مجله مهندسی مکانیک مدرس، آبان ۱۳۹۴، دوره ۱۵، شماره ۱۳، ویژه‌نامه مجموعه مقالات کنفرانس، ص‌ص ۲۰۷-۲۱۱

مجموعه مقالات کنفرانس ماشین‌کاری و ماشین‌های ابزار پیشرفته، تهران، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳ و ۱۴ آبان ۱۳۹۴

مهندسی مکانیک مدرس

mme.modares.ac.ir

تأثیر استراتژی‌های سوراخ‌کاری بر میزان سایش ابزار در فولاد آلیاژی AISI D2

هادی ایمانی[۱]، محمد حسین صادقی[۲]، حجت الله رنجبر[۱]، امیر راستی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی مکانیک، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
۲- تهران استاد، مهندسی مکانیک، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
۳- دانشجوی دکتری، مهندسی مکانیک، دانشگاه تربیت مدرس،
* تهران، صندوق پستی ۱۴۳-۱۴۱۱۵، Sadeghim@modares.ac.ir

چکیده

سایش ابزار یکی از مهم‌ترین مشکلات در ماشین‌کاری فولادها است که تأثیر به سزای بر کیفیت سطح و هزینه ماشین‌کاری قطعات تولید شده دارد. سوراخ‌کاری فولادهای سردکار به دلیل سختی و چقرمگی بالا، سایش شدید ابزار را در پی‌دارند. تحقیقات صورت گرفته درزمینه سایش ابزار در سوراخ‌کاری نشان می‌دهد که استراتژی‌های ایجاد سوراخ به دلیل تفاوت در مسیر ابزار و نحوه درگیری با قطعه‌کار می‌تواند تأثیر بسیاری بر سایش ابزار داشته باشد. ازاین‌رو در این تحقیق سایش ابزار در چهار استراتژی ایجاد سوراخ فرزکاری مارپیچ، فرزکاری پروفایل سوراخ‌کاری معمولی و سوراخ‌کاری با پیش مته بررسی گردید. نتایج نشان داد که کمترین و بیشترین سایش ابزار لبه اصلی به ترتیب توسط فرزکاری مارپیچ و سوراخ‌کاری با پیش مته به دست آمد. همچنین در چهار استراتژی بررسی شده، سایش ابزار لبه کناری نسبت به لبه اصلی کمتر بود و بیشترین سایش لبه کناری در روش سوراخ‌کاری معمولی به دست آمد.

کلید واژگان: استراتژی های سوراخ‌کاری، سایش ابزار، فولاد ابزار AISI D2

The Impact of Hole Making Strategies on Tool Wear in AISI D2 Tool Steel

Hadi Imani, Mohamad Hossein Sadeghi*, Hojjatolah Ranjbar, Amir Rasti

Department of Mechanical Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
* P.O.B. 123456789 Tehran, Iran, Sadeghim@modares.ac.ir

ABSTRACT

Tool wear in machining of steel is one of the most important problems that has a great effect on surface roughness and cost of machining parts. Hole making of the cold work steel because of their its high hardness and toughness cause severe tool wear. Research down doing on the tool wear in hole making strategies shown that hole making method because of difference in path of tool and interaction of tool with workpiece has a significant effect on the tool wear. Therefore in this paper tool wear in four hole making strategies helical milling, profile milling, drilling and drilling with predrilling was evaluated. The results showed that the lowest and highest of front cutting edge wear are respectively achieved by the helical milling and drilling with predilling. Also in the four investigated hole making strategies, the Periphery cutting edge wear is lower than front cutting edge and the highest Periphery cutting edge wear is for the drilling.

Keywords: Drilling Strategies, Tool Wear, AISI D2 Tool Steel.

۱- مقدمه

فولادهای سرد کار جزء فولادهای آلیاژی پرکربن هستند و کاربرد بسیاری در صنایع قالب‌سازی، شکل‌دهی سرد و هوافضا دارند. این فولادها به دلیل داشتن عناصر آلیاژی همچون کروم، مولیبدنیوم و وانادیوم دارای ویژگی‌های بسیاری مانند سختی زیاد، مقاومت به سایش و چقرمگی بالا هستند [۱]. فولاد AISI D2 جزء مواد سخت ماشین‌کاری شونده بوده و ماشین‌کاری آن دارای مشکلات بسیاری است که از مهم‌ترین این مشکلات می‌توان به سایش ابزار اشاره کرد. در ماشین‌کاری مواد سخت، سایش یک امر طبیعی و غیرقابل پیش‌گیری است که در نهایت منجر به ازکارافتادگی ابزار می‌شود. عمر ابزار در ماشین‌کاری فلزات ازلحاظ اقتصادی بسیار مهم است به‌طوری‌که کوتاه بودن عمر ابزار سبب افزایش هزینه ماشین‌کاری و غیراقتصادی بودن آن می‌شود [۲]. در سایش ابزار مکانیسم‌های مختلفی دخیل هستند و هرکدام به‌طور مستقیم و غیرمستقیم از حرارت و تنش میان ابزار و قطعه‌کار ناشی می‌شوند. نفوذ و سایش مکانیکی بیشترین مکانیسم‌های سایش هستند که در ماشین‌کاری این فولادها رخ می‌دهند و باعث تغییر شکل لبه ابزار، تشکیل لبه انباشته و سایش غیریکنواخت ابزار می‌شوند [۳]. برای کاهش میزان سایش ابزار روش‌های متنوعی وجود دارد که از جمله آن استفاده از ابزارهای با مقاومت سایش بالا، کاهش میزان پارامترهای ماشین‌کاری و خنک کاری ابزار است. سایش ابزار عمدتاً متأثر از دما و تنش وارد به ابزار در منطقه برش است که میزان آن در یک فرایند خاص بسته به نوع استراتژی ماشین‌کاری متفاوت است [۴].

استراتژی‌های ماشین‌کاری و مسیرهای ابزار هرکدام در ورود و خروج ابزار، نوع براده‌برداری و نحوه درگیری ابزار و قطعه‌کار با یکدیگر متفاوت هستند. این تفاوت در نوع درگیری و براده برداری بر بسیاری از پارامترهای کیفیتی سطح، عمر ابزار و بسیار از پارامترهای متأثر از ماشین‌کاری مؤثر است [۵]. در زمینه تأثیر روش‌های سوراخ‌کاری بر سایش ابزار مطالعه‌های بسیاری انجام شده است که در ادامه به آن‌ها می‌پردازیم.

هاو لی و همکاران [۶] در بررسی تأثیر سایش ابزار بر کیفیت سطح سوراخ‌های تولیدی درروش فرزکاری مارپیچ[۱] دریافتند که به دلیل پیوسته

[1]. Helical milling

برای ارجاع به این مقاله از عبارت ذیل استفاده نمایید:

Please cite this article using:

H. Imani, M.H. Sadeghi, H. Ranjbar, A. Rasti, The Impact of Hole Making Strategies on Tool Wear in AISI D2 Tool Steel, *Modares Mechanical Engineering*, *Proceedings of the Advanced Machining and Machine Tools Conference*, Vol. 15, No. 13, pp. 207-211, 2015 (in Persian فارسی)

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-04-24]

[DOR: 20.1001.1.10275940.1394.15.13.23.3]

بودن براده برداری در لبه جلو و ناپیوسته بودن آن در لبه کناری، مکانیسم سایش در این دو لبه یکسان نیست. مکانیسم سایش در لبه جلو به جهت دما و فشار ماشین‌کاری بالا، بیشتر گودال فرسایش و ترک بود اما در لبه کناری، به دلیل از بین رفتن سریع پوشش، سایش بیشتر به‌صورت پوسته پوسته و لب پر شدن ابزار است.

الورا و همکاران [۷] با استفاده از سه استراتژی سوراخ‌کاری سنتی[1]، فرزکاری مارپیچ و فرزکاری مارپیچ کانتوره‌ای[2] در ایجاد سوراخ فهمیدند که گودال فرسایش در هر سه روش ایجاد سوراخ به وجود می‌آید اما میزان این نوع سایش درروش فرزکاری مارپیچ کانتوره‌ای کمی بیشتر است. بااین‌حال سایش در سطح آزاد رفتار متفاوتی بین مته و فرز انگشتی داشته است به‌طوری‌که در فرز فرزکاری مارپیچ و فرزکاری مارپیچ کانتوره‌ای مقدار سایش ابزار کمتر از VB=۰/۲ برای ۱۲۰ سوراخ بوده و در سوراخ‌کاری سنتی این مقدار در مته VB=۰/۳ پس از سوراخ‌کاری ۱۱۲ شده است.

چای داش و همکاران [۸] در مطالعه سوراخ‌کاری خشک فولاد زد زنگ AISI 304 با استفاده از چند مته مختلف دریافتند که مته‌های روکش TiN به دلیل مقاومت حرارتی بالا سایش کمتری نسبت به مته‌های روکش K20 و HSS[3] داشته است. همچنین سایش در مته‌های روکش TiN بیشتر به‌صورت قلوه‌کن شدن لبه اصلی ابزار مشاهده شد ولی در مته‌های روکش K20 سایش به‌صورت لب پر شدن ابزار بوده است.

کین ژاوو و همکاران [۹] در بررسی عمر ابزار و کیفیت سطح سوراخ‌های تولیدی به‌روش سوراخ‌کاری سنتی و فرزکاری مارپیچ فهمیدند در سوراخ‌کاری سنتی ابزار با ایجاد ۵۰ سوراخ به دلیل شکستگی لبه کناری قادر به ایجاد سوراخ نبوده اما در فرزکاری مارپیچ، ابزار با ایجاد ۱۱۰ سوراخ با میزان سایش VB=۰/۲۵ ازکارافتاده است. مکانیسم سایش و شکست ابزار در سوراخ‌کاری، اغلب ترک گوشه‌های ابزار و سایش غیریکنواخت سطح کناری ابزار بوده است اما در فرزکاری مارپیچ مکانیسم سایش بیشتر گودال فرسایش و چسبندگی برای لبه اصلی و پوسته‌پوسته شدن برای لبه کناری بوده است.

اوربیکن و همکاران [۱۰]در بررسی روش‌های ایجاد سوراخ بر سایش ابزار در سطح براده و آزاد دریافتند در تمام استراتژی‌های سوراخ‌کاری سایش ابزار در سطح براده بیشتر از سطح آزاد است و سایش در استراتژی سوراخ‌کاری ۵ برابر بیشتر از فرزکاری مارپیچ کانتوره‌ای و ۸ برابر بیشتر از فرزکاری مارپیچ است.

وانگ حیان و همکاران [۱۱] در مطالعه سایش ابزار فرزکاری مارپیچ ذکر کردند که سایش ایجاد شده بر لبه اصلی به‌صورت خراش یکنواخت بر تمام لبه بوده و اثری از قلوه‌کن شدن سطح ابزار و شکست لبه مشاهده نشد. همچنین مشاهده نمودند که با افزایش میزان تعداد سوراخ‌های ماشین‌کاری شده به دلیل افزایش سایش ابزار نیروی ماشین‌کاری افزایش پیدا می‌کند.

هی جیان و همکاران [۱۲] در یک مطالعه تجربی بر روی سوراخ‌کاری تیتانیوم با استفاده از فرزکاری مارپیچ فهمیدند که سایش ابزار در لبه‌های جلو بیشتر از لبه‌های کناری است. دلیل این امر را ارتباط مداوم و برداشت ماده لبه جلو نسبت به لبه کناری دانسته‌اند.

مختاری و همکاران [۱۳] در پژوهش تجربی مکانیسم‌های سایش در سوراخ‌کاری سوپر آلیاژ پایه نیکل دریافتند که سایش ابزار در دو قسمت مختلف یک مته رخ می‌دهد، یکی در لبه‌ای برنده عرضی نزدیک به جان مته و دیگری در لبه برشی نزدیک به سطح بیرونی. آن‌ها مکانیسم سایش در سوراخ‌کاری سوپر آلیاژ پایه نیکل را به ۴ مرحله‌ای سائیدگی پوشش، لب‌پریدگی در لبه برش بیرونی، ترک‌های ریز در منطقه لب‌پریدگی و تبدیل به ترک‌های خستگی زیرسطحی تقسیم نمودند.

شرمان و همکاران [۱۴] با استفاده از چند مته با لبه‌ای اصلی منحنی شکل و لبه صاف نتیجه گرفتند که در سوراخ‌کاری مواد سخت ماشین‌کاری شونده (به‌خصوص آلیاژهای پایه نیکل) مته‌های با لبه منحنی عملکرد بهتری نسبت به ابزارهای لبه صاف دارند. همچنین مشاهدات حاکی از وجود لبه انباشته در تمامی ابزارهای استفاده شده در آزمایش بود.

ایبر و همکاران [۱۵] در بررسی تجربی فرزکاری مارپیچ فولاد AISI D2 ذکر نمودند که در فرایند سوراخ‌کاری سنتی زاویه براده در طول لبه اصلی مته ثابت نبوده و در انتهای آن بیشترین است. از آن‌جایی که روند تغییرات زاویه براده و زاویه گوه معکوس یکدیگر است، این تغییرات ذاتی زاویه براده باعث ایجاد تنش بالای در لبه کناری ابزار می‌شود. در فرزکاری مارپیچ سایش در لبه کناری به‌صورت مداوم در حال افزایش بوده و بیشترین نوع سایش ایجاد شده سطح کناری میکروچیپینگ[4] و سائیدگی مکانیکی بود.

مطالعه پژوهش‌های اخیر انجام‌شده درزمینه تأثیر استراتژی‌های ایجاد سوراخ بر میزان سایش ابزار حاکی از آن است که تاکنون گزارش جامعی در این مورد ارائه نشده است. لذا در این بررسی اثر چهار استراتژی ایجاد سوراخ سوراخ کاری سنتی، فرزکاری مارپیچ، فرزکاری پروفایل و سوراخ‌کاری معمولی با پیش مته زنی بر میزان سایش ابزار در فولاد سخت‌کاری شده AISI D2 با سختی ۵۵ HRC مقایسه گردید.

۲- استراتژی‌های سوراخ‌کاری

امروزه برای سوراخ‌کاری، روش‌های مختلفی وجود دارد که هرکدام در ورود و خروج ابزار، نوع براده برداری و نحوه درگیری ابزار و قطعه کار با یکدیگر متفاوت هستند. این تفاوت در نوع درگیری و برداده برداری بر بسیاری از پارامترهای کیفیتی سطح، سایش ابزار و بسیار از پارامترهای متأثر از ماشین‌کاری تأثیرگذار است. سوراخ‌کاری سنتی روشی متداول برای ایجاد سوراخ است که به دلیل مشکلات بسیار آن، روش‌های جدیدی برای سوراخ‌کاری ارائه شده است که به آن‌ها استراتژی‌های سوراخ‌کاری می‌گویند. در استراتژی‌های سوراخ‌کاری هر روش، ابزار و دستگاه خاص خود را دارا است. در هر استراتژی نحوه چرخش ابزار و مسیر حرکت آن متفاوت است. در ادامه به تعدادی از این استراتژی‌ها به‌طور خلاصه اشاره خواهد شد.

فرزکاری مارپیچ روش نوینی در سوراخ‌کاری است که در آن برای ایجاد سوراخ از ابزاری با قطر کوچک‌تر از قطر سوراخ استفاده می‌شود. همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌نماید در فرزکاری مارپیچ ابزار دارای سه نوع حرکت هم‌زمان، شامل چرخش ابزار به دور محور خود، چرخش حول محور مسیر مارپیچ و حرکت محوری است [۱۶]. نوع سینماتیک ابزار در این فرایند باعث انعطاف‌پذیری بالای این روش در ایجاد سوراخ شده است به‌طوری‌که می‌توان با یک ابزار سوراخ‌های با قطرهای متنوع ایجاد نمود. از مزایا این روش می‌توان به نیروی ماشین‌کاری پایین و برش هموار در طول عملیات اشاره کرد [۱۷].

استراتژی فرزکاری پروفایل، روشی برای ایجاد سوراخ‌های با دقت و کیفیت بالا است. ابزار در این روش مانند روش فرزکاری مارپیچ دارای سه حرکت چرخش به حول محور ابزار، چرخش به حول محور سوراخ و حرکت انتقالی در راستای محور سوراخ است. تفاوت این روش نسبت به روش فرزکاری

1. drilling
2. Contouring Helical milling
3. High Speed Steel
4. Microchipping

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-04-24]

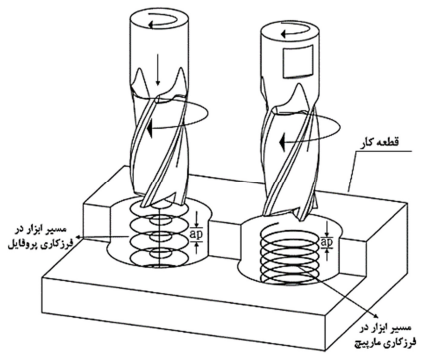
[DOR: 20.1001.1.10275940.1394.15.13.23.3]

مارپیچ درحرکت انتقالی در راستای محور سوراخ می‌باشد. در واقع در این روش ابتدا ابزار در یک صفحه ثابت به حول محور سوراخ چرخیده و سپس با یک حرکت انتقالی در راستای محور سوراخ به صفحه بعدی حرکت می‌کنند. فاصله بین این دو صفحه نشان‌دهنده عمق برش محوری است. شماتیک فرزکاری پروفایل در شکل ۱ نشان داده شده است.

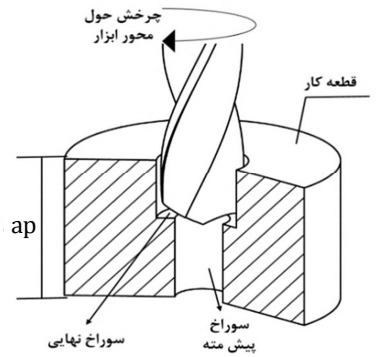
فرایند سوراخ‌کاری یکی از روش‌های قدیمی برای ایجاد سوراخ است. در این روش ابزار دارای ۲ حرکت چرخشی و انتقالی است که حرکت انتقالی عمل پیشروی را انجام می‌دهد. عملیات سوراخ‌کاری به دلیل قابلیت اطمینان بالا و زمان کم سوراخ‌کاری به‌طور گسترده‌ای در حوزه صنعت استفاده می‌شود. ابزار مورد استفاده در این ماشین‌کاری را مته می‌نامند. مته یکی از ابزارهای پرکاربرد در صنعت است به‌طوری‌که حدود ۲۰ تا ۲۵٪ از سهم ابزارهای مورداستفاده در صنعت را به خود اختصاص می‌دهد [۱۸]. در صنعت برای ایجاد سوراخ‌های دقیق با استفاده از فرایند سوراخ‌کاری سنتی ابتدا باید فرایند پیش مته‌زنی صورت گیرد. بدین‌صورت که ابتدا با مته‌ای کوچک‌تر از قطر نهایی سوراخ، سوراخ اولیه را به وجود آورده و سپس از مته‌ای با قطر هم اندازه قطر سوراخ نهایی استفاده می‌شود. استفاده از پیش مته‌زنی سبب کاهش میزان نرخ براده‌برداری می‌شود. شکل ۲ نحوه ایجاد سوراخ به روش پیش مته‌زنی را نشان می‌دهد.

۳- تجهیزات و روند انجام آزمایش

فولاد مورد استفاده در این بررسی، فولاد ابزار AISI D2 با سختی ۵۵ راکول-سی[1] بود که ترکیب شیمیایی آن در جدول ۱ نشان داده شده است. تمامی آزمایش‌ها بر روی یک قطعه فولاد با ابعاد $200\times100\times10\,mm^3$ انجام شد.



شکل ۱ شماتیک فرزکاری مارپیچ و پروفایل



شکل ۲ شماتیک سوراخ‌کاری با پیش مته

جدول ۱ ترکیب شیمیایی فولاد AISI D2

عنصر	درصد وزنی (٪)
کروم	۱۲/۱
کربن	۱/۶
وانادیوم	۰/۸
مولیبدن	۰/۷۱
سیلیسیوم	۰/۵
منگنز	۰/۳
نیکل	۰/۲
آهن	پایه

جدول ۲ مشخصات ابزارهای استفاده شده در آزمایش‌ها

روش‌های سوراخ‌کاری	قطر ابزار (mm)	نوع پوشش	تعداد سوراخ ایجاد شده	زاویه مارپیچ (درجه)	تعداد لبه
فرزکاری مارپیچ	۶	TiAlN	۹	۳۰	۴
فرزکاری پروفایل	۶	TiAlN	۹	۳۰	۴
سوراخ‌کاری معمولی	۱۰	TiN	۹	۲۵	۲
سوراخ‌کاری با پیش مته	۱۰	TiN	۹	۲۵	۲

برای افزایش سختی قطعه کار، ابتدا پس از عملیات تنش‌گیری، قطعه‌کار توسط کوره خلأ تا دمای ۷۰۰°C به‌آرامی افزایش داده و به مدت یک ساعت در این دما نگه‌داشته شد. سپس برای آستیته کردن فولاد دمای آن را تا ۱۰۱۰°C بالابرده و درنهایت برای رساندن فولاد به دمای محیط از گاز نیتروژن استفاده شد. تمامی آزمایش‌ها توسط فرز کنترل عددی سه محوره مدل VMC850 با کنترلر فانوک[2] و حداکثر دور اسپیندل ۸۰۰۰ دور بر دقیقه انجام شد. مشخصات ابزارهای استفاده‌شده در آزمایش‌ها در جدول ۲ آورده شده است. به‌منظور اندازه‌گیری میزان سایش، ابتدا توسط دستگاه میکروسکوپ ابزارساز[3] VMM عکس‌برداری و سپس توسط نرم‌افزار دستگاه VMM اندازه‌گیری شد.

۴- بحث و نتایج

۴-۱ سایش لبه اصلی

در فرایند فرزکاری مارپیچ به دلیل مسیر مارپیچ حرکت ابزار، لبه اصلی و کناری همزمان براده برداری می‌کنند. لبه اصلی ابزار در این فرایند عمل اصلی برش را به‌طور پیوسته انجام می‌دهد؛ به همین دلیل لبه اصلی ابزار تحت بارهای حرارتی و مکانیکی بالای ناشی از فرایند برش قرار دارد که باعث افزایش تمایل ابزار به ترکیب شیمیایی و نفوذ با مواد قطعه و ایجاد لبه انباشته می‌شود.

شکل ۳ تصویر لبه اصلی ابزار استفاده شده در روش فرزکاری مارپیچ را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در لبه اصلی ابزار لبه انباشته تشکیل شده است. لبه انباشته زمانی رخ می‌دهد که براده به دلیل دمای بالا منطقه برش به نوک ابزار جوش خورد و پس از مدتی به دلیل نیروهای وارد به ابزار جدا شود. این سیکل جوش خوردن و جدا شدن براده سبب برداشت ماده از سطح ابزار شده و سایش ابزار را به دنبال دارد. همچنین مشاهده می‌شود ابزار در انتهای لبه اصلی دچار لب‌پریدگی شده است که این امر ناشی از تنش

1. Rockwell C

2. fanuc
3. Tool Maker

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-04-24]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1394.15.13.23.3]

بالای وارده با انتهای لبه اصلی ابزار به دلیل براده برداری هم‌زمان لبه کناری و لبه اصلی ابزار می‌باشد.

در فرزکاری پروفایل به دلیل حرکت انتقالی ابزار در راستای محور سوراخ، لبه اصلی ابزار تنش و حرارت بالای را تحمل می‌کند. به همین دلیل احتمال شکستگی و لب‌پریدگی ابزار نسبت درروش فرزکاری پروفایل نسبت به روش فرزکاری مارپیچ بیشتر است. در شکل ۴ تصویر لبه‌های اصلی ابزار استفاده شده درروش فرزکاری پروفایل نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که یکی از لبه‌های اصلی ابزار به‌طور کامل شکسته شده است که دلیل آن تنش و اصطکاک بالای ناشی از حرکت انتقالی ابزار در راستای محور سوراخ است. مکانیسم‌های سایش متداول در این روش به‌مانند روش فرزکاری مارپیچ مکانیسم‌های سایش مکانیکی و چسبندگی بود.

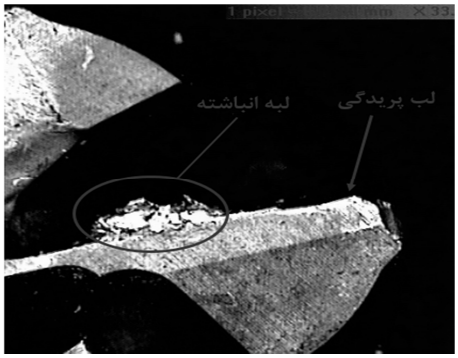
سایش ابزار در سوراخ‌کاری به دلیل تفاوت در نحوه درگیری ابزار و براده برداری با روش‌های فرزکاری مارپیچ و پروفایل تفاوت محسوسی دارد. در این روش سرعت برشی در مرکز ابزار صفر بوده و عمل براده برداری به‌صورت اکستروژن صورت می‌گیرد، درحالی‌که در حالت فرزکاری مارپیچ و پروفایل عمل براده برداری در مرکز ابزار به‌صورت برش و توسط زاویه براده و سرعت برشی انجام می‌شود [۱۵،۱۴]. زاویه براده در انتهای لبه اصلی مته بیشتر از سایر قسمت‌های آن است که سبب کاهش استحکام مته در انتهای لبه اصلی به دلیل کاهش زاویه گوه می‌شود. از طرفی انتهای لبه اصلی ابزار تحت بارهای حرارتی و مکانیکی از دو ناحیه دیواره و ته سوراخ قرار می‌گیرد و همان‌طور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود انتهای لبه اصلی ابزار دچار لب‌پریدگی می‌شود.

در حالت سوراخ‌کاری با پیش مته سایش ابزار شدیدتر بوده و در لبه اصلی ابزار شکست و لب‌پریدگی مشاهده می‌شود. در روش سوراخ‌کاری با پیش مته شروع براده برداری با لبه اصلی صورت می‌گیرد ولی در حالت سوراخ‌کاری معمولی نوک ابزار شروع کننده باربرداری است. شروع باربرداری با لبه اصلی ابزار باعث می‌شود تا ابزار به دلیل درگیر نبودن نوک ابزار و ارتعاش بالا دچار سایش و شکست شود. به همین دلیل همان‌طور که در شکل ۶ قابل مشاهده است سایش شدیدی در ناحیه شروع کننده عمل برش روی لبه اصلی ابزار ایجاد شده است.

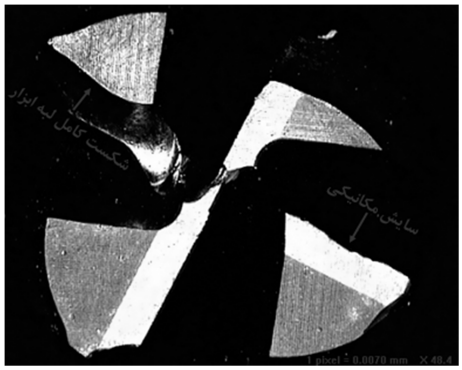
۴-۲ سایش لبه کناری

در فرزکاری مارپیچ و پروفایل سایش لبه کناری ابزار به‌مانند سایش لبه اصلی شدید نبود. میزان سایش ابزار لبه کناری در فرزکاری پروفایل نسبت به فرزکاری مارپیچ کمتر به دست آمد. سایش ابزار در لبه کناری بیشتر به‌صورت از بین رفتن پوشش، پوسته پوسته شدن و ایجاد ترک‌های ریز بر روی سطح مشاهده شد. از بین رفتن پوشش لبه کناری و پوسته پوسته شدن ابزار به دلیل اصطکاک و سایش مالشی بالای این لبه با سطح کناری سوراخ ایجاد شده است.

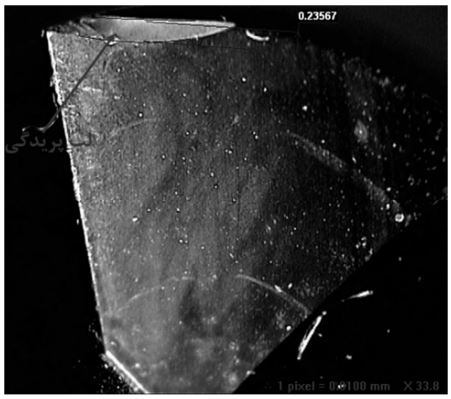
سایش ایجاد شده در لبه کناری ابزار تأثیر قابل‌توجهی بر اندازه ابعادی و هندسی ابزار ایجاد نمی‌کند اما سبب تأثیر نامطلوب بر کیفیت سطح سوراخ می‌شود. نکته دیگری که در سایش لبه کناری وجود دارد، براده برداری ناپیوسته این لبه می‌باشد. این امر سبب می‌شود تا لبه کناری تحت تأثیر یک سیکل حرارتی قرار گیرد و پس از مدتی باعث پوسته‌پوسته شدن ابزار و چیپینگ بر روی سطح کناری شود. شکل ۷ لبه کناری ابزار استفاده شده درروش فرزکاری مارپیچ را نشان می‌دهد که به دلیل اصطکاک بالا ابزار با لبه سوراخ پوشش خود را از دست داده و باعث سایش سطح شده است.



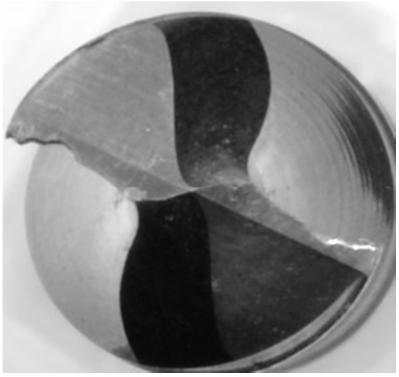
شکل ۳ تصویر لبه ابزار استفاده‌شده در فرزکاری مارپیچ



شکل ۴ تصویر لبه ابزار استفاده‌شده در فرزکاری پروفایل



شکل ۵ تصویر لبه مته استفاده‌شده در سوراخ‌کاری معمولی

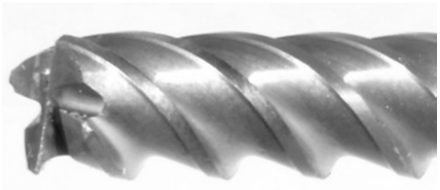


شکل ۶ سایش لبه اصلی ابزار استفاده شده در سوراخ‌کاری با پیش

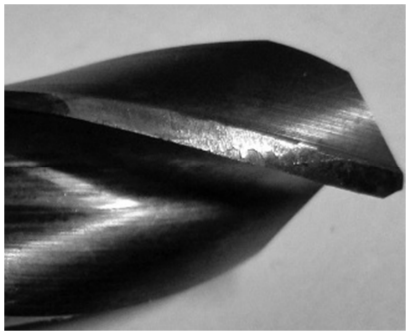
[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-04-24]

[DOR: 20.1001.1.10275940.1394.15.13.23.3]

در روش سوراخ‌کاری معمولی شدت سایش لبه کناری نسبت به روش سوراخ‌کاری معمولی شدیدتر بود. سایش‌های ایجاد شده در هر دور روش بیشتر به‌صورت پوسته پوسته شدن لبه کناری و از بین رفتن پوش ابزار مشاهده شد. در روش سوراخ‌کاری معمولی لب‌پریدگی نیز مشاهده گردید که دلیل آن می‌تواند نرخ براده‌برداری، تنش و اصطکاک بالا این روش نسبت به روش سوراخ‌کاری با پیش مته عنوان کرد. اصطکاک زیاد مته و دیواره سوراخ سبب تأثیر منفی بر دقت ابعادی و صافی سطح سوراخ ماشین می‌شود و حتی می‌تواند در بدترین حالت ممکن سبب شکست ابزار گردد.



شکل ۷ سایش لبه کناری ابزار استفاده‌شده در فرزکاری پروفایل



شکل ۸ سایش لبه کناری استفاده‌شده در سوراخ‌کاری معمولی

۵- نتیجه‌گیری

در این تحقیق، تأثیر روش‌های ایجاد سوراخ بر میزان سایش ابزار در فولاد سخت بررسی شد. نتایج به‌دست آمده به‌طور خلاصه در ادامه ذکر خواهد شد.

۱- سایش لبه اصلی ابزار در استراتژی فرزکاری مارپیچ نسبت به استراتژی فرزکاری پروفایل کمتر بود. عامل اصلی این تفاوت در میزان سایش را می‌توان مسیر ابزار و نحوه درگیری ابزار دانست

۲- سایش لبه کناری ابزار در فرزکاری پروفایل نسبت به فرزکاری مارپیچ کمتر شد. براده برداری ناپیوسته و قرار گرفتن لبه کناری ابزار در سیکل حرارتی از عوامل تأثیرگذار بر سایش لبه کناری در این دو روش است.

۳- سایش لبه اصلی در روش سوراخ‌کاری با پیش مته به دلیل درگیر نبودن نوک ابزار و شروع براده برداری با لبه اصلی، بیشتر از روش سوراخ‌کاری معمولی به دست آمد.

۴- در چهار استراتژی سوراخ‌کاری بررسی‌شده، سایش لبه کناری ابزار نسبت به لبه اصلی کمتر بود که در بین این روش‌ها، سوراخ‌کاری معمولی به دلیل اصطکاک و تنش بالای وارد به ابزار سایش بیشتری نسبت به روش‌های دیگر داشت.

۶- مراجع

[1] Y. Kaplan, A. R. Motorcu, M. Nalbant, Ş. Okay, The effects of process parameters on acceleration amplitude in the drilling of cold work tool steels, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, pp. 1-15.

[2] J. P. Davim, *Machining of hard materials*: Springer Science & Business Media, 2011.

[3] W. Grzesik, Z. Zalisz, Wear phenomenon in the hard steel machining using ceramic tools, *Tribology International,* Vol. 41, No. 8, pp. 802-812, 2008.

[4] J. C. Ferreira, R. Lopez, A method for generating tool paths for milling pockets in prismatic parts using multiple tools, in *Proceeding of, IEEE, pp. 528-533*.

[5] C. Toh, Cutter path orientations when high-speed finish milling inclined hardened steel, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology,* Vol. 27, No. 5-6, pp. 473-480, 2006.

[6] H. Li, G. He, X. Qin, G. Wang, C. Lu, L. Gui, Tool wear and hole quality investigation in dry helical milling of Ti-6Al-4V alloy, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology,* Vol. 71, No. 5-8, pp. 1511-1523, 2014.

[7] D. Olvera, L. N. L. de Lacalle, G. Urbikain, A. Lamikiz, P. Rodal, I. Zamakona, Hole making using ball helical milling on titanium alloys, *Machining Science and Technology,* Vol. 16, No. 2, pp. 173-188, 2012.

[8] U. Çaydaş, A. Hasçalık, Ö. Buytoz, A. Meyveci, Performance evaluation of different twist drills in dry drilling of AISI 304 austenitic stainless steel, *Materials and Manufacturing Processes,* Vol. 26, No. 8, pp. 951-960, 2011.

[9] Q. Zhao, X. Qin, C. Ji, Y. Li, D. Sun, Y. Jin, Tool life and hole surface integrity studies for hole-making of Ti6Al4V alloy, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, pp. 1-10, 2015.

[10] G. Urbicain, D. Olvera, L. L. de Lacalle, I. Zamakona, P. Rodal, New Strategies For Hole Making In Ti-6Al-4V, in *Proceeding of, AIP Publishing, pp. 361-369*.

[11] W. Haiyan, Q. Xuda, L. Hao, R. Chengzu, Analysis of cutting forces in helical milling of carbon fiber–reinforced plastics, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture,* Vol. 227, No. 1, pp. 62-74, 2013.

[12] G. He, H. Li, Y. Jiang, X. Qin, X. Zhang, Y. Guan, Helical milling of CFRP/Ti-6Al-4V stacks with varying machining parameters, *Transactions of Tianjin University,* Vol. 21, pp. 56-63, 2015.

[13] R. Mokhtari Homami, A. Fadai Tehrani, T. Feyzi, f. Ahmadi, Investigation of The wear mechanism when drilling Inconel 718 super alloy using the cutting fluid containing nanoparticles, *11th International Conference on society of manufacturing engineering of iran,* Vol. Tabriz, No. society of manufacturing engineering of iran ،Tabriz university, 2010. (In Persian)

[14] A. Sharman, A. Amarasinghe, K. Ridgway, Tool life and surface integrity aspects when drilling and hole making in Inconel 718, *Journal of materials processing technology,* Vol. 200, No. 1, pp. 424-432, 2008.

[15] R. Iyer, P. Koshy, E. Ng, Helical milling: an enabling technology for hard machining precision holes in AISI D2 tool steel, *International Journal of Machine Tools and Manufacture,* Vol. 47, No. 2, pp. 205-210, 2007.

[16] B. Denkena, D. Boehnke, J. Dege, Helical milling of CFRP–titanium layer compounds, *CIRP Journal of manufacturing Science and Technology,* Vol. 1, No. 2, pp. 64-69, 2008.

[17] M. H. SAADATBAKHSH, A. RASTI, M. H. SADEGHI, H. HASSANPOUR, A. R. OMIDDODMAN, EMPIRICAL STUDY OF DIMENSIONAL AND GEOMETRICAL TOLERANCES IN HELICAL MILLING OF AISI 4340 STEEL, 2015. (In persian)

[18] F. Tikal, Drehräumen: Die Revolution bei der Kurbelwellen-Bearbeitung, *Flexible Automation*, Vol. 1986.

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-04-24]

[DOR: 20.1001.1.10275940.1394.15.13.23.3]