علوم و مهندسی سطح، شماره ۶۱ (سال ۱۴۰۳)، صفحات ۲۹-۲۰

نشریه علوم و مهندسی سطح

انجمن علوم و تکنولوژی سطح ایران

بررسی اثر پارامترهای تراشکاری و خنک کاری بر دقت ابعادی، کیفیت سطح و میزان فرسایش ابزار در تراشکاری فولاد VCN150 با ابزار CBN

نیما راسخ صالح[۱]، حسین حاج حبیب یزدی[۱]، نسیم نایب پاشایی[۲*]

۱. دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق، تهران، ایران

۲. دانشکده مهندسی مواد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

واژگان کلیدی:

پارامترهای بهینه

ماشینکاری پر سرعت

فولاد VCN150

دقت ابعادی

کیفیت سطح،

سایش ابزار

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۸/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۹/۲۹

چکیده

ماشینکاری به عنوان یکی از فرآیندهای کلیدی در تولید قطعات صنعتی، همواره در معرض تحولات و بهبودهای مستمر بوده است. یکی از مهم‌ترین چالش‌ها در این زمینه، دستیابی به تعادل بین سرعت ماشینکاری، دقت ابعادی و عمر ابزار است. این پژوهش با هدف بهینه‌سازی پارامترهای تراشکاری فولاد VCN150 با استفاده از ابزار CBN به منظور دستیابی به بالاترین سرعت برش ممکن در ماشین آلات سنتی مرسوم بدون کاهش دقت ابعادی انجام شد. با هدف افزایش طول عمر ابزار، تأثیر دو روش خنک‌کاری با هوای فشرده و خنک‌کاری خشک، بر میزان فرسایش لبه برنده ابزار مورد بررسی قرار گرفت. پارامترهای سرعت برشی در بازه ۱۰۰ تا ۵۰۰ متر بر دقیقه، سرعت پیشروی در بازه ۰/۴ تا ۲ میلی‌متر بر دور و عمق برش در بازه ۰/۲۵ تا ۰/۷۵میلی‌متر مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که افزایش عمق برش باعث کاهش زمان ماشینکاری می‌شود، اما می‌تواند به تشکیل لبه‌های تیز و کاهش کیفیت سطح منجر شود. کم‌ترین زمان ماشینکاری در سرعت برشی ۴۵۰ متر بر دقیقه، سرعت پیشروی ۲ میلی‌متر بر دور و عمق برش ۰/۷۵ میلی‌متر حاصل شد که در این شرایط، اختلاف ابعادی نسبت به مقدار طراحی شده بیش‌تر بود. کم‌ترین اختلاف ابعادی در سرعت برشی ۱۰۰ متر بر دقیقه، سرعت پیشروی ۱ میلی‌متر بر دور و عمق برش ۰/۷۵ میلی‌متر اندازه گیری شد که با افزایش قابل توجه زمان ماشینکاری همراه بود. نتایج نشان داد که میزان فرسایش لبه برنده ابزار در روش خنک‌کاری با هوای فشرده به طور قابل توجهی کمتر از روش خنک‌کاری خشک است.

DOI: 10.22034/ISSST.2024.719120

Investigation of the effects of turning and cooling parameters on dimensional accuracy, surface quality, and tool wear in turning of VCN150 steel using CBN tools

Abstract

Machining, as one of the key processes in the production of industrial parts, has always been subject to constant change and improvement. One of the main challenges in this field is to achieve a balance between machining speed, dimensional accuracy, and tool life. This research was carried out to optimize the parameters for turning of VCN150 steel with CBN tools to achieve the highest possible cutting speed in traditional lathe machines without reducing dimensional accuracy. To increase the tool life, the effect of two methods of cooling with compressed air and dry cooling on the erosion rate of the tool's cutting edge was investigated. The parameters investigated were cutting speed in the range of 100 to 500 m/min, feed rate in the range of 0.4 to 2 mm/rev, and cutting depth in the range of 0.25 to 0.75 mm. The results showed that although increasing the depth of the cut shortens the machining time, it can lead to the formation of sharp edges and a reduction in surface quality. The lowest machining time was achieved at a cutting speed of 450 m/min, a feed rate of 2 mm/rev, and a depth of cut of 0.75 mm, and under these conditions, the dimensional difference was greater than the nominal value. The smallest dimensional difference was measured at a cutting speed of 100 m/min, a feed rate of 1 mm/rev, and a depth of cut of 0.75 mm, but was associated with a significant increase in machining time. The results showed that the erosion rate on the tool cutting edge is significantly lower with compressed air cooling than with dry cooling.

Keywords: Optimal parameters, high-speed machining, VCN150 steel, dimensional accuracy, surface quality, tool wear

* *Corresponding author E-mail: n.nayebpashaee@modares.ac.ir*

۱- مقدمه

ماشینکاری یکی از پرکاربردترین راهکارهای ساخت و تولید قطعات در صنعت است. با پیشرفت تکنولوژی و افزایش تقاضا برای تولید قطعات با دقت بالا و در کم‌ترین زمان ممکن، بهینه‌سازی پارامترهای ماشینکاری به یک ضرورت تبدیل شده است. یکی از مهم‌ترین چالش‌های در این زمینه، دستیابی به تعادل بین سرعت ماشینکاری، دقت ابعادی و عمر ابزار است.

فرسایش لبه برنده ابزار در فرایند تراشکاری یکی از چالش‌های اساسی در صنایع تولیدی است که مستقیماً منجر به کاهش طول عمر ابزار و افزایش هزینه‌های تولید می‌شود. این پدیده نه تنها عمر ابزار را کاهش داده و هزینه‌های تولید را افزایش می‌دهد، بلکه بر کیفیت سطح قطعه کار نیز تأثیرگذار است. عوامل متعددی از جمله دما، نیروهای برشی و اصطکاک در ناحیه تماس ابزار و قطعه کار بر شدت فرسایش تأثیرگذار هستند. خنک‌کاری یکی از پارامترهای کلیدی در فرایند تراشکاری است که به طور مستقیم بر میزان فرسایش ابزار، انحراف ابعادی ، کیفیت سطح قطعه کار و همچنین توان مصرفی دستگاه تأثیر می‌گذارد. مکانیزم‌های مختلفی از جمله کاهش دما، کاهش نیروهای برشی، ایجاد یک لایه روان‌کاری و حذف ذرات حاصل از برش در کاهش فرسایش ابزار نقش دارند. در روش خنک‌کاری با هوای فشرده، هوای فشرده با فشار مشخص به ناحیه برش هدایت می‌شود که باعث کاهش دما، کاهش اصطکاک و ایجاد یک لایه محافظتی بر روی سطح ابزار می‌شود. در حالی که در خنک‌کاری خشک، هیچ سیالی برای خنک‌کاری استفاده نمی‌شود و حرارت تولید شده در اثر برش به صورت تابشی و همرفتی به محیط اطراف منتقل می‌شود. با توجه به اهمیت افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌های تولید در صنایع مختلف، یافتن راهکارهایی برای کاهش فرسایش ابزار و افزایش عمر آن، از جمله اهداف مهم پژوهشگران در این حوزه است.

یکی از عوامل مؤثر بر میزان فرسایش ابزار، روش‌های خنک‌کاری است. استفاده از سیالات خنک‌کار در فرآیند تراشکاری، به عنوان روشی مرسوم برای کاهش دما، اصطکاک و بهبود کیفیت سطح قطعه کار شناخته شده است. با این حال، استفاده از سیالات خنک‌کار سنتی، با مشکلاتی همچون آلودگی محیط زیست، خوردگی تجهیزات و افزایش هزینه‌های تولید همراه است. در سال‌های اخیر، استفاده از روش‌های خنک‌کاری خشک و به ویژه خنک‌کاری با هوای فشرده، به عنوان جایگزینی برای سیالات خنک‌کار مرسوم، مورد توجه قرار گرفته است [۱] .

امینی و همکاران [۲] با بررسی عملکرد ابزارهای برش سرامیکی و کاربیدی در ماشینکاری آلیاژ مقاوم به حرارت اینکونل ۷۱۸ نشان دادند که ابزارهای سرامیکی در سرعت‌های برش بالا، عمر طولانی‌تر و کیفیت سطح بهتری ارائه می‌دهند. این یافته‌ها برای صنایع هوافضا و انرژی که با قطعات ساخته شده از این آلیاژ سروکار دارند، بسیار مهم است.

هرناندز و همکاران [۳] با مطالعه همبستگی بین پارامترهای ماشینکاری و سایش ابزار برش در فولاد AISI 1045 ، موفق به شناسایی بهینه‌ترین ترکیب پارامترها برای کاهش سایش ابزار و افزایش عمر ابزار شدند. این تحقیق به تولیدکنندگان کمک می‌کند تا فرآیند ماشینکاری را بهینه کرده و هزینه‌های تولید را کاهش دهند.

بابوراج و همکاران [۴] با بررسی تأثیر پارامترهای برش بر زبری سطح کامپوزیت هیبریدی فلزی، نشان دادند که با تنظیم مناسب پارامترهای برش می‌توان به سطحی با کیفیت بالاتر دست یافت. این یافته‌ها برای تولید قطعات با ابعاد دقیق و کیفیت سطح بالا از این نوع کامپوزیت بسیار حائز اهمیت است.

محبی و همکاران [۵] با بررسی رفتار سایشی ابزارهای فولاد تندبر در تراشکاری فولاد ۱۰۴۵ نشان دادند که عوامل مختلفی مانند سرعت برش، نرخ پیشروی و عمق برش بر میزان سایش

ابزار تأثیرگذار هستند. این تحقیق به درک بهتر مکانیزم‌های سایش و افزایش عمر ابزار در فرآیند تراشکاری کمک می‌کند.
مصفیراه و همکاران [۶] با مقایسه عملکرد ابزار برش در شرایط خشک و با استفاده از خنک‌کننده کریوژنیک در ماشینکاری آلیاژ اینکونل ۷۱۸ نشان دادند که استفاده از خنک‌کننده کریوژنیک باعث کاهش سایش ابزار و بهبود کیفیت سطح می‌شود. این یافته‌ها برای ماشینکاری آلیاژهای مقاوم به حرارت در صنایع هوافضا و انرژی بسیار مهم است.
گوپتا و همکاران [۷] با مطالعه ویژگی‌های هندسی سایش ابزار و سایر پارامترهای ماشینکاری در آلیاژهای آلومینیوم، به مدل‌سازی دقیق‌تری از فرآیند سایش دست یافتند. این تحقیق به پیش‌بینی عمر ابزار و بهینه‌سازی پارامترهای ماشینکاری کمک می‌کند و در نتیجه باعث کاهش هزینه‌های تولید می‌شود.
چینچانیکار و چودوری [۸] با بررسی تجربی و مدل‌سازی فرآیند ماشینکاری فولاد سخت‌شده، راهکارهای جدیدی برای بهبود عملکرد ابزار برش و کیفیت سطح قطعه کار ارائه کرده‌اند. این تحقیق با ارائه مدل‌های پیش‌بینی‌کننده، به مهندسان کمک می‌کند تا پارامترهای ماشینکاری را بهینه کرده و هزینه‌های تولید را کاهش دهند.
تیان و همکاران [۹] با بررسی تاثیر ابزارهای کاربیدی پوشش دار و بدون پوشش در تراشکاری پر سرعت و خشک سوپرآلیاژهای پایه آهنی گزارش کردند که با افزایش سرعت برش از ۳۰ تا ۱۰۰ متر در دقیقه عمر ابزار افت شدیدی دارد و در نوع پوشش دار تیتانیوم و آلومینیوم در سرعتهای برش بالا نتایج مطلوب تری حاصل می‌گردد. در سرعت های برشی بالا با ابزارهای پوشش‌دار، زبری سطح در حالت خشک تقریباً تا حدی کاهش پیدا کرده و در سرعت‌های خیلی بالاتر، زبری سطح افزایش می‌یابد. بنا برنتایج این پژوهش، بهتر است در حالت خشک از سرعت های برش خیلی بالا به علت افت کیفیت سطح اجتناب نمود.

چن و همکاران [۱۰] تاثیر پارامترهای ماشینکاری بر نیروهای برشی و کیفیت سطح در تراشکاری پر سرعت آلیاژ AD730 به کمک ابزار PCBN را بررسی نمودند و گزارش کردند که در ماشینکاری این آلیاژ، سرعت برش و سرعت پیشروی تاثیر چشمگیری بر نیروهای برش و یکپارچگی سطح دارند. نیروهای برش با افزایش سرعت برش کاهش می‌یابند. نتایج نشان داد که در سرعت برشی ۲۵۰ متر در دقیقه و بالاتر سایش سطح آزاد ابزار بیش‌تر شده که منجر به افزایش نیروی مورد نیاز برای حرکت و پیشروی می‌گردد. همچنین گزارش دادند که سرعت پیشروی بالاتر همیشه سبب افزایش نیروی برش می‌گردد و سرعت های برشی و پیشروی بیش‌تر، کیفیت سطح را بدتر می‌کنند. بنا بر نتایج این پژوهش، حالت بهینه در سرعت های برش بالاتر در محدوده ۲۰۰ تا ۲۵۰ متر در دقیقه و پیشروی ۰/۱ میلی متر در دور حاصل می شود.
یوسفی و همکاران [۱۱] با بررسی دقت ابعادی در تراشکاری خشک بیان داشتند که سرعت اسپیندل و شعاع نوک ابزار بیشترین تاثیر را بر دقت ابعادی دارند، در حالی که سرعت پیشروی و عمق برش تاثیر قابل توجهی بر دقت ابعادی ندارند. همچنین، بهترین دقت ابعادی در شرایطی حاصل شده است که عمق برش ۰/۲۵ میلی‌متر، شعاع نوک ابزار۰/۴ میلی‌متر، سرعت پیشروی ۰/۰۸ میلی‌متر بر دور و سرعت اسپیندل ۵۰۰ دور در دقیقه بوده است.
جی سون و همکاران [۱۲] در پژوهش خود تاثیر پارامترهای برش در ماشینکاری خشک آلیاژ Ti-6Al-4V با ابزارهای فوق سخت ، مکانیزم‌های اصلی سایش ابزارهای PCBN و PCD را با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) و طیف‌سنجی انرژی پراکنده (EDS) بررسی کردند. همچنین، تاثیر پارامترهای ماشینکاری مانند سرعت برش و سرعت پیشروی بر عمر ابزار، زبری سطح، دمای برش و سختی سطح قطعه کار مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد که ابزار PCD به دلیل قابلیت نفوذپذیری کمتر نسبت به ابزار PCBN عملکرد بهتری داشته است. همچنین، افزایش

سرعت برش در تراشکاری با ابزار PCD منجر به کاهش دمای برش و در نتیجه کاهش سایش ابزار شده است. این محققان نتیجه گرفته‌اند که ابزار PCD به دلیل مقاومت بالاتر در برابر سایش، عملکرد بهتری نسبت به ابزار PCBN در تراشکاری آلیاژ Ti-6Al-4V دارد.

اصلانتاس و همکاران[۱۳] با مطالعه تراشکاری پر سرعت آلیاژ Ti-6Al-4V در شرایط برشکاری میکرو با انجام دادن تعدادی عملیات تراشکاری در سرعت های برشی بالا (حدود ۱۴۰۰ متر در دقیقه) گزارش کردند که در صورتی که عمق برش و مقادیر پیشروی از شعاع نوک ابزار کوچکتر باشند، نیروی غیرفعال افزایش می‌یابد. اگر نیروی غیرفعال نیز بیش‌تر از نیروی مماسی باشد، حالتی شبیه به شخم زدن در طول فرآیند برش اتفاق می‌افتد و کیفیت سطح را تخریب می‌کند. هدف از پژوهش حاضر، بهینه‌سازی پارامترهای تراشکاری فولاد VCN150 با استفاده از ابزار CBN می باشد و تاثیر خنک کاری با هوای فشرده و خنک کاری خشک تحت شرایط ماشینکاری مختلف بررسی می‌شود. فولاد VCN150 به دلیل خواص مکانیکی خاص خود، در صنایع مختلف کاربرد گسترده‌ای دارد. ابزار CBN به دلیل سختی بسیار بالا و مقاومت به سایش، قابلیت انجام عملیات ماشینکاری با سرعت بالا را فراهم می‌آورند. با این حال، برای بهره‌برداری بهینه از این ابزار و دستیابی به نتایج مطلوب، تنظیم دقیق پارامترهای مختلف تراشکاری مانند سرعت برشی، سرعت پیشروی و عمق برش ضروری است. با انجام این پژوهش، می‌توان به درک بهتری از مکانیزم‌های مؤثر بر فرسایش ابزار در شرایط مختلف ماشینکاری دست یافت و در نهایت، به ارائه راهکارهایی برای افزایش عمر ابزار و بهبود کیفیت قطعات تولید شده کمک کرد.

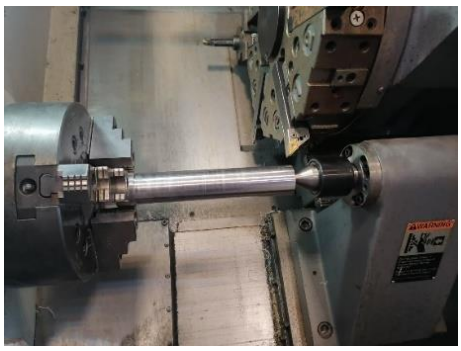
۲- روش تحقیق

در این پژوهش، نمونه‌هائی از جنس فولاد VCN150 در ابعاد ۵۰ در ۲۵۰ میلیمتر تهیه شدند. قطعات با استفاده از دستگاه تراش CNC هیوندای با کنترلر فانوک با دقت بالا و قابلیت کنترل دقیق پارامترهای ماشینکاری، به منظور رسیدن به قطر ۴۵ میلیمتر با دامنه تولرانسی مشخص مورد ماشینکاری قرار گرفتند. برنامه‌های CNC حاوی اطلاعات دقیقی در مورد مسیر حرکت ابزار، سرعت برش، سرعت پیشروی و عمق برش با استفاده از نرم‌افزار SolidWorks طراحی شدو به دستگاه منتقل شدند. هر برنامه در دو مرحله با فرض خنک کاری خشک و خنک کاری با هوای فشرده اجرا گردید. در طول فرایند تراشکاری، ابزار CBN با سرعت و عمق مشخصی بر روی سطح قطعه حرکت می‌کرد و پارامترهای مختلفی مانند سرعت برش، سرعت پیشروی و عمق برش بر اساس داده‌های آزمایش تغییر داده می‌شد تا تأثیر آن‌ها بر میزان فرسایش ابزار مشخص شود. میزان فرسایش لبه برنده ابزار با دقت یک هزارم میلیمتر، زمان انجام هر فرآیند و ابعاد نهایی قطعه ثبت شدند. شکل ۱ تصویر تجهیزات مورد استفاده در این پژوهش و شکل ۲ تصویر نمونه محصول ماشینکاری شده را نشان میدهد.

روال کلی آزمایش به این ترتیب می باشد که ابتدا نمونه ها با توجه به ابعاد در نظر گرفته شده برای طول و قطر که به ترتیب برابر با ۲۵۰ میلیمتر و ۵۰ میلیمتر هستند بوسیله دستگاه اره نواری برش می خوردند و آماده مراحل بعدی می گردند. در ادامه در یک سمت از نمونه آماده شده بوسیله مته مرغک سوراخ مرغکی ایجاد میگردد که این فرآیند بوسیله دستگاه تراش دستی انجام شده و قطعات برای ماشینکاری بر روی دستگاه سی ان سی آماده می گردند. قطعات مورد آزمایش با توجه به تولرانس در نظر گرفته شده باید قطری بین ۴۴/۹ میلیمتر تا ۴۴/۹۵ داشته باشند و به طول ۲۲۵ میلیمتر برسند که برای این منظور یک سمت قطعات به طول ۲۵ میلیمتر و قطر ۵۰ میلیمتر باقی می ماند. سمتی از قطعه که به طول ۲۵ میلیمتر باقی می ماند داخل سه نظام قرار خواهد گرفت و سمت دیگر که از قبل دارای سوراخ مته مرغک است توسط مرغک دستگاه مهار خواهد شد . سپس ابزار آماده شده

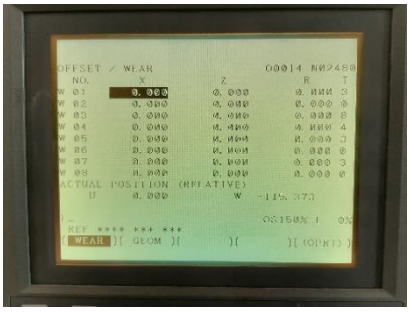
بر بروی دستگاه سی ان سی، تحت عملیات رفرنس گیری قرار میگیرد و موقعیت لبه برنده آن ثبت می گردد. این فرآیند به منظور مقایسه لبه برنده ابزار بعد از عملیات می باشد و هدف آن سنجش میزان خوردگی ابزار بعد از پایان عملیات ماشینکاری می باشد. پارامترهای ثبت شده در قسمتی از کنترلر دستگاه تحت نام صفحه آفست ذخیره می شوند و به راحتی قابل بررسی و مقایسه هستند. در ادامه با تعیین سرعت برشی، سرعت پیشروی و عمق بار مشخص به انجام فرآیند روتراشی قطعات پرداخته خواهد شد و در هر مرحله زمان انجام کل فرآیند را از روی دستگاه ثبت می گردد. این فرآیند تماما در یک برنامه جی کد انجام شده و قابلیت ویرایش در هر مرحله را دارد . فرآیند ثبت و سنجش زمان ماشینکاری نیز به صورت خودکار از زمان استارت و آغاز برنامه جی کد بر روی دستگاه نمایش داده شده و با دقت هزارم میلیمتر نمایش داده می شود. در انتهای فرآیند ماشینکاری با استفاده از پارامتر Wear موجود در دستگاه سی ان سی، ابزار به صورت خودکار، با نزدیک شدن به سنسور ثبت خوردگی، میزان فرسودگی رخ داده در لبه برنده ابزار و به تبع آن میزان اختلاف قطر قطعه در اثر خوردگی لبه برنده ابزار محاسبه خواهد شد (شکل ۳) . این پارامتر در حالت عادی به منظور استفاده بهینه از ابزار های برنده تعبیه شده است ولی در این پژوهش به منظور دستیابی به میزان فرسایش لبه برنده ابزار با دقت هزارم میلیمتر استفاده میگردد. ازآنجاییکه فرآیند مورد بررسی یک فرآیند حرارت زا می باشد احتمال بروز خوردگی ابزار در حین فرآیند وجود دارد و این موضوع قطعا سبب بروز اختلاف ابعادی در قطر قطعات تولیدی می گردد که نتیجه آن عدم انطباق محصول با تولرانس ابعادی مورد نظر مخصوص کاربرد قطعات است . نهایتا با توجه به تولرانس در نظر گرفته شده برای قطر سمت مورد ماشینکاری، قطعاتی که قطر خارج از محدوده ای داشته باشند تست ابعادی را پاس نمی نمایند.در این پروسه عملا فرسایشی که بر روی لبه برنده ابزار صورت گرفته است در راستای قطر نمونه اندازه گیری می شود و بیانگر از بین رفتن لبه برنده ابزار در راستای محور X دستگاه تراش سی ان سی می باشد. (شکل ۴)

به منظور بررسی دقیق تر اطلاعات بدست آمده با استفاده از میکرومتر دیجیتالی میتوتویو قطر نهایی قطعه در قسمت انتهایی قطعه اندازه گیری شده و پارامترهای استخراجی از دستگاه مقایسه می شود.

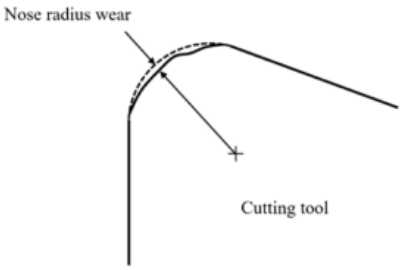


شکل ۱ – تجهیزات استفاده شده برای انجام پژوهش.

شکل ۲ – نمونه محصول ماشینکاری شده.



شکل ۳– صفحه wear دستگاه سی ان سی.



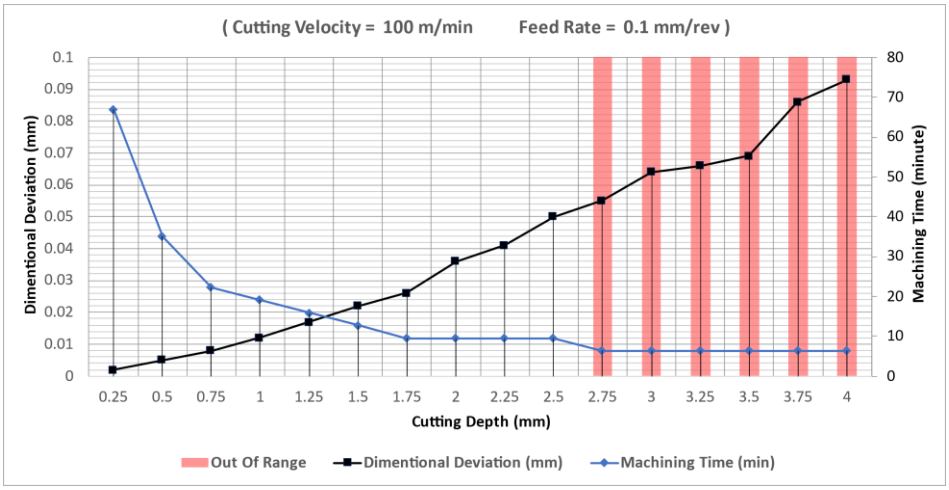
شکل ۴ــ فرسایش اندازه گیری شده.

جدول ۱ مقادیر پارامترهای مختلف فرآیند ماشینکاری گزارش شده است.

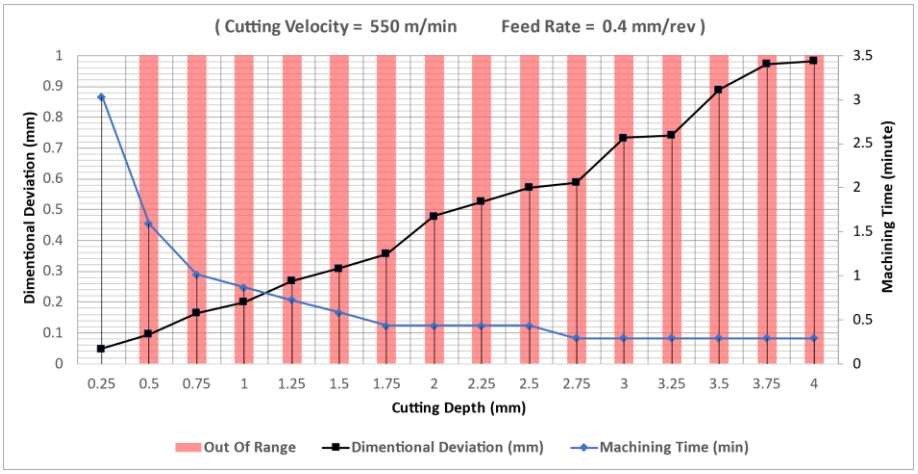
در رابطه با خطای ابعادی نیز ، با توجه به اینکه خطای ابعادی در طول قطعه نمونه رخ می دهد مقدار اختلاف ابعادی انتهای قطعه ماشینکاری شده با ابعاد اصلی نقشه بیانگر این اختلاف می باشد که همزمان با کمک خود پارامتر Wear دستگاه و میکرومتر ذکر شده در توضیحات اندازه گیری و ثبت شده است. ضمنا در نمودار های شکل ۵ تا ۷ میزان ابعاد حاصل بعد از ماشینکاری برای چند نمونه از شرایط ذکر شده است که بیانگر و نشانگر اختلاف موجود هستند.

جدول ۱- شرایط انجام فرآیند ماشینکاری

ابعاد	قطر نهایی قطعه در محل مورد ماشینکاری	$45^{-0.05}_{-0.1}$
	سرعت برش اولیه	۱۰۰ m/min
	نرخ افزایش سرعت برش در هر مرحله	۵۰ m/min
	حداکثر سرعت برشی قابل دستیابی در دستگاه	۵۶۵ m/min
	کلیه حالات ممکن در سرعت برشی	۱۰ حالت
	سرعت پیشروی اولیه	۰/۱ mm/rev
	نرخ افزایش سرعت پیشروی در هر مرحله	۰/۱ mm/rev
	حداکثر سرعت پیشروی تا قبل از ایجاد حالت رزوه شدن روی سطح	۰/۱ mm/rev
	حداکثر سرعت پیشروی قابل دستیابی در دستگاه	(۳۶ m/min) ۴/۵ mm/rev
	کلیه حالات ممکن برای سرعت برشی	۴ حالت
	عمق بار اولیه	۰/۲۵ mm
	نرخ افزایش عمق بار در هر مرحله	۰/۲۵ mm
	حداکثر عمق بار قابل دستیابی با توجه به نوع ابزار	۴ mm
	کلیه حالات ممکن در عمق بار	۱۶ حالت
تکرارپذیری	همه حالات آزمایشات در صورت عدم از دست دادن ابزار	۶۴۰ حالت



شکل ۵- انحراف ابعادی در سرعت برشی ۱۰۰ متر بر دقیقه و پیشروی ۰/۱ میلیمتر بر دور نسبت به قطر مبنای ۴۴/۹ میلیمتر.

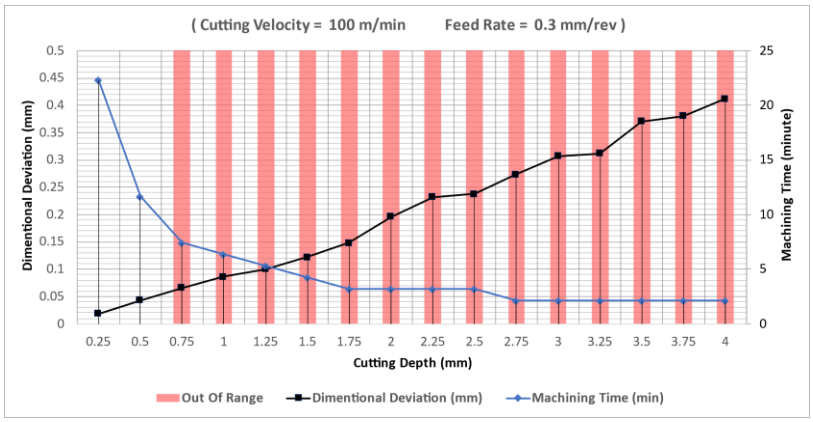


شکل ۶- زمان ماشینکاری و قطر در سرعت برشی ۵۵۰ متر بر دقیقه و پیشروی ۰/۴ میلیمتر در دور.

از آنجایی که فرایند تراشکاری با ایجاد حرارت همراه است، امکان تغییر ابعاد قطعه به دلیل فرسایش ابزار وجود دارد. تغییرات ابعادی قطعه می‌تواند بر عملکرد قطعه در کاربرد نهایی تأثیر منفی بگذارد. بنابراین، با کنترل دقیق میزان فرسایش ابزار و در نتیجه کنترل دقیق ابعاد قطعات، می‌توان از کیفیت بالای محصولات تولیدی اطمینان حاصل کرد.

۳- نتایج و بحث

با استفاده از داده های حاصل از فرایند ماشینکاری، نمودار مربوط به هر پارامتر رسم شده است که در شکل های ۵ تا ۷ نمونه هایی از آنها نشان داده شده است. در هر نمودار نوارهای عمودی شرایطی از ماشینکاری را نمایش می دهند که در آنها تلرانس خواسته شده در آزمایش محقق نشده است. شکل ۳، نمودارهای ترسیم شده برای انحراف ابعادی در سرعت برشی ۱۰۰ متر بر دقیقه و پیشروی ۰/۱ میلیمتر بر دور را نشان می‌دهد. با توجه به این شکل، سریعترین زمان انجام ماشینکاری که همزمان با اختلاف ابعادی کمتر باشد در عمق بار ۱/۷۵ میلیمتر رخ داده است که زمان ماشینکاری در این نقطه ۵۷۰ ثانیه و اختلاف قطر با اندازه مطلوب ۰/۰۲۶ میلیمتر می باشد.



شکل ۷- زمان ماشینکاری و قطر در سرعت برشی ۱۰۰ متر بر دقیقه و پیشروی ۰/۳ میلیمتر در دور.

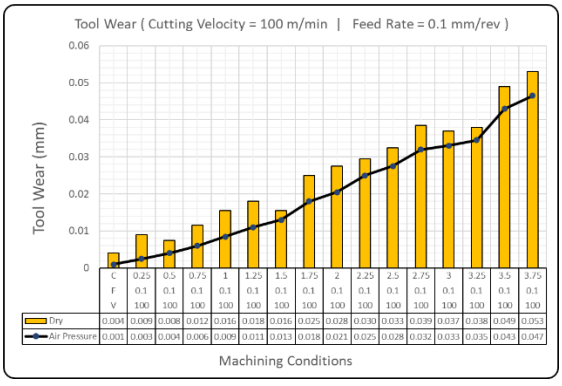
شکل ۶ زمان ماشینکاری و قطر در سرعت برشی ۵۵۰ متر بر دقیقه و پیشروی ۰/۴ میلیمتر در دور را نشان می‌دهد. با توجه به این شکل، سریعترین زمان انجام ماشینکاری که همزمان با اختلاف ابعادی کمتر باشد در عمق بار ۰/۲۵ میلیمتر رخ داده است که زمان ماشینکاری در این نقطه ۱۸۰ ثانیه و اختلاف قطر با اندازه مطلوب ۰/۰۴۵ میلیمتر می باشد.

شکل ۷ زمان ماشینکاری و قطر در سرعت برشی ۱۰۰ متر بر دقیقه و پیشروی ۰/۳ میلیمتر در دور را نشان می‌دهد. با توجه به این شکل، با توجه به نمودار فوق سریعترین زمان انجام ماشینکاری که همزمان با اختلاف ابعادی کمتر باشد در عمق بار ۱/۷۵ میلیمتر رخ داده است که زمان ماشینکاری در این نقطه ۱۸۶ ثانیه و اختلاف قطر با اندازه مطلوب ۰/۰۴۹ میلیمتر می باشد.

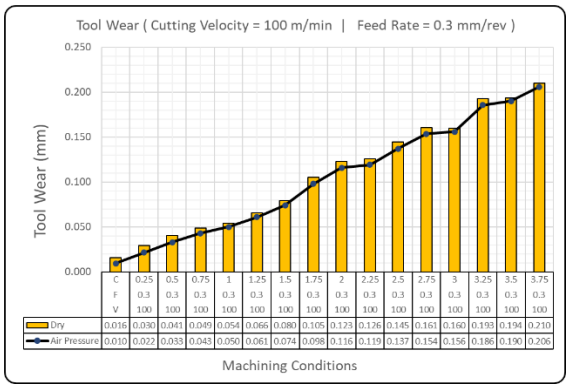
بررسی داده ها داده های مرتب شده با اولویت کمترین زمان ماشینکاری و کمترین میزان اختلاف با تلرانس نشان داد که کمترین زمان ماشینکاری ۱۴۴ ثانیه است که در سرعت برشی ۴۵۰ متر بر دقیقه و سرعت پیشروی ۰/۲ میلیمتر بر هر دور و عمق برش ۰/۷۵ میلیمتر حاصل گردیده است، همچنین در این شرایط میزان اختلاف ابعادی قطر محصول با فرض تلرانس نقشه برابر با ۰/۰۴۷ میلیمتر است. از طرفی بدترین شرایط از نظر زمان ماشینکاری نیز متعلق به سرعت برشی ۱۰۰ متر بر دقیقه و سرعت پیشروی ۰/۴ میلیمتر بر هر دور و عمق برش ۰/۲۵ میلیمتر است که مقدار ۹۹۶ ثانیه را برای زمان ماشینکاری نتیجه می دهد و همچنین میزان اختلاف ابعادی قطر محصول با فرض تلرانس نقشه در این حالت برابر با ۰/۰۳۲ میلیمتر است. از سوی دیگر، کمترین میزان اختلاف ابعادی با تلرانس در سرعت برشی ۱۰۰ متر بر دقیقه و سرعت پیشروی ۰/۱ میلیمتر بر هر دور و عمق برش ۱/۷۵ میلیمتر حاصل گردیده است که نتیجه آن زمان ماشینکاری برابر با ۵۷۰ ثانیه است. همچنین، بدترین شرایط از نظر میزان اختلاف ابعادی سرعت برشی ۵۰۰ متر بر دقیقه و سرعت پیشروی ۰/۴ میلیمتر بر هر دور و عمق برش ۰/۲۵ میلیمتر است که مقدار ۱۹۶ ثانیه را برای زمان ماشینکاری نتیجه می‌دهد.

با جمع بندی نتایج حاصل می توان اظهار نمود که با توجه به زمان مورد نیاز برای ماشینکاری و اهمیت میزان خوردگی ابزار و هزینه‌های نهایی، روش تولید میزان بهینه را انتخاب نمود. در این بین می توان با در نظر گرفتن شرایط بینابینی و با در نظرگرفتن هر دو عامل زمان ماشینکاری و اختلاف ابعادی، می توان میزان دلخواهی را برای دو پارامتر سرعت برشی، سرعت پیشروی و عمق بار در نظر گرفت.

در شکل های ۸ و ۹ میزان فرسایش لبه برنده ابزار در دو حالت خنک کاری خشک و خنک کاری با هوای فشرده نشان

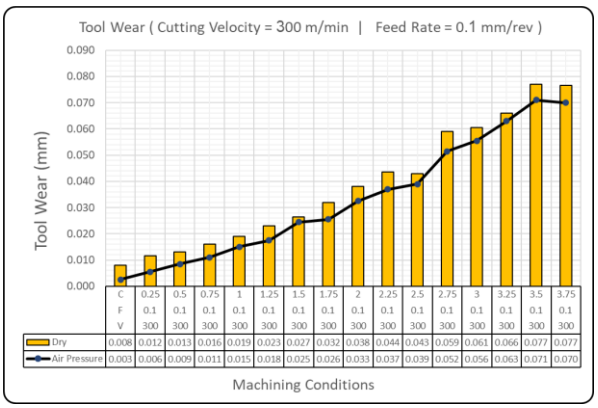


الف– سرعت پیشروی ۰/۱ میلیمتر بر دور

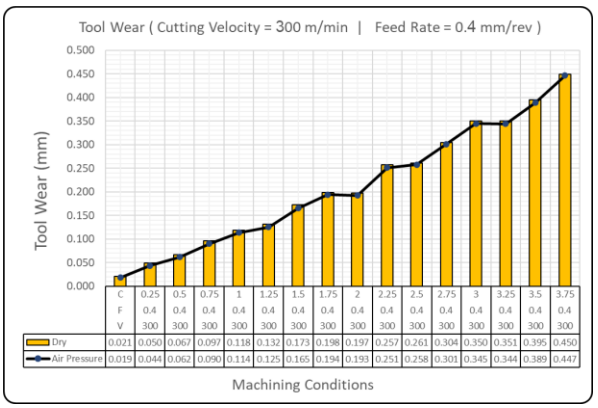


ب– سرعت پیشروی ۰/۳ میلیمتر بر دور

شکل ۸– میزان سایش ابزار در سرعت برشی ۱۰۰ متر بر دقیقه ، سرعت های پیشروی مختلف در دو حالت خنک کاری خشک و هوای فشرده.



الف– سرعت پیشروی ۰/۱ میلیمتر بر دور



ب– سرعت پیشروی ۰/۴ میلیمتر بر دور

شکل ۹- میزان سایش ابزار در سرعت برشی ۳۰۰ متر بر دقیقه و سرعت های پیشروی مختلف در دو حالت خنک کاری خشک و هوای فشرده.

داده شده است. مطابق با شکل های ۸ و ۹، فرسایش لبه ابزار در حالت کلی مقداری کمتر را در حالت خنک کاری با هوای فشرده از خود نشان می دهد. البته میزان این اختلاف در سرعت های برشی مختلف با هم یکسان نیست ولی با توجه به اینکه هوای فشرده قابلیت خنک کاری بهتر و بهبود سرعت خارج شدن براده ها از محدوده تحت حرارت را دارد می تواند نتایج بهتری را در آزمایش¬ها ارائه دهد. این موضوع در شرایطی که محصولات تولیدی دارای تولرانس ابعادی خاصی باشند، اهمیت بیشتری دارد.

بررسی نتایج نشان می دهد که کمترین میزان فرسایش ابزار در حالت خنک کاری تحت هوای فشرده در سرعت برشی ۱۰۰ متر بر دقیقه و سرعت پیشروی ۰/۱ میلیمتر بر هر دور و عمق برش ۱/۷۵ میلیمتر رخ داده است که در همین شرایط ماشینکاری میزان فرسایش ابزار در حالت خشک حدودا ۳ میکرون بیشتر از حالت قبل بوده است . همچنین بدترین شرایط برای فرسایش ابزار در سرعت برشی ۵۰۰ متر بر دقیقه و سرعت پیشروی ۰/۴ میلیمتر بر هر دور و عمق بار ۰/۲۵ میلیمتر رخ داده است که در همین شرایط ماشینکاری برای حالت خشک میزان فرسایش ابزار برابر با ۰/۰۲۸ میلیمتر بوده است که مجددا حدود ۳ میکرون بیشتر از حالت قبل بوده است. این در حالی است که برای بعضی شرایط اختلاف میزان فرسایش برای دو حالت خنک کاری بیشتر می باشد. در سرعت های برشی بالاتر میزان اختلاف دو حالت خنک کاری کمتر می باشد .

نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های پژوهش‌های قبلی در برخی موارد همخوانی داشته و در برخی دیگر تفاوت‌هایی را نشان می‌دهد. در خصوص تأثیر سرعت برش، سرعت پیشروی و عمق برش بر فرسایش ابزار، پژوهش حاضر تأییدکننده یافته‌های مطالعات پیشین مبنی بر افزایش فرسایش با افزایش این پارامترها است. با این حال، پژوهش حاضر با تمرکز بر تأثیر خنک‌کاری با هوای فشرده، نشان داده است که این روش می‌تواند به طور مؤثری فرسایش ابزار را کاهش دهد، خصوصاً در سرعت‌های برش بالا. این یافته، نوآوری پژوهش حاضر محسوب می‌شود و از تفاوت‌های اصلی آن با مطالعات پیشین است که عمدتاً بر حالت خشک ماشینکاری متمرکز بوده‌اند. همچنین، پژوهش حاضر با استفاده از ابزار CBN و فولاد VCN150، گستره مواد و ابزارهای مورد مطالعه را افزایش داده است. با وجود تفاوت در نوع ابزار و ماده کار، نتایج کلی در مورد تأثیر پارامترهای ماشینکاری بر فرسایش ابزار مشابه مطالعات پیشین بوده است.

۴- نتیجه گیری

در این پژوهش، با هدف بهینه‌سازی فرآیند تراشکاری فولاد VCN150به منظور دستیابی به بیشترین سرعت برشی ممکن ، تأثیر پارامترهای مختلف ماشینکاری و دو روش خنک‌کاری خشک و با هوای فشرده بر روی زمان ماشینکاری، دقت ابعادی و عمر ابزار مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که افزایش سرعت برش و پیشروی، منجر به کاهش زمان ماشینکاری می‌شود؛ اما این امر با افزایش فرسایش ابزار و کاهش دقت ابعادی همراه است. همچنین، استفاده از روش خنک‌کاری با هوای فشرده به طور قابل توجهی عمر ابزار را افزایش داده و فرسایش آن را کاهش می‌دهد. این امر به دلیل کاهش دمای ناحیه برش، کاهش اصطکاک و حذف براده‌ها توسط هوای فشرده است.

به طور کلی، نتایج این پژوهش حاکی از آن است که با انتخاب مناسب پارامترهای ماشینکاری و استفاده از روش خنک‌کاری با هوای فشرده، می‌توان به افزایش سرعت تولید، بهبود کیفیت سطح و افزایش عمر ابزار در فرآیند تراشکاری فولاد VCN150 دست یافت.

پیشنهاد می‌شود برای تحقیقات آینده، تأثیر سایر پارامترهای ماشینکاری مانند نوع ابزار، جنس قطعه کار و روانکارها بر روی فرآیند تراشکاری و در سرعت های برشی بالاتر مورد بررسی قرار گیرد.

مراجع

1.H. Demirpolat, R. Binali, AD. Patange, SS. Pardeshi, S.Gnanasekaran, “Comparison of tool wear, surface roughness, cutting forces, tool tip temperature, and chip shape during sustainable turning of bearing steel”. Materials. 16(12)(2023):4408.

2.S.Amini, M. H. Fatemi, and R. Atefi. "High speed turning of Inconel 718 using ceramic and carbide cutting tools." Arabian Journal for Science and Engineering 39 (2014): 2323-2330.

3.G.Hernández, L. Wilfredo, et al. "Selection of machining parameters using a correlative study of cutting tool wear in high-speed turning of AISI 1045 steel." Journal of Manufacturing and Materials Processing 2.4 (2018): 66.

4.E.Baburaj, K. M. Mohana Sundaram, and P. Senthil. "Effect of high speed turning operation on surface roughness of hybrid metal matrix (Al-SiC p-fly ash) composite." Journal of Mechanical Science and Technology 30 (2016): 89-95.

۵. محبی، علیرضا، راسخ صالح، نیما، نایب پاشایی، نسیم. بررسی رفتار سایشی ابزار فولاد تندبر در تراشکاری فولاد ۱۰۴۵. نشریه علوم و مهندسی سطح, ۱۴۰۲; ۱۹(۵۶): ۴۸-۶۲.

6.A. H. Musfirah, J. A. Ghani, and CH. Che Haron. "Tool wear and surface integrity of inconel 718 in dry and cryogenic coolant at high cutting speed." Wear 376 (2017): 125-133.

7.M.K. Gupta, et al. "Studies on geometrical features of tool wear and other important machining characteristics in sustainable turning of aluminium alloys." International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology 10.4 (2023): 943-957.

8.S.Chinchanikar, and S. K. Choudhury. "Machining of hardened steel—experimental investigations, performance modeling and cooling techniques: a review." International Journal of Machine Tools and Manufacture 89 (2015): 95-109.

9.X.Tian, et al. "Performance of carbide tools in high-speed dry turning iron-based superalloys." Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture 236.4 (2022): 427-439.

10.Z.Chen, et al. "Effect of machining parameters on cutting force and surface integrity when high-speed turning AD 730™ with PCBN tools." The International Journal of Advanced Manufacturing Technology 100 (2019): 2601-2615.

11.S.Yousefi, M. Zohoor, and M. Faraji. "The variations of dimensional accuracy in dry hard turning operation." 25th annual international conference on mechanical engineering ISME2017. 2017.

12.F. J. Sun, et al. "Effects of cutting parameters on dry machining Ti-6Al-4V alloy with ultra-hard tools." The International Journal of Advanced Manufacturing Technology 79 (2015): 351-360.

13. O.Ogundimu, S.Albert Lawal, and I. P. Okokpujie. "Experimental study and analysis of variance of material removal rate in high speed turning of AISI 304L alloy steel." IOP conference series: materials science and engineering. Vol. 413. No. 1. IOP Publishing, 2018.

14. T.Kagnaya, et al. "Microstructural analysis of wear micromechanisms of WC–6Co cutting tools during high speed dry machining." International Journal of Refractory Metals and Hard Materials 42 (2014): 151-162.