دریافت: ۱۳ دی ۹۵ پذیرش: ۱ اسفند ۹۵

تاثیر تغییر پارامترهای عمق بار، قطر ابزار و نرخ پیشروی در فرآیند فرزکاری ۴ محورهٔ پره توربین بر روی زبری و شکل بافت سطح

امیرعلی نقی زاده*[۱]، بهروز نوروزی[۲]،علی فرهمندی[۳]

۱- استادیار، گروه مهندسی مکانیک، واحد سمنان، **دانشگاه آزاد اسلامی**، سمنان، ایران
۲- کارشناس ارشد مهندسی مکانیک- ساخت تولید، دپارتمان ابزارهای برشی، شرکت کاوش آزمون
۳-کارشناسی مهندسی مکانیک- ساخت تولید، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سمنان
*سمنان، صندوق پستی: ۳۵۱۴۵- ۱۷۹، (Amira_11425@yahoo.com(Alinaghizadeh_11425@yahoo.com

چکیده

همواره در فرآیند تولید پره های توربین سعی شده از عملیات ثانویه ای همچون پرداختکاری که در قبال افزایش کیفیت سطح از درستی هندسی سطح می کاهد کمتر استفاده شود. بر این اساس در مقاله حاضر، بهبود زبری و شکل بافت سطح پره توربین مستقیما با استفاده از بهینه سازی پارامترهای ماشینکاری مورد بررسی قرار گرفته است. پارامترهای متغیر این تحقیق قطر ابزار، عمق بار ونرخ پیشروی بوده اند. کار آزمایشی با استفاده از ماشین فرز CNC۴ محور بر روی پره توربین آلومینیومی انجام گرفته است.طراحی آزمایشات به صورت فول فاکتوریل بوده وتمامی جایگشت های سطح های پارامترهای متغیر به اجرا در آمده است.زبری سطح مناطق ماشینکاری شده با استفاده از زبری سنج وشکل بافت سطح آنها با بهره گیری از میکروسکوپ استریو مورد بررسی قرار گرفته است و در نهایت با مقایسه داده های بدست آمده بهترین حالت معرفی شده است.

کلیدواژگان

پره توربین، ماشین فرز ۴ محور، زبری سطح، شکل بافت سطح، عمق بار، نرخ پیشروی، قطر ابزار

Parameters change effect of cutting tool diameter, depth of cut and feed rate in the process of turbine blade 4 axis milling on the roughness and surface texture

Amir Alinaghizadeh[1*], Behrouz Norouzi[2], Ali Farahmandi[3]

1- Department of Mechanical Engineering, Semnan Branch, **Islamic Azad University**, Semnan, Iran
2- Master Science of Mechanical Engineering-Manufacturing, Kavosh Azmoon Co., Tehran, Iran
3-Bachlor Science of Mechanical Engineering-Manufacturing, Islamic Azad University of Semnan Branch, Semnan, Iran
*P.O.B. 35145-179 Semnan, Iran, email address: Amira_11425@yahoo.com(Alinaghizadeh_11425@yahoo.com)

Abstract

Always in the production of turbine blades tried use less of secondary operations. Such as for increasing the quality of surface finishing that reduces the level of geometric accuracy. Accordingly in this paper, improvement of roughness and surface texture turbine blade directly with the optimization of machining parameters is been studied. Variable parameters of this research include tool diameter, depth of cut and feed rate. Experimental work by using a four-axis CNC milling machine was done on turbine blade aluminum. Experimental work by using four-axis CNC milling machine and the turbine blade was aluminum. Design of experimental was full factorial and All permutations of variable parameters been implemented. The surface roughness of machined areas by using surface roughness tester and the texture was examined using a stereo microscope. By using roughness tester, surface roughness of machined areas was measured. Form of surface texture was examined by a stereo microscope. Finally, by comparing data the best mode was introduced.

Keywords

Turbine blade, 4-axis milling machines, surface roughness, surface texture, depth of cut, feed rate, cutting tool diameter

۱- مقدمه

امروزه در صنعت ماشینکاری یکی از مهمترین خروجی ها یا بهتر می توان گفت پارامترهای متاثر، کیفیت سطوح حاصل از ماشینکاری می باشد. در بسیاری از موارد کیفیت سطح یک پارامتر کلیدی بوده و نقش بسزایی در عملکرد سیستم و راندمان مجموعه دارد. به عنوان مثال یکی از موارد بارز در قطعاتی نظیر پره توربین ها در سیستم های نیروگاهی نقش کیفیت سطح به عنوان یک تلرانس هندسی می باشد.[۱] دستیابی به کیفیت سطوح بالا در ماشینکاری عمدتا فرآیندی هزینه بر چه از نظر زمان و چه از نظر ابزار است و بهینه سازی پارامترهای ورودی ماشینکاری (پارامترهای موثر) نظیر عمق برش، سرعت پیشروی، سرعت برشی، هندسه ابزار و .... می تواند در افزایش زمان کیفیت سطح و راندمان ماشینکاری به لحاظ زمان، نقشی مهم داشته باشد.[۳]

شرح مسأله

آلیاژهای آلومینیوم به دو دسته تقسیم می شوند: آلیاژهای ریخته گری و آلیاژهای غیر ریخته گری. می توان آلیاژها را بر اساس ویژگی های عناصر آلیاژی به کار رفته نیز طبقه بندی کرد مانند آلیاژهای کرنش سخت و

آلیاژهای عملیات حرارتی شده. اکثر آلیاژهای غیر ریخته گری توانایی ماشین کاری عالی دارند. در حالی که آلیاژهای ریخته گری ای که شامل مس، منیزیوم یا روی به عنوان عنصر اصلی آلیاژی می باشند می توانند باعث ایجاد بعضی مشکلات در ماشین کاری گردند. اما با این وجود استفاده از زاویه براده کم می تواند قابلیت ماشین کاری را بهبود بخشد. برای آلیاژهایی که عنصر اصلی آن ها سیلیکون می باشد نیز باید زاویه براده بیشتر، سرعت برش و پیشروی کمتر اعمال گردد تا ماشینکاری به صرفه اقتصادی باشد. آلیاژهایی از آلومینیوم که به گرما حساسیت ندارند را می توان با کار سرد، سخت کرد که می تواند سبب بهبود قابلیت ماشینکاری آن ها در کار با ابزارهای تیز گردد.[۲] از آنجا که پره توربین یکی از موارد پر کاربرد در سیستم های مولد و نیروگاهی می باشد و کیفیت سطح در ماشینکاری پره توربین یک پارامتر بسیار کلیدی در عملکرد آن است در این تحقیق سعی شده با تکیه بر تکنیک های توانایی ماشینکاری دستیابی به کیفیت سطح مطلوب و تاثیر پارامترهای مربوطه (که در این مقاله نرخ پیشروی، قطر ابزار و عمق برش می باشد) بررسی گردد. به طور سنتی توانایی ماشینکاری مواد دربرگیرنده عمر ابزار، نیروهای برشی، میزان بهره وری و یا شکل براده می باشد. در این تحقیق نویسندگان تاثیر توانایی ماشینکاری برکیفیت سطوح ماشینکاری شده آلومینیوم را از نقطه نظر نرخ پیشروی، عمق برش و اندازه قطر ابزار بررسی کرده اند.

روش حل

نمونه پره توربین مورد نظر پس از تهیه ماده خام با استفاده از برنامه پاورمیل و سیستم چهار محور کنترل عددی، نمونه آزمایشی مورد نظر ساخته شد. در شکل های ۱و۲ ماده خام آلومینیوم را که بر روی محور چهارم ماشین CNC نصب شده است و نحوه ماشینکاری خشن و پرداخت قابل مشاهده است.

شکل ۱ نمونه مورد نظر در مرحله خشن کاری

شکل ۲ نمونه مورد نظر در مرحله پرداخت کاری

در این کارآزمایشی، سطح پره توربین بر حسب تعداد آزمایشات ماشینکاری تقسیم بندی شد، نحوه برنامه نویسی طبق داده های موجود انجام گرفت :

۱- مقدار حرکت عرضی ابزار بر روی قطعه (مقدار پیشروی عرضی) : (۰/۱ و ۰/۲ و ۰/۳) میلی متر
۲- قطر ابزار : (۵ و ۱۰ و ۱۵) میلی متر
۳- عمق بار : (۰/۰۵ و ۰/۱ و ۰/۱۵) میلی متر

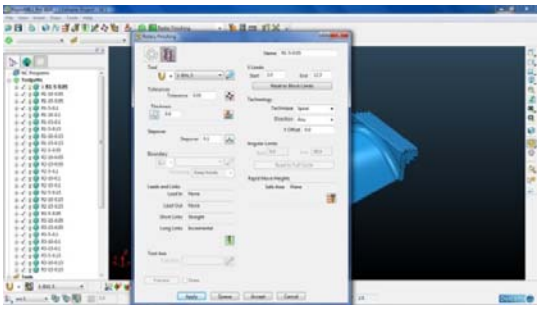
مجموع تمام آزمایشات ۲۷ عدد بوده(جدول۱)، تمام ابعاد بر حسب میلی متر و روش ماشین کاری ثابت می باشد مقدار طول سطح اختصاص داده شده برای هر آزمایش ۹/۵ میلی متر می باشد. در نتیجه برای طول سطوح کلی ماشینکاری برای تمام قسمت ها، مقدار زیر مورد نیاز می باشد:

۹/۵×۹=۸۵/۵

جدول ۱ تعداد آزمایشات

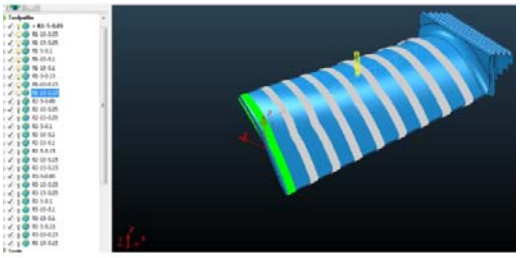
تعداد آزمایش	عمق بار	قطر ابزار	مقدار پیشروی
۱	۰/۰۵	۵	۰/۳-۰/۲-۰/۱
۱	۰/۱	۵	۰/۳-۰/۲-۰/۱
۱	۰/۱۵	۵	۰/۳-۰/۲-۰/۱
۱	۰/۰۵	۱۰	۰/۳-۰/۲-۰/۱
۱	۰/۱	۱۰	۰/۳-۰/۲-۰/۱
۱	۰/۱۵	۱۰	۰/۳-۰/۲-۰/۱
۱	۰/۰۵	۱۵	۰/۳-۰/۲-۰/۱
۱	۰/۱	۱۵	۰/۳-۰/۲-۰/۱
۱	۰/۱۵	۱۵	۰/۳-۰/۲-۰/۱

از سه ناحیه با طول ۸۵/۵ میلی متری همجوار به ترتیب برای برای عمق بار ۰/۰۵میلی متر(ناحیه اول)، عمق بار ۰/۱ میلی متر(ناحیه دوم) و عمق بار ۰/۱۵ میلی متر(ناحیه سوم)، بهره گرفته شده است. شکل ۳ نشان گر صفحه استراتژی مورد نظر و نحوه برنامه نویسی در نرم افزار CAM می باشد که در آن،۱ R (۰/۱میلی متر)به معنای مقدار بار عرضی و ۵ به معنای قطر ابزار بر حسب میلی متر و ۰،۰۵ به معنای عمق بار بر حسب میلی متر می باشد. در نمودار درختی (سمت چپ شکل۳)، اسامی تمام آزمایشات و برنامه نویسی آنها قابل مشاهده است.

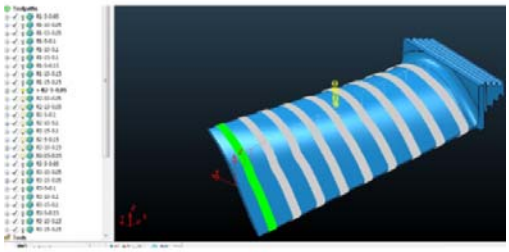


شکل ۳ استراتژی ۴ محور به کار رفته در برنامه NC

در شکل های ۴ و ۵ در قسمت نمودار درختی نرم افزار، اولین برنامه فعال می باشد و بر روی قطعه به رنگ سفید ملاحظه می شود و مابقی برنامه های غیر فعال نیز بصورت تکه تکه قرار گرفته اند. در شکل۴ نمایش ۹ مرحله آزمایش با ابزار قطر ۵ میلی متر و در شکل ۵ نمایش ۹ مرحله آزمایش با ابزار قطر ۱۰ میلی متر مشاهده می شود.

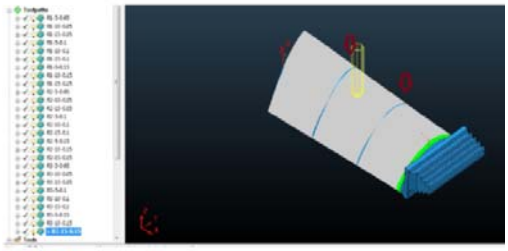


شکل۴ نمایش ۹مرحله آزمایش با ابزار قطر۵ میلی متر



شکل۵ نمایش ۹مرحله آزمایش با ابزار قطر۱۰ میلی متر

در شکل ۶ تمام برنامه ها روشن شده و برنامه آخر بصورت فعال نمایش داده شده است. قسمت هایی که بوسیله فلش نشان داده شده است، نشان دهنده خط فاصله بین قسمت های با عمق بار ۰/۰۵ ، ۰/۱ و ۰/۱۵ میلی متر می باشد.



شکل ۶ نمایش تمامی مراحل در ۳ محیط بصورت فعال

پس از انجام آزمایشات مورد نظر نمونه پره توربین، از نظر زبری سطح مورد تحلیل قرار گرفت. بدین منظور از دستگاه زبری سنج دیجیتالی تستر استفاده گردید که دارای دقت اندازه گیری ۰/۰۱ میلی میکرون بود. شکل ۷ نحوه استفاده از زبری سنج (پروفایل متر) را نشان می دهد.

شکل۷ موقعیت قرار گرفتن دستگاه زبری سنج

قسمتی که در تماس با نوک حسگر دستگاه قرار می گرفت، با استفاده از یک دستگاه تقسیم کاملا به صورت افقی قرارداده شد. مقدار حرکت افقی این دستگاه برای اندازه گیری ۵ میلی متر بود که با سه بار تکرار پذیری انجام شد. برای دسترسی به نواحی مختلف قطعه کار دوران داده میشد. در شکل ۸ دستگاه زبری سنج در حال تحلیل بافت سطح در منطقه دوم نشان داده شده است.

شکل ۸ تحلیل بافت سطح در منطقه دوم

نتایج آزمایش و تحلیل :

نتایج حاصل از اندازه گیری زبری سطح برای ۲۷ منطقه آزمایش ماشینکاری در جدول ۲ نشان داده شده است.

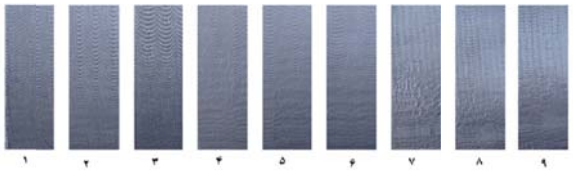
جدول ۲ نتایج حاصل از اندازه گیری زبری سطح

ردیف	قسمت ها	مخالف جهت بار برداری	جهت باربرداری
۱	R۱-۵-۰/۰۵	۲/۵۱۷	۲/۴۷۸
۲	R۲-۵-۰/۰۵	۱/۶۵۸	۲/۹۸۸
۳	R۳-۵-۰/۰۵	۲/۶۷۳	۳/۲۴۱
۴	R۱-۱۰-۰/۰۵	۰/۸۵۳	۱/۳۰۱
۵	R۲-۱۰-۰/۰۵	۰/۸۴۲	۱/۳۴۶
۶	R۳-۱۰-۰/۰۵	۰/۹۹۰	۱/۴۹۶
۷	R۱-۱۵-۰/۰۵	۰/۵۱۳	۱/۲۷۲
۸	R۲-۱۵-۰/۰۵	۰/۷۸۷	۱/۷۵۹
۹	R۳-۱۵-۰/۰۵	۰/۶۷۶	۲/۵۳۱
۱۰	R۱-۵-۰/۱	۱/۴۴۸	۱/۱۵۹
۱۱	R۲-۵-۰/۱	۱/۴۷۳	۱/۸۸۸
۱۲	R۳-۵-۰/۱	۱/۲۰۹	۱/۳۵۸
۱۳	R۱-۱۰-۰/۱	۰/۷۲۹	۰/۸۹۸
۱۴	R۲-۱۰-۰/۱	۰/۵۹۱	۱/۱۰۸
۱۵	R۳-۱۰-۰/۱	۰/۵۳۵	۱/۶۲
۱۶	R۱-۱۵-۰/۱	۱/۶۰۳	۰/۵۶۲
۱۷	R۲-۱۵-۰/۱	۱/۷۳۴	۰/۷۷۴
۱۸	R۳-۱۵-۰/۱	۱/۳۳۳	۰/۵۹۹
۱۹	R۱-۵-۰/۱۵	۱/۲۸۷	۱/۹۸۱
۲۰	R۱-۵-۰/۱۵	۱/۳۹۱	۱/۹۰۱
۲۱	R۳-۵-۰/۱۵	۱/۵۱۱	۱/۷۰۳
۲۲	R۱-۱۰-۰/۱۵	۰/۵۲۴	۰/۷۶۱
۲۳	R۲-۱۰-۰/۱۵	۰/۵۲۵	۰/۹۴۷
۲۴	R۳-۱۰-۰/۱۵	۰/۵۷۷	۰/۷۸۲
۲۵	R۱-۱۵-۰/۱۵	۰/۴۴۹	۱/۱۵۶
۲۶	R۲-۱۵-۰/۱۵	۰/۴۴۵	۱/۱۴۴
۲۷	R۳-۱۵-۰/۱۵	۰/۴۷۶	۱/۱۴۸

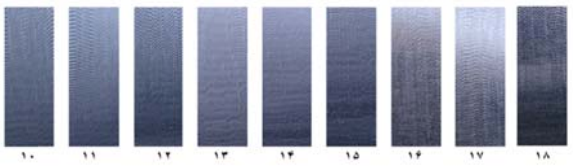
نکته مهم در هنگام استفاده از دستگاه زبری سنج کالیبره بودن بود که برای حصول آن از قطعه کالیبراسیون شفافی که برای همین منظور از جانب شرکت سازنده دستگاه در نظر گرفته شده استفاده شد.(شکل ۹)

شکل ۹ متعلقات کالیبراسیون

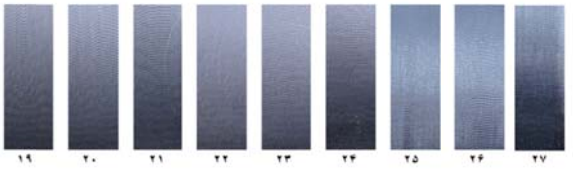
در شکل های ۱۰، ۱۱ و ۱۲ شکل بافت سطح مناطق ۹ گانه برای عمق بار های ۰/۰۵، ۰/۱و ۰/۱۵ میلی متر پس از بزرگنمایی و عکس برداری توسط میکروسکوپ استریو نشان داده شده است.



شکل ۱۰ بزرگنمایی ۹ منطقه اول با عمق بار ۰/۰۵ میلیمتر



شکل ۱۱ بزرگنمایی ۹ منطقه دوم با عمق بار ۰/۱۰ میلیمتر



شکل ۱۲ بزرگنمایی ۹ منطقه سوم با عمق بار ۰/۱۵ میلیمتر

نتیجه گیری

با توجه به تعداد مراحل و آزمایشات که در ۲۷ ناحیه بر روی جنس آلومینیوم در قطعه پره توربین با استفاده ازفرز CNC و روش۴محور هم زمان، با پارامترهای متغیر مربوط مانند عمق بار در ۳ قسمت ۰/۰۵، ۰/۱و ۰/۱۵میلی متر،مقدار پیشروی عرضی به مقدار ۰/۱ و ۰/۲ و۰/۳ میلی متر و ابزار های سرکروی به قطرهای ۵ و ۱۰ و ۱۵ میلی متر انجام شد، پس از زبری سنجی با دستگاه پروفایل متر و عکس برداری از شکل بافت سطح و بزگنمایی آن، نتایج زیر حاصل گردید. در هنگام براده برداری و در مرحله پرداخت قطعه از جنس آلومینیوم، هر چه عمق براده برداری و پیشروی عرضی بیشتر باشد، سطح زبرتری رویت می گردد و هرچه مقدار پیشروی عرضی و عمق بار برداری از روی سطح کمتر باشد سطح پرداخت تری بدست می آید. همچنین از تمامی مراحل طی شده از برنامه نویسی تا ماشینکاری و محاسبات و جداولی که ملاحظه شد این نتیجه قابل عنوان است که هر چه از ابزار فرز دارای قطر بزرگتر و مقدار بار دهی(پیشروی) عرضی بیشتر استفاده شود باید عمق بار برداری بیشتری برداشته شود تا سطح بهتری ایجاد گردد و اگر به لحاظ قطری از ابزار کوچک تری استفاده شود از عمق بار و مقدار بار دهی عرضی کم برای رسیدن به سطح پرداخت تر می توان استفاده کرد.

منابع وماخذ:

[1] Tomas Kalvoda,Yean-Ren Hwang"Impact of various ball cutter tool positions on the surface integrity of low carbon steel" Materials and Design journal 30 (2009) 3360–3366

[2] P. Franco, M. Estrems, F. Faura" A study of back cutting surface finish from tool errors and machine tooldeviations during face milling"International Journal of Machine Tools & Manufacture 48 (2008) 112–123

[3] Irene Buj-Corral n , Joan Vivancos-Calvet, Herna´nGonza´ lez-Rojas"Influence of feed, eccentricity and helix angle on topography obtained in sidemilling processes" International Journal of Machine Tools & Manufacture 51 (2011) 889–897