

بهینه سازی زاویه انتقال به منظور بهبود مزیت مکانیکی مکانیزم محرک سوزن در یک ماشین دوزندگی با استفاده از الگوریتم ژنتیک

ایمان حاجی زاده^۱، سعید ابراهیمی^۱ و پدram پیوندی^{۲*}

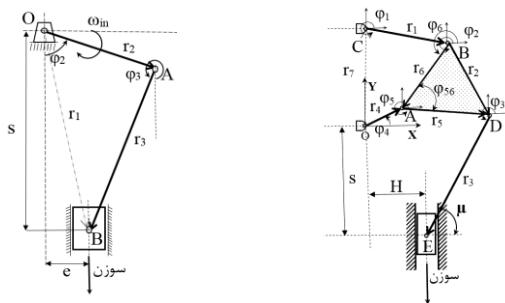
۱- گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه یزد، یزد

۲- گروه مهندسی نساجی، دانشگاه یزد، یزد

مکانیکی مکانیزم محرک سوزن در ماشین دوزندگی، کار چندانی در این رابطه انجام نشده است. لذا در این مقاله پس از معرفی یک مکانیزم جدید محرک سوزن، تابع هدف در فرآیند بهینه سازی به نحوی انتخاب می شود که علاوه بر بهینه کردن زاویه انتقال، سرعت در محدوده نفوذ کاهش یابد. سپس به منظور کاهش لرزش های نامطلوب و حرکت یکنواخت، تابع هدف اصلاح شده ای به منظور کاهش تغییرات شتاب سوزن (جرک) در طول حرکت معرفی می شود. این مقاله در نهایت با بحث در مورد نتایج اصلی به پایان می رسد.

ساختار مکانیزم جدید محرک سوزن در یک ماشین دوزندگی

با توجه به ساختار ساده و معمول مکانیزم لنگ و لغزنده، برخی اشکالات در رابطه با عملکرد و رفتار سینماتیکی در طول فرآیند دوخت ظاهر می شوند. از آن جا که در مکانیزم لنگ و لغزنده پارامترهای طراحی محدود می باشند، نمی توان تغییرات زیادی در عملکرد آن جهت کاهش مشکلات فرآیند دوزندگی اعمال کرد. اخیراً مکانیزم های پیچیده تری توسط محققان برای بهبود عملکرد مکانیکی ماشین دوزندگی پیشنهاد شده است. این مکانیزم ها به طور معمول از برخی مکانیزم های اولیه شامل چهار یا پنج میله تشکیل شده اند. مکانیزم جدید محرک سوزن و مکانیزم معمول در ماشین دوزندگی در شکل ۱ نشان داده شده است.



مکانیزم معمول در ماشین دوزندگی

مکانیزم جدید

شکل ۱- مکانیزم محرک سوزن

مطابق با شکل ۱، این مکانیزم شامل دو مکانیزم می باشد: مکانیزم چهار میله- ای OABC و مکانیزم پنج میله ای لنگ و لغزنده OADE. مکانیزم چهار میله- ای، درجه آزادی ماشین دوزندگی را به یک محدود می کند. لینک OA، لینک ورودی مکانیزم و لغزنده E، لینک خروجی مکانیزم می باشد. به منظور بهینه سازی، پیدا کردن روابط سینماتیکی بین لینک ورودی OA و لغزنده E (سوزن) الزامی می باشد. توضیحات کامل روابط سینماتیکی در [۳] ارائه شده است. زاویه انتقال (μ) یک معیار مهم برای طراحی مکانیزم می باشد که بیانگر کیفیت انتقال حرکت در مکانیزم است.

با توجه به شکل ۱ معادله زاویه انتقال به صورت زیر تعریف می شود:

چکیده

بهبود عملکرد مکانیکی ماشین دوزندگی در صنعت نساجی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. کیفیت دوخت در این ماشین ها تا حد زیادی متأثر از معیارهای طراحی مکانیزم محرک سوزن خصوصاً زاویه انتقال که موجب افزایش نیروی انتقال و مزیت مکانیکی می شود، است. با توجه به تأثیر زاویه انتقال بر نیروی تماس سوزن، استفاده از یک مکانیزم محرک بهینه بسیار مهم می باشد. متأسفانه علی رغم اهمیت این موضوع از دید عملی، تحقیقات زیادی در این راستا صورت نگرفته است. لذا در این مقاله پس از معرفی یک مکانیزم جدید محرک سوزن در ماشین دوزندگی و معیارهای طراحی آن، نتایج براساس فرآیند بهینه سازی الگوریتم ژنتیک بیان می شود. انحراف زاویه انتقال از ۹۰ درجه، کاهش سرعت سوزن در محدوده نفوذ و کاهش تغییرات شتاب (جرک) سوزن در طول حرکت از جمله اهداف بهینه سازی است. نتایج بدست آمده نشان دهنده بهبود عملکرد مکانیکی مکانیزم محرک سوزن در مقایسه با کار- های قبل می باشد.

واژه های کلیدی: ماشین دوزندگی - زاویه انتقال - الگوریتم ژنتیک - مزیت مکانیکی

مقدمه

صنعت نساجی کانون تلاقی تمام علوم مهندسی با چاشنی هنر و سلیقه است. امروزه در تحقق فرآیند کیفی و کمی تولیدات نساجی نقش مهندسی صنایع، برق و مکانیک کمرنگ تر از نقش مهندسی نساجی نیست. مهندسی نساجی و کاربردهای آن در بسیاری از مقوله های صنعتی در سال های اخیر توجه زیادی پیدا کرده است. در این زمینه توسعه ماشین آلات دوخت جدید با سطح بالایی از عملکرد مکانیکی از اهمیت زیادی برخوردار است. در مهندسی نساجی، ماشین آلات دوخت اساساً برای کار در سرعت بالا طراحی شده اند. یکی از مشکلات مهم در فرآیند دوخت، تولید حرارت بر اثر اصطکاک بین پارچه و سوزن در محدوده نفوذ می باشد. از جمله عوامل مؤثر برای کاهش دمای سوزن، کاهش سرعت آن در محدوده نفوذ در پارچه می باشد. این مورد با توجه به رابطه بیان شده در [۱] براحتی استنباط می شود. تغییرات سرعت تابعی از هندسه مکانیزم حرکت سوزن در ماشین دوخت می باشد. حرکت سوزن در ماشین دوخت معمولاً توسط مکانیزم لنگ و لغزنده تأمین می شود. علاوه بر اهمیت کاهش سرعت در محدوده نفوذ، زاویه انتقال مطلوب نیز به منظور افزایش انتقال حرکت، انتقال نیرو در سوزن و افزایش مزیت مکانیکی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. انحراف زاویه انتقال از ۹۰ درجه باعث کاهش نیروی موثر انتقال می شود. بنابراین هدف در طراحی مکانیزم تا حد ممکن کاهش این انحرافات می باشد [۲]. متأسفانه علی رغم اهمیت زاویه انتقال در عملکرد

و لغزنده نیز بهبود یافته است. جدول ۳ نتایج بهینه‌سازی تابع هدف اصلاح شده را نشان می‌دهد. مزیت مکانیکی نسبت به تابع هدف f_1 کمی کاهش یافته است که دلیل آن نیز کمینه کردن تغییرات شتاب می‌باشد.

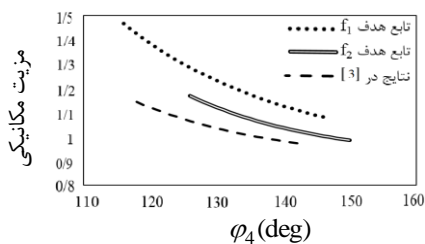
جدول ۲- مقایسه نتایج بهینه‌سازی تابع هدف f_1

نوع مکانیزم	مجموع سرعت سوزن	مزیت مکانیکی
مکانیزم لنگ و لغزنده	۳۵۵/۸۶ (mm/s)	در محدوده نفوذ
نتایج مکانیزم ترکیبی (تابع هدف f_1)	۳۴۳/۷۹	۱/۰۰۷۶

جدول ۳- مقایسه نتایج بهینه‌سازی تابع هدف f_2

نوع مکانیزم	مجموع جرک سوزن	مزیت مکانیکی
مکانیزم لنگ و لغزنده	۶۱۸۵۰ (mm/s ³)	در محدوده نفوذ
نتایج مکانیزم ترکیبی (تابع هدف f_2)	۶۷۶۸۶	۱/۱۰۳۷

شکل ۲ نمودار تغییرات مزیت مکانیکی را برای نتایج مختلف نشان می‌دهد. که بهبود این معیار نسبت به کارهای قبل را نشان می‌دهد.



شکل ۲: نمودار تغییرات مزیت مکانیکی در محدوده نفوذ سوزن

نتیجه‌گیری

پس از انجام فرآیند بهینه‌سازی و مقایسه نتایج بدست‌آمده با مکانیزم لنگ و لغزنده و نتایج بهینه‌سازی در [۳]، علاوه بر کاهش سرعت سوزن در محدوده نفوذ که موجب کاهش حرارت تولید شده می‌شود، مزیت مکانیکی مکانیزم ترکیبی در محدوده نفوذ سوزن نیز افزایش یافته است که موجب افزایش نیروی انتقال سوزن می‌شود. تغییرات شتاب سوزن به منظور کاهش لرزش‌های نامطلوب و ایجاد حرکت یکنواخت نیز کمینه شده است. نتایج بدست‌آمده به وضوح بهبود عملکرد مکانیکی به خصوص افزایش مزیت مکانیکی مکانیزم جدید را در فرآیند دوخت ماشین دوزندگی نشان می‌دهد.

مراجع

1. K. Gotlih, D.Z. Lojen and B. Vohar, "Optimisation of Needle Penetration Velocity Using the Link Drive Mechanism in a Sewing Machine", *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 15, 66-71(2007).
2. A.S. Hall, "Kinematics and Linkage Design", Prentice-Hall, Englewood Clis, NJ, p. 41(1961).
3. I. Hajizadeh, S. Ebrahimi and P. Peivandi, "Development and Optimization a New Needle Driving Mechanism in the Sewing Machine Using Genetic Algorithm". *Submitted to the Journal of Modeling in Engineering* (2013).

$$\mu = \cos^{-1} \left(\frac{r_4 \cos(\varphi_4) + r_5 \cos(\varphi_5) - H}{r_3} \right) \quad (1)$$

یکی از معیارهای اصلی که طراح باید از آن اطلاع داشته باشد مزیت مکانیکی مکانیزم است. از آن‌جا که نسبت سرعت زاویه‌ای‌ها کاملاً بر حسب فاصله مراکز آنی قابل بیان است، براساس گسترش مرکز آنی، مزیت مکانیکی نیز کاملاً بر حسب این فاصله‌ها قابل توصیف است. رابطه مزیت مکانیکی به صورت زیر می‌باشد.

$$MA = \frac{F_{out}}{F_{in}} = \frac{r_{in}}{|(7,4) - (4,8)|} \quad (2)$$

که (7,4) و (4,8) مراکز آنی لینک‌های مورد نظر می‌باشند.

تعریف مسأله بهینه‌سازی

هر چه زاویه انتقال در طراحی مکانیزم به ۹۰ درجه نزدیک باشد باعث افزایش نیروی انتقال و همچنین مزیت مکانیکی مکانیزم می‌شود. علاوه بر زاویه انتقال مطلوب، سرعت سوزن در محدوده نفوذ نیز یک معیار مهم به منظور کاهش حرارت تولید شده و عملکرد مطلوب ماشین دوزندگی می‌باشد. برای این منظور تابع هدف را به نحوی انتخاب می‌کنیم که علاوه بر کاهش انحرافات زاویه انتقال از ۹۰ درجه، مجموع سرعت (\dot{s}) در محدوده نفوذ نیز کاهش یابد. تابع هدف به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$f_1 = \int_{\varphi_i}^{\varphi_j} |s(\varphi_4)| d\varphi_4 + [(\mu_{max} - 90^\circ)^2 + (\mu_{min} - 90^\circ)^2] \quad (3)$$

پارامترهای φ_i و φ_j زاویه‌های لینک ورودی OA هستند که به ترتیب نشان دهنده موقعیت سوزن در شروع و پایان محدوده نفوذ می‌باشند. با بهینه کردن زاویه انتقال و کاهش مجموع سرعت سوزن در محدوده نفوذ، تغییرات شتاب (جرک) سوزن افزایش می‌یابد. که یک مشکل در فرآیند دوخت می‌باشد. به منظور کاهش جرک (\ddot{s}) سوزن در طول حرکت و ایجاد حرکت یکنواخت، تابع هدف اصلاح شده‌ای به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$f_2 = f_1 + \int_0^{2\pi} |\ddot{s}(\varphi_4)| d\varphi_4 \quad (4)$$

نتایج بهینه‌سازی

فرآیند بهینه‌سازی مکانیزم محرک سوزن با استفاده از الگوریتم ژنتیک نوشته شده توسط نرم‌افزار متلب انجام شد. بهینه‌سازی تابع هدف f_1 موجب افزایش مزیت مکانیکی مکانیزم در محدوده نفوذ نسبت به مکانیزم لنگ و لغزنده و کار-های قبل شده است. جدول ۱ نتایج بهینه‌سازی مکانیزم ترکیبی را در [۳] نشان می‌دهد. مجموع سرعت در محدوده نفوذ نسبت به مکانیزم لنگ و لغزنده بهبود قابل توجهی یافته است و نسبت به کارهای قبل [۳] تغییر چندانی نکرده است. بهبود مزیت مکانیکی در محدوده نفوذ باعث افزایش نیروی انتقال سوزن در مقایسه با نتایج گذشته شده است.

جدول ۱- نتایج بهینه‌سازی در [۳]

توابع هدف		
$\int_{\varphi_i}^{\varphi_j} s(\varphi_4) d\varphi_4 + \int_0^{2\pi} \ddot{s}(\varphi_4) d\varphi_4$	$\int_0^{2\pi} \ddot{s}(\varphi_4) d\varphi_4$	$\int_0^{2\pi} s(\varphi_4) d\varphi_4$
۳۴۳/۷۵	۳۴۳/۶۷	مجموع سرعت در محدوده نفوذ (mm/s)
۶۸۱۴۴	۷۶۸۷۸	مجموع جرک در طول حرکت (mm/s ³)
۱/۰۸۱۵	۱/۰۸۲۱	مزیت مکانیکی در محدوده نفوذ

جدول ۲ نتایج بهینه‌سازی تابع هدف f_1 را نشان می‌دهد. سپس با اصلاح تابع هدف f_2 علاوه بر کاهش تغییرات شتاب سوزن در طول حرکت، مزیت مکانیکی مکانیزم در محدوده نفوذ به منظور افزایش نیروی انتقال نسبت به مکانیزم لنگ