Journal of Industry Parts Manufacturers
https://ghs.science-journals.ir
مجله قطعه سازان صنعت
http://science-journals.ir

تاثیر پارامترهای ماشینکاری بر سایش ابزار و کیفیت سوراخ در سوراخکاری معمولی فولاد ضد زنگ آستنیتی

مرتضی قربانی[1*]

۱- گروه مهندسی مکانیک، تهران

*نویسنده مسئول: qorbanim۲۵۰@gmail.com

سال ۱، شماره ۲ (پیاپی: ۲)، تابستان ۱۳۹۹، ص ۲۶-۲۰

چکیده

این مقاله بر اثر پارامترهای سوراخکاری بر روی سایش ابزار و کیفیت سوراخ‌ها از نظر خطای قطر، انحنا، استوانه‌ای بودن و زبری سطح می‌پردازد. در این کار، مته زنی با استفاده از ابزار کاربید بدون پوشش با قطر ۴□۰/۰۱mm با زاویه راس ۱۳۵ درجه و زاویه مارپیچ ۳۰ درجه انجام شد. سوراخکاری در سطوح مختلف سرعت اسپیندل انجام شد. (۱۸ ,۳۰ m/min) و میزان پیشروی ,۰/۰۳). (۰/۰۶ mm/rev, ۰/۰۴۵فولاد ضدزنگ ۳۱۶L AISI ماده‌ی کار قطعه بود. تجزیه و تحلیل مقایسه‌ها بر روی قطر سوراخ، گردی، استوانه‌ای بودن، و زبری سطح قسمت‌های سوراخ شده توسط یک آزمایش بررسی شد. ویژگی‌های کیفیت سوراخ بیشتر تحت تاثیر سرعت برش و سرعت پیشروی قرار می‌گیرند. یک استثنا برای خطای گرد بودن وجود داشت که در آن نشان می‌دهد که سرعت برش و سرعت پیشروی هیچ تاثیری روی آن ندارد. با افزایش سرعت برش، زبری سطح ۱/۰۹ میکرون کاهش می‌یابد. در مقابل، هنگامی که میزان عمق بار افزایش می‌یابد، مقدار زبری سطح نیز افزایش می‌یابد. برای خطای استوانه‌ای شکل بودن، سرعت برش پایین‌تر و میزان عمق بار پایین‌تر نتیجه را بهتر می‌کند. از نظر خطای قطر، میزان پیشروی بیش از سرعت برش تاثیر می‌گذارد. خطای قطر حداقل در هنگام کاهش سرعت برش و کم بودن میزان عمق بار به دست می‌آید.

کلمات کلیدی: ماشین کاری، ابزار، سوراخکاری، فولاد ضد زنگ آستنیتی

مقدمه

اگرچه روش‌های برش فلز در صنعت تولید، روند سوراخکاری معمولی بهبود یافته، هنوز هم یکی از رایج‌ترین فرایندها است. سوراخکاری را می توان روی مواد مختلف اعمال کرد.

کیفیت سطح برای بررسی رفتار کاربردی قطعات مکانیکی مهم است. واضح‌ترین عوامل موثر بر کیفیت سوراخ‌ها عبارتند از سرعت برش و میزان پیشروی. سرعت برش و میزان پیشروی به طور قابل توجهی بر زبری سطوح ماشینکاری تأثیر می‌گذارند که به موجب آن سرعت سوراخکاری بالا و نرخ پیشروی کم باعث بهبود کیفیت سطح انتهایی می‌شود. در روند حذف مواد، انتخاب نامناسب شرایط برش منجر به سطوح خشن و خطاهای بعدی خواهد شد. بنابراین لازم است رابطه بین پارامترهای قابل کنترل و مشخص نمودن پارامترهای مهمی که بر کیفیت سوراخکاری تأثیر می‌گذارند، درک شود.

فولاد ضد زنگ آستنیتی به ویژه AISI ۳۱۶L به طور گسترده ای در صنایع هوایی، زیست پزشکی و صنایع غذایی استفاده می شود.

با این حال، ماشینکاری ضعیف باعث می‌شود که یک ماده به سختی برش داده شود، که اغلب کیفیت پایین سوراخ را ایجاد می کند. پلیسه‌ها به شدت به ابزار پیوند دارند و اغلب تراشه‌ها بعد از برش به ابزار می‌چسبند. این خواص ناشی از سایش سریع مته بوده که در نتیجه باعث کوتاه شدن عمر ابزار و شکست سریع آن می‌شود. تحقیقات در زمینه ماشینکاری فولادهای ضد زنگ آستنیتی، ناکافی بودن داده‌ها را برای ایجاد شرایط برش مطلوب نشان داده‌اند. با توجه به این موضوع، این مطالعه ماشینکاری فولاد ضدزنگ آستنیتی را در طی فرآیند سوراخکاری معمولی با استفاده از ابزارهای کاربید بدون پوشش، با تغییر پارامترهای برش سرعت برش و میزان تغذیه بررسی می‌کند.

آزمایش تجربی

- **ماده**

در این مطالعه، فولاد ضد زنگ AISI ۳۱۶L آستنیتی به عنوان ماده قطعه کار مورد استفاده قرار گرفت. این فولاد به طور کلی مورد استفاده در تولید منیفولدهای اگزوز، قطعات کوره، مبدل‌های حرارتی، قطعات موتور جت، دارویی و تجهیزات عکاسی، شیر و پمپ، تجهیزات شیمیایی / دارویی، آسیاب کننده‌ها، مخازن، صنایع ریلی، اواپراتور، تجهیزات پالپ، کاغذ و تجهیزات نساجی، تجهیزات آماده سازی مواد غذایی به ویژه در محیط‌های کلرید و ایمپلنت‌های پزشکی از جمله پین‌ها، پیچ‌ها و ایمپلنت‌های ارتوپدی مانند جایگزین‌های کل ران و زانو. این ترکیب شیمیایی مواد تهیه شده با تجزیه و تحلیل در جدول ۱ ارایه شده است.

جدول۱– ترکیبات شیمیایی فولاد ضد زنگ آستنیتی ۳۱۶ لیتر

Fe	Cr	N	Ni	Mo	Mn	Si	S	C	P
Bal	۱۶,۵	۰,۱	۱۰,۲۳	۲,۶	۲,۰	۰,۶	۰,۰۳	۰,۰۳	۰,۰۳

نمونه‌ها با ابعاد mm^3 ۱۰ × ۶۰ × ۱۰۲ و سختی HV ۱۷۹,۴ در آزمایش‌های سوراخکاری مورد استفاده قرار گرفتند. این نمونه‌ها با استفاده از دستگاه فرز و سنگ زنی سطحی برای اندازه گیری ابعاد فوق و آماده سازی سطوح مختلف برای هر دو آزمایش حفاری و فرآیند اندازه گیری تهیه شد. نمونه‌ها بر روی نگهدارنده دقیق قرار گرفتند.

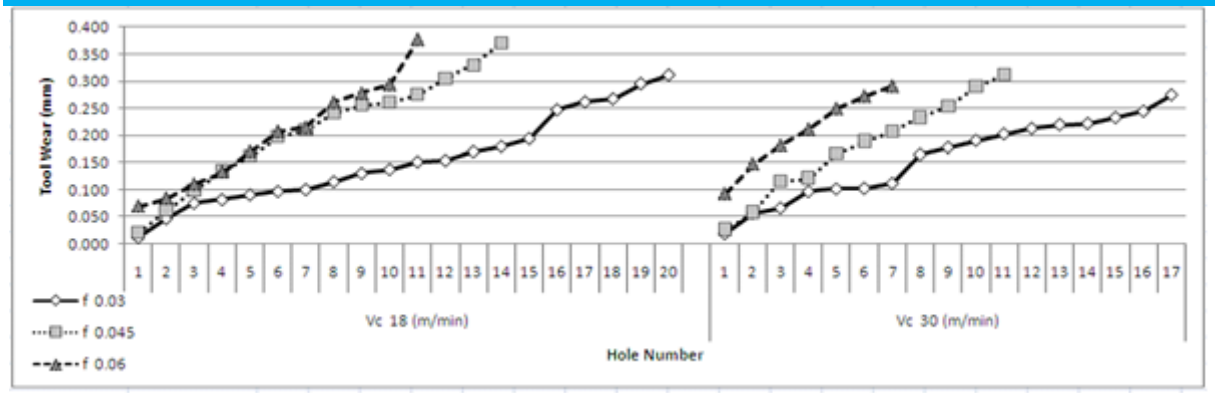
– آزمایش های سوراخکاری

آزمایش‌های سوراخکاری توسط دستگاه CNC با استفاده از ابزار کاربید بدون پوشش انجام شد.
مته زنی با قطر ۰٫۰۱ ± ۴ میلیمتر، زاویه راس ۱۳۵ درجه و زاویه مارپیچ ۳۰ درجه است. مطالعات قبلی ابزار برش را برای زاویه راسی بین ۱۱۸ تا ۱۳۵ درجه و زاویه مارپیچ ۲۴ تا ۳۲ درجه توصیه کرده است. برای تضمین سازگاری هر آزمون، یک مته جدید برای هر آزمایش مورد استفاده قرار گرفت. سوراخ‌ها در هر آزمایش تا زمانی که پیش روی به وسیله ابزار به ۰٫۳ میلیمتر برسد ادامه می‌یابد. این آزمایش‌ها با دو سرعت برش ۱۸ و ۳۰ میلیمتر بر دقیقه و سه نرخ پیشروی ۰٫۰۳، ۰٫۰۴۵ و ۰٫۰۶mm/rev در حالی که عمق سوراخ در ۱۰ میلی متر ثابت نگه داشته شد. مته در ۳۰ میلیمتر تنظیم شده است. تمام آزمایش‌های سوراخکاری تحت جریان ۱۸٫۳ لیتر در دقیقه با ۶٪ ۶۸ ۲CF تجاری به عنوان مایع برش انجام شد. زبری سطح (Ra) توسط پروفیل سنجی سطح اندازه گیری شد. طول برش و نمونه برداری برای هر اندازه گیری به ترتیب ۰٫۸ و ۴ میلیمتر بود. برای هر سوراخ، زبری سطح به صورت موازی با محور سوراخ در چهار جهت شعاعی در ۰، ۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ درجه با استفاده از پروفیل سنج سطح اندازه گیری شد. زبری سطح به طور متوسط از دوازده بار اندازه گیری از سه تکرار در هر موقعیت گرفته شد.
در این آزمایشات، شکل نهایی سوراخ با استفاده از دستگاه مختصات تعیین شد. قطر سوراخ‌ها با استفاده از نرم افزار استاندارد CMM محاسبه شد. بیست نقطه برای تعیین قطر در سطح افقی مورد بررسی قرار گرفت قطر هر سوراخ در ۰٫۵ میلی متر یعنی در نزدیکی بالای سوراخ تولید شده، (۵٫۵ میلیمتر) به عنوان مثال، در نزدیکی مرکز سوراخ تولید شده و ۹٫۵ میلیمتر یعنی در نزدیکی پایین سوراخ تولید شده در امتداد محور سوراخ. همه قطرها کاملا بررسی شدند. تفاوت در قطر اندازه گیری شده و قطر مته بود، خطای قطر پس از حفاری هر سوراخ، در لبه تراشکاری محاسبه شد.
تلرانس محدوده استوانه‌ای شکل فقط ویژگی‌های استوانه‌ای را بررسی می‌کند. تمام عناصر دایره‌ای و طولی درسطح سیلندر باید در داخل دو سیلندر مرکزی با مقدار تلرانس سیلندر که بر روی شعاع اندازه گیری می‌شود جدا شود. تلرانس فرم و اندازه گیری از یک مقطع عرضی عمود بر محور یک سوراخ یا سیلندر برای اطمینان از اینکه تمام عناصر در دو دایره متمرکز قرار دارند بررسی می‌شود. مناطق تلرانس بیست گانه برای هر سوراخ مورد بررسی قرار گرفت و دایره محاسبه با استفاده از بسته نرم افزاری ساخته شده در CMM محاسبه شد. انحنای هر سوراخ نیز در سه ارتفاع مختلف در امتداد محور سوراخ مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج و تجزیه و تحلیل

– اثر پارامترهای سوراخکاری بر روی سایش ابزار

از آنجا که سایش مته بر کیفیت سوراخ و عمر ابزار مته تاثیر می‌گذارد سایش ابزار یک مسئله مهم است. همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است، سرعت پیشروی در مقایسه با سرعت برش، با توجه به میزان پیشروی، باید در هر سیکل تراش بیشتر باشد. نرخ پیشروی و سرعت برش پایین باعث افزایش عمر ابزار می‌شود.



شکل۱– میانگین سایش جانبی در سرعت برش و سرعت پیشروی مختلف

با استفاده از معیار طول عمر ابزار که میانگین سایش به ۰٫۳ میلیمتر رسیده است، تعداد سوراخ‌هایی که در سرعت برش ۱۸ میلیمتر در دقیقه ایجاد می‌شوند، ۲۰ سوراخ، ۱۴ سوراخ و ۱۱ سوراخ با نرخ تغییرات۰٫۰۳ ، ۰٫۰۴۵ و ۰٫۰۶ mm/rev می باشد. در شرایطی که سرعت برش بالاتراز m/min ۳۰ است، تعداد سوراخ هایی که می‌توان قبل از ساییدگی ابزار از ۰٫۳ میلیمتر ایجاد کرد،۱۷ ، ۱۱ و ۷سوراخ در همان میزان پیشروی، یعنی۰٫۰۳ ، ۰٫۰۴۵ و ۰٫۰۶ mm/rev است. میزان پیشروی بالاتر باعث افزایش حجم پلیسه می‌شود که باید از قطعه کار جدا شود.

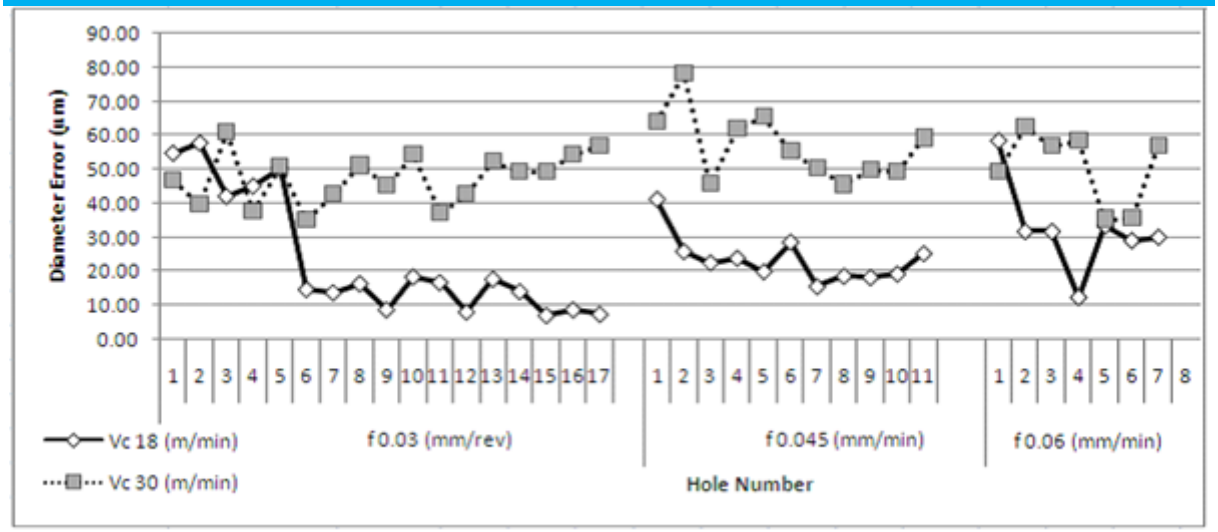
در طول سوراخکاری، میزان سایش جانبی به سرعت در تمام سرعت‌های برش و پیشروی افزایش می‌یابد. مته در شرایط آزمایشی از حالت‌های مشابهی برخوردار بود. سایش‌های جانبی غیر یکنواخت، پلیسه و شکست اتفاق افتاد. لبه‌های برش بیشترین سرعت برش را دارد، شاید به علت کاهش فوری لبه برش. سایش به عنوان یکی از مهمترین عواملی است که در تمامی سرعت‌های برش و سرعت پیشروی اتفاق می‌افتد. در عین حال، قابلیت AISI ۳۱۶L برای حفظ مقاومت در دمای بالا در حین سوراخکاری نیز به الگوی سایش حاصل از مته کمک می‌کند.

یکی دیگر از عوامل موثر در شکست لبه برش می‌تواند به دلیل مدول پایین AISI ۳۱۶L باشد که می‌تواند موجب ارتعاش در حین سوراخکاری شود. شکاف در حالت اغتشاش بیشتر بود.

با این حال، مشاهده دقیق فرسایش مته نشان می‌دهد که با همان سرعت برش، ابزار با نرخ پیشروی کم، در مقایسه با ابزار با پیشروی بالاتر سایش کمتری دارد.

– اثر پارامترهای سوراخکای بر خطای قطر

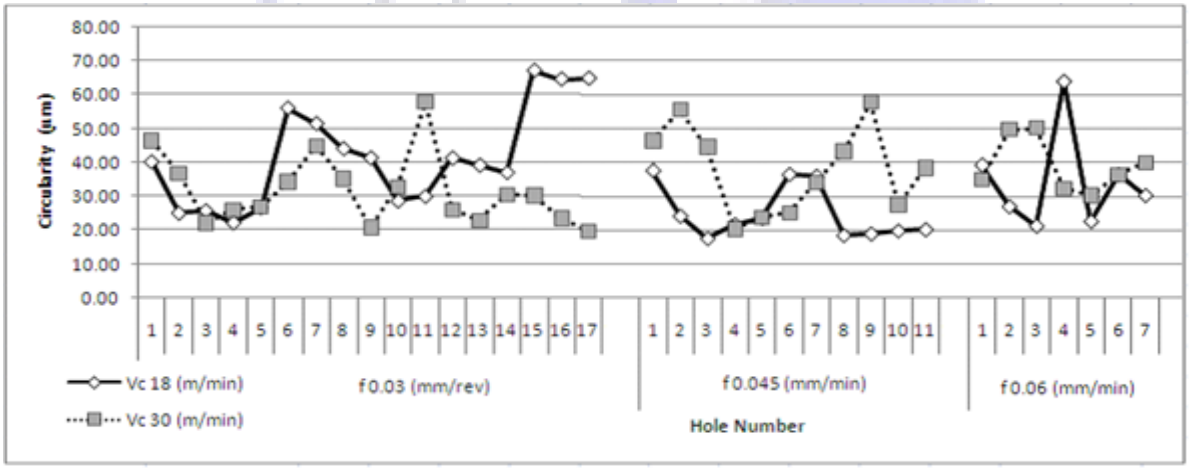
به طور کلی، با افزایش سرعت برش، قطر سوراخ خطوط سوراخکاری نیز افزایش می‌یابد (شکل ۲) این مسئله به دلیل سرعت چرخش اسپیندل بالاتر است، همچنین ارتعاش ناشی از اسپیندل نیز افزایش می‌یابد. علاوه بر این، پروفیل سوراخ ضعیف ناشی از تغییر چندگانه جهت در طول حرکت مته در امتداد محور سوراخ بود. خطای قطر نشان می‌دهد تمایل به کاهش سوراخکاری در سوراخ بعدی وجود دارد. این امر به این دلیل است که سرعت سایش ابزار افزایش می‌یابد، گرچه ارتعاش اسپیندل همانند سوراخ قبلی است، اما با توجه به سایش موجود، ناهماهنگی قطر به اندازه قطر قبلی بیش از حد زیاد نیست. خطای قطر حداقل، ۴۱۷ میکرومتر زمانی که کمترین سرعت برش۱۸ میلیمتر بر دقیقه و کمترین میزان پیشروی (۰٫۰۳ mm/rev) بود، به دست آمد.



شکل۲– تغییر در خطای قطر برای سرعت برش مختلف و سرعت پیشروی

– اثر پارامترهای سوراخکاری بر انحنا

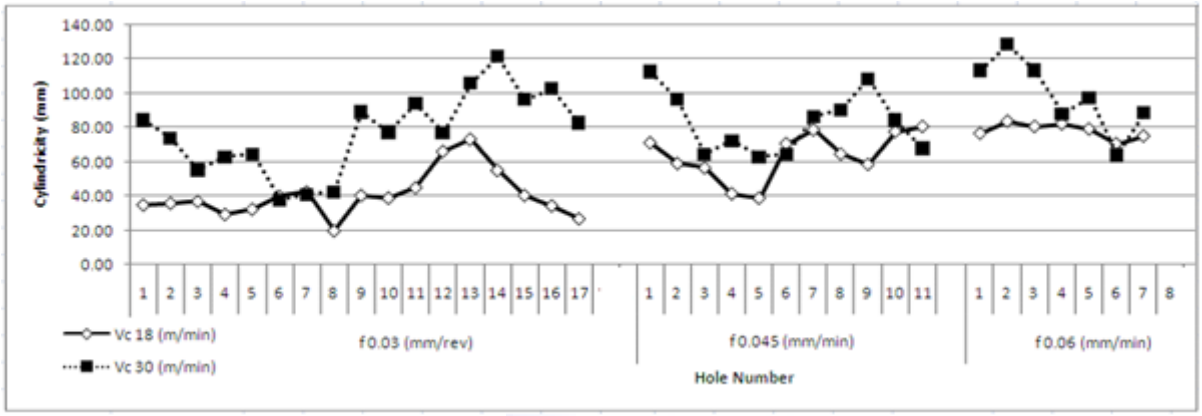
برای سوراخ‌های دریل کاری شده، دایره‌ای یا گرد شدن یکی دیگر از ویژگی‌های مهم کیفیت است. بر اساس مقادیر پیشروی، تغییر در میانگین خطای دایره‌ای برای حفره‌های مختلف در شکل ۳ داده شده است. هیچ روند واضحی مشخص نشده است؛ با این حال افزایش کمی در خطاهای دایره‌ای با افزایش سرعت برش وجود دارد. آزمون w-tail t **برای خطای** stat=۰,۱۴۳ <critical **برای سرعت برش مختلف و برای میزان پیشروی مختلف می‌باشد. بر اساس نتایج آزمون**t **، فرضیه صفر پذیرفته شده است در حالی که هیچ تفاوت معنی داری بین دو سرعت برش و دو نرخ پیشروی که بر خطای دایره‌ای اعمال می‌شود وجود نداشت.**



شکل۳– تغییر در خطای شکل دایره‌ای برای سرعت‌های مختلف برش و پیشروی

– اثر پارامترهای سوراخکاری بر روی چگونگی شکل استوانه‌ای

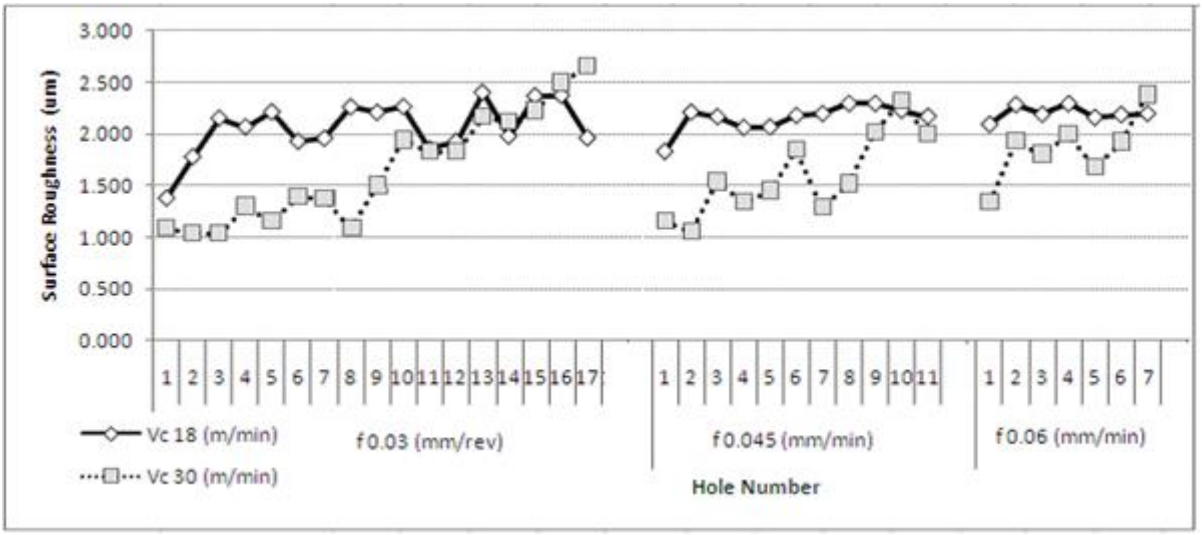
شکل ۴ خطای سیلندری بودن را در سطوح مختلف میزان پیشروی و سرعت برش نشان می‌دهد. از لحاظ خطای استوانه‌ای، می‌توان دید که سرعت برش پایین ۱۸ میلیمتر در دقیقه و نرخ پیشروی پایین (۰٫۰۳ mm/rev) باعث می‌شود که نتایج بهتر باشد. این امر عمدتا به این معناست که سرعت برش پایین‌تر منجر به ارتعاش حداقلی در سوراخکاری می‌شود، بدین ترتیب خطای سیلندری پایین تر به دست می‌آید. در حالی که نرخ پیشروی پایین‌تر به این معنی است که مته سوراخکاری به آرامی با کم شدن میزان مواد در محور سوراخ حرکت می‌کند. در نتیجه، محور سوراخ تمایل به ثابت ماندن در موقعیت دارد.



شکل۴– تغییر در خطای سیلندر برای سرعت‌های برش و پیشروی مختلف

– اثر پارامترهای سوراخکاری بر زبری سطح

سرعت برش تاثیر قابل توجهی بر زبری سطح دارد. هنگامی که سرعت برش افزایش می‌یابد، مقدار زبری سطح سوراخ‌ها کاهش می‌یابد از ۱٫۳۴ تا ۱٫۰۹ میکرون، کاهش زبری سطح با افزایش سرعت برش را می‌توان با کاهش گرایش ساختاری لبه (BUE) توضیح داد. با توجه به ساختار ورق فولاد ضد زنگ آستنیتی، آن‌ها تمایل به تشکیل BUE بزرگ و ناپایدار دارند. حضور BUE بزرگ و ناپایدار باعث سطح انتهایی ضعیف می‌شود. روند خطوط در شکل ۵ نشان داد که وقتی تعداد سوراخ‌ها افزایش می‌یابد، مقدار زبری سطح به دلیل افزایش سایش ابزار به تدریج افزایش می‌یابد.



شکل۵– تغییرات در زبری سطح برای سرعت‌های برش و پیشروی مختلف

نتیجه گیری

در سوراخکاری فولاد ضد زنگ AISI ۳۱۶L با استفاده از ابزار کاربید بدون پوشش با قطر ۰٫۰۱ ± ۴ میلیمتر با زاویه راس ۱۳۵درجه و زاویه مارپیچ ۳۰ درجه در سرعت اسپیندل ۱۸ و ۳۰ m/min و نرخ تغذیه۰٫۰۳ ، ۰٫۰۴۵ و ۰.۰۶mm/rev ، خطای قطر، استوانه و زبری سطح عمدتا تحت تاثیر سرعت برش و سرعت پیشروی قرار می‌گیرند. سرعت پیشروی و سرعت برش هیچ تأثیر قابل توجهی بر ارزش خطای انحنا ندارند. با افزایش سرعت برش، زبری سطح کاهش می‌یابد. در عوض وقتی میزان پیشروی افزایش می‌یابد، مقدار زبری سطح نیز افزایش می‌یابد. در عین حال، سایش ابزار بر روی زبری سطح تاثیر می‌گذارد. برای خطای شکل سیلندری، سرعت برش پایین‌تر و میزان عمق بار پایین‌تر نتیجه را بهتر می‌کند. با توجه به خطای قطر، میزان پیشروی بیش از سرعت برش تاثیر می‌گذارد. در حین سوراخکاری فولاد ضد زنگ آستنیتی، مته در شرایطی که سرعت برش و سرعت پیشروی مورد استفاده قرار می‌گیرد، با شبیه سازی‌های ناگهانی برخورد می‌شود، به عنوان مثال، سایش ناحیه‌ی یکنواخت، تراشکاری و شکست قطعه.

منابع

۱. Benardos, P.G. and G.C. Vosniakos, Predicting surface roughness in machining: a review. International Journal of Machine Tools and Manufacture, ۲۰۰۳. ۴۳(۸): p. ۸۳۳-۸۴۴.

۲. Islam, M.N., N.H. Rafi, and P. Charoon. An Investigation into Effect of Canned Cycles on Drilled Hole Quality. in Proceedings of the World Congress on Engineering ۲۰۰۹ Vol I. ۲۰۰۹. London, U.K.

۳. Sharif, S., E.A. Rahim, and H. Sasahara, Machinability of Titanium Alloys in Drilling, in Towards Achieving Enhanced Properties for Diversified Applications, D.A.K.M.N. Amin, Editor. ۲۰۱۲.

۴. Trent, E.M. and P.K. Wright., Metal cutting ۴th ed, ed. . ۲۰۰۰, Woburn, MA: Butterworth–Heinemann Ltd.

۵. Todd, R.H. and D.K. Allen, Manufacturing Processes Reference Guide. ۱۹۹۴, Industrial Press Inc. p. ۵۱۲.

۶. Çaydaş, U., et al., Performance evaluation of different twist drills in dry drilling of AISI ۳۰۴ austenitic stainless steel. Materials and Manufacturing Processes, ۲۰۱۱. ۲۶(۸): p. ۹۵۱-۹۶۰