بهار ۱۳۹۵/ سال نهم/ شماره اول

فصلنامه علمی پژوهشی

مهندسی مکانیک جامدات

http://jsme.iaukhsh.ac.ir

فصلنامه علمی پژوهشی
مهندسی مکانیک جامدات

بررسی نیروهای ماشینکاری سوپر آلیاژ اینکونل ۷۱۸

سید مسعود بدخشیان [۱]، مجید کریمیان [۲،*]، سید علی افتخاری [۳]

* نویسنده مسئول: mkarimian@iaukhsh.ac.ir

چکیده

از آنجایی که ابزارهای برشی به کار رفته درفرآیند ماشینکاری سوپر آلیاژها تحت تأثیر نیروهای ماشینکاری زیادی قرار گرفته و در نتیجه باعث پایین آمدن عمر ابزار می گردد، بنابراین بهبود ماشینکاری آلیاژ و کاهش نیروهای برشی وارد بر ابزار های برشی و افزایش عمر ابزارها یک نیاز اساسی می باشد. بنابراین در این پژوهش، تأثیر تغییر نرخ پیشروی بر نیروهای ماشینکاری در فرآیند ماشینکاری سوپر آلیاژ اینکونل ۷۱۸ مورد بررسی قرار گرفته است. ابزار برشی مورد استفاده در این آزمایش‌ها از جنس کاربید تنگستن، مدل ۸۹۰ و با هندسه مربعی شکل بوده است. همچنین هر یک از ابزارها با استفاده از روش رسوب فیزیکی فاز بخار و با ترکیب شیمیایی TiN/TiCN/AlTiSiN در دو حالت میکرو و نانو لایه پوشش دهی شده اند. طبق نتایج بدست آمده با افزایش نرخ پیشروی، نیروهای ماشینکاری در هر دو حالت پوشش میکرو و نانو لایه افزایش پیدا کرده است. به طور کلی در این پژوهش استفاده از پوشش میکرو لایه باعث ایجاد نیروهای ماشینکاری کمتری در مقایسه با پوشش نانو لایه شده است و در نتیجه می توان گفت پوشش میکرو لایه دارای عملکرد بهتری می‌باشد.

واژه‌های کلیدی

آلیاژ پایه نیکل، ابزار برشی، نیروهای ماشینکاری، نرخ پیشروی

تاریخ ارسال:	۹۴/۰۲/۰۴
تاریخ بازنگری:	۹۴/۰۶/۲۵
تاریخ پذیرش:	۹۴/۱۰/۲۳

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خمینی شهر

۲- استادیار، دانشکده مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خمینی شهر

۳-استادیار، دانشکده مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خمینی شهر

Spring 2016/ vol. 9/ No. 1

Journal of
Solid Mechanics
in Engineering

Journal of

Solid Mechanics in Engineering

http://jsme.iaukhsh.ac.ir

Investigation of Cutting Forces Superalloy Inconel 718

Saied Masoud Badakhshian[1], Majid Karimian[2,*], Seyyed Ali Eftekhari[3]

* Corresponding Author: mkarimian@iaukhsh.ac.ir

Abstract:

Since the cutting tools used in machining process of super alloys are subjected to high cutting forces, accordingly tools life is reduced, therefore improvement in alloys machining and reducing cutting forces to achieve longer tools life is an essential necessity. In this research, the effect of changes in feed rate on cutting forces in machining process of nickel based super alloys is investigated. Cutting tools used in this experiment was a tungsten carbide material, model 890, geometry square shaped and specification of SNMG 120412. Also the tools has been coated using physical vapor deposition by chemical composition of TiN/TiCN/AlTiSiN in both micro and nano layer conditions. According to the results, as the feed rate is increased cutting forces mostly increases in both micro and nano layer coating conditions. . Generally in this research, application of micro layer coating results in less cutting forces compared to nano layer coating, so it can be said that micro layer coating has a better performance.

Key words:

Nickel Based Alloy,
Cutting Tools,
Cutting Forces,
Feed Rate.

1- MSc Student, Islamic Azad University, Khomeini Shahr, Iran.

2- Assistant Professor, Islamic Azad University, Khomeini Shahr, Iran.

3- Assistant Professor, Islamic Azad University, Khomeini Shahr, Iran.

۱- مقدمه

به طور کلی مواد پیشرفته مانند آلیاژهای پایه نیکل، برای انتخاب مواد ابزار برشی در طول فرآیند ماشینکاری یک چالش جدی ایجاد می‌کنند که این امر به علت خواص منحصر به فرد ترکیبات آن ها مانند مقاومت گرمایی بالا، سختی بالا و مقاومت در برابر سایش شیمیایی بالا می‌باشد. اگر چه این خصوصیات مورد نیاز جهت طراحی مطلوب هستند ولی چالش‌های بیشتری را برای مهندسین ساخت و تولید در طول فرآیند ماشینکاری ایجاد خواهند کرد که این امر ناشی از دمای بالا و تنش‌های بالای ایجاد شده در طول فرآیند شکل دهی می‌باشد. هدایت حرارتی ضعیف این آلیاژ منجر به تمرکز حرارت (دما) در منطقه رابط بین ابزار و سطح قطعه‌کار می‌گردد. این وضعیت در شرایط برشی بالاتر به علت کاهش قابل توجه در مقاومت و سختی ابزار برشی بدتر می‌گردد. بنابراین ابزارهای برشی که برای ماشینکاری این مواد استفاده می‌گردد ، باید قادر به حفظ سختی و دیگر خواص مکانیکی خود در دماهای برشی بالا، ناشی از سرعت ماشینکاری بالا باشند.

۲- مروری بر تحقیقات انجام شده

تحقیقات بر روی چگونگی ماشینکاری و همچنین مشکلات مربوط به ماشینکاری این مواد که به علت خصوصیات منحصر به فرد آن‌ها وجود دارند از سال ۱۹۶۷ میلادی به مرور آغاز گردید و محققان به بررسی مشکلات مربوط به این مواد خاص پرداختند. در سال ۱۹۹۶ آقای آلتینتاش مدلی را برای ماشینکاری پیشنهاد کرد که در آن نیروی شخم و نیروی برش متناسب با سطح مقطع براده بودند. همچنین در سال ۱۹۹۹ آقای کودهوری تحقیقاتی را در مورد ارزیابی قابلیت ماشینکاری سوپرآلیاژ اینکونل ۷۱۸ انجام دادند و چگونگی صافی سطح حاصل از ماشینکاری این مواد مورد بررسی قرار گرفت. آقای درویش در سال ۲۰۰۰ به پژوهشی در مورد تأثیر جنس ابزار و پارامترهای برش روی زبری سطح اینکونل ۷۱۸ ماشینکاری شده پرداختند که در نهایت تأثیر ابزارهای سرامیکی و نیترید بور مکعبی[1] را به روی سطح قطعه کار مورد مقایسه قرار دادند. آقای وانگ در سال ۲۰۰۲ ابزارهای سرامیکی و کاربیدی با پوشش‌های مختلف را در سرعت های بالای ماشینکاری مورد بررسی و مقایسه قرار دادند. همچنین در سال ۲۰۰۴ کولهو در مورد زوایا و هندسه ابزار در تراشکاری با سرعت های بالای اینکونل ۷۱۸ تحقیقاتی را به عمل آوردند. آقای کوتس در سال ۲۰۰۶ عمر و مکانیزم سایش در ابزارهای نیترید بور مکعبی برای ماشینکاری اینکونل ۷۱۸ را مورد بررسی قرار دادند و ابزارهای بهینه از این جنس را مورد شناسایی قرار داده و مکانیزم سایش ابزارها توسط میکروسکوپ الکترونی و آنالیز شیمیایی ابزارها تعیین گردید. در سال ۲۰۰۷ آقای ستینری خواص و کارایی ابزارهای کاربیدی با پوشش مختلف را برای تراشکاری اینکونل ۷۱۸ مورد بررسی قرار دادند. در همین سال آقایان جوشی و پاوادا در پژوهشی به بررسی تأثیر پارامترهای ماشینکاری بر نیروهای برشی در تراشکاری آلیاژ اینکونل ۷۱۸ پرداختند که آنالیزهای انجام شده نشان داد که زاویه برش، عمق برش و نرخ پیشروی تأثیر زیادی روی شدت نیروی برش خواهد داشت. همچنین آقای نلبنت تأثیرات سرعت برشی و هندسه ابزار برش روی خواص ماشینکاری سوپر آلیاژ اینکونل ۷۱۸ را توسط ابزار سرامیکی به صورت عملی مورد بررسی قرار داده است. آقای تاکور در سال ۲۰۰۹ مطالعه‌ای کلی بر قابلیت ماشینکاری سوپر آلیاژ اینکونل ۷۱۸ در تراشکاری با سرعت بالا انجام داده است که شدت نیروی برش از شدت نیروی پیشروی بالاتر است و همچنین کاهش در هر دوی این نیروها باعث کاهش تنش برشی خواهد شد.

به دلیل کاربرد بسیار زیاد آلیاژ اینکونل ۷۱۸ و همچنین عدم انجام تحقیقات بر روی این سوپر آلیاژ، در این تحقیق، عملیات ماشینکاری در شرایط با نرخ‌های پیشروی متفاوت و با ابزار کاربیدی پوشش دار انجام شده است که به منظور اندازه‌گیری نیروهای برش و مقایسه نیروی ماشینکاری اثر نرخ های پیشروی متفاوت می‌باشد.

1- Cubic Boron Nitride

۳- مواد و تجهیزات مورد استفاده

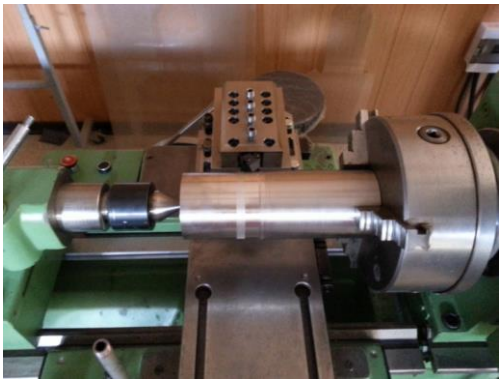
در این تحقیق از دستگاه تراش مدل TN50BR ساخت شرکت ماشین سازی تبریز استفاده شده است که در شکل ۱ نمایش داده شده است.

شکل (۱) دستگاه تراش مدل TN50BR

به منظور اندازه‌گیری نیروها، از دینامومتر نوع 9265B ساخت شرکت کیستلر سوئیس استفاده شده که قابلیت اندازه‌گیری نیرو و گشتاور را در سه جهت X و Y و Z دارا می باشد. اندازه‌گیری نیروها با استفاده از چهار پیزو-الکتریک که در زیر آن قرار دارد انجام می‌شود. این دینامومتر دارای قدرت اندازه‌گیری نیرو در محورهای X و Y از ۲۰- تا ۲۰ کیلو نیوتن و در محور Z از ۱۰- تا ۴۰ کیلو نیوتن را دارا می‌باشد. فرکانس طبیعی این دینامومتر در حدود ۱/۵ تا ۲/۵ کیلو هرتز است.

شکل (۲) دینامومتر Kistler 9265B

فرآیند ماشینکاری بر روی قطعه‌ای استوانه‌ای شکل از جنس سوپر آلیاژ اینکونل ۷۱۸ به ابعاد ۲۵۰ میلیمتر طول و با ۱۱۰ میلیمتر قطر انجام شده است. ابزار برشی استفاده شده با هندسه مربعی شکل دارای طول واقعی لبه برش ۱۲/۷±۰/۰۸ میلیمتر و ضخامت واقعی ۴/۷۶±۰/۱۳ میلیمتر وشعاع نوک ابزار ۱/۲±۰/۱ میلیمتر می‌باشد. در این تحقیق ابزارهای برشی با گرید ۸۹۰ ساخته شرکت سکو با ترکیب شیمیایی ۹۴ درصد کاربید و ۶ درصد کبالت به عنوان زیر لایه استفاده شده است. پوشش TiN/TiCN/AlTiSiN در دو حالت میکرو و نانو لایه و به روش رسوب فیزیکی بخار بر روی ابزارها داده شده است. در شکل ۳ نمایی از فرآیند انجام شده در این تحقیق نشان داده شده است.



شکل (۳) نمایی از فرآیند انجام شده در این تحقیق

درصد ترکیب شیمیایی سوپر آلیاژ اینکونل ۷۱۸ که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته در جدول شماره ۱ و همچنین خصوصیات مکانیکی این آلیاژ در جدول شماره ۲ نشان داده شده است.

جدول (۱) ترکیب شیمیایی سوپر آلیاژ اینکونل ۷۱۸

عناصر	درصد	درصد	عناصر
۱	کبالت	۰/۳۵	سیلیسیوم
۰/۳	تیتانیوم	۰/۰۰۶	بور
۴/۷۵-۵/۵	نیوبیوم	۰/۲-۰/۸	مس
۰/۶۵-۱/۱۵	آلومینیوم	۰/۳۵	منگنز
۲/۸-۳/۳	مولیبدن	۰/۰۱۵	فسفر
۰/۰۸	کربن	۱۷-۲۱	کروم
۰/۰۱۵	گوگرد	۵۰-۵۵	نیکل

جدول (۲) خصوصیات مکانیکی آلیاژ اینکونل ۷۱۸ به عنوان قطعه کار

مقدار	خصوصیات مکانیکی
۸/۱۹ (گرم بر سانتیمتر مکعب)	چگالی
۱۳۳۶-۱۲۶۰ (سانتیگراد)	نقطه ذوب
۱۳ (میکرومول بر مول کلوین)	گرمای مخصوص
۲۰۶ (گیگاپاسکال)	مدول الاستیسیته
۱۲۴۰ (مگاپاسکال)	حد تنش نهایی
۱۱/۴ (میکرومول بر مول کلوین)	انتقال حرارت

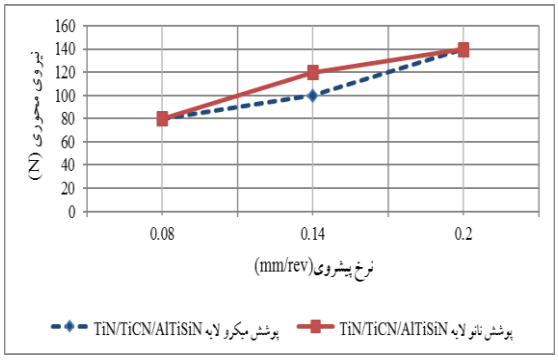
در این آزمایش با ثابت در نظر گرفتن دو پارامتر عمق برش و سرعت برشی، تأثیر تغییر نرخ پیشروی بر نیروهای ماشینکاری (محوری، شعاعی و مماسی) اندازه‌گیری شده است. در زیر نتایج حاصل از آزمایش‌ها در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول (۳) نتایج حاصل از آزمایش‌ها

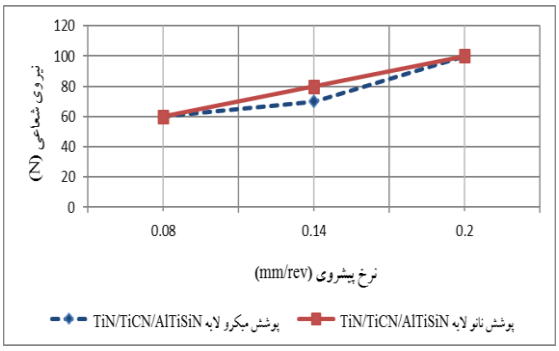
پارامتر	آزمون ۱	آزمون ۲	آزمون ۳
سرعت برشی (متر بر دقیقه)	۸۰	۱۲۰	۱۴۰
پیشروی (میلیمتر بر دور)	۶۰	۸۰	۱۰۰
عمق برشی (میلیمتر)	۷۰	۱۰۰	۱۲۰
نیروی محوری (نیوتن)	۸۰	۱۰۰	۱۴۰
نیروی شعاعی (نیوتن)	۶۰	۷۰	۱۰۰
نیروی مماسی (نیوتن)	۶۰	۱۰۰	۱۳۰

٤- تحلیل نتایج

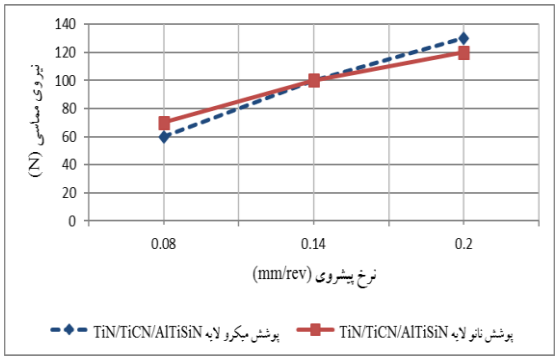
نیروهای ماشینکاری به وسیله‌ی دینامومتر اندازه‌گیری شده‌اند و مقادیر نیروی میانگین به وسیله‌ی نرم افزار داینامور بدست آمده است. در شکل ۴ نمودارهای تأثیر تغییر نرخ پیشروی (با مقادیر ۰/۰۸، ۰/۱۴ و ۰/۲ میلی متر بر دور) بر نیروهای ماشینکاری (محوری، شعاعی و مماسی) نشان داده شده است که در همه اشکال شرایط ثابتی با عمق برشی ۰/۵ میلی متر و سرعت برشی ۵۰ متر بر دقیقه وجود داشته است.



شکل (۴) تأثیر نرخ پیشروی بر نیروی محوری ابزار در شرایط ماشینکاری با عمق برشی ۰/۵ میلی متر و سرعت برشی ۵۰ متر بر دقیقه.



شکل (۵) تأثیر نرخ پیشروی بر نیروی محوری ابزار در شرایط ماشینکاری با عمق برشی ۰/۵ میلی متر و سرعت برشی ۵۰ متر بر دقیقه.



شکل (۶) تأثیر نرخ پیشروی بر نیروی محوری ابزار در شرایط ماشینکاری با عمق برشی ۰/۵ میلی متر و سرعت برشی ۵۰ متر بر دقیقه.

در همه اشکال مشاهده می‌شود که با افزایش نرخ پیشروی در هر دو حالت استفاده از ابزارهای برشی با پوشش‌های میکرو و نانو لایه، نیروهای ماشینکاری در تمامی حالات افزایش پیدا کرده است. این به دلیل آن است که با افزایش نرخ پیشروی، ضخامت براده تغییر شکل یافته و همچنین دمای سطح درگیر بین ابزار و قطعه کار افزایش یافته و در نتیجه باعث افزایش نیروهای ماشینکاری می‌شود.

۵- نتیجه گیری

در این تحقیق ماشینکاری سوپر آلیاژ اینکونل ۷۱۸ مورد مطالعه قرار گرفته و نتایج زیر حاصل شده است:

۱- با افزایش یافتن نرخ پیشروی نیروهای برشی اعم از محوری، شعاعی و مماسی برای هر دو حالت پوشش میکرو و نانو لایه افزایش پیدا کرده است.

۲- بیشترین و کمترین نیروی ماشینکاری ایجاد شده در هر دو حالت استفاده از ابزارهای پوشش دار میکرو و نانو لایه به ترتیب نیروی محوری و شعاعی بوده است.

۳- به طور کلی با تغییر نرخ پیشروی عملکرد ابزار برشی با پوشش میکرو لایه به دلیل ایجاد نیروهای ماشینکاری کمتر، بهتر از ابزار برشی با پوشش نانو لایه بوده است.

۴- جهت جلوگیری از افزایش نیروهای ماشینکاری صلب نگه داشتن ماشین و اجتناب از ارتعاش در حین ماشینکاری ضروری می‌باشد. بالا رفتن نیروهای ماشینکاری که تحت شرایط خاص برش در حین عملیات ماشینکاری به وجود می‌آید منجر به پایین آمدن قابلیت ماشینکاری می‌گردد.

مراجع:

[1] Lee P., Altintas Y., "Prediction of Ball End Milling Forces from Orthogonal Cutting Data", *Int. J. of machine tools and manufacture*, 36 1997, pp. 1059-1072.

[2] Choudhury I.A., E-Bardie M.A, "Machinability assessment of inconel 718 by factorial design of experiment coupled with response surface methodology", *Journal of Materials Processing Technology*, 95, 1999, pp. 30-39.

[3] Darwish S.M., "The impact of the tool mterial and the cutting parameters on surface roughness of supermet 718 nickel superalloy*", Journal of Materials Processing Technology*, 97, 2000, pp. 10-18.

[4] Li L., He N., Wang M., Wang Z.G., "High speed cutting of Inconel 718 with coated carbide and ceramic inserts", *Journal of Materials Processing Technology*, 129, 2002, pp. 127-130.

[5] Coelho R.T., Silva L.R., Braghini Jr A., Bezzera A.A., "Some effects of cutting edge preparation and geometric modifications when turning Incoen 718 at high cutting speeds" *Journal of Materials processing Technology*, 148, 2004, pp. 147-153.

[6] Costes J.P., Guillet Y., Poulachon G., Dessoly M., "Tool-life and wear machanisms of CBN tools in machining of Inconel 718", *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 47, 2000, pp. 1081-1087.

[7] Settineri L., Faga M.G., Lerga B., "Properties and performances of innovative coated tools for turning Inconel", *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 48, 2007, pp. 815-823.

[8] Pawada R.S., Joushi S.S., Brahmankar P.K., Rahman M., "An investigation of cutting forces and surface damage in high-speed turning of Inconel 718", *Journal of Materials Processing Technology*, 192-193, 2007, pp. 139-146.

[9] Nalbant M., Altin A., Gokkaya H., "The Effect of cutting tool geometry on machinability properties of nickel-base Inconel 718 super alloys", *Materials and Design*, 28, 2007, pp. 1334-1338.

[10] Thakur D.G., Ramamoorthy B., Vijayaraghavn L., "Study on the machinability characterstics of superalloy Inconel 718 during high speed turning", *Materials and Design*, 30, 2009, pp. 1718-1725.