مجله نخبگان علوم و مهندسی

Journal of Science and Engineering Elites

جلد ۶- شماره ۶ - سال ۱۴۰۰

www.ElitesJournal.ir

بررسی تاثیر پارامترهای ماشین کاری بر دمای نوک ابزار (با استفاده از ترموکوپل)

وفا نورپور[1*]، خالد آذری[2]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی کرمانشاه

۲- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی کرمانشاه

*noorpoor.vafa@gmail.com

ارسال: دی ماه ۱۴۰۰ پذیرش: بهمن ماه ۱۴۰۰

چکیده

سوراخکاری یکی از فرایندهای ماشین‌کاری سنتی است که برای ایجاد حفره‌های استوانه‌ای شکل مورد استفاده قرار می‌گیرد. از طرفی نیاز به قطعات با مقاومت بالا در برابر عواملی همچون سایش، خوردگی، بارهای خارجی و مقاومت در برابر نفوذ جسم خارجی سبب شده تا محققین به دنبال ساخت موادی با این قابلیت‌ها باشند. در روش مرسوم، قطعه‌کار پس از فرایند سوراخکاری، عملیات حرارتی می‌شود. اما امروزه با رشد صنعت و نیاز به قطعات با سختی و استحکام بالا نیاز به سوراخکاری قطعات سخت وجود دارد. در این تحقیق سوراخکاری فولاد C ۴۴ در سه سختی مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. تاثیر متغیرهای سوراخکاری شامل سرعت برشی، نرخ پیشروی، سختی قطعه‌کار و روانکار بر نیروی ماشین‌کاری و زبری سطح با استفاده از روش تاگوچی بررسی شده و روابطی جهت پیش‌بینی نیرو بر حسب متغیرهای ورودی تعریف شده، بدست آمده است. پس از تعیین مقادیر بهینه‌ی متغیرهای سوراخکاری، مقایسه‌ای بین مزایا و محدودیت‌های سوراخکاری قطعات سخت‌کاری شده با روش مرسوم سوراخکاری صورت گرفت. نتایج نشان داد که انجام سوراخکاری بر روی قطعات سخت بر روش مرسوم به دلیل مزایای اقتصادی و فنی ارجحیت دارد، روش تاگوچی برای طراحی آزمایش مناسب بوده و نتایج آن در مورد نیروهای سوراخکاری و معیار Rt زبری سطح قابل اطمینان است. نتایج همچنین نشان داده که سختی، نرخ پیشروی، خنک کننده و سرعت برشی به ترتیب تأثیر گذارترین پارامترها بر نیروی ماشین‌کاری و درمورد زبری سطح این ترتیب به صورت سختی قطعه‌کار، خنک کننده، سرعت برشی و نرخ پیشروی است. مقادیر بهینه متغیرهای سوراخکاری به منظور کم نمودن نیروی ماشین‌کاری و زبری سطح با روش‌های مختلف بررسی و پیشنهاد شده است.

کلید واژه‌ها: سوراخکاری، سخت کاری، زبری سطح، پارامترهای ماشین‌کاری.

۱- مقدمه

با پیشرفت صنعت و تکنولوژی نیاز صنایع مختلف به مواد مقاوم در برابر عواملی همچون سایش، خوردگی، بارهای خارجی[1] و مقاومت در برابر نفوذ جسم خارجی[2] سبب شده تا روش‌های مختلفی برای ساخت این‌گونه مواد ابداع شود. از این روش‌ها

[1] External load
[2] Hardness

می‌توان به آلیاژسازی، سختکاری[۱]، آبکاری و اســـتحکام دهی به روش انجام کار مکانیکی اشـــاره نمود. که هر کدام مزایا و معایب خاص خود را دارند. اســـتفاده از هر یک از این روش‌ها تأثیر خاص خود را بر ماهیت ســـطح[۲] و تلرانس‌های هندســـی قطعه خواهد داشـــت.

به عنوان مثال، اگر برای اســـتحکام دهی از روش ســـخت‌کاری کوینچ اســـتفاده شـــود، علاوه بر اعوجاجی که قطعه در اثر حرارت دســـت خوش آن خواهد شـــد، یکباره ســـرد نمودن آن در حمام روغن یا آب باعث ایجاد میکرو ترک در ســـطح یا عمق قطعه و تغییر فرم می‌شود. برای حذف این آثار معمولاً عملیات نهایی مانند سنگ زنی بر روی قطعه انجام می‌شود، که خود این فرایند باعث ایجاد تنش کششی بر روی سطح قطعه می‌شود که به عنوان تنش پســـماندشـــناخته می‌شـــود. به طور کلی تنش‌های پســـماند به مرور زمان آزاد می‌شـــوند، البته روش‌های سریعتری نیز برای حذف این تنش وجود دارد، ولی صرف نظر از روش آزاد شدن آن‌ها، این فرایند با تغییر فرم قطعه همراه خواهد بود. این تغییر فرم ممکن اســـت باعث خارج شـــدن قطعه از تلرانس مجاز مورد نظر شـــود، در نتیجه باید روشـــی را برای حداقل نمودن و یا حذف این آثار قبل از استفاده از قطعه، به کاربرد و یا با شناخت دقیق آن‌ها اثراتشان را در طراحی لحاظ نمود.

۲-پیشینه و مبانی نظری پژوهش

تحقیقات زیادی در این زمینه‌ها صـــورت پذیرفته، در برخی موارد با تکنیک‌هایی این اثرات را حذف نموده، برخی نیز روش‌هایی را برای اندازه‌گیری تنش‌های پســـماند ابداع نمودهاند که بتوانند پس از اندازه‌گیری این تنش‌ها، تمهیدات لازم را برای مقابله با آن‌ها به کار برند. در برخی موارد نیز دوره آزاد سازی این تنش‌ها اندازه‌گیری شده و برای قطعه عمر دوره کاری در نظر گرفته می‌شود تا قبل از آزاد شدن کامل تنش‌ها و تغییر فرم بحرانی قطعه تعویض شود[۱].

یکی از این روش‌ها ماشـــین‌کاری قطعه پس از عملیات ســـخت‌کاری اســـت. درنگاه اول شـاید این‌گونه به نظر برسـد که این عمل منطقی نباشـد ولی با تحقیق در این موضـوع و کمی تأمل می‌توان در یافت که این روش، روش خوبی برای مقابله با آثار یاد شده است. در این باب تحقیقات زیادی به عمل آمده که در فصل سوم به بحث و برر سی آن‌ها پرداخته شده است. در این قسمت فقط به این نکته اشـــاره می‌شـــود که ماشـــین‌کاری پس از عملیات ســـخت‌کاری ســـبب بهبود تلرانس‌های هندسی و افزایش عمر قطعه می‌شود[۲]. کونیگ[۳] در ســـال ۱۹۹۰ در مقاله‌ای کاربردها و محدودیت‌های روش ماشـــین‌کاری فولادCr۶۱۰۰ سخت شده تا ۶۳HRC را مورد بررسی قرار دادند و در آن از ابزارهای نیترید بور مکعبی، نیترید بور مکعبی -کاربایدی و Al2O3+TiC اســـتفاده نمودند. آن‌ها بیان نمودند که این روش از صافی سطح مطلوبی برخودار بوده و می‌توان آنرا جایگزین سنگ زنی نمود. در سال ۲۰۰۵ اثر متغیرهای ماشین‌کاری را در تراشکاری فولاد ۵۲۱۰۰ که ۵۲ راکول سختی داشته بررسی نموده و علاوه بر زبری سطح عمر ابزار را نیز بررسی نمودند. نتایج کار آن‌ها حاکی از این است که با کاهش پیشروی می‌توان به زبری سطح مناسبی دست یافت. گالوپی و همکاران[۴] در ســـال ۲۰۰۶ ماشـــین‌کاری آلیاژ Cr۶۱۰۰ را با ابزار نیترید بور مکعبی پوشـــش دار و بدون پوشـــش مورد مطالعه قرار دادند و پارامترهای ماشـــین‌کاری بهینه را با در نظرگرفتن عمر ابزار بر اســـاس رابطه تیلور و زبری ســـطح گزارش نمودند. شـــکل ۱ نتایج اندازه‌گیری شـــرایط لبه برنده ابزار را نشان می‌دهد.

کوپک و همکاران [۵] در ســـال ۲۰۰۶ رفتار دینامیکی تراشـــکاری مواد ســـخت شـــده را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها از شبیه سازی کامپیوتری به کمک نرم افزار ANSYS و مقایسه آن با آزمایشات تجربی دیگر محققین برای تحقیقات خود بهره جستند. کومار و رومارسی [۶] در سال ۲۰۰۷ اثر روانکار ماشین‌کاری را بر نیروی ماشین‌کاری، درجه حرارت منطقه ماشین‌کاری و زبری ســـطح در عملیات تراشـــکاری فولاد AISI۴۳۴۰ با ســـختی ۳۵HRC شـــده مورد مطالعه قرار دادند، آن‌ها از دو پو شش نیتریدی متفاوت (TiCN و ZrN) برای ابزارهای برشی خود استفاده نمودند و نتایج آنرا با نتایج حاصل از ما شین‌کاری خ شک و شیوه

[۳] Hardening
[۴] Surface integrity

خنک‌کاری ما شین‌کاری سنتی مقایسه نمودند. نتایج کار آن‌ها حاکی از این ا ست که با انتخاب منا سب شرایط انتقال سیال و کم کردن میزان سیال تا حد بهینه می‌توان سطح با زبری خوبی را ایجاد نمود.

۳-هدف پژوهش

هدف از انجام تحقیق حاضر در ابتدا دست‌یابی به مقادیر مناسب متغیرهای سوراخ‌کاری برای فولاد سخت‌کاری شده به نحوی که نیروی ماشین‌کاری کم و زبری سطح پائین باشد است، پس از آن مقایسه این روش با روش مرسوم سوراخکاری برای تولید قطعات از این جنس است. این مقایسه از نظر نیروی ماشین‌کاری، زبری سطح، هزینه تمام شده و تعداد قطعات تولید شده از هر روش می‌باشد.

۴-روش پژوهش

در تحقیق حاضر از آلیاژ C۴۴۰ فولاد استفاده شده است، زیرا این آلیاژ در صنایع هوا فضا و ساخت شیرهای هیدرولیک استفاده می‌شود. این آلیاژ در ۳ سطح سختی مختلف، پایه(۳۲HRC)، سختی متوسط (۴۰HRC) و تمام سخت شده (۵۸/۵HRC) تهیه و مورد آزمایش قرار گرفته است. آلیاژ مورد استفاده در این تحقیق به صورت گسترده در صنایع هیدرولیک مورد استفاده قرار می‌گیرد، این رساله با هدف بررسی و مقایسه روش تولید مرسوم با روش ماشین‌کاری پس از عملیات ماده اولیه مورد استفاده در این تحقیق آلیاژ فولاد AISI-440C است که به صورت میلگرد قطر ۸۰ میلی‌متر و طول ۱۵۰۰ میلی‌متر تهیه شد. به منظور حصول اطمینان از صحت ترکیب آلیاژ یک نمونه به صورت اتفاقی از بین نمونه‌های بریده شده برای آزمون کوانتومتری انتخاب شد.

عملیات حرارتی علاوه بر تأثیر در ریز ساختار و فازهای ایجاد شده در ماده مستقیماً بر سختی و نیروی ماشین‌کاری تأثیرگذار است. که پس از عملیات کوینچ قطعه در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد تنش زدایی می‌شوند و برای قطعات با سختی متوسط در دمای ۶۵۰ درجه سانتیگراد بازگشت داده می‌شوند.

به منظور تعیین سختی، ابتدا نمونه ها تحت سنباده زنی قرار گرفته و سپس پولیش شدند. سمباده‌ها از نوع پوساب بوده و فرایند سمباده زنی در آب انجام شد. پس از پولیش‌کاری برای حذف مقدار آب باقیمانده از پارچه نخی استفاده شده و رطوبت باقیمانده نهایی نیز توسط حرارت ۴۰ درجه به مدت ۳۰ ثانیه حذف شد.

در این تحقیق تاثیر چهار متغییر سختی، سرعت برشی، نرخ پیشروی و خنک کننده (پارامترهای ورودی) بر دو فاکتور نیروی ماشین‌کاری و زبری سطح (پارامترهای خروجی) بررسی می‌شود. اگر تمام حالات ممکن را مانند جدول۵-۱۲ در نظر بگیریم (روش فاکتوریل کامل) مشاهده می‌شود که حالت مختلف برای آزمایش وجود دارد که با در نظرگرفتن حداقل ۳ بار تکرار برای ارزیابی صحت اندازه‌گیری حداقل ۲۴۳ آزمایش باید صورت می‌پذیرفت.

سطوح در نظر گرفته شده برای متغیرها با توجه به کاتالوگ ابزارو هندبوک ماشین‌کاری [۶] تعیین شد. جهت تعیین مقادیر بهینه متغیرهای سوراخکاری شامل سرعت برشی، پیشروی، روانکار و سختی به منظور کاهش نیروی ماشین‌کاری و زبری سطح پس از انجام آزمایشات از تحلیل تاگوچی استفاده شده و نتایج آن در فصل بعد آمده است.

جدول ۱- متغیرهای مورد بررسی و سطوح آن‌ها

نام متغیر	سطح تنظیم اول	سطح تنظیم دوم	سطح تنظیم سوم	واحد
سرعت برشی	۲۵	۳۰/۵	۳۶	m/min
پیشروی	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۰۹	mm/rev
سیال برشی	بدون سیال	گاز نیتروژن	گاز کربن دی اکسید	
سختی	۳۲	۴۰	۵۸/۵	HRC

جدول ۲- آزمایش طراحی شده توسط روش تاگوچی

شماره آزمایش	سختی	خنک کننده	پیشروی	سرعت برشی
۱	۱	۱	۱	۱
۲	۲	۲	۲	۱
۳	۳	۳	۳	۱
۴	۳	۲	۱	۲
۵	۱	۳	۲	۲
۶	۲	۱	۳	۲
۷	۲	۳	۱	۳
۸	۳	۱	۲	۳
۹	۱	۲	۳	۳
آزمون های تخمین و پیش بینی				
۱۰	۳	۳	۱	۱
۱۱	۳	۳	۱	۳
۱۲	۳	۲	۳	۳

جدول ۳- پارامترهای تنظیمی بر روی ماشین بر اساس طراحی آزمایش تاگوچی

شماره آزمایش	سختی [HRC]	خنک کننده	پیشروی ماشین [$mm.min^{-1}$]	سرعت چرخش [RPM]
آزمون‌های طراحی شده با روش تاگوچی				
۱	۳۲	بدون خنک کننده	۵۶/۵	۱۱۳۷
۲	۴۰	نیتروژن	۷۹/۵	۱۱۳۷
۳	۵۸/۵	دی اکسید کربن	۱۰۲	۱۱۳۷
۴	۵۸/۵	نیتروژن	۶۹	۱۳۸۷/۵
۵	۳۲	دی اکسید کربن	۹۷	۱۳۸۷/۵
۶	۴۰	بدون خنک کننده	۱۲۴/۵	۱۳۸۷/۵
۷	۴۰	دی اکسید کربن	۸۱/۵	۱۶۳۸
۸	۵۸/۵	بدون خنک کننده	۱۱۴/۵	۱۶۳۸
۹	۳۲	نیتروژن	۱۴۷	۱۶۳۸
آزمون‌های تخمین و پیش‌بینی				
۱۰	۵۸/۵	دی اکسید کربن	۵۶/۵	۱۱۳۷
۱۱	۵۸/۵	دی اکسید کربن	۸۱/۵	۱۶۳۸
۱۲	۵۸/۵	نیتروژن	۱۴۷	۱۶۳۸

۵- انجام آزمایش‌ها

برای ماشین‌کاری قطعات از مته‌های تنگستن کارباید روکش دار برای تمام حالت سختی استفاده شد. روکش این مته ها از جنس تیتانیوم کربو نیترات بوده و دارای سختی ۱۷۵۸/۵ ویکرز در سطح و ۱۷۲۰ ویکرز در عمق می باشند. این مته‌ها در شکل ۴۹ نشان داده شده است، ماشین مورد استفاده برای فرایند سوراخکاری دستگاه فرز با قابلیت کنترل عددی کامپیوتری و کنترلر زیمنس بوده و در شکل ۲ نشان داده شده است نحوه بستن مته‌ها و ملاحظات تنظیم آن‌ها در شکل ۲ نشان داده شده‌اند. سرعت برشی و نرخ پیشروی فرایند با توجه به جدول ۵۱ تنظیم و پس از حصول اطمینان از تعداد صحیح دوران اسپیندل دستگاه توسط دستگاه دور سنج دیجیتال که در شکل ۱ نشان داده شده است، آزمایش‌ها صورت پذیرفت. پس از انجام هر آزمایش قطعه‌کار و ابزار به مدت حداقل ۱۰ دقیقه در درجه حرارت محیط قرار داده شده تا حرارت ناشی از عملیات ماشین‌کاری دفع و نتایج آزمایشات تحت تأثیر آن قرار نگیرند. پارامترهای مورد بررسی در این آزمایشات نیروی سوراخکاری و زبری سطح سوراخ بودهاند. به منظور ثبت نیروهای ماشین‌کاری از دینامومتر مدل کیستلر ۵۰۷۰ با فرکانس نمونه‌گیری ۲۰۰۰هرتز استفاده شده است.

پس از فرایند ماشین‌کاری زبری سطوح داخلی سوراخ مورد ارزیابی قرار گرفت. فرایند زبری سنجی در ۴ نقطه مختلف از سوراخ با زاویه ۹۰ درجه نسبت به هم و در طول قطعه انجام پذیرفته است. فرایند اندازه‌گیری برای هر مسیر ۳ بار تکـــرار شده و در صورت مشاهده اختـــلاف بیشتر ۲ میکرون بین داده‌ها فرایند اندازه‌گیری مجدداً تکرار شده تا از صحت داده‌ها اطمینان حاصل شود. مقدار زبری سوراخ به صورت مقدار میانگین ۱۲ عدد قرائت شده از زبری سنجی در نظر گرفته شده است.

این مورد مقایسه از دیدگاه نیروی سوراخکاری، زبری سطح سوراخ، زمان ماشین کاری و قیمت تمام شده محصول انجام شد. نتایج آزمون‌های صورت پذیرفته درجدول ۴ نشان داده شده است. این نتایج بر اساس میانگین آزمون‌های قابل قبول صـــورت پذیرفته اســـتخراج شـــده و در ادامه در مورد آن‌ها بحث و تحلیل صورت می‌پذیرد. همانطور که در بخش‌های قبلی نیز اشاره شده هر آزمون مستقل ۳ بار تکرار شده و در صورت م شاهده اختلاف زیاد بین مقدار میانگین و مقادیر اندازه‌گیری شده ، پس از ا صلاح شرایط و تنظیمات د ستگاه آزمون مورد نظر تکرار شده و ۳ داده با حداقل میزان اختلاف و مقدار انحراف از معیار کمتر از ۰/۰۵ جهت بررســی در مراحل بعدی انتخاب شـــدند. ملاک این انتخاب، اطلاعات جمع آوری شده از نیروی ماشین‌کاری می باشد.

جدول۴- نتایج آزمایشات انجام شده و خروجی‌های اندازه‌گیری شده

شماره آزمایش	Rt(µm)	Rz(µm)	Ra(µm)	Fz(KN)
۱	۵۷/۸۳۳۳۳	۴۰/۴۶۳۸۹	۷/۲۱۹۵۵۶	۰/۷۶۶۶
۲	۳۵/۸۱۲۲۲	۲۳/۶۹۱۱۱	۳/۸۵۸۰۸۳	۰/۶۰۵۸۶۷
۳	۱۶/۰۹۴۴۴	۸/۹۹۸۶۱۱	۱/۲۸۴۰۵۶	۱/۴۲۲
۴	۱۴/۱۲۳۶۱	۱۰/۰۰۵۵۶	۱/۵۰۷۶۹۴	۱/۱۸۵۳۳۳
۵	۵۶/۶۰۸۳۳	۴۰/۸۳۸۸۹	۷/۳۰۵۵۲۸	۰/۶۷۰۶
۶	۴۹/۸۱۱۱۱	۳۵/۵	۶/۸۷۳۱۱۱	۱/۰۳۹۴۶۷
۷	۳۴/۸۴۷۲۲	۲۲/۶۴۴۴۴	۳/۶۳۳۱۱۱	۰/۵۵۰۴
۸	۲۵/۹۹۹۷۲	۱۵/۰۲۳۰۶	۲/۴۰۳۰۵۶	۱/۴۳۳
۹	۳۱/۵۲۲۲۲	۱۸/۴۶۱۱۱	۲/۳۵۰۶۵۳	۰/۸۶۰۸۳۳
آزمون‌های تخمین و پیش‌بینی				
۱۰	۱۷/۱۲۴۱۷	۱۰/۲۳	۱/۶۵۵۱۶۷	۱/۱۷۴

۱۱	۱۶/۲۳۰۸۳	۱۱/۷۴۱۶۷	۱/۷۹۶۰۸۳	۱/۲۴۶۶۶۷
۱۲	۱۱/۱۸۲۵	۷/۸۹۱۶۶۷	۱/۲۲۲۸۳۳	۱/۶۴۳

با افزایش سرعت برشی نیرو ابتدا روند افزایشی و پس از سرعت ۳۰/۵ متر بر دقیقه روند کاهشی دارد و این صعود و نزول نیرو با شیب کمی همراه است. با افزایش پیشروی روند افزایش نیرو همواره صعودی است و این افزایش تا پیشروی ۰/۰۷ میلی‌متر بر دور با شیب کم و سپس با شیب بیشتری افزایش می‌یابد. با افزایش ضریب خنک کنندگی سیال بر شی نیرو کاهش دارد. با افزایش سختی قطعه تا ۴۰ راکول نیرو کاهش و سپس با شیب تند افزایش دارد. دلایل این امر در ادامه توضیح داده شده است.

پارامترهای بهینه برای کم شدن نیروی سوراخکاری عبارتند از: سرعت برشی ۲۵ متر بر دقیقه، پیشروی ۰/۰۵ میلی‌متر بر دور، خنک کننده کربن دیاکسید و سختی ۴۰ راکول. انحراف از معیار برای تمامی آزمایشات کمتر از ۰/۰۵ است. این امر نشان دهنده این است که اختلاف مقادیر قرائت شده از مقدار میانگین کم بوده، فرایند پایدار و تکرار پذیر است.

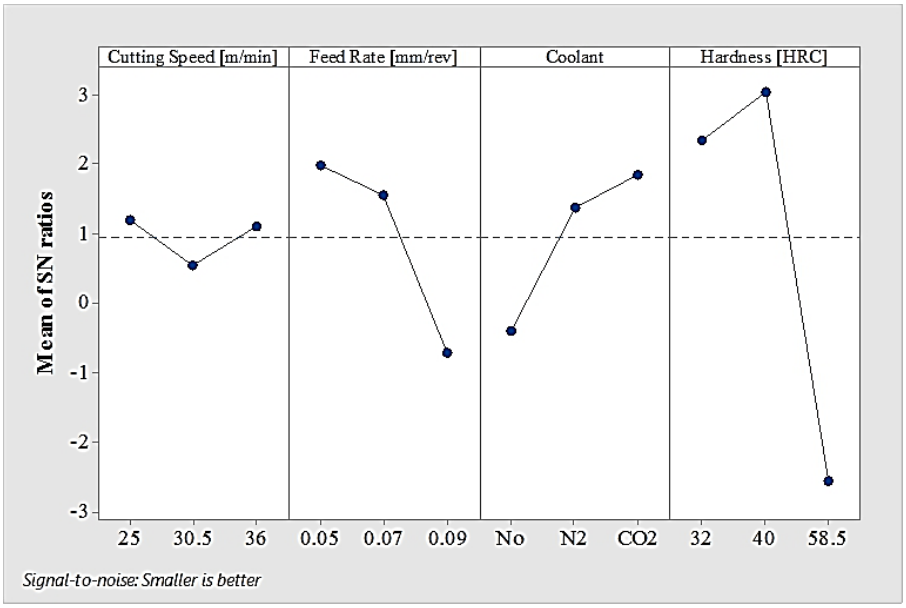
با توجه به جدول ۵ مشاهده می‌شودکه پیش‌بینی مقادیر برای نیروها قابل قبول بوده و روش تاگوچی برای پیش‌بینی نیروی دیگرآزمایشات نیز مورد تایید است.

جدول ۵ – پیش‌بینی روش تاگوچی در مورد نیرو و نتایج آزمایش‌های مربوط به آن

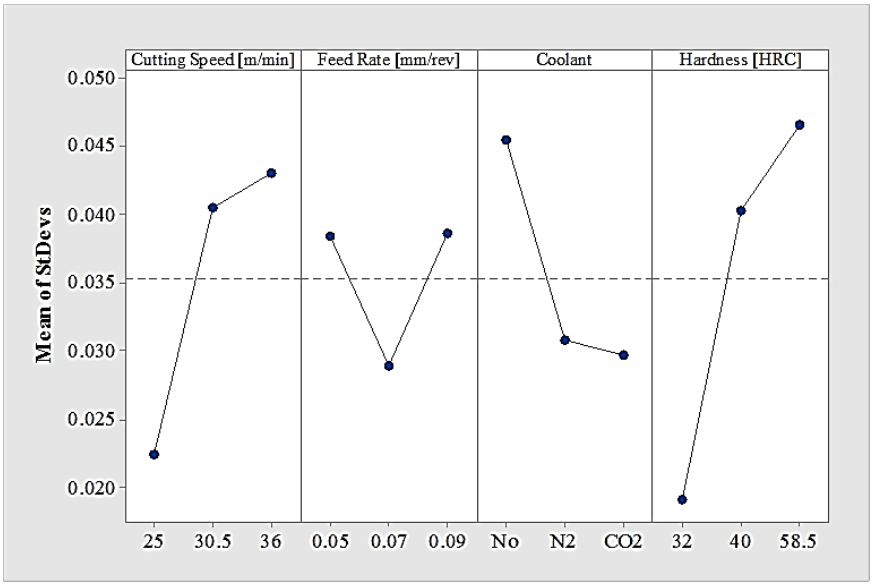
شماره آزمایش	متغیرهای آزمایش				درصد خطای پیش‌بینی	مقدار اندازه‌گیری شده	مقدار پیش‌بینی شده
	سختی	خنک کننده	پیشروی	سرعت برشی			
۱۰	۳	۳	۱	۱	٪ ۲/۱۵۶	۱/۱۷۴۰	۱/۱۴۸۶۸
۱۱	۳	۳	۱	۳	٪ ۶/۵۲۹	۱/۲۴۶۶۷	۱/۱۶۵۲۷
۱۲	۳	۲	۳	۳	٪ ۱۲/۲۵۸	۱/۶۴۳	۱/۴۴۱۶

۶– نتیجه گیری

شکل۱- نمودار مقدار میانگین برای نیروی ماشین‌کاری



شکل۲- نمودار سیگنال به اغتشاش برای نیروی ماشین‌کاری



با توجه به نتایج تحلیل تاگوچی داریم:

جدول۶ – نتایج تحلیل تاگوچی برای نیروی ماشین‌کاری

	سختی	خنک کننده	نرخ پیشروی	سرعت برشی
واحد سطح	[HRC]		[m /mrev]	[/mim n]
۱	۰/۷۶۶۰	۱/۰۷۰۷	۰/۸۳۴۱	۰/۹۳۱۵
۲	۰/۷۳۱۹	۰/۸۸۴۰	۰/۹۰۳۲	۰/۹۶۵۱
۳	۱/۳۴۶۸	۰/۸۸۱۰	۱/۱۰۷۴	۰/۹۴۸۱
تفاوت	۰/۶۱۴۹	۰/۱۹۸۷	۰/۲۷۳۳	۰/۰۳۶۶
رتبه	۱	۳	۲	۴

با توجه به مطالب بیان شده سختی قطعه‌کار، نرخ پیشروی، خنک کننده و سرعت برشی به ترتیب بیشترین تا کمترین تأثیر را بر نیروی ماشین‌کاری دارند. با افزایش سختی قطعه‌کار نیروی بیشتری برای نفوذ و جدا سازی ماده مورد نیاز است به همین دلیل مهمترین عامل بر نیروی سوراخ‌کاری سختی قطعه شناخته شده است. با افزایش نرخ پیشروی، نیروی عکس العمل بیشتری به ابزار وارد می‌شود ولی این تأثیر درمقابل سختی درجایگاه دوم قرار دارد. اعمال سیال برشی علاوه بر خارج نمودن براده‌های جدا شده، اثرات حرارتی که در اثر تماس بین ابزار و قطعه به وجود می‌آید کاهش می‌یابد، افزایش درجه حرارت مته سبب افزایش ا صطکاک بین براده و ابزار شده و در نتیجه باعث افزایش نیروی ماشین‌کاری خواهد شد البته واضح است که این افزایش در مقابل نرخ پیش‌روی خیلی ناچیز است و علت تأثیر کمتر آن نسبت به نرخ پیش‌روی نیز همین امر است، حال با استفاده از روانکار می‌توان اثرات اصطکاک بین قطعه و ابزار را کم نمود که این علاوه بر کاهش نیرو بر کاهش درجه حرارت نیز تأثیر خواهد گذاشت. با افزایش سرعت برشی نرخ براده برادی افزایش خواهد یافت و به علت اینکه سرعت پیشروی وابسته به سرعت برشی (تعداد دوران) است تأثیر زیادی در مقابل عوامل دیگر بر نیروی ماشین‌کاری نخواهد داشت.

هدف از انجام این آزمایش یافتن تاثیرات عوامل ماشین کاری همچون، سرعت برش، سرعت پیشروی و عمق بر روی دمای نوک ابزار در حین کار بود، که تاثیر هریک به صورت جداگانه در زیر آورده شده است:

- با توجه به اطلاعات به دست آمده مشاهده شده که با افزایش سرعت سرعت برش ابتدا ازایش صعودی دمای نوک ابزار و سپس ثبات دمایی را بعداز صد ثانیه شاهد بودیم.
- با افزایش سرعت پیشروی شاهد افزایش دما در نوک ابزار بودیم.
- و در مورد آخر با افزایش عمق با مشاهده شد که دمای نوک ابزار افزایش یافت.

۷- مراجع

۱. بیداری، علیرضا و شلوندی، مقصود،۱۳۹۸،بررسی تجربی اثر سرعت برشی و پیشروی و عمق بار بر دمای نوک ابزار کاربیدی در تراشکاری فولاد AISI 4140 ، شانزدهمین همایش ملی و پنجمین کنفرانس بین المللی مهندسی ساخت و تولید،تهران.

۲. رضی فر, مریم, سرائیان, پیام, شکوری, احسان, مقصودپور, عادل. ۱۳۹۹ . مطالعه زبری سطح، نرخ براده برداری و انحراف در قطعات کامپوزیتی جدار نازک طی فرآیند ماشین کاری سریع.

۳. سلیمی نیا عارف، ابوترابی محمد مهدی. تأثیر نوع روانکاری بر دما و سایش ابزار در تراشکاری فولاد AISI ۳۰۴ .مهندسی مکانیک مدرس. ۱۳۹۷.

۴. حداد، محمد جعفر و شربتی، علیرضا،۱۳۹۳، بررسی تجربی اثر پارامترهای ماشین کاری بر انتقال حرارت و توزیع دما در فرآیند تراشکاری،دومین کنفرانس انتقال حرارت و جرم ایران، سمنان.

۵. کلاهان, فرهاد, منوچهری, محسن, حسینی, عباس. ۱۳۹۱. بهینه‌سازی همزمان پارامترهای ماشین‌کاری و هندسه ی ابزار در عملیات تراشکاری فولاد.

۶. رازفر،محمدرضا،اصول ماشین کاری شناس ابزار وی،تهران:صنعت دانشگاهیامیرکبیر، ۱۳۸۴.

۷. رازفر،م، اصول ماشینکاری و ابزار شناسی، مرکز نشردانشگاه صنعتی امیر کبیر،۱۳۷۹.

۸. سلطان طرزه، محمدرضا و داودی، بهنام،۱۳۹۶، فرآیندهای نوین ماشین کاری هیبریدی مواد سخت ماشین کاری شونده، اولین کنگره ملی کاربرد مواد و ساخت پیشرفته در صنایع، تهران.

۹. احدی رضا، ربانی علی، ناطق محمدجواد. بررسی تاثیر پارامترهای ماشین‌کاری بر روی صافی سطح در عملیات فرزکاری با استفاده از میز هگزاپاد .مهندسی مکانیک مدرس. ۱۳۹۴.

۱۰. عیوضی باقری, هادی, حسینقلی‌پور اصل, حامد, نظام‌آبادی, علی رضا. ۱۳۹۳، مطالعهٔ تأثیر پارامترهای ورودی بر روی مشخّصه‌های خروجی در فرآیند ماشین کاری به روش تخلیهٔ الکتریکی.

۱۱. توحیدپور، مجتبی و سراییان، پیام و اعتمادی، شهرام و شکوری، احسان،۱۳۹۷، مطالعه عددی دمای ابزار در فرآیند تراشکاری توسط ابزار خودچرخان، پانزدهمین کنفرانس ملی و چهارمین کنفرانس بین المللی مهندسی ساخت و تولید، تهران.

12. A. Kus, Y. Isik, C. Cakir, S. Coskun, K. Ozdemir, 2015."Thermocouple and Infrared Sensor-Based Measurement of Temperature Distribution in Metal Cutting Sensors",

13. A. Goyal, S. Dhiman, 2014. "A Study of Experimental Temperature Measuring Techniques used in Metal Cutting", Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering, Vol. 8, Number 2, April, pp. 82-93.

14. American Iron and Steel Institute (AISI), 4140 Alloy Steel.

15. D.A. Stephenson, A.Ali, 1992. "Tool temperatures in interrupted metal cutting". Journal of Engineering of Industry, 114(2), May, pp. 1-10.

16. T. Chu, J. Wallbank, 1998. "Determination of the temperature of a machined surface", ASME J. Manuf. Sci. Eng, 120(2), May, pp. 259-263.