده بسیار ساینده در این مواد، ماشین‌کاری چنین کامپوزیت‌هایی امری دشوار و با چالش‌های فروان روبه‌رو است. ازاین‌رو مطالعه پارامترهای مؤثر در فرایند ماشین‌کاری این کامپوزیت‌ها لازم و اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. مطالعه حاضر به بررسی میزان تأثیر پارامترهای اصلی تراش‌کاری از قبیل سرعت برشی، نرخ پیشروی و عمق برش بر رویی نیروهای ماشین‌کاری و همچنین زبری سطح می‌پردازد. برای این کار از روش آنالیز حساسیت سوبل استفاده شد. با استفاده از این روش مشخص گردید به ترتیب نرخ پیشروی، عمق برش و سرعت برشی بیشترین تأثیر را بر روی نیروهای ماشین‌کاری را دارند. همچنین با اختلاف نسبتاً زیاد نسبت به عمق برش و سرعت برشی، نرخ پیشروی بر روی زبری سطح تأثیرگذار است. با افزایش نرخ پیشروی زبری سطح و نیروهای ماشین‌کاری افزایش می‌یابد.

کلیدواژه‌ها آنالیز حساسیت، سوبل، کامپوزیت زمینه فلزی، نیروی ماشین‌کاری، زبری سطح

۱- مقدمه

کامپوزیت‌های زمینه فلزی[1] کاربردهای متنوعی در صنایع از قبیل صنایع هوافضا (برای دماغه مدارگرد شاتل فضایی و مقطع عمودی در دم جنگنده‌های پیشرفته)، بخش‌های مختلف صنعت خودروسازی (پیستون، بوش‌های سیلندر و لنت‌های ترمز)، تجهیزات ورزشی و دریایی اشاره کرد(۱). آلیاژهای منیزیم تقویت‌شده با کاربید سیلیکون نسبتاً جدید بوده و موادی باقابلیت ساختاری مفید همراه با استحکام ویژه بالا و مقادیر استاندارد قابل‌قبول هستند(۲). ماشین‌کاری کامپوزیت‌ها پایه فلزی به خاطر وجود دو یا چند فاز مشخص که یکی از آن‌ها بسیار ساینده بوده و همچنین به خاطر اختلاف قابل‌ملاحظه بین دو ماده تشکیل‌دهنده یعنی ماده تقویت‌کننده سرامیکی سخت و زمینه فلزی کار بسیار مشکلی خواهد بود. به همین دلیل، تلاش‌هایی برای ساخت کامپوزیت زمینه فلزی نزدیک به شکل نهایی انجام‌شده است. به‌هرحال قطعات ساخته شده به شکل نهایی نیز می‌بایست تحت فرآیند ماشین‌کاری قرار گیرند(۳). طبق تحقیقات لین(٤) ماشین‌کاری کامپوزیت‌های پایه فلزی و به دست آوردن کیفیت سطح خوب کار سختی بوده و به این حقیقت وابسته است که ذرات یا رشته‌های موجود در سطح، تخریب شده یا به خارج از شبکه حرکت می‌کنند که منجر به افزایش حفره‌ها و ترک‌ها می‌شود. مانا و باتاچاریا (۵)تراشکاری آلیاژ Al را با ۱۵٪ از ذرات Sic و با استفاده از ابزار کاربید تنگستن انجام دادند. آن‌ها دریافتند که زبری سطح با افزایش سرعت برش از ۵۰ m/min به ۱۸۰ m/min تا نصف کاهش می‌یابد. سیفتسي(٦)اثر اندازه ذره بر زبری سطح در هنگام تراشکاری Al/Sic MMC با ابزار دارای پوشش و بدون پوشش را بررسی کرد. بر اساس تحقیق انجام‌شده، وی نتیجه گرفت که مقادیر زبری (R_a و R_t) با افزایش اندازه ذره و درصد حجمی ذرات تقویت‌کننده افزایش می‌یابد. ساهین (۷) گزارش کرد که سایش ابزار به‌سرعت با افزایش در سرعت برش افزایش خواهد یافت. اما آزمایش‌ها نشان دادند که کیفیت سطح با افزایش سرعت برش (در سرعت‌های بالا ۳۰۰-۷۰۰m/min) ثابت باقی می‌ماند. زبری سطح در پیشروي‌ها و سرعت‌های برش متعدد مشاهده شده توسط کارموهیلان(۸) و همکارانش نشان می‌دهد که استفاده از سرعت‌های برش متوسط برای به دست آوردن زبری سطح مناسب‌تر است. رادیکا و همکارانش(۹) با استفاده از ANOVA[2] به این نتیجه رسیده‌اند که پیشروی بیشترین تأثیر را بر زبری سطح در هنگام ماشین‌کاری کامپوزیت زمینه فلزی دارد. مطالعاتی که توسط پندس و جوشی (۱۰) انجام‌شده است نشان می‌دهد که پیشروی تأثیر اصلی را بر صافی سطح دارند. مطالعاتی که توسط رابین درا و سوترهر(۱۱) انجام‌شده است نشان می‌دهد که افزایش عمق برش زبری سطح را افزایش می‌دهد. بانسل و آپدایاي(۱۲) پیشنهاد می‌کنند اگر استفاده اقتصادی از ابزار مطلوب ماست عمق برش باید به حداکثر برسد. اگر صافی سطح دغدغه اصلی است عمق برش باید به‌منظور کاهش یافتن زبری سطح کاهش یابد. پیشروی به‌عنوان عاملی که بیشترین تأثیر را در نیروی برشی دارد معرفی شده است. همچینی با توجه به مطالعات رادیکا و همکارانش(۹) مشخص شد پیشروی بیشترین تأثیر را بر نیروی ماشین‌کاری در هنگام ماشین‌کاری کامپوزیت زمینه فلزی دارد. مطالعاتی که توسط رابین درا و سوترهر(۱۱) و جوگانا و همکاران (۱۳) انجام شده است نشان می‌دهد که افزایش عمق برش حاصل کل نیروی برش را افزایش می‌دهد. همچنین لبه انباشته بر نوک ابزار و نیروهای بین ابزار و قطعه کار تأثیر می‌گذارد و باعث لب پر شدن و از بین رفتن نوک ابزار در حین فرآیند ماشین‌کاری می‌شود. وقوع این شکست فاجعه‌بار بالقوه در ماشین‌کاری می‌تواند باعث ایجاد وقفه در ماشین‌کاری، تعویض ابزار و اثرات محتمل بر سطح قطعه کار می‌شود.

بنابر مطالعات صورت گرفته در حوزه ماشین‌کاری کامپوزیت‌های زمینه فلزی به دست آوردن درک صحیحی از میزان اثرگذاری پارامترهای ماشین‌کاری امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است. لذا در این مقاله به آنالیز حساسیت پارامترهای اصلی ماشین‌کاری بر روی نیروهای ماشین‌کاری و زبری سطح با استفاده از روش آنالیز حساسیت سوبل پرداخته شده است و میزان اثرگذاری هر یک از پارامترهای ورودی بر زبری سطح نهایی و نیرو مشخص گردیده است.

۲- مدل سازی

در این بخش ابتدا طراحی آزمایش مدل موردبررسی تشریح شده و سپس به بررسی روش آنالیز حساسیت سوبل و چگونگی انجام آنالیز حساسیت پرداخته می‌شود.

هدف استفاده از روش طراحی آزمایش‌ها، شناسایی و تشخیص بهینه‌ترین سطوح برای پارامترهای ورودی تأثیرگذار بر فرآیند تولید یک محصول است تا میزان خطاها و هزینه‌ها کاهش‌یافته و کیفیت افزایش پیدا کند. روش رویه پاسخ، به‌عنوان یکی از روش‌های طراحی آزمایش، مجموعه‌ای از روش‌های ریاضی و آماری است که برای ایجاد توابع ریاضی به‌منظور یافتن رابطه منطقی بین پارامترهای ورودی و خروجی و بهینه‌سازی فرآیندهای تولید مختلف به کار می‌رود(١٤)

متغیرهای ورودی فرآیند سرعت برشی، نرخ پیشروی و عمق برش در نظر گرفته شده است. درنهایت با استفاده از مرجع(۱۵) تأثیر متغیرهای ورودی بر زبری سطح مورد بررسی قرارگرفته است.

[1] Metal Matrix Composites

[2] Analysis Of Variance

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-05-10]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1402.23.10.12.2]
[DOI: 10.22034/mme.23.10.63]

جدول ۱) پارامترهای ماشین‌کاری(۱۵)

پارامترها	واحد	سطح ۱	سطح ۲	سطح ۳
سرعت برشی	(m/min)	۵۰	۱۰۰	۱۵۰
پیشروی	(mm/rev)	۰/۱۲	۰/۲۴	۰/۳۶
عمق برش	(mm)	۰/۵	۰/۷۵	۱/۰

۲-۱ بررسی روش آنالیز حساسیت سوبل

آنالیز حساسیت روشی است برای شناسایی پارامترهایی که بیشترین اثر را روی خروجی دارند. روش‌های مختلفی برای بررسی اثر پارامترهای ورودی بر خروجی است اما روش آنالیز حساسیت به دلیل آنکه برای شناسایی اثر پارامترهای ورودی می‌توان محدوده خاص در نظر گرفت دقیق‌تر است. بر اساس فرم مدل روش‌های مختلفی برای آنالیز حساسیت ارائه‌شده است.

در این پژوهش از روش آنالیز حساسیت سوبل استفاده شده است. آنالیز حساسیت سوبل یك روش آماری است و برای مواقعی که برهمکنش‌های بین ورودی‌ها وجود دارد موردتوجه قرار می‌گیرد، همچنین این روش مستقل از مدل است که بر پایه‌ی تجزیه واریانس می‌باشد که برای مدل‌های خطی و غیرخطی کاربرد دارد. از دیگر ویژگی‌های این روش که موردتوجه ما قرار گرفت داشتن دقت بالا در گزارش حساسیت ورودی‌هاست. در این روش برای مدل تعریف‌شده با تابع $Y = f(X)$ که Y خروجی مدل و $X(x_1,x_2,\ldots,x_n)$ بردار پارامترهای ورودی می‌باشد و واریانس‌های هر جمله تجزیه‌شده می‌باشد(۱۶)

$$V(Y) = \sum_{i=1}^{n} V_i + \sum_{i\le j\le n}^{n} V_{ij} + \cdots + V_{1\ldots n} \qquad (۱)$$

که در آن، V_i تأثیر مرتبه اول برای هر فاکتور ورودی $(V_{ij} = V[E(Y|x_i,x_j)] - V_i - x_i(V_i = V[E(Y|x_i)])$ V_j (تا $V_{1,\ldots,n}$ برهمکنش بین n فاکتور را نشان می‌دهد.

شاخص‌های حساسیت به‌صورت نسبت واریانس هر مرتبه به واریانس هر مرتبه به واریانس کلی به دست می‌آیند $S_i = \frac{V_i}{V}$ شاخص حساسیت مرتبه اول، $S_{ij} = \frac{V_{ij}}{V}$ شاخص حساسیت مرتبه دوم و ...). شاخص حساسیت کلی یا همان تأثیر کلی هر پارامتر به‌صورت مجموع همه‌ی مرتبه‌های شاخص حساسیت برای آن پارامتر به دست می‌آید:

$$S_{Ti} = S_i + \sum_{i\neq j} S_{ij} + \ldots \qquad (۲)$$

۲-۲ معادله رگرسیون

تحلیل رگرسیون یك روش آماری برای شناسایی روابط بین پارامترهای متغیر و تأثیر آن‌ها بر پارامتر وابسته است. با استفاده از تحلیل رگرسیون تأثیر هر پارامتر را بر خروجی بررسی می‌شود و همچنین می‌توان با استفاده از شناسایی تأثیر هر پارامتر، به‌طور تقریبی تأثیر آن پارامتر را در بازه‌های بزرگ‌تر یا کوچك‌تر پیش‌بینی کرد. معادله (۳) و (۴) معادله رگرسیون حاکم بر این مطالعه برای زبری سطح و نیروی ماشین‌کاری است.

$$\text{Surface roughness} = -1.411 - 0.00792\ \text{Speed} + 20.74\ \text{Feed} + 1.075\ \text{DoC} + 0.000038\ (\text{Speed} * \text{Speed}) - 19.93\ (\text{Feed} * \text{Feed}) - 0.380\ (\text{DoC} * \text{DoC}) - 0.01637\ (\text{Speed} * \text{Feed}) + 0.00205\ (\text{Speed} * \text{DoC}) + 1.689\ (\text{Feed} * \text{DoC}) \qquad (۳)$$

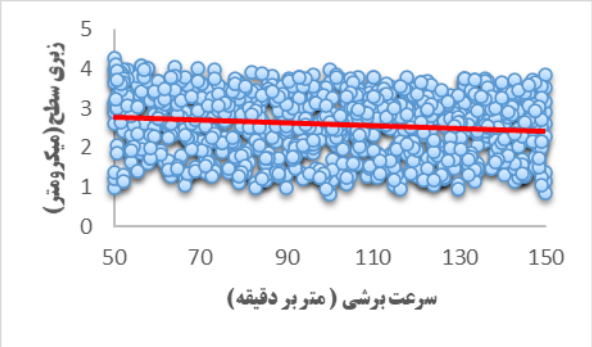
$$\text{Cutting force} = -29.1 - 0.176\ \text{Speed} - 47.1\ \text{Feed} + 148.3\ \text{DoC} + 0.000884(\text{Speed} * \text{Speed}) + 293\ \text{Feed} * \text{Feed}) - 57.0\ (\text{DoC} * \text{DoC}) + 0.666\ (\text{Speed} * \text{Feed}) - 0.008\ (\text{Speed} * \text{DoC}) + 117.0\ (\text{Feed} * \text{DoC}) \qquad (۴)$$

۳- آنالیز حساسیت پارامترها

در این مقاله از روش آماری سوبل برای آنالیز حساسیت پارامترهای مؤثر بر کیفیت سطح مدل آزمایشی فرآیند استفاده شده است. برای به دست آوردن اهداف موردنظر این تحقیق، تأثیر هریک از پارامترهای ورودی موجود در جدول ۱ بر روی صافی سطح نهایی قطعه بررسی شده است.

شکل‌های ۱ الی ٦ پراکندگی نقاط نیروی ماشین‌کاری و زبری سطح با تغییرات هم‌زمان سه پارامتر ورودی را نشان می‌دهد. نقاط پراکند موجود در این اشکال با استفاده از نرم‌افزار سیمیلب[۳] و به روش سوبل استخراج‌شده‌اند. در روش سوبل برخلاف روش‌های گرافیکی که در آن تمامی ورودی‌ها به‌جز یک ورودی ثابت است، با استفاده از الگوریتمی خاص تمامی پارامترها به‌طور هم‌زمان تغییر می‌نمایند(۱۷).

شکل ۱ اثر سرعت برشی بر زبری سطح را نشان می‌دهد، به‌طورمعمول با افزایش سرعت برشی کیفیت سطح بهبود می‌یابد ولی در ماشین‌کاری کامپوزیت‌ها، خصوصاً کامپوزیت‌های پایه منیزیمی به دلیل چسبیدن ماده زمینه بر روی لبه برشی ابزار و تشکیل یک لبه انباشته، قابلیت برشی ابزار کاهش می‌یابد. این امر باعث می‌شود زبری سطح با شیب بسیار ملایمی کاهش یابد.



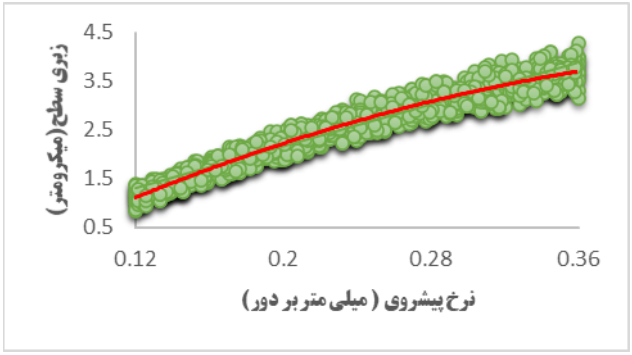
شکل ۱) اثر سرعت برشی بر زبری سطح

در شکل ۲ همان‌طور که قابل‌مشاهده است با افزایش نرخ پیشروی به دلیل افزایش اصطکاک بین ابزار و براده و همچنین کاهش قابل‌توجه عمر ابزار به دلیل سایش لبه جانبی ابزار زبری

[۳] Simlab

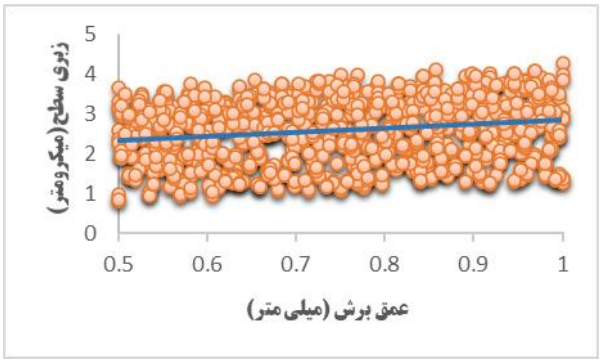
[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-05-10]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1402.23.10.12.2]
[DOI: 10.22034/mme.23.10.63]

سطح ماشین‌کاری شده با شیب بسیار زیادی افزایش پیدا کند. همان‌طور که از نمودار قابل‌درک است بیشترین تأثیر بر روی کیفیت سطح مربوط به پارامتر نرخ پیشروی است.



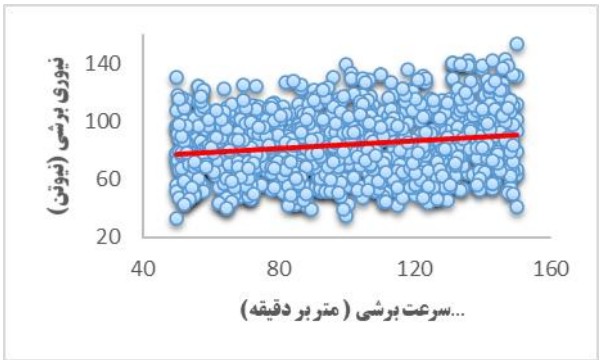
شکل ۲) اثر نرخ پیشروی بر زبری سطح

اثر عمق برش نسب به سایر پارامترهای ماشین‌کاری بر روی کیفیت سطح کم است اما مطابق با شکل ۳ با افزایش عمق برش با شیب ملایمی زبری سطح افزایش می‌یابد که علت این امر را می‌توان به ارتعاش ایجادشده به دلیل افزایش عمق برش مربوط دانست.



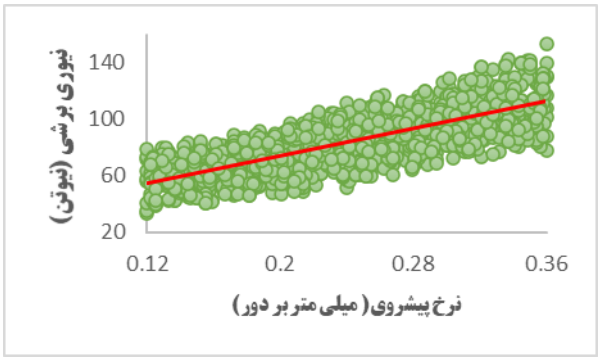
شکل ۳) اثر عمق برش بر زبری سطح

شکل ۴ تأثیر سرعت برشی بر نیروهای ماشین‌کاری را نشان می‌دهد. با افزایش سرعت برشی به علت برخورد بیشتر ذرات تقویت‌کننده و همچنین وجود ماده زمینه چسبیده شده بر لبه برشی ابزار، سایش شدید ابزار رخ می‌دهد که این مسئله باعث به وجود آمدن ارتعاش و بالطبع افزایش نیروهای ماشین‌کاری می‌شود.



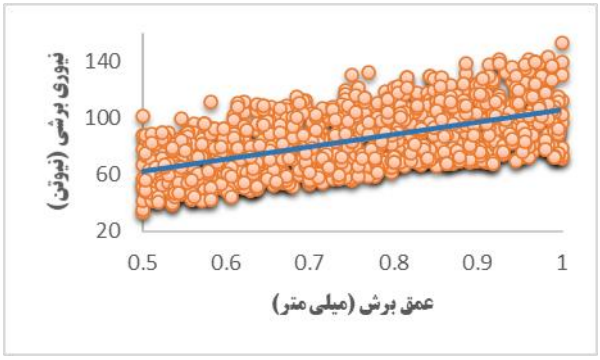
شکل ۴) اثر سرعت برشی بر زبری نیروهای ماشین‌کاری

شکل ۵ نشان‌دهنده افزایش نیروهای ماشین‌کاری با افزایش نرخ پیشروی است. نرخ پیشروی اصلی‌ترین عامل اثرگذار نسبت به سایر پارامترهای ماشین بر روی نیروهای وارد بر ابزار است. با افزایش نرخ پیشروی اصطکاک مابین ابزار و قطعه کار با شیب نسبتاً زیادی بیشتر می‌شود. نتیجه افزایش این اصطکاک، افزایش یافتن قابل‌توجه نیروهای وارد ابزار است.



شکل ۵) اثر نرخ پیشروی بر نیروهای ماشین‌کاری

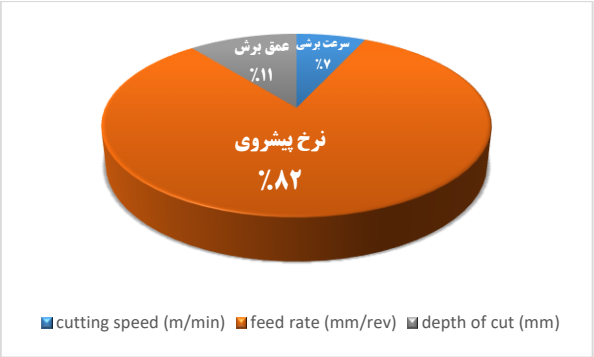
همان‌طور که از شکل ۶ قابل استنتاج است با افزایش عمق برش به دلیل تماس بیشتر ابزار با براده تغییر شکل نیافته و نیاز به برداشت حجم بیشتری از ماده، نسبت به عمق برش‌های کمتر نیروهای وارد بر ابزار در هنگام ماشین‌کاری این کامپوزیت افزایش می‌یابد.



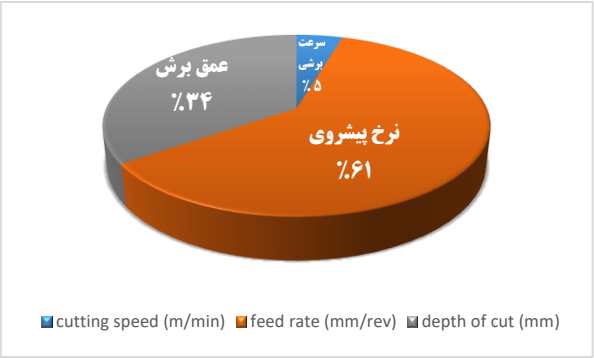
شکل ۶) اثر عمق برش بر نیروهای ماشین‌کاری

شکل ۷ آنالیز حساسیت صورت گرفته‌شده به روش سوبل را نشان می‌دهد. مطابق با آنالیز انجام‌شده نرخ پیشروی با ۸۲ درصد بیشترین میزان اثرگذاری را بر زبری سطح دارد، پس‌ازآن عمق برش با ۱۱ درصد و سرعت برشی با ۷ درصد سایر پارامترهای اثرگذار در فرآیند تراش‌کاری این کامپوزیت هستند. مطابق با شکل ۸ پارامتر اصلی تأثیرگذار بر نیروهای ماشین‌کاری نرخ پیشروی با ۶۱ درصد می‌باشد. عمق برش ۳۴ درصد و سرعت برشی ۵ درصد بر روی نیروهای وارد بر ابزار مؤثر هستند.

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-05-10]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1402.23.10.12.2]
[DOI: 10.22034/mme.23.10.63]



شکل ۷) درصد تأثیر پارامترهای مختلف بر زبری سطح



شکل ۸) درصد تأثیر پارامترهای مختلف بر زبری سطح نیروی ماشین‌کاری

۴- نتیجه‌گیری و جمع‌بندی

در این پژوهش، هدف اصلی، آنالیز حساسیت هم‌زمان پارامترهای تنظیمی ورودی فرآیند تراشکاری کامپوزیت پایه منیزیمی RZ5/TiB_2 با استفاده از روش آنالیز حساسیت سوبل می‌باشد. کیفیت سطح نهایی قطعه و نیروهای وارد بر ابزار از پارامترهای مهم در فرایند ماشین‌کاری هستند.

به دلیل مطالعات اندکی که در حوزه ماشین‌کاری کامپوزیت‌ها، خصوصاً کامپوزیت‌های پایه منیزیمی صورت پذیرفته است به دست آوردن درک صحیحی از رفتار پارامترهای اصلی تراش‌کاری از قبیل سرعت برشی، نرخ پیشروی و عمق برشی بر زبری سطح و نیرو لازم است.

مطابق با این پژوهش مشخص گردید نرخ پیشروی بیشترین تأثیر را بر روی زبری سطح و نیروی ماشین‌کاری دارند، پس‌ازآن عمق برش و سرعت برشی عوامل تأثیرگذار در ماشین‌کاری کامپوزیت زمینه منیزیمی RZ5/TiB_2 هستند. برای دست‌یابی به کیفیت سطح نهایی مطلوب و کاهش نیروها می‌بایست از نرخ پیشروی‌های کمتر (خصوصاً در حالت نزدیک به پاس نهایی در مرحله پرداخت‌کاری) استفاده نمود.

۵- مراجع

1. Safarabady A, Tahmasbi V, sousanabadi farahani A, zolfaghari m. Electrical discharge machining of metal matrix composite AZ91 magnesium alloy and investigation and optimization of the effect of input parameters on material removal rate and workpiece surface roughness. Iranian Journal of Manufacturing Engineering. 2022;9(6):59-69.
2. Chen J-P, Gu L, He G-J. A review on conventional and nonconventional machining of SiC particle-reinforced aluminium matrix composites. Advances in Manufacturing. 2020;8(3):279-315.
3. Zhong Z, Hung NP. Grinding of alumina/aluminum composites. Journal of materials processing technology. 2002;123(1):13-7.
4. Cheung C, Chan K, To S, Lee W. Effect of reinforcement in ultra-precision machining of Al6061/SiC metal matrix composites. Scripta Materialia. 2002;47(2):77-82.
5. Manna A, Bhattacharayya B. A study on machinability of Al/SiC-MMC. Journal of Materials Processing Technology. 2003;140(1):711-6.
6. Ciftci I, Turker M, Seker U. Evaluation of tool wear when machining SiC p-reinforced Al-2014 alloy matrix composites. Materials & design. 2004;25(3):251-5.
7. Sahin Y. Preparation and some properties of SiC particle reinforced aluminium alloy composites. Materials & design. 2003;24(8):671-9.
8. Kaarmuhilan K, Karthika S, Muthukrishnan N, editors. Performance evaluation of PCD 1300 and 1500 grade inserts on turning A356 alloy with 20% reinforcement of SiC particles. Applied Mechanics and Materials; 2012: Trans Tech Publ.
9. Radhika N, Subramaniam R, Babudeva Senapathi S. Machining parameter optimisation of an aluminium hybrid metal matrix composite by statistical modelling. Industrial Lubrication and Tribology. 2013;65(6):425-35.
10. Pendse DM, Joshi SS. Modeling and optimization of machining process in discontinuously reinforced aluminium matrix composites. Machining Science and Technology. 2004;8(1):85-102.
11. Behera R, Sutradhar G. Machinability of LM6/SiCp metal matrix composites with tungsten carbide cutting tool inserts. ARPN journal of Engineering and Applied Sciences. 2012;7(2):216-21.
12. Bansal P, Upadhyay L. Experimental investigations to study tool wear during turning of alumina reinforced aluminium composite. Procedia Engineering. 2013;51:818-27.
13. Njuguna MJ, Gao D, Zhaopeng H. Tool wear, surface integrity and dimensional accuracy in turning Al2124SiCp (45% wt) metal matrix composite using CBN and PCD tools. Res J Appl Sci Eng Technol. 2013;6(22):4138-44.
14. Khuri AI, Cornell JA. Response surfaces: designs and analyses: revised and expanded: CRC press; 2018.
15. Meher A, Mahapatra MM, Samal P, Vundavilli PR, Shankar KV. Statistical Modeling of the Machinability of an In-Situ Synthesized RZ5/TiB2 Magnesium Matrix Composite in Dry Turning Condition. Crystals. 2022;12(10):1353.
16. Taheri M. Investigation and Sensitivity Analysis of Dimensional Parameters and Velocity in the 3D Nanomanipulation Dynamics of Carbon Nanotubes Using Statistical Sobol Method. Modares Mechanical Engineering. 2019;19(1):125-35.
17. Sobol' IyM. On sensitivity estimation for nonlinear mathematical models. Matematicheskoe modelirovanie. 1990;2(1):112-8.

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-05-10]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1402.23.10.12.2]
[DOI: 10.22034/mme.23.10.63]