Archive of SID

شانزدهمین سمینار ملی مهندسی سطح

بهمن‌ماه ۱۳۹۴

انجمن علوم و تکنولوژی سطح ایران

بهینه‌سازی فرآیند سایش Ti-6242 بر روی Ti-64 با استفاده از روش تاگوچی

حامد فروتن[۱و۲]، حسین محمدکریمی یزدی[۳]، محمدمهدی برجسته[۴]، محمد نوری[۵]

[۱]. باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب

[۲]. دانشگاه پیام نور استان البرز – دانشکده فنی مهندسی (مربی)

[۳]. دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج (کارشناسی ارشد)

[۴]. دانشگاه صنعتی مالک اشتر (دانشجوی دکتری)

[۵]. دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی (کارشناسی ارشد)

چکیده

سایش یکی از حالات تخریب قطعات کمپرسور موتورهای توربینی می‌باشد. در این مقاله اثر پارامترهای ورودی این فرآیند از قبیل : نیرو اعمال شده، سرعت دوران دیسک، مقدار سیکل طی شده با استفاده از روش تاگوچی و آرایه ارتوگونال استاندارد، نتایج بهینه مورد بررسی و استخراج گردیده است. نتایج حاصله نشان می‌دهد که فاکتورهای نیرو اعمال شده، سرعت دوران دیسک، مقدار سیکل طی شده تأثیر قابل توجهی بر میزان سایش آلیاژهای Ti-6242 و Ti-64 دارا می باشند.

واژه‌های کلیدی: کمپرسور موتور توربینی، سایش، تاگوچی، Ti-6242، Ti-64

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

قطعه Rear Spool یکی از قطعات گردنده و با تکنولوژی ساخت بالای[1] یکی از موتورهای هوایی است که در بخش کمپرسور قرار دارد. این قطعه از جنس آلیاژ تیتانیم (Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo) AMS 4976 ساخته شده است. فرآیند سایش یکی از حالت‌های تخریب قطعه مذکور می‌باشد. سایش آسیب‌هایی از جمله کاهش ابعاد قطعه و کاهش استحکام قطعه را موجب می‌شود. سایش ایجاد شده بر روی قطعه در طی سیکل‌های پروازی قطعه را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

در این مقاله نیرو اعمال شده، سرعت دوران دیسک، مقدار سیکل طی شده به عنوان فاکتورهای مهم در مقدار سایش دو قطعه مَورد بررسی قرار گرفته و شرایط بهینه به عنوان نتیجه از روش تاگوچی توسط نرم افزار Qualitek – 4 به دست آمده است.

هدف کلی استفاده از روش تاگوچی، تولید محصول با کیفیت بالا و هزینه کم می‌باشد که در این تحقیق، تعیین بهترین و مطلوب‌ترین نیرو اعمال شده، سرعت دوران دیسک، مقدار سیکل طی شده برای ایجاد کمترین میزان سایش در طی سیکل‌های پرَوازی ، دلیل استفاده از روش تاگوچی می‌باشد.

مراحل تجربی مورد نیاز برای طراحی آزمایش به وسیله‌ی روش تاگوچی عبارتند از :

۱) ایجاد تابع هدف
۲) شناسایی عوامل و سطوح مصرف آن
۳) انتخاب مناسب یک آرایه متعامد
۴) آزمایش
۵) تجزیه و تحلیل داده‌ها و تعیین سطح مطلوب
۶) تایید آزمایشات

در طراحی آزمایش دو دسته عوامل بر فرایند تأثیرگذار می‌باشند:

۱) عوامل قابل کنترل
۲) نویزها

عوامل قابل کنترل به راحتی قابل کنترل و تنظیم می‌باشند ولی نویزها غیر قابل کنترل هستند و یا اگر کنترل شوند در برگیرنده‌ی هزینه‌های بسیار بالایی می‌باشند[۲]. در این تحقیق عوامل قابل کنترل برای انجام این فرآیند شامل نیرو اِعمال شده، سرعت دوران دیسک، مقدار سیکل طی شده می‌باشد.

نتایج و بحث

به منظور بررسی مقدار کاهش یافته وزن قطعه Rear Spool براثر سایش بر روی پره، آزمون سایش طبق استاندارد ASTM G99 انجام پذیرفت. به همین منظور نمونه پین از جنس Ti-6242 و با قطر ۴ و ارتفاع ۱۵ میلی‌متر و نمونه دیسک از جنس پره‌هایی که روی مراحل پنجم تا هشتم کمپرسور (Rear Spool) قرار می‌گیرند (Ti-64) انتخاب شدند. دیسک مورد استفاده با قطر ۱۰۰ میلی‌متر و ضخامت ۱۰ میلی‌متر ساخته شد. آزمون سایش در سه مرحله و طی اِعمال نیروهای ۵ ، ۱۵ و ۲۰ نیوتن انجام پذیرفت .

[1] High Tech.

www.SID.ir

Archive of SID

در این مقاله جهت کاهش تعداد تست‌ها و کاهش زمان آزمایش‌ها از طراحی آزمایش[1] با روش تاگوچی استفاده شده است. برای کم کردن خطا از آرایه ارتوگونال استاندارد L9 استفاده شده است. در طراحی آزمایش‌ها ۳ فاکتور و هر کدام در ۳ سطح مورد بررسی قرار گرفته است (جدول ۱).

اگر ۴ سطح برای هر فاکتور انتخاب شود تعداد آزمایشاتی که باید به صورت حقیقی انجام شوند حدود ۲/۵ برابر خواهند شد. بنابراین برای رسیدن به دقت طراحی آزمایش ۳ سطحی آرایه ارتوگونال هم باید به همین نسبت افزایش یابد که این مسئله در روش تاگوچی اتفاق نمی‌افتد. در این تحقیق فاکتور نیروِ اعمال شده در سه سطح (۵،۱۵،۲۰ نیوتن) و فاکتور سرعت دوران دیسک در سه سطح(۲۵،۵۰،۱۰۰ میلی‌متر بر دقیقه) و در نهایت فاکتور مقدار سیکل طی شده در سه سطح (۱۰۰۰،۱۰۰۰۰،۲۴۰۰۰) لحاظ شده است.

در جدول (۲) آرایه ارتوگونال L9 به روش تاگوچی به نمایش درآمده است.

میزان کاهش وزن نمونه توسط دستگاه تست سایش مطابق با استاندارد ASTM G99 پس از عملیات سایش در شرایط متفاوت طبق آرایه ارتوگونال L9 برحسب کاهش حجم و معادله زیر محاسبه شد که در جدول (۳) قابل مشاهده می‌باشند.

Weight loss% =((Initial Weight – Final Weight) / Initial Weight) *100

Volume Loss = (mass loss/density)*1000

آنالیز واریانس (ANOVA) :

این مرحله از آنالیز به محاسبات آماری پیچیده نیاز دارد و نتایج خروجی از آن دقیق‌تر از مرحله مقدماتی است. روش‌های مختلفی برای تحلیل نتایج روش تاگوچی مانند مقدار میانگین و آنالیز استاندارد آنالیز سیگنال به نویز استفاده می‌گردد. در این تحقیق از آنالیز استاندارد استفاده شده است و برای انجام این آنالیز از نرم افزار Qualitek-4 استفاده شده است. هدف ما از این آنالیز واریانس در این تحقیق تعیین درصد سهم اثرات اصلی فاکتورها و به دست آوردن شرایط بهینه برای فرآیند مدنظر است.

ستون DOE در جدول (۴) مربوط به درجه آزادی فاکتورهای ورودی که در رابطه (۱) آورده شده است و از تعداد سطوح منهای یک به دست می آید. در این رابطه علت وجود منهای یک به خاطراین است که ما در تحلیل نمی توانیم یک سطح را با خود آن سطح مقایسه کنیم. تعداد آزمایش مجازی که می توان انتخاب کرد باید در رنج رابطه (۲) باشد . یعنی درجه آزادی کل آزمایش باید کمتر و مساوی درجه آزادی آرایه ارتوگونال باشد. ستون DOE نشان دهنده درجه آزادی هر فاکتور و درجه آزادی فاکتور خطاست[۳].

[1]DOE

www.SID.ir

Archive of SID

برای سنجش ستون مجموع مربعات[1] از رابطه (۳) استفاده می شود. در واقع مجموع مربعات معیاری برای سنجش میزان انحراف نتایج آزمایشات از مقدار میانگین آن می باشد. برای محاسبه واریانس مجموع مربعات هر فاکتور را بر درجه آزادی هر فاکتور تقسیم می کنیم.(رابطه ۴)

ستون F- Ratio مربوط به ضریب فیشر هست و از تقسیم واریانس هر فاکتور بر فاکتور خطا محاسبه می‌شود. ستون آخر مربوط به درصد سهم هر فاکتور می‌باشد.(رابطه ۵)

$$DOF_{Factor} = \text{Number of level} \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$DOF_{Experiment} \leq DOF_{O.A} \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$S_T = \sum^{N}_{1} = {}_1(Y_1 + \bar{Y})^2 \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$V_A = S_A/F_A \quad \text{رابطه (۴)}$$

$$F_A = V_A/V_E \quad \text{رابطه (۵)}$$

با توجه به اطلاعات به دست آورده کمترین میزان حجم کاهش یافته پس از فرآیند سایش در شرایطی به دست می‌آید که شکل نیرو اِعمال شده ۵ نیوتن و میزان سرعت دوران دیسک ۲۵rpm و مقدار سیکل طی شده ۱۰۰۰ باشد.

در شکل (۱) میزان تأثیر هر فاکتور نسبت به درجه تأثیرگذاری مشخص شده است.

نتیجه‌گیری

۱) نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که برای به دست آوردن کمترین مقدار حجم کاهش یافته پس از فرآیند سایش باید شرایط به گونه‌ای باشد که میزان اِعمال نیرو ۵ نیوتن، سرعت دورانی دیسک (rpm) ۲۵ و مقدار سیکل طی شده ۱۰۰۰ ،استفاده نمود.

۲) آنالیز واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که تمامی پارامترهای انتخاب شده در فرآیند تأثیر قابل توجهی بر میزان سایش نمونه دارد. به طوری که میزان اِعمال نیرو تأثیر بیشتری نسبت به دو فاکتور دیگر دارا می‌باشد.

مراجع

۱. حامد فروتن – بهینه سازی استحکام کششی باقیمانده در الیاف کامپوزیت اپوکسی تقویت شده بعد از عملیات سوراخکاری با استفاده از روش تاگوچی.

2. Douglas C .Montgomety . Design and analysis of experiments , fifth edition , (2001)
3. Aliakbari E , Baseri H , Alinehed Gh . effect of drilling parameters on the corrosion of electrical discharge wite a rotating tool cutting tool and the rate operation 2010

[1] sum of squares

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱: پارامترهای ورودی طراحی آزمایش

سطح فاکتور	۱	۲	۳
نیروِ اعمال شده (N)	۵	۱۵	۲۰
سرعت دوران دیسک (mm/min)	۲۵	۵۰	۱۰۰
مقدار سیکل طی شده	۱۰۰۰	۱۰۰۰۰	۲۴۰۰۰

جدول ۲: آرایه ارتوگونال L9

شماره آزمایشات	P1	P2	P3
۱	۱	۱	۱
۲	۱	۲	۲
۳	۱	۳	۳
۴	۲	۱	۲
۵	۲	۲	۳
۶	۲	۳	۱
۷	۳	۱	۳
۸	۳	۲	۱
۹	۳	۳	۲

جدول ۳: نتایج طراحی و ازمایش آرایه ارتوگونال L9

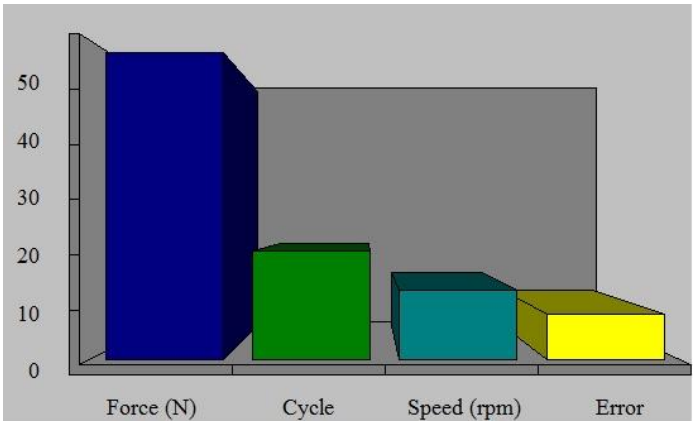
فاکتورهای فرآیند				حجم کاهش یافته (mm^3)		
شماره	A	B	C	R_1	R_2	R_3
۱	۱	۱	۱	۰,۰۳۵	۰,۰۳۷	۰,۰۳۷
۲	۱	۲	۲	۰,۰۴۴	۰,۰۴۵	۰,۰۴۴
۳	۱	۳	۳	۱,۹	۱,۹۲	۱,۹۴
۴	۲	۱	۲	۱,۸	۱,۸۶	۱,۸۶
۵	۲	۲	۳	۲,۹۸	۲,۹۹	۲,۹۹
۶	۲	۳	۱	۱,۸	۱,۸۶	۱,۸۵
۷	۳	۱	۳	۲,۵	۲,۷۱	۲,۵۵
۸	۳	۲	۱	۱,۸	۱,۹	۱,۸۹
۹	۳	۳	۲	۳,۵۵	۳,۵۲	۳,۵۴

جدول ۴: آنالیز واریانس

Source	Sums of squares	DOF	variance	F- ratio
A	۱۹,۷۷۴	۲	۹,۸۸۷	۸۸,۵۸۸
B	۴,۶۵	۲	۲,۳۲۵	۲۰,۸۳۴
C	۷,۰۸۲	۲	۳,۵۴۱	۳۱,۷۲۹
Error	۲,۲۳۲	۲۰	۰,۱۱۱	
Total	۳۳,۷۴	۲۶		

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱: درجه تأثیر هر فاکتور

www.SID.ir