ISSN: 2476-6909; Modares Mechanical Engineering. Proceedings of 3rd Iranian National Conference on Advanced Machining and Machine Tools (CAMMT). 2023;23(10):169-175.

Sensitivity Analysis of Key Parameters and Utilization of Acoustic Emission for Enhancing Machining Quality through MQL Technology in Turning of SCM440 Steel

ARTICLE INFO

Authors
Asgari A.[1],
Khosrobegi S.[1],
Khalili M.[1*]

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

*** Correspondence**
Address: Faculty of Engineering, Arak University, Arak, Iran.
m-khalili@araku.ac.ir

How to cite this article
Asgari A, Khosrobegi S, Khalili M. Sensitivity Analysis of Key Parameters and Utilization of Acoustic Emission for Enhancing Machining Quality through MQL Technology in Turning of SCM440 Steel. Proceedings of 3rd Iranian National Conference on Advanced Machining and Machine Tools (CAMMT). 2023;23(10):169-175.

ABSTRACT

The industry uses SCM440 steel extensively because of its many characteristics. Nevertheless, wear and vibration are two issues that this steel may bring about. Minimum Quantity Lubricant (MQL) technology is being employed extensively as the most efficient substitution approach in pursuit of a cost-effective alternative solution. Vibrations and acoustic emission signals work well for tracking surface roughness and tool wear. It is possible to use undesirable machining factors as parameters to study the behavior of the process. Regression analysis of several factors allows for the discovery of weaknesses and vulnerabilities in the machining process. Optimizing the production process and enhancing quality are possible with the use of effective factors. The two parameters that have the biggest effects on machining quality are feed rate and cutting depth. Feed rate is known to be sensitive to surface roughness, while cutting depth is recognized to be sensitive to tool wear.

Keywords MQL Technology, Sensitivity Analysis, Machining Quality, SCM440, Acoustic Emission

ماهنامه علمی مهندسی مکانیک مدرس، ویژه نامه مجموعه مقالات سومین کنفرانس ملی ماشین‌کاری و ماشین‌های ابزار پیشرفته
مهر ۱۴۰۲، دوره ۲۳، شماره ۱۰، صفحه ۱۶۹-۱۷۵

تحلیل حساسیت پارامترهای کلیدی و استفاده از امواج صوتی در بهبود کیفیت تراشکاری از طریق فناوری MQL در تراشیدن فولاد SCM440

مشخصات مقاله

نویسنده‌ها
آرین عسگری[۱]
سارا خسروبگی[۱]
محمد خلیلی[۱*]

[۱] دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه اراک، اراک، ایران

*** نویسنده مسئول**
آدرس: دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه اراک، اراک، ایران
m-khalili@araku.ac.ir

چکیده

فولاد SCM440 به دلیل ویژگی‌های قابل‌توجه بسیار، در صنعت به طور گسترده مورداستفاده قرار می‌گیرد. بااین‌وجود، این فولاد موجب ایجاد مشکلاتی از جمله ارتعاش و سایش می‌شود. به دنبال راه‌حل جایگزین با هزینه کمتر، فناوری کمینه میزان روان‌سازی (MQL) به‌عنوان مؤثرترین روش جایگزین مورداستفاده قرار می‌گیرد. در این راستا، سیگنال‌های امواج صوتی و ارتعاشات در نظارت بر فرسایش ابزار و زبری سطح مؤثر هستند. همچنین، عوامل نامطلوب در حین ماشین‌کاری به‌عنوان پارامتر در بررسی رفتار فرایند می‌توانند مورداستفاده قرار گیرند. بررسی پارامترهای مختلف با استناد به معادله رگرسیون، موجب فراهم‌شدن شرایطی جهت شناسایی ایرادات و نقاط ضعف در فرایند ماشین‌کاری می‌شود. از پارامترهای مؤثر جهت بهبود کیفیت و بهینه‌سازی فرایند تولید می‌توان استفاده کرد. نتایج تحلیل حساسیت انجام شده نشان دادند که نرخ تغذیه به‌عنوان پارامتر حساس در میزان زبری سطح و عمق برش به‌عنوان پارامتر حساس در میزان سایش لبه شناخته می‌شوند و بیشترین تأثیر را در کیفیت ماشین‌کاری دارند.

کلیدواژه‌ها فناوری MQL، تحلیل حساسیت، کیفیت تراشکاری، فولاد SCM440، سیگنال امواج صوتی

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-12-22]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1402.23.10.29.9]
[DOI: 10.22034/mme.23.10.169]

۱- مقدمه

فولاد SCM440 به دلیل ویژگی‌های برجسته و مقاومت نسبتاً خوب در برابر خوردگی، در تولید قطعات با بار متغیر مانند دنده‌ها، قالب‌های تزریق پلاستیک، محورهای چرخشی و سایر حوزه‌ها به طور گسترده مورداستفاده قرار می‌گیرد [۱، ۲]. اما بااین‌وجود، این فولاد باعث ایجاد ارتعاش و سایش ابزار در فرایند ماشین‌کاری می‌شود [۳، ۴]. بررسی‌ها نشان می‌دهد که پارامترهای مختلف می‌توانند بر میزان ارتعاش و سایش تأثیر بگذارند [۵، ۶]. استفاده از سیگنال‌های انتشار صوتی و ارتعاشات، به یک روش نوین و پیشرفته در نظارت بر این فولاد جهت افزارش عمر و افزایش بازدهی آن مورداستفاده قرار می‌گیرد [۷، ۸]. مطالعات انجام شده در این زمینه عمدتاً در زمینه خنک‌کننده‌ها بوده که تأثیر سیال برش در کاهش دما و بهبود بهره‌وری را ارائه می‌دهد [۹، ۱۰]. بااین‌وجود، استفاده بیش از اندازه از سیال برش، علاوه بر هزینه زیاد، تأثیرات منفی در اپراتور و محیط اطراف آن را در بر دارد.

تحقیقات جدید به دنبال پیداکردن روشی جایگزین که هزینه کمتر و امن‌تر با کارایی بالاتر که رفتار مخرب با محیط اطراف نداشته باشد، فنّاوری کمینه میزان روان‌سازی (MQL) را به‌عنوان مؤثرترین روش جایگزین پذیرفتند. مطالعات نشان می‌دهد که با اسپری‌کردن لایه‌ای از روان‌کننده بین قطعه کار و ابزار، می‌تواند کیفیت سطح را بالا ببرد و روانکاری را بهبود دهد [۱۱، ۱۲]. ماشین‌کاری تحت شرایط MQL موجب کاهش دامنه ارتعاشات و سایش از ۲۳٪ تا ٤٥٪ در مقایسه با شرایط عادی شود [۱۳].بااین‌حال، رویکرد آزمایشی سامان‌مند و تأثیر آزمون انتشار امواج صوتی، دامنه ارتعاش، کیفیت سطح و ایجاد ورقه‌ها در اثر تراشیده شدن تحت شرایط MQL به طور کامل گزارش نشده.

تولید هوشمند در صنعت ۴٫۰ یک‌روند اجتناب‌ناپذیر است که به‌منظور کاهش هزینه، خرابی، بهینه‌سازی و افزایش عملکرد مورداستفاده قرار می‌گیرد [۱۴، ۱۵]. عامل اساسی موفقیت در تولید هوشمند، یک مکانیزم مؤثر در نظارت بر فرایند است که با استفاده از آن عیوب و نا بهینگی را در شرایط محیطی و شرایط ساخت را طی حوادث غیرقابل‌پیش‌بینی، شناسایی کند. نظارت بر وضعیت ابزار برش و کیفیت سطح بدون استفاده از دستگاه‌های نظارت، کاری بسیار دشوار و زمان برخواهد بود. کیفیت سطح از طریق زبری سطح، یک عامل مهم در ماشین‌کاری است. به طور غیرمستقیم، کیفیت سطح یک محصول بیانگر وضعیت ابزار برشی مورداستفاده در تولید آن است [۸، ۱۶، ۱۷] همچنین پارامترهای دخیل در برش بر سایش و کیفیت سطح تأثیر دارد. علاوه‌برآن، این عوامل بر تغییر شکل پلاستیک، پایداری قطعه و ترک‌های ایجاد شده تأثیر می‌گذارند. خوردگی ابزار یک پدیده اجتناب‌ناپذیر در هر فرایند برش فلزات است. زمانی که حاشیه بریده شده طی فرایند برش دچار سایش شود، این سایش باعث ایجاد اصطکاک بین ابزار و قطعه کار می‌شود. در نتیجه، گرمای برش بالا می‌رود، نیروی برش بیشتری موردنیاز است و برق زیادی مصرف می‌شود. هنگامی که ابزار برش بیشتر از محدوده مجاز خود ساییده شده باشند و یا به آن‌ها آسیب وارد شده باشد، سطح ماشین‌کاری شده باکیفیت پایین ایجاد می‌کند که در نتیجه، ارتعاشات افزایش میابد. ایجاد تغییر در شرایط برش و باقی مشکلات ماشین‌کاری، سیگنال‌های ارتعاشی مختلفی در دستگاه ایجاد می‌کند. تجزیه‌وتحلیل سیگنال ارتعاشی، شناخت ناهنجاری‌ها در ماشین‌کاری را ممکن می‌کند و خطاهای ایجاد شده در ابزار ماشین‌کاری قابل‌شناسایی می‌شود. مشکلات در حین ماشین‌کاری، ارتعاشات را بالا برده و سایش را در سطح بالا می‌برد و باعث ایجاد زبری سطح می‌شود.

عوامل نامطلوب حین ماشین‌کاری، با نظارت بر سایش و کیفیت سطح ماشین‌کاری، به پارامترهای کاربردی تبدیل می‌شوند. در فرایند ماشین‌کاری، جنس مواد مکانیکی به دلیل تعامل قطعه کار و ابزار برش تغییر می‌کند. این فرایند، باعث ایجاد امواج صوتی شده که از طریق تماس دو جسم ایجاد می‌شود. در نتیجه، اندازه‌گیری این امواج صوتی به‌عنوان فاکتوری برای افزایش کارایی در نظارت سایش ابزار و کیفیت سطح مورداستفاده قرار می‌گیرد. با ترکیب‌کردن نتایج ورقه‌های ایجاد شده و ارتعاشات می‌توان بهینه‌سازی را افزایش داد.

این فرایند با ترکیب نتایج حاصل از سیگنال‌های امواج صوتی و ارتعاشات با بررسی ورقه‌های ایجاد شده، این امکان را فراهم می‌کند که شرایط ابزار برش را بدون ایجاد وقفه در ماشین‌کاری و به‌صورت قابل‌اعتماد بررسی کرد. تحلیل امواج صوتی با فرکانس بالا، تغییرات داخلی مواد را نشان می‌دهد. درحالی‌که دامنه ارتعاشات حاصل از فرکانس‌های پایین نمایانگر تغییرات خارجی در فرایند ماشین‌کاری مواد است. این نتایج، نشان می‌دهد که ترکیب این دو حسگر، فرایند کامل‌تری برای نظارت بر وضعیت ابزار فراهم می‌کند.

باتوجه‌به ارزیابی‌های فوق، یک سیستم برای نظارت بر وضعیت ابزار و ارزیابی کیفیت سطح از طریق ارتعاشات، تشکیل ورقه‌ها، و آزمون انتشار امواج صوتی توسعه می‌دهد. یک شتاب‌سنج، سه مؤلفه سیگنال انتشار صوتی و دامنه لرزش تولید شده در هنگام تراشیدن با استفاده از روش MQL با فولاد SCM440 را ثبت می‌کند [۱۸].

در این مقاله با استفاده از الگوریتم رگرسیون، میزان تأثیر پارامترهای مختلف در تغییرات زبری سطح و سایش لبه بررسی می‌شود. هدف اصلی از این مقاله، تحلیل و پردازش داده‌های ورودی جهت پیش‌بینی تغییرات زبری سطح و سایش لبه است. با استفاده از ترکیب نتایج به‌دست‌آمده از ارتعاشات و امواج صوتی با الگوریتم رگرسیون، می‌توان تأثیر پارامترهای مختلف بر روی کیفیت سطح را مورد بررسی قرارداد. با مشخص‌شدن تأثیر پارامترها، ایرادات تأثیرگذار در کاهش کیفیت ماشین‌کاری

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-12-22]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1402.23.10.29.9]
[DOI: 10.22034/mme.23.10.169]

مشخص می‌شود. این تحلیل حساسیت جهت بهینه‌سازی فرایند تولید انجام می‌شود و می‌تواند کیفیت ماشین‌کاری را افزایش دهد.

۲- مواد و روش‌ها

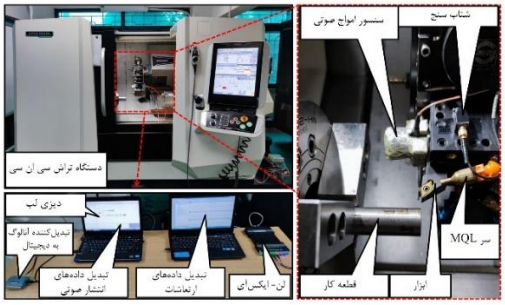
با توسعه حسگرها، اطلاعات درمورد فرایند ماشین‌کاری و ابزار برش به‌صورت لحظه‌ای جمع‌آوری می‌شود و از این طریق، شکست جدی ابزار در حین ماشین‌کاری به‌سرعت تشخیص داده و جلوی آن گرفته می‌شود. انتخاب انواع حسگرهای موجود و مناسب برای نظارت بر شرایط ابزار برش مهم است. در میان انواع مختلف حسگرهای نظارت بر ابزار برش، حسگرهای انتشار صوتی قادرند بادقت خوبی عیب‌های ابزار برش را تشخیص دهند؛ زیرا این حسگرها قابلیت دریافت فرکانس‌های بالا و عدم تحت‌تأثیر قرارگیری از سروصدای محیط را دارند. سیگنال‌های انتشار صوتی سیگنال‌های لحظه‌ای هستند که ناشی از آزادسازی سریع انرژی از دستگاه یا منبع درون مواد هستند. منبع این امواج صوتی، تنش حاصل از تغییر شکل ماده حین برش فلزی است. مانند تغییر شکل پلاستیک قطعه کار حین برش، اصطکاک بین قطعه کار و لبه ابزار که منجر به سایش لبه آن می‌شود، فرایند تشکیل و حذف تراشه، تماس اصطکاکی بین صفحه جلویی ابزار و تراشه که منجر به سایش صفحه جلویی می‌شود، برخورد بین تراشه و ابزار، شکست تراشه و یا شکسته‌شدن ابزار. سیگنال‌های امواج صوتی حاصل از فرایند برش فلزات شامل سیگنال‌های پیوسته و لحظه‌ای هستند که ویژگی‌های متمایز و متفاوتی دارند. سیگنال‌های پیوسته امواج صوتی با تغییر شکل پلاستیکی و سایش ابزار در حین برش فلزات مرتبط هستند، درحالی‌که سیگنال‌های موقتی در حین توسعه ترک‌های داخلی مشاهده می‌شوند. علاوه بر این، شکست تراشه، شکست ابزار یا شکسته‌شدن، برخورد یا گره‌خوردن تراشه نیز سیگنال‌های امواج صوتی نوع موقتی را تولید می‌کنند. چندین پژوهشگر نشان داده‌اند که از امواج صوتی با موفقیت در آزمایش‌های تجربی برای تشخیص شرایط ابزار مانند شکست و سایش استفاده شده است. از سوی دیگر، با توانایی جمع‌آوری و تفسیر سریع داده‌ها، سیگنال‌های ارتعاشی در نظارت وضعیت ابزار برش، موردتوجه بوده و به طور گسترده‌ای استفاده شده‌اند. ارتعاشات در برش فلزات ناشی از تغییرات چرخشی در اجزای پویای نیروی برشی هستند. به طور معمول، ارتعاشات باعث تولید صداهای کوچکی می‌شوند که موجب ایجاد موج‌ها در سطح ماشین‌کاری و ناهمواری‌ها در تشکیل تراشه می‌شوند که به‌تبع آن استحکام فرایند ماشین‌کاری را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. سیگنال ارتعاشی تولید شده در حین فرایند فلزکاری ناشی از ترکیبی از صفحات آزاد، نیروهای برشی و نوسانات دوره‌ای و تصادفی است. ارتعاشات مکانیکی ناشی از شرایط برش و سایش ابزار در طول فرایند تراشکاری هستند. ورقه شدن و شکسته‌شدن ابزار برش، وقفه در تراشکاری و شرایط دیگر مرتبط با فرایند تراشکاری نیز علت ارتعاش تصادفی در طول تراشکاری هستند. کمترین ارتعاشی که توسط ابزار ماشین‌کاری، دستگاه کنار آن و کارگاه تولید می‌شود نیز در تشخیص ارتعاشات در نظر گرفته می‌شود. مطالعات انجام شده توسط [۱۹] نشان می‌دهد که ارتعاشات ممکن است کمی متغیر باشد که در بعضی از شرایط برش می‌توان آن تغییر را نادیده گرفت. نتایج اصلی مطالعه [۱۹] نشان می‌دهد که حداقل مقدار دامنه ارتعاش می‌تواند به‌عنوان یک نشانگر سایش ابزار استفاده شود و می‌تواند در نظارت لحظه‌ای وضعیت ابزار مورداستفاده قرار گیرد. استفاده از حسگرهای ارتعاش در نظارت وضعیت ابزار برش چندین مزیت نسبت به سایر حسگرها دارد، مانند سهولت در اجرا و عدم نیاز به تغییر آلات جیگ، قطعات کار و ابزارهای ماشین. حسگرهای ارتعاشی می‌توانند به‌خوبی در حضور مایع خنک‌کننده، تراشه و حرارت عمل کنند و به‌راحتی قابل‌تعویض هستند که در نتیجه هزینه‌ها را کاهش می‌دهد.

قطعه کار فولادی CMS440 با قطر ۸۰ میلی‌متر و طول ۲۰۰ میلی‌متر، حاوی ترکیبات شیمیایی داده شده در جدول ۱ است. آزمایش تراشکاری با ماشین تراش DMG Mori CLX350 با حداکثر قدرت ۱۶/۵ کیلووات و حداکثر سرعت ۵۰۰۰ دور بر دقیقه انجام شده است. توضیحات در شکل ۱ نشان‌دهنده تصویری از تجهیزات آزمایشی با نصب سیستم MQL بر روی یک ماشین تراشکاری CNC با استفاده از یک روغن گیاهی دوستدار محیط‌زیست نشان می‌دهد. اطلاعات به‌دست‌آمده ارتعاشات حین فرایند ماشین‌کاری ثبت شده است. داده‌های سیگنال در حوزه زمان با استفاده از مقادیر RMS (جذر میانگین مربعات) پردازش می‌شوند تا شدت ارتعاش را تعیین کنند. کیفیت سطح و سایش ابزار با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری زبری (Mitutoyo SJ-200) و دستگاه Keyence VHX که در شکل ۲ نشان‌داده‌شده است، اندازه‌گیری می‌شود. میانگین مقدار Ra توسط سه بخش دیگر بر روی قطعه کار اندازه‌گیری می‌شود و برای تعیین اطلاعات زبری سطح جهت افزایش دقت اندازه‌گیری مورداستفاده قرار می‌گیرد. آزمایش‌ها از طریق آزمایش‌هایی انجام شد که شامل عواملی از جمله سرعت برش (V)، نرخ تغذیه (f)، فشار تزریق (P) و عمق برش (t) در سه سطح تنظیم شده است. پارامترهای اولیه فرایند آزمایش در جدول ۲ نشان‌داده‌شده است. جهت تحقق قابلیتی که با استفاده از آن بتوان زبری سطح و سایش ابزار را با ترکیب نتایج حسگرهای امواج صوتی و ارتعاشات پیش‌بینی کرد، جدول طراحی آزمایشی مطابق با جدول ۳ برای انجام آزمایش‌های تجربی توسط تین و همکاران در نظر گرفته شده است [۱۸].

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-12-22]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1402.23.10.29.9]
[DOI: 10.22034/mme.23.10.169]

جدول ۱) ترکیب مواد فولاد SCM440 [۱۸]

ترکیب شیمیایی	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
% ضریب	۰/۳۸-۰.۴۳	۰/۱۵-۰.۳۵	۰/۶۰-۰.۸۵	۰/۰۳≥	۰/۰۳≥	۰/۹-۱/۲	۰/۱۵-۰.۳



شکل ۱) تجهیزات انجام آزمایش [۱۸]

شکل ۲) تجهیزات استفاده شده جهت اندازه‌گیری زبری سطح و سایش لبه [۱۸]

جدول ۲) سطح پارامترهای فنی هنگام چرخش MQL [۱۸]

مشخصه فنی	سطح ۱	سطح ۲	سطح ۳
فشار تزریق MQL [kgF/cm³]	۱/۵	۴	۶/۵
سرعت برش [m/min]	۱۰۰	۱۳۰	۱۶۰
نرخ تغذیه [mm/rev]	۰/۰۵	۰/۱	۰/۱۵
عمق برش [mm]	۰/۱	۰/۳	۰/۵

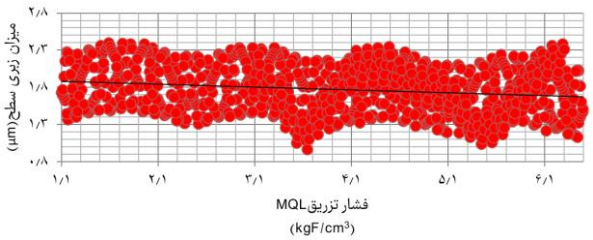
جدول ۳) جدول طراحی آزمایش‌های مختلف در نظر گرفته شده [۱۸]

شماره آزمایش	شرایط MQL	سرعت برش	نرخ تغذیه	عمق برش
۱	۲	۱	۲	۲
۲	۲	۲	۲	۲
۳	۲	۳	۲	۲
۴	۲	۲	۱	۲
۵	۲	۲	۲	۲
۶	۲	۲	۳	۲
۷	۲	۲	۲	۱
۸	۲	۲	۲	۲
۹	۲	۲	۲	۳
۱۰	۱	۲	۲	۲
۱۱	۲	۲	۲	۲
۱۲	۳	۲	۲	۲

۳- بررسی پارامترهای مؤثر

۳-۱- اثر پارامترهای فرایند بر زبری سطح

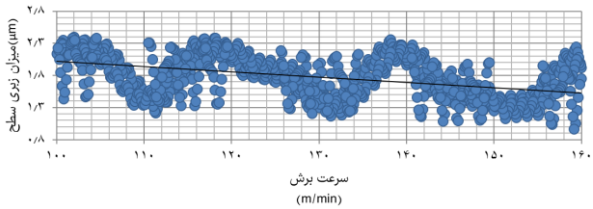
تأثیر فشار تزریق MQL بر روی میزان زبری سطح در شکل ۳ نشان‌داده‌شده است. با افزایش فشار تزریق MQL، میزان زبری سطح به میزان کمی کاهش می‌یابد. فشار تزریق بالاتر به تجزیه روان‌کننده به قطرات کوچک‌تر کمک می‌کند. قطرات کوچک‌تر با پوشش بهتر ناحیه برش و سطح قطعه، می‌توانند به شکاف‌ها نفوذ کنند. همچنین باعث چسبندگی و رسوب روان‌کننده بر روی سطح قطعه می‌شود. این فرایند به خنک‌سازی قطعه کمک کرده و با پخش‌شدن یکنواخت روان‌کننده و عدم تجمع آن، باعث کاهش زبری سطح می‌شوند.



شکل ۳) نمودار تغییرات زبری سطح با افزایش فشار تزریق MQL

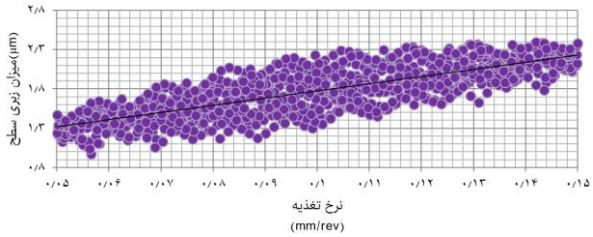
ماشین‌کاری با سرعت بالاتر، باعث می‌شود که قطعات زمان کمتری با هم تماس و تعامل داشته باشند. کمتر بودن تعامل قطعات نیز باعث کاهش سایش شده و لبه‌های تیز، سطح صاف‌تری خواهند داشت. در سرعت‌های بالاتر، زمان محدودتری برای جمع‌شدن ذرات بر روی لبه‌های برش وجود دارد. اگر قطعه زمان بیشتری با ابزار برش در تماس باشد، گرمای بیشتری به آن منتقل می‌شود. این گرما اگر از حد مجاز خود عبور کند، ترک‌های حرارتی به وجود می‌آید و امکان اکسیدشدن قطعه بالا می‌رود. در نتیجه، مطابق شکل ۴ ماشین‌کاری با سرعت بالاتر، می‌تواند در شرایط خاص باعث کاهش زبری سطح شود. اگر سرعت از محدوده مجاز خود عبور کند، شرایط برش تغییر می‌کند. همان‌طور که تین و همکاران در مطالعات تجربی خود به این تغییرات اشاره کردند، در سرعت‌های خیلی بالا، ابزار برش نمی‌تواند در برابر تنش‌های مکانیکی و گرمایی مقاومت کند و شروع به فرسودگی و سایش می‌کند. تراشه‌های ایجاد شده نمی‌توانند پیوسته ایجاد شوند و به قطعات کوچک‌تر تبدیل شوند. این تراشه‌ها با تماس با سطح، زبری را افزایش می‌دهند. افزایش ارتعاش نیز یکی دیگر از عوامل ایجاد سطح ناهموار است؛ بنابراین، درحالی‌که افزایش سرعت می‌تواند کیفیت سطح را افزایش دهد، سرعت بیشتر از حد مجاز منجر به سایش و ازدست‌دادن پایداری ابزار می‌شود که زبری سطح را افزایش می‌دهد. البته رابطه سرعت برش و زبری سطح به عوامل متعددی از جمله ترکیبات شیمیایی، سایش ابزار و میزان گرمای تولید شده نیز بستگی دارد [۱۸].

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-12-22]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1402.23.10.29.9]
[DOI: 10.22034/mme.23.10.169]



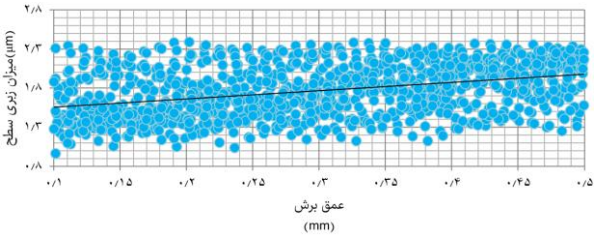
شکل ٤) نمودار تغییرات زبری سطح با افزایش سرعت برش

شکل ۵ نمودار تغییرات زبری سطح با افزایش نرخ تغذیه را نشان می‌دهد. با افزایش نرخ تغذیه، در هر دور، مواد بیشتری از لبه برش حذف می‌شوند. این عمل باعث افزایش فشار به ابزار و قطعه می‌شود که نیروی برش را افزایش می‌دهد. این افزایش نیرو موجب در هم دریده شدن قطعه به‌جای برش می‌شود. افزایش بار تراشه در موارد خاصی، موجب انحراف ابزار و خمش آن می‌شود و این انحراف مانع از برش مطلوب می‌شود. نرخ تغذیه بالا، یکی از عوامل افزایش ارتعاشات در ماشین و ابزار است. حرکت ناهموار و نوسانی ماشین سطح ناهمواری را ایجاد می‌کند. مواردی که ذکر شد، عواملی هستند که باعث افزایش گرمای ابزار شده و همچنین زبری سطح را به طور قابل‌توجهی افزایش می‌دهد.



شکل ۵) نمودار تغییرات زبری سطح با افزایش نرخ تغذیه

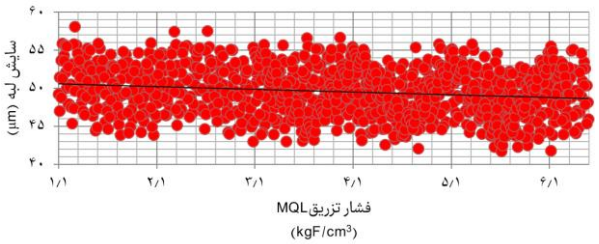
مطابق شکل ۶، عمق بیشتر برش سبب افزایش زبری سطح می‌شود. هرچه عمق برش افزایش یابد، نیروی برشی بیشتری به ابزار وارد می‌شود. این فشارها باعث افزایش دما و ایجاد نوسانات می‌شود. همچنین مسیر برش نیز ممکن است منحرف شود. این عوامل مانع از ایجاد یک سطح هموار و صاف شده و زبری سطح را افزایش می‌دهند.



شکل ۶) نمودار تغییرات زبری سطح با افزایش عمق برش

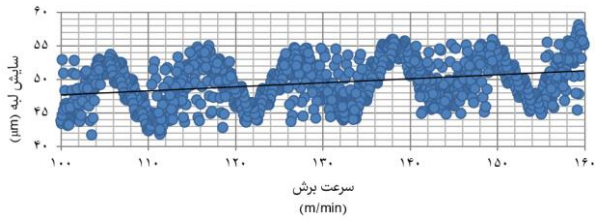
۲-۳- اثر پارامترهای فرایند بر سایش لبه

فشار تزریق MQL همانند تأثیر آن بر روی زبری سطح، باعث بهبود روان‌کنندگی در رابط ابزار می‌شود. به دلیل یکنواخت پخش‌شدن قطرات و نفوذ به حفره‌ها، اصطکاک کم شده و خنک‌کنندگی بهتر صورت می‌گیرد. افزایش فشار از انباشت ذرات بر روی قطعه و ابزار برش جلوگیری می‌کند. تراشه‌ها نیز باریک‌تر و پیوسته‌تر خواهند بود که سایش کمتری ایجاد می‌کنند. مطابق شکل ۷، با سایش لبه با افزایش فشار تزریق MQL کاهش خواهد یافت.



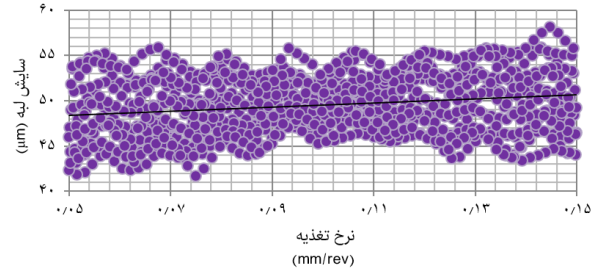
شکل ۷) نمودار تغییرات سایش لبه با افزایش فشار تزریق MQL

سرعت بیشتر برش موجب گرم‌شدن قطعات شده که باعث ایجاد تنش بر روی ابزار می‌شود. همچنین این گرما ممکن است موجب ایجاد واکنش‌های شیمیایی متعددی شود و یا فرایند اکسیدشدن رخ دهد. سرعت بالا، فرصت نفوذپذیری خنک‌کننده را به قطعه نمی‌دهد و همچنین افزایش ارتعاشات، یکی دیگر از اثرات افزایش سرعت برش است. مطابق شکل ۸، با افزایش سرعت برش، سایش لبه بیشتر خواهد شد.



شکل ۸) نمودار تغییرات سایش لبه با افزایش سرعت برش

نرخ تغذیه بالا موجب افزایش اصطکاک و در نتیجه، گرمای حاصل موجب سایش لبه خواهد شد. گرمای حاصل نیز زمان کمتری برای دفع‌شدن دارد که مانع از خنک‌کنندگی بهتر می‌شود. زمانی که نرخ تغذیه بالا می‌رود، تراشه‌ها معمولاً بزرگ‌تر و ساینده‌تر از حالت عادی هستند. تماس بین تراشه و ابزار برش، باعث سایش بیشتر ابزار می‌شود. در موارد خاص تنشی که به ابزار وارد می‌شود ممکن است از حد مجاز گذشته و باعث صدمه رساندن به ابزار برش شود. در نتیجه مطابق شکل ۹، افزایش نرخ تغذیه، سایش لبه را تشدید می‌کند.

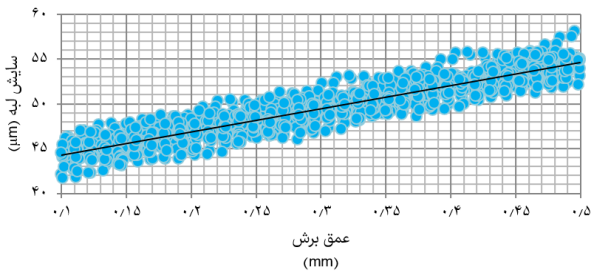


شکل ۹) نمودار تغییرات سایش لبه با افزایش نرخ تغذیه

در نهایت با بررسی تأثیر عمق برش در سایش لبه، مطابق شکل ۱۰ مشاهده خواهد شد که با افزایش عمق، سایش بیشتر می‌شود. علت آن می‌تواند افزایش نیروی وارد شده به ابزار برش، تماس بیشتر با

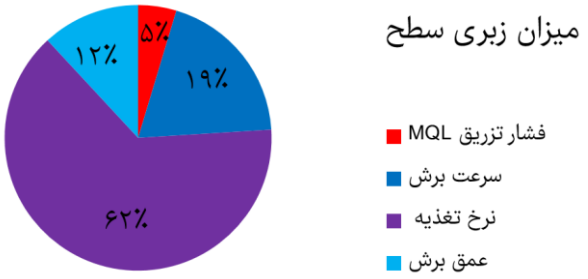
[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-12-22]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1402.23.10.29.9]
[DOI: 10.22034/mme.23.10.169]

قطعه و در نتیجه سایش بالاتر، افزایش دما، شکسته‌شدن مکرر قطعه کار و کاهش استحکام به دلیل محدودیت‌های قطعه کار باشد.

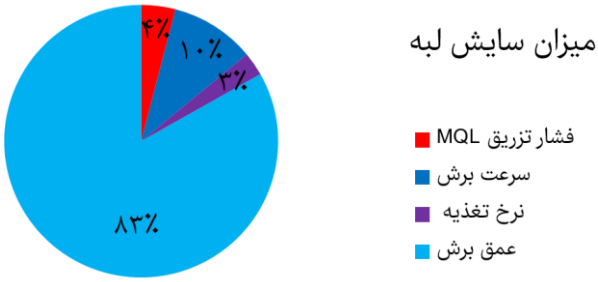


شکل ۱۰) نمودار تغییرات سایش لبه با افزایش عمق برش

در شکل‌های ۱۱ و ۱۲ نتایج تحلیل حساسیت تأثیر پارامترهای بررسی شده بر سایش لبه و زبری سطح به ترتیب نشان داده شده است. بر اساس نتایج تحلیل حساسیت، نرخ تغذیه با ٦٤٪ بیشترین تأثیر را بر زبری سطح خواهد داشت و به‌عنوان پارامتر حساس شناخته می‌شود. همین‌طور فشار تزریق MQL با ۵٪ کمترین میزان تأثیر را بر زبری سطح را دارد که به‌عنوان پارامتر غیرحساس، نقش کمتری در میزان زبری سطح ایفا خواهد کرد. درمورد سایش لبه، عمق برش با ۸۳٪ بیشترین تأثیر و نرخ تغذیه و فشار تزریق MQL با کمتر از ۵٪ کمترین تأثیر را خواهند داشت. با استفاده از نتایج به‌دست‌آمده، فرصتی برای تنظیم این پارامترها به وجود خواهد آمد که به کمک آن بتوان میزان زبری سطح و سایش لبه را کنترل کرد. در نتیجه، با بهینه‌سازی برش پس از کنترل‌کردن پارامترها، به بهبود کیفیت برش و افزایش عمر ابزار برش کمک کرد.



شکل ۱۱) نتایج تحلیل حساسیت تأثیر پارامترهای مختلف بر روی زبری سطح



شکل ۱۲) نتایج تحلیل حساسیت تأثیر پارامترهای مختلف بر روی سایش لبه

۴- نتیجه‌گیری

استفاده از فنّاوری MQL در فرایند تراشیدن فولاد SCM440 باعث نظارت بهتر بر پارامترهایی از جمله فرسایش ابزار، کیفیت سطح و تشکیل تراشه‌ها می‌شود. سیگنال‌های امواج صوتی و ارتعاشات در نظارت بر فرسایش ابزار و زبری سطح مؤثر هستند. استفاده از MQL منجر به بهبود کارایی دستگاه، بهینه‌سازی و کاهش هزینه‌ها در این فرایند می‌شود.

با بررسی‌های صورت‌گرفته، فشار تزریق MQL، سرعت برش، نرخ تغذیه و عمق برش به‌عنوان پارامترهای مؤثر در نظر گرفته می‌شود. در بین پارامترهای بالا، نرخ تغذیه به‌عنوان پارامتر حساس در میزان زبری سطح و عمق برش به‌عنوان پارامتر حساس در میزان سایش لبه مؤثر واقع می‌شوند. همچنین فشار تزریق MQL به‌عنوان پارامتر غیرحساس در میزان زبری سطح و در بررسی میزان سایش لبه، نرخ تغذیه و فشار تزریق MQL به‌عنوان پارامتر غیرحساس شناخته می‌شوند.

فهرست علائم

f	نرخ تغذیه (mm/rev)
P	فشار تزریق MQL (kgF/cm^3)
t	عمق برش (mm)
V	سرعت برش (m/min)

مراجع

1- Zhang N, Komoda R, Yamada K, Kubota M, Staykov A. Ammonia mitigation and induction effects on hydrogen environment embrittlement of SCM440 low-alloy steel. International Journal of Hydrogen Energy. 2022 Apr 19;47(33):15084-93.

2- Kwak JS, Sim SB, Jeong YD. An analysis of grinding power and surface roughness in external cylindrical grinding of hardened SCM440 steel using the response surface method. International journal of machine tools and manufacture. 2006 Mar 1;46(3-4):304-12.

3- Thien NV, Trung DD. Study on model for cutting force when milling SCM440 steel. EUREKA: Physics and Engineering. 2021 Sep 13;5:23-35.

4- Tazoe K, Hamada S, Noguchi H. Fatigue crack growth behavior of JIS SCM440 steel near fatigue threshold in 9-MPa hydrogen gas environment. International Journal of Hydrogen Energy. 2017 May 4;42(18):13158-70.

5- Chen CC, Liu NM, Chiang KT, Chen HL. Experimental investigation of tool vibration and surface roughness in the precision end-milling process using the singular spectrum analysis. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2012 Nov;63:797-815.

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-12-22]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1402.23.10.29.9]
[DOI: 10.22034/mme.23.10.169]

journal of materials research and technology. 2022 Jan 1;16:1243-59.

17- Wu Q, Chen G, Liu Q, Pan B, Chen W. Investigation on the micro cutting mechanism and surface topography generation in ultraprecision diamond turning. Micromachines. 2022 Feb 27;13(3):381.

18- Tien DH, Thien NV, Pham TT, Nguyen TD. Combined analysis of acoustic emission and vibration signals in monitoring tool wear, surface quality and chip formation when turning SCM440 steel using MQL. EUREKA: Physics and Engineering (2023),(1). 2023:86-101.

19- Nguyen D, Yin S, Tang Q, Son PX. Online monitoring of surface roughness and grinding wheel wear when grinding Ti-6Al-4V titanium alloy using ANFIS-GPR hybrid algorithm and Taguchi analysis. Precision Engineering. 2019 Jan 1;55:275-92.

6- Thirumalai R, Srinivas S, Vinodh T, Kowshik Kumar AL, Kumar MK. Optimization of Surface Roughness and Flank Wear in Turning SCM440 Alloy Steel Using Taguchi Method. Applied Mechanics and Materials. 2014 Sep 5;592:641-6.

7- Thamizhmanii S, Hasan S. Effect of tool wear and forces by turning process on hard AISI 440 C and SCM 440 materials. International Journal of Material Forming. 2009 Aug;2:531-4.

8- Jeong JI, Kim JH, Choi SG, Cho YT, Kim CK, Lee H. Mechanical properties of white metal on scm440 alloy steel by laser cladding treatment. Applied Sciences. 2021 Mar 22;11(6):2836.

9- Kong YS, Cheepu M, Lee JK. Evaluation of the mechanical properties of Inconel 718 to SCM 440 dissimilar friction welding through real-time monitoring of the acoustic emission system. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part L: Journal of Materials: Design and Applications. 2021 May;235(5):1181-90.

10- Furuya Y, Matsuoka S, Abe T. A novel inclusion inspection method employing 20 kHz fatigue testing. Metallurgical and Materials Transactions A. 2003 Nov;34:2517-26.

11- Panda D, Kumari K, Dalai N. Performance of Minimum Quantity Lubrication (MQL) and its effect on Dry Machining with the addition of Nano-particle with the biodegradable base fluids: A review. Materials Today: Proceedings. 2022 Jan 1;56:1298-301.

12- Gaurav G, Sharma A, Dangayach GS, Meena ML. Assessment of jojoba as a pure and nano-fluid base oil in minimum quantity lubrication (MQL) hard-turning of Ti–6Al–4V: A step towards sustainable machining. Journal of Cleaner Production. 2020 Nov 1;272:122553.

13- Özbek NA, Çiçek A, Gülesin M, Özbek O. Effect of cutting conditions on wear performance of cryogenically treated tungsten carbide inserts in dry turning of stainless steel. Tribology International. 2016 Feb 1;94:223-33.

14- Tran NH, Park HS, Nguyen QV, Hoang TD. Development of a smart cyber-physical manufacturing system in the industry 4.0 context. Applied Sciences. 2019 Aug 13;9(16):3325.

15- Hozdić E. Smart factory for industry 4.0: A review. International Journal of Modern Manufacturing Technologies. 2015 Jan;7(1):28-35.

16- Usca ÜA, Uzun M, Şap S, Kuntoğlu M, Giasin K, Pimenov DY, Wojciechowski S. Tool wear, surface roughness, cutting temperature and chips morphology evaluation of Al/TiN coated carbide cutting tools in milling of Cu–B–CrC based ceramic matrix composites.

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-12-22]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1402.23.10.29.9]
[DOI: 10.22034/mme.23.10.169]