ISSN: 2476-6909; Modares Mechanical Engineering. Proceedings of 3rd Iranian National Conference on Advanced Machining and Machine Tools (CAMMT). 2023;23(10):249-253.

Numerical Investigation of the Effective Parameters on Reducing the Machining Time of the Straight Tooth Bevel Gear

ARTICLE INFO

Authors
Shabani F.[1]
Sheykholeslami M.R.[1*]
Modabberifar M.[1]
Faraji H.[1]

[1] Manufacturing Engineering, Arak University, Arak, Iran.

*** Correspondence**
Address: Manufacturing Engineering, Arak University, Arak, Iran.
m-sheykholeslami@araku.ac.ir

How to cite this article
Shabani F. Shekholeslami M. Modaberifar M. Faraji H. Numerical Investigation of the Effective Parameters on Reducing the Machining Time of the Straight Tooth Bevel Gear. Proceedings of 3rd Iranian National Conference on Advanced Machining and Machine Tools (CAMMT). 2023;23(10):249-253.

ABSTRACT

When there is a need to transfer power between non-parallel shafts, bevel gears are used. Bevel gears are widely used in power transmission systems such as car differentials and helicopter gearboxes, so knowing and improving the performance of this type of gear is particularly important. It is important and necessary to accurately calculate the machining time of the desired bevel gear in order to reduce time and costs. In this paper, data are collected using Taguchi's test design method in three levels. The amount of machining time was calculated for each test, then with the help of signal-to-noise analysis, the influence of the input parameters on the design of the straight tooth bevel gear on the reduction of the machining time has been investigated. The investigated parameters are conversion ratio, allowable contact stress and allowable bending stress.According to the obtained results, the conversion ratio parameter was found to be the most effective parameter on reducing the machining time. The optimal value of the conversion ratio was reported at level 1 with a value of 1.5.

Keywords Bevel Gear- Design of Taguchi Experiment-Machining Time- Signal-to-Noise Analysis

ماهنامه علمی مهندسی مکانیک مدرس، ویژه نامه مجموعه مقالات سومین کنفرانس ملی ماشین‌کاری و ماشین‌های ابزار پیشرفته
مهر ۱۴۰۲، دوره ۲۳، شماره ۱۰، صفحه ۲۴۹-۲۵۳

بررسی عددی پارامترهای موثر بر کاهش زمان ماشین‌کاری چرخدنده مخروطی دندانه مستقیم

مشخصات مقاله

نویسنده‌ها
فردین شعبانی[۱]
محمدرضا شیخ الاسلامی[۱*]
مهدی مدبری‌فر[۱]
حامد فرجی[۱]

[۱] مهندسی ساخت و تولید، دانشگاه اراک، اراک، ایران.

*** نویسنده مسئول**
آدرس: مهندسی ساخت و تولید، دانشگاه اراک، اراک، ایران.
m-sheykholeslami@araku.ac.ir

چکیده

زمانی‌که نیاز به انتقال قدرت میان شفت‌های غیرموازی باشد از چرخدنده‌های مخروطی استفاده می‌شود. چرخدنده‌های مخروطی کاربرد زیادی در سیستم‌های انتقال قدرت نظیر دیفرانسیل خودرو و گیربکس بالگردها دارند لذا شناخت و بهبود عملکرد این نوع چرخدنده اهمیت ویژه‌ای دارد. محاسبه دقیق زمان ماشین‌کاری چرخدنده مخروطی مورد نظر به‌منظور کاهش وقت و هزینه‌ها امری مهم و ضروری می‌باشد. در این مقاله، داده‌ها با استفاده از روش طراحی آزمایش تاگوچی در سه سطح جمع‌آوری شده‌اند. مقدار زمان ماشین‌کاری برای هر آزمایش محاسبه شد، سپس با کمک تجزیه‌وتحلیل به روش سیگنال به نویز به بررسی تاثیر پارامترهای ورودی بر طراحی چرخدنده مخروطی دندانه مستقیم بر روی کاهش زمان ماشین‌کاری پرداخته شده است. پارامترهای مورد بررسی نسبت تبدیل، تنش تماسی مجاز و تنش خمشی مجاز می‌باشد. مطابق نتایج به‌دست آمده پارامتر نسبت تبدیل موثرترین پارامتر بر روی کاهش زمان ماشین‌کاری شناخته شد. مقدار بهینه نسبت تبدیل در سطح ۱ با مقدار ۱/۵ گزارش شد.

کلیدواژه‌ها چرخدنده مخروطی- طراحی آزمایش تاگوچی- زمان ماشینکاری- تحلیل سیگنال به نویز

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-05-10]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1402.23.10.39.9]
[DOI: 10.22034/mme.23.10.249]

۱- مقدمه

پیشرفت های تکنولوژیکی در طراحی ماشین آلات و صنعت تولید به سرعت در مقیاس جهانی در حال رشد است. این امر منجر به افزایش سهم بازار و شرایط بسیار رقابتی برای تولیدکنندگان در بخش ماشین‌آلات می‌شود. این تولیدکنندگان باید خود را با فناوری امروزی تطبیق دهند، بنابراین، آنها ملزم به تغییر ساختاری از نظر طراحی و روش‌شناسی ساخت هستند تا بتوانند در شرایط رقابتی، با کیفیت بالا و تولید رقابت نمایند (۱). در میان تمام عناصر دستگاه انتقال قدرت، دنده مهمترین عنصر است. چرخ دنده‌ها به دلیل ویژگی‌های خوب خود مانند ظرفیت بارگذاری زیاد، راندمان بالا و... در طیف گسترده‌ای از کاربردها مانند هوانوردی، خودرو، ماشین ابزار و سایر زمینه‌ها استفاده می‌شوند. بهینه‌سازی طراحی چرخ دنده‌ها که شامل تعداد زیادی متغیر طراحی، نمودار، جداول و عوامل مختلف براساس استانداردهای دنده توصیه شده است. تقاضای زیادی برای چرخ دنده‌هایی با ویژگی های مختلف عالی مانند هزینه کم، اندازه کوچک و عمر طولانی برای انجام کار مورد نیاز وجود دارد (۲).

چرخ دنده ها به عنوان نوعی اجزای مکانیکی برای انتقال حرکت نسبی بین شفت ها به کار می روند. طراحی جفت چرخ دنده با نیاز به بهینه سازی تعداد دندانه ها، ضخامت دندانه ها و مدول ها شروع می شود. طراحی چرخ دنده ها برای عملکرد روان هر ماشین، خودرو یا ماشین ابزار بسیار مهم است (۳). چرخ دنده های مخروطی برای تغییر جهت چرخش شفت استفاده می شود. آنها معمولاً روی محورهایی نصب می شوند که ۹۰ درجه از هم فاصله دارند طراحی بهینه چرخدنده‌ها از اهمیت بالایی برخوردار می-باشد(٤). حل مشکل بهینه سازی چرخ دنده‌ها دشوار است. در واقع، اهداف متعدد هستند و نیاز به یک بهینه سازی چند معیاره دارند. سازش بین اهداف مختلف آسان نیست زیرا معیارهای بهینه سازی اغلب متناقض هستند. علاوه بر این، تعداد زیادی متغیر طراحی وجود دارد و اکثر این متغیرها مقادیر گسسته‌ای دارند. علاوه بر این، محاسبات چرخ دنده‌ها بسیار دشوار و پیچیده است و با تحقیقات شرکت بیمه ثابت شده است که نیمی از خسارت وارده به چرخ دنده‌ها به دلیل مشکلات طراحی یا ساخت است (۵).

پاریدی ری و همکاران در سال ۲۰۱۸ از بهینه سازی APSO برای به حداقل رساندن حجم چرخ دنده های مخروطی مستقیم استفاده کردند و متغیرهای طراحی بهینه به دست آمده اند. متغیرهای طراحی به کار گرفته شده در روش بهینه سازی آنها عبارتند از مدول، عرض چرخدنده و تعداد دندانه ها. بهینه‌سازی طراحی دنده مخروطی با استفاده از APSO در نظر گرفته شد (٦). پاریدی ری و همکاران در مطالعه‌ای دیگر طراحی همراه با محدودیت‌های مقاومت خمشی، قدرت تماس، تداخل و نسبت تماس را به عنوان محدودیت طراحی در مسئله طراحی اضافه کردند. تمامی فاکتورهای طراحی شامل رویه طراحی طبق استانداردهای AGMA در نظر گرفته شدند. تکنیک‌های بهینه سازی توصیه شده برروی یک نمونه طراحی پیاده سازی شده و مقادیر بهینه متغیرهای طراحی به دست آمد. نتایج به‌دست‌آمده با نتایج به‌دست‌آمده از روش طراحی سنتی برای یافتن راه‌حل بهتر و همچنین تکنیک بهینه‌سازی بهتر مقایسه شدند. تغییرات در توان ورودی و نسبت دنده برای تأیید تأثیر آنها بر تابع هدف و برای بررسی بیشتر یک تکنیک بهینه‌سازی مفیدتر برای طراحی دنده انجام شد که نتایج نشان می دهد که RCGA در مقایسه با تکنیک سنتی عملکرد بهتری دارد. بنابراین، این روش بهینه‌سازی هزینه تولید را با کاهش مصرف مواد کاهش می‌دهد (۷).

ساویج و همکاران یک جفت چرخ دنده را با هدف به حداقل رساندن اندازه دنده با درنظر گرفتن گشتاور پینیون، نسبت دنده و قدرت مجاز چرخ دنده‌ها به‌عنوان پارامترهای ورودی بهینه کردند. تعداد دندانه‌های پینیون و گام قطری به‌عنوان متغیرهای طراحی در نظر گرفته شدند (۸).

موراد دورترلر و همکاران در سال برروی کاهش وزن چرخدنده‌ها کار کردند. طراحی جفت دنده با توجه به حداقل وزن موضوع مهم و جذابی برای مطالعه است. رویکردهای تحلیلی و اکتشافی مختلفی برای بهینه‌سازی وزن چرخ دنده‌ها در مطالعات قبلی مورد استفاده قرار گرفت. در این تحقیق مشکل بهینه سازی دنده براساس حداقل وزن با بهینه سازی GWO حل شد. GWO یک روش بهینه‌سازی فرا اکتشافی است که با عملکرد موفق خود در کاربردهای مهندسی متمایز است. دراین مطالعه، عملکرد GWO در مورد ایجاد یک چرخ دنده ساده با توجه به حداقل وزن برای اولین بار مورد بررسی قرار گرفت. در مقایسه با مطالعات قبلی، نتایج به‌دست‌آمده در مطالعه نشان می‌دهد که امکان طراحی دنده سبک‌تر با GWO وجود دارد (۹).

در مطالعه‌ی حاضر با استفاده از پارامترهای نسبت تبدیل، تنش تماس مجاز و تنش خمشی مجاز طراحی آزمایش صورت گرفته و سپس با استفاده از طراحی آزمایش فوق ،طراحی چرخدنده‌های چرخدنده‌های مخروطی دندانه مستقیم صورت می‌گیرد. علاوه بر موارد فوق به محاسبه‌ی زمان ماشین‌کاری هریک از چرخدنده‌ها درخصوص انتخاب بهینه‌ترین حالت ممکن طراحی نیز پرداخته خواهد شد.

۲-مدل سازی

در مطالعه‌ی فوق مدلسازی از دو بخش تشکیل شده است که عبارتند از:

۱. طراحی آزمایش با استفاده از پارامترهای ورودی که عبارتند از: نسبت تبدیل، تنش تماس مجاز و تنش خمشی مجاز

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-05-10]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1402.23.10.39.9]
[DOI: 10.22034/mme.23.10.249]

۲. طراحی چرخدنده‌های مخروطی با استفاده از نتایج حاصل از طراحی آزمایش در قسمت اول

۲-۱- طراحی آزمایش

آزمایش‌ها بر روش تاگوچی استوار است و اجرا شده‌اند تا بهترین سطح پارامترهای پردازش تعیین شوند. قدم‌های اساسی در طراحی آزمایش تاگوچی، انتخاب پاسخ‌های خروجی انتخاب متغیرهای مستقل و اثرات فعل و انفعال آنها و طراحی آرایه متعامد است.

در اینجا هدف طراحی چرخدنده‌ی مخروطی دندانه مستقیم با هدف کمترین زمان ماشینکاری می‌باشد، برای صورت گرفتن این امر پارامترهای تاثیرگذار در طراحی چرخدنده‌ها که درنظر گرفته شده‌اند عبارتند از: نسبت تبدیل، تنش تماسی مجاز و تنش خمشی مجاز که بازه‌های مربوط به پارامترهای فوق در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱) پارامترهای متغیر طراحی چرخدنده

عامل‌ها	سطوح
m	۱/۲-۵/۵
S_{ac}	۱۳۰۰-۷۰۰
S_{at}	۹۰۰-۵۰۰

با استفاده از نرم افزار مینی‌تب و داده‌های موجود در جدول ۱ طراحی آزمایش در سه سطح صورت گرفت که نتایج آن در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲) طراحی آزمایش

آزمایشات	m	S_{ac}	S_{at}
۱	۱/۵	۷۵۰	۵۰۰
۲	۲	۷۵۰	۷۰۰
۳	۲/۵	۷۵۰	۹۰۰
۴	۲	۱۰۲۵	۵۰۰
۵	۲/۵	۱۰۲۵	۷۰۰
۶	۱/۵	۱۰۲۵	۹۰۰
۷	۲/۵	۱۳۰۰	۵۰۰
۸	۱/۵	۱۳۰۰	۷۰۰
۹	۲	۱۳۰۰	۹۰۰

۲-۲- طراحی چرخدنده‌ها

جفت چرخدنده‌های مخروطی با دندانه مستقیم که برای انتقال توان ۲۵ اسب بخار با دور ورودی ۸۱۹ دور بر دقیقه از شفت و جنس $42CrMo_4$ با زاویه فشار ۲۰ درجه، به کمک طراحی آزمایشی که در بخش قبل صورت گرفت، طراحی می‌شوند. که نتایج حاصل از طراحی جفت چرخدنده‌ها در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳) جفت چرخدنده‌های طراحی شده

آزمایشات	m	N_p	N_g
۱	۸	۱۴	۱۹
۲	۶	۱۵	۲۷
۳	۵/۷۵	۱۵	۳۴
۴	۵/۷۵	۱۵	۲۸
۵	۵/۷۵	۱۵	۳۴
۶	۸	۱۴	۱۹
۷	۵	۱۵	۳۴
۸	۵/۷۵	۱۴	۱۹
۹	۵	۱۵	۲۸

۲-۳- زمان ماشین‌کاری

در مطالعه‌ی فوق هدف محاسبه‌ی زمان ماشینکاری برای چرخدنده‌های مخروطی طراحی شده برای انتخاب چرخدنده‌ی مناسب از نظر طراحی و هزینه‌ی ماشینکاری که شامل کمینه زمان ماشینکاری می‌باشد.

زمان ماشین‌کاری شامل زمان راه‌اندازی و زمان عملیات می‌شود که خود زمان راه‌اندازی شامل یک زمان راه‌اندازی اولیه دستگاه و یک زمان تنظیم ابزار می‌شود.

برای محاسبه‌ی زمان ماشینکاری در ابتدا نوع دستگاه را انتخاب می‌نماییم که در اینجا دستگاه ماشین ابزار سی ان سی Turret Lathe انتخاب می‌شود. که زمان اولیه راه‌اندازی دستگاه برابر با ۴۳۰۰ ثانیه و زمان تنظیم ابزار برابر با ۸۰۰ ثانیه می‌باشد (۱۰).

برای محاسبه‌ی زمان عملیات با درنظرگرفتن خشن کاری شامل دو نوع زمان می‌شود که عبارتند از یک زمان برش خشن و یک زمان نزدیک شدن ابزار. برای محاسبه‌ی زمان برش خشن با استفاده از فرمول ۱ داریم (۱۰):

$$Tr = \frac{Vr}{MRR} \qquad (۱)$$

که در آن Vr حجم ماشین‌کاری می‌باشد که برای چرخدنده‌ی مخروطی طبق معادله‌ی ۲ محاسبه می‌گردد (۱۰):

$$V = \frac{\pi}{3} b \cos\gamma \left[\left(\frac{m\,z1}{2}\right)^2 + 2\left(\frac{R-b}{2} \times \left(\frac{m\,z1}{2}\right)^2\right)\right] + \frac{\pi}{3} b \cos\Gamma \left[\left(\frac{m\,z2}{2}\right)^2 + 2\left(\frac{R-b}{2} \times \left(\frac{m\,z2}{2}\right)^2\right)\right] \qquad (۲)$$

در معادله‌ی فوق m مدول چرخدنده، z_1 تعداد دندانه پینیون، z_2 تعداد دندانه چرخدنده، b عرض چرخدنده و R شعاع داخلی چرخدنده می‌باشد.

برای محاسبه‌ی MRR نیز با انتخاب ابزار فولادی کربن متوسط مقدار نرخ براده برداری برابر خواهد بود با ۰/۴۲ اینچ مکعب بر دقیقه (۱۰).

پارامتر دیگری که برای محاسبه‌ی زمان ماشینکاری موردنیاز می‌باشد زمان نزدیک شدن ابزار به قطعه کار می‌باشد که با استفاده از رابطه‌ی شماره‌ی ۳ زیر محاسبه می‌گردد که در اینجا چون قطر قطعه کار ما بیشتر از ۲ اینچ می‌باشد زمان نزدیک شدن ابزار برابر با ۵/۴ ثانیه درنظر گرفته می‌شود (۱۰).

$$\begin{cases} Tat = 5.4 & if\ D \geq 2in \\ Tat = 3.8 & \text{بقیه حالات} \end{cases} \qquad (۳)$$

حال با استفاده از معادله‌ی ۴ کل زمان ماشینکاری برای اولین نمونه محاسبه می‌شود. که نتایج آن در جدول ۴ مشاهده می‌شود (۱۰).

$$Ttot = Tsm + Tst + Tr + Tat \qquad (٤)$$

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-05-10]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1402.23.10.39.9]
[DOI: 10.22034/mme.23.10.249]

جدول ۴) زمان ماشینکاری

آزمایشات	زمان ماشینکاری
۱	۱۲۱/۶۹
۲	۱۵۰/۹۷
۳	۱۸۰/۰۹
۴	۱۷۴/۸۹
۵	۱۸۱/۰۹
۶	۱۲۱/۶۹
۷	۲۱۱/۹۹
۸	۱۴۸/۶۹
۹	۲۰۰/۵۹

۳- تحلیل نتایج

در طراحی آزمایش با روش تاگوچی، می‌توان تأثیر پارامترها با سه سطوح مختلف را بر روی پاسخ خروجی که در این پژوهش زمان ماشین‌کاری می‌باشد بررسی کرد. روش تاگوچی، روشی مناسب جهت رسیدن به مقدار بهینه سطوح پارامترها است. همچنین تجزیه‌وتحلیل داده‌ها در این پژوهش با روش سیگنال به نویز انجام‌شده است.

۳-۱- نسبت سیگنال به نویز

در روش طراحی آزمایش به روش تاگوچی به‌منظور تعیین سطوح آزمایش‌ها با فرض بالاترین یا پایین‌ترین عملکرد برای متغیرهای آزمایش از نسبت سیگنال به نویز استفاده می‌شود. نسبت سیگنال به نویز به منظور به دست آوردن سطوح بهینه برای هر پارامتر از یک تابع ضرر به دست می‌آید؛ بنابراین در این پژوهش به منظور این که هر چه زمان ماشین‌کاری کم‌تر باشد به نفع تولید است از تابع ضرر برای نیروی بحرانی از نوع هر چه کمتر بهتر انتخاب‌شده و به‌عنوان تبدیل لگاریتمی تابع زیان مطابق معادله ۵ محاسبه می‌شود (۱۱).

$$\eta ij = -10\log\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} yi^2\right) \qquad (۵)$$

که در معادله (۵)، y_i^2 از نتایج به‌دست‌آمده و n تعداد آزمایش‌ها می‌باشد.

نسبت سیگنال به نویز برای سطوح پارامترهای مختلف برای نیرو و زمان بحرانی به ترتیب در جدول ۵ آورده شده است. مطابق جدول ۵ مشاهده می‌شود. که سطوح پارامتر با پایین‌ترین نسبت سیگنال به نویز برای پارامترهای m، S_{ac} و S_{at} به ترتیب مقادیر ۴۴/۳۶-، ۴۴/۸۳- و ۰/۳۰ می‌باشد.

جدول ۵) جدول نسبت سیگنال به نویز برای زمان ماشین‌کاری

آزمایشات	m	S_{ac}	S_{at}
۱	۴۲/۲۹-	۴۳/۴۸-	۴۴/۳۶-
۲	۴۴/۸۳-	۴۳/۹۱-	۴۴/۰۶-
۳	۴۵/۶۱-	۴۵/۳۴-	۴۴/۳۰-
دلتا	۳/۳۳	۱/۸۶	۰/۳
رتبه	۱	۲	۳

بر اساس مقدار دلتا، پارامترها رتبه‌بندی شده‌اند. این امر به ما کمک می‌کند تا تأثیرگذارترین پارامتر انتخاب شود. مشاهده می‌شود که پارامتر نسبت تبدیل (m) با مقدار رتبه ۱ را به خود اختصاص داده است. مشخص می‌شود که اولین پارامتر موثر بر کاهش زمان ماشین‌کاری پارامتر نسبت تبدیل می‌باشد. همچنین دومین و سومین عامل اثر گذار به ترتیب پارامترهای S_{ac} و S_{at} می‌باشند.

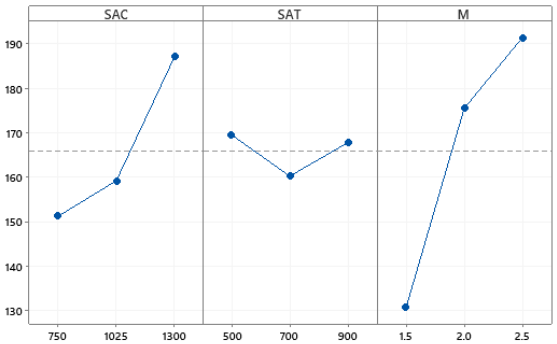
۳-۲- بررسی اثر پارامترهای ورودی بر روی زمان ماشین‌کاری با استفاده از نمودار سیگنال به نویز

در این بخش اثر پارامترهای ورودی نسبت تبدیل، تنش تماسی مجاز و تنش خمشی مجاز بر روی خروجی زمان ماشین‌کاری به‌طور کامل با استفاده از نمودار سیگنال به نویز در آزمایش تاگوچی موردبررسی قرارگرفته است.

همان‌طور که از شکل ۱ مشاهده می‌شود، با افزایش پارامتر، تنش تماسی مجاز زمان بحرانی به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد با توجه به نمودار مشخص است؛ که سطح ۱ برای پارامتر تنش تماسی مجاز سبب کمینه شدن زمان ماشین‌کاری می‌شود.

پارامتر بررسی شده بعدی، تنش خمشی مجاز می‌باشد. همان‌طور که از نمودار شکل ۱ مشاهده شد، افزایش تنش خمشی مجاز از سطح اول تا دوم موجب کاهش زمان ماشین‌کاری می‌شود، درحالی‌که از سطح دوم تا سوم میزان زمان ماشین‌کاری را افزایش می‌دهد. هدف اصلی در این پژوهش بهینه‌سازی پارامترهای دخیل در طراحی چرخ دنده مخروطی به‌منظور کاهش زمان ماشین‌کاری می‌باشد پس با توجه به توضیح داده‌شده، برای پارامتر تنش خمشی مجاز، سطح ۲ بهینه‌ترین حالت است زیرا موجب کاهش زمان ماشین‌کاری می‌شود. همان‌طور که در تحلیل نمودار مشخص است، تغییرات پارامتر تنش خمشی مجاز اثر ناچیزی بر روی زمان ماشین‌کاری دارد و می‌توان از آن صرف‌نظر کرد.

یکی از پارامترهای اثر گذار بر کاهش زمان ماشین‌کاری، پارامتر نسبت تبدیل می‌باشد. با توجه به شکل ۱، با افزایش نسبت تبدیل از سطح ۱ الی سطح ۳ میزان زمان ماشین‌کاری به شکل قابل توجهی افزایش می‌یابد با توجه به شیب افزایش زمان و سطوح موردنظر مشاهده می‌شود که مقدار این پارامتر در سطح ۱ مؤثرترین عامل بر کاهش زمان ماشین‌کاری می‌باشد.



شکل ۱) نمودار اثر پارامترهای موردبررسی بر زمان ماشین‌کاری

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-05-10]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1402.23.10.39.9]
[DOI: 10.22034/mme.23.10.249]

۴- نتیجه‌گیری

چرخ دنده‌ها به‌عنوان نوعی اجزای مکانیکی برای انتقال حرکت نسبی بین شفت‌ها به‌کار می‌روند. طراحی جفت چرخ دنده با نیاز به بهینه سازی تعداد دندانه‌ها، ضخامت دندانه‌ها و مدول‌ها شروع می‌شود. طراحی چرخ دنده‌ها برای عملکرد روان هر ماشین، خودرو یا ماشین ابزار بسیار مهم است. طراحی آزمایش‌ها به‌منظور دستیابي به بهینه‌ترین تعداد آزمایش، با هدف صرفه‌جویی در هزینه و وقت انجام می‌شوند. از روش‌های طراحی آزمایش می‌توان به روش تاگوچي و روش سطح پاسخ، اشاره کرد. در این پژوهش با استفاده از روش طراحی آزمایش به روش تاگوچی به طرح ۹ آزمایش به منظور بهینه‌سازی زمان ماشین‌کاری پرداخته شده است. هدف اصلی از این تحقیق بررسی تأثیر پارامترهای ورودی طراحی چرخ‌دنده مخروطی بر کاهش زمان ماشین‌کاری می‌باشد. پارامترهای ورودی استفاده شده در طراحی چرخ‌دنده مخروطی مورد نظر نسبت تبدیل، تنش تماسی مجاز و تنش خمشی مجاز می‌باشد. با استفاده از ۳ سطح مختلف برای هر پارامتر ورودی بهینه‌سازی به روش سیگنال به نویز انجام شد و نتایج حاصل از بهینه‌سازی نشان داد که موثرترین پارامتر به منظور کاهش زمان ماشین‌کاری نسبت تبدیل می‌باشد. همچنین مشاهده شد که پارامتر نسبت تبدیل در سطح ۱ با مقدار ۱/۵ کم‌ترین زمان ماشین‌کاری را می‌دهد.

۵-تقدیر و تشکر

بدین وسیله نویسندگان از حمایت‌های شرکت رامش صنعت اراک در انجام پژوهش فوق تقدیر و تشکر می‌نمایند.

فهرست علائم

M	مدول (mm)
S_{ac}	تنش تماسی مجاز (N/mm^2)
S_{at}	تنش خمشی مجاز (N/mm^2)
T_{tot}	زمان کل ماشینکاری (min)
T_{sm}	زمان اولیه راه اندازی دستگاه (min)
T_{tst}	زمان اولیه تنظیم ابزار (min)
T_r	زمان برشکاری خشن (min)
T_{at}	زمان نزدیک شدن ابزار (min)
B	عرض دندانه
R	شعاع داخلی چرخدنده
V_r	حجم ماشینکاری

علایم یونانی

۷	زاویه گام پینیون (rad)
۲	زاویه گام چرخدنده (rad)

زیرنویس‌ها

APSO	Accelerated Particle Swarm Optimization
Ave	real coded genetic algorithm
GWO	Grey Wolf Optimizer

مراجع

1. Siemiatkowski MA, Przybylski WO. A system solution for integration of process planning and control in flexible manufacturing. Integrated manufacturing systems. 1997 Jun 1;8(3):173-80.
2. Lynwander P. Gear drive systems: Design and application. CRC Press; 2019 Jan 22.
3. Padmanabhan S, Srinivasa Raman V, Asokan P, Arunachalam S, Page T. Design optimisation of bevel gear pair. International Journal of Design Engineering. 2011 Jan 1;4(4):364-93.
4. Ebenezer NG, Ramabalan S, Navaneethasanthakumar S. Advanced design optimization on straight bevel gears pair based on nature inspired algorithms. SN Applied Sciences. 2019 Oct;1(10):1155.
5. Sidahmed M. Détection de défauts dans les engrenages. Cetim informations. 1991(124):71-4.
6. Rai P, Barman AG. Design of bevel gears using accelerated particle swarm optimization technique. InIOP Conference Series: Materials Science and Engineering 2018 May 1 (Vol. 361, No. 1, p. 012016). IOP Publishing.
7. Rai P, Barman AG. Design optimization of spur gear using SA and RCGA. Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering. 2018 May;40:1-8.
8. Savage M, Coy JJ, Townsend DP. Optimal tooth numbers for compact standard spur gear sets.
9. Dörterler M, Şahin İ, Gökçe H. A grey wolf optimizer approach for optimal weight design problem of the spur gear. Engineering Optimization. 2019 Jun 3;51(6):1013-27.
10. Jung JY. Manufacturing cost estimation for machined parts based on manufacturing features. Journal of intelligent manufacturing. 2002 Aug;13:227-38.
11. Boopathi, S., Sivakumar, K., & Kalidas, R. (2012). Parametric study of dry WEDM using Taguchi method. International Journal of Engineering Research and Development, 2(4), 63-68.

[Downloaded from mme.modares.ac.ir on 2024-05-10]
[DOR: 20.1001.1.10275940.1402.23.10.39.9]
[DOI: 10.22034/mme.23.10.249]