دوازدهمین کنگره ملی سراسری
فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران
12th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran
senaconf.ir

روش جدید تولید تسمه‌های با ضخامت متغیر در طول

محمد مهدی ملکیان

سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، تهران malekianm@irost.ir

چکیده

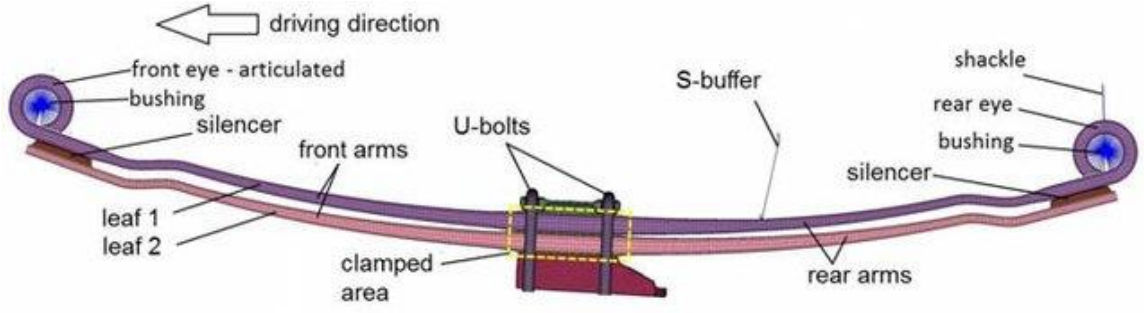
تسمه‌های با ضخامت متغیر در طول، برای تولید فنرهای تخت با ضخامت متغیر که به فنرهای تخت پارابولیک مشهورند، به‌کار می‌روند؛ این نوع فنر تخت که در سیستم‌های تعلیق خودروهای سنگین و نیز واگن‌های قطار مورد استفاده دارند دارای مزیت سبکی و کارکرد بدون اصطکاک بین لایه‌های فنر تخت هستند. تجهیزات مختلفی برای تولید تسمه‌های با ضخامت متغیر در طول وجود دارند. در این تحقیق، به تجزیه و تحلیل انواع روش‌ها و دستگاه‌های مورد استفاده برای نورد این نوع تسمه‌ها پرداخته شده و مزایا و معایب هر کدام، مورد بررسی قرار گرفته است. بعد از بررسی تمام اختراعات ثبت شده در این مورد، معلوم شد که این تجهیزات و روش‌ها را می‌توان به‌طور کلی به چهار گروه تقسیم کرد: ۱) نورد هیدرولیکی؛ ۲) نورد اتوماتیک توسط سیستم‌های کنترل؛ ۳) نورد بر روی سنبه شکل‌دار؛ ۴) نورد تسمه با استفاده از شابلون. در این مقاله، حداقل یک اختراع از هر گروه، تشریح شده و سپس مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. در آخر روشی ابداعی ارائه شده است که در عین سادگی، معایب روش‌های شناخته شده در این زمینه را نداشته باشد.

واژه‌های کلیدی

نورد، تسمه، ضخامت، متغیر

۱.. مقدمه

تسمه‌های با ضخامت متغیر در طول، برای تولید فنرهای تخت با ضخامت متغیر که به فنرهای تخت پارابولیک معروفند، به‌کار می‌روند؛ این نوع فنر تخت که در سیستم‌های تعلیق خودروهای سنگین و نیز واگن‌های قطار مورد استفاده دارند(شکل ۱)، نسبت به فنرهای تخت با ضخامت ثابت دارای مزیت‌هایی هستند که این مزیت‌ها عبارتند از: سبک‌تر شدن وزن خودرو و دیگری، کمتر شدن تکان‌های خودرو در جاده‌های ناهموار. سبک‌تر شدن وزن خودرو از آن‌جا ناشی می‌شود که در سیستم‌های تعلیق مجهز به فنرهای تخت با ضخامت متغیر، تعداد لایه فنر مورد استفاده، بسیار کمتر از حالت فنرهای تخت با ضخامت ثابت است. کاهش تکان‌های ناشی از حرکت خودرو مجهز به سیستم تعلیق با فنرهای تخت ضخامت متغیر در جاده‌های ناهموار، به این دلیل اتفاق می‌افتد که در این حالت، لایه‌های فنر تخت، در تماس مستقیم با یکدیگر نیستند و بین لایه‌های فنر، قطعات واسط قرار می‌گیرد و لذا به‌این صورت اصطکاک ناشی از تماس مستقیم لایه‌های فنر، حذف می‌شود[2]. تجهیزات مختلفی برای تولید تسمه‌های با ضخامت متغیر در طول وجود دارند. این تجهیزات را می‌توان به‌طور کلی به چهار گروه تقسیم کرد: ۱) نورد هیدروکپی؛ ۲) نورد اتوماتیک توسط سیستم‌های کنترل؛ ۳) نورد بر روی سنبه شکل‌دار؛ ۴) نورد تسمه با استفاده از شابلون. ذیلا به شرح هر کدام از روش‌ها پرداخته می‌شود و مزایا و معایب هر کدام، مورد بررسی قرار می‌گیرد.



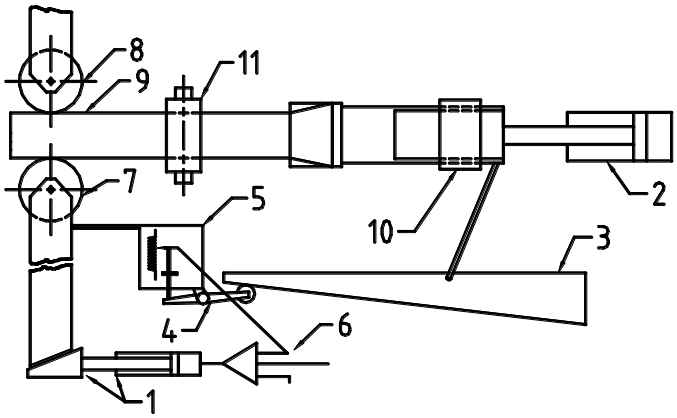
شکل ۱. شماتیک سیستم تعلیق مجهز به فنرهای تخت پارابولیک [1].

۲. روش‌های شکل‌دهی تسمه‌های با ضخامت متغیر در طول

۱،۲. نورد هیدروکپی

تجهیز نورد در گروه اول شامل تجهیزی [3] با قفسه نورد (شکل. ۲)، مکانیزم فشار گوه‌ای ۱ و دستگاه کشش با درایو هیدرولیک ۲ است. مکانیزم فشار گوه‌ای ۱ توسط سیستم پیرو ۵ و به‌واسطه شابلون ۳ کنترل می‌شود. مکانیزم حرکت قطعه کار ۱۰ وظیفه جابه‌جا کردن هم‌زمان شابلون ۳ را نیز بر عهده دارد. اهرم ۴ با استفاده از غلتک خود، به‌طور مداوم با سطح شابلون در تماس است. مقدار مؤلفه عمودی این جابه‌جایی، توسط سنسور جابجایی خطی ۵ حس می‌شود تا با انتقال سیگنال حاصله به سنسور ۶، مکانیسم حرکت ۱ غلتک پایینی را فعال کند. این مکانیزم غلتک ۷ را هم‌زمان با اهرم ۴ حرکت می‌دهد. سیکل کاری دستگاه شامل مراحل زیر است: ابتدا موقعیت غلتک بالایی ۸، تنظیم می‌شود. سپس قطعه کار ۹ در جهت غلتک‌های ۷ و ۸ توسط جک هیدرولیک ۲ حرکت می‌کند. سپس سیلندر هیدرولیک قطعه کار را به موقعیت اولیه خود باز می‌گرداند. هم‌زمان، غلتک پایینی با مکانیزم فشار گوه ۱ مطابق با موقعیت اهرم ۴ روی شابلون ۳ حرکت می‌کند. هنگامی که اولین سیکل نورد به پایان رسید، این روال از ابتدا تکرار می‌شود. در هر سیکل، بعد از آن که ضخامت قطعه کار، توسط انجام نورد بین دو غلتک ۷ و ۸، کم می‌شود، دو غلتک کمکی ۱۱ وظیفه نورد عرضی قطعه کار را با هدف حذف اضافه پهنای ایجاد شده را انجام می‌دهند که این کار، حین برگشت قطعه کار به موقعیت اولیه خود، صورت می‌گیرد. آ. آی ویلسون [4,5]، ال. مانسدات [6]، کاواکوبو و دیگران [7] و ای جی هوعش [8] از این روش بدون به‌کارگیری مکانیزم بستن گوه استفاده کرده-

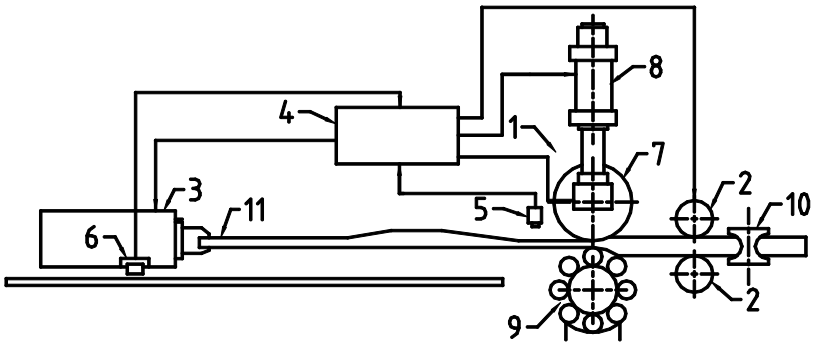
اند. عیب تجهیزات ارائه شده بر اساس روش فوق، عدم امکان دستیابی به محصولات با دقت بالا است زیرا این تجهیزات، امکان دریافت بازخورد از قطعه کار به‌دست آمده ، جهت حصول نتیجه مطلوب را ندارند.



شکل ۲. شماتیک نورد با ضخامت متغیر تسمه در تجهیز با سیستم شکل‌دهی هیدروکپی [3]

۲,۲. نورد اتوماتیک توسط سیستم های کنترل

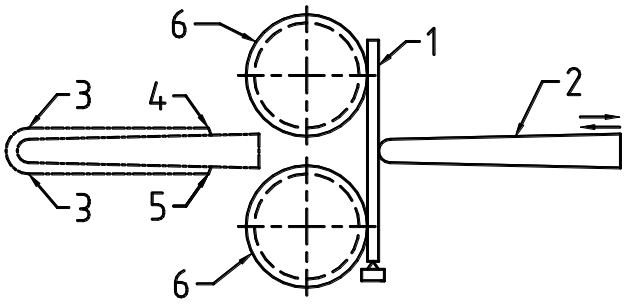
گروه دوم شامل تجهیزاتی است [9-15] که در آن‌ها از سیستم های کنترل استفاده می‌شود. به‌عنوان نمونه, دستگاه توسعه یافته[14] نشان داده شده در شکل ۳, یک تجهیز نورد سیاره‌ای معمولی ۱ و شامل: غلتک‌های گیرش ۲؛ گیره کشش ۳, دستگاه کنترل ۴, سنسور کنترل موقعیت نوار ۵ و سنسور موقعیت گیره ۶ است. غلتک بالایی ۷، قابلیت حرکت عمودی توسط جک ۸ را دارد. غلتک‌های گیرش ۲ در سمت ورودی تسمه به تجهیز نورد، قرار دارد. گیره کشش ۳ در سمت خروجی تسمه از قفسه نورد قرار دارد و قابلیت حرکت رفت و برگشت را دارد. جک هیدرولیک ۸, غلتک بالایی ۷, غلتک گیرش ۲ و گیره کشش ۳، همگی توسط سیستم کنترل ۴ هدایت می‌شوند. سیستم کنترل ۴ شامل کامپیوتری است که داده‌های ارسالی از سنسور موقعیت تسمه ۵ و سنسور موقعیت گیره کشش ۶ را دریافت می‌کند. سنسور موقعیت ۶ که به گیره کشش متصل است و سیگنال خود را با توجه به مقدار جابه‌جایی گیره ۳ فراهم می‌کند. این داده‌ها باید بر اساس میزان انبساط حرارتی احتمالی قطعات دستگاه اصلاح شوند. کامپیوتر انواع مختلفی از داده‌ها را ذخیره می‌کند؛ مثلا نسبت طول و ضخامت, مشخصه‌های تجهیز نورد ۱ (اطلاعات مربوط به مقدار انبساط طولی مربوط به غلتک بالایی ۷ و غلتک سیاره‌ای ۹), تغییر طول تسمه در نتیجه خنک شدن. تمام این اطلاعات توسط کامپیوتر برای خودکارسازی فرایند نورد تسمه‌های با ضخامت متغیر در طول استفاده می‌شود. این فرایند شامل مراحل زیر است: تسمه توسط غلتک‌های گیرش ۲ به غلتک‌های محرک ۷ و ۹ داده می‌شود. هنگامی که انتهای نوار به موقعیت از پیش تعیین شده می‌رسد، گیره کشش ۳ انتهای تسمه را در پاسخ به خروجی سنسور ۵ می‌گیرد. سپس غلتک‌های گیرش ۲ توسط یک کلاچ یک طرفه یا کلاچ مغناطیسی از محور محرک جدا می شوند و به تسمه اجازه حرکت آزادانه را می‌دهند. پس از این، تسمه توسط غلتک‌های ۷ و ۹ مطابق با سرعت گیره کشش فشرده می‌شود. در این مرحله، تسمه توسط گیره کشش تحت کشش از پیش تعیین شده‌ای قرار می‌گیرد. مقدار این کشش طوری است که افزایش پهنای تسمه را محدود نماید. غلتک‌های شکل‌دهی ۱۰ برای گرد کردن لبه‌های جانبی قطعه‌کار، در نظر گرفته شده‌اند. چنین سیستم‌هایی بسیار منعطف هستند، اما معمولا دارای سرعت نورد کم هستند که این امر، می‌تواند موجب بروز پدیده‌های نامطلوب مرتبط با خنک شدن قطعه‌کار شود.



شکل۳. شماتیک تجهیز نورد جهت تولید تسمه‌های با ضخامت متغیر که توسط یک سیستم کنترل، هدایت می‌شود[14].

۳،۲. نورد بر روی سنبه شکل‌دار

گروه سوم شامل تجهیزاتی [15-17] است که از نورد یا کشش همراه با خمش عرضی قطعه کار استفاده می‌کنند. در مرجع [15] (شکل ۴)، قطعه‌کار داغ ۱ روی سنبه پروفیلی ۲ قرار می گیرد و از بین غلتک‌های غیر محرک ۶ یا قالب عبور داده می‌شود. بعد از آن که قطعه-کار گرم شده ۱ در موقعیت نشان داده شده نسبت به سنبه ۲ قرار گرفت، حرکت سنبه ۲ به سمت غلتک‌های ۶ آغاز می‌شود تا قطعه‌کار ۱ توسط غلتک های ۶ خم شود و دو انتهای قطعه‌کار به سنبه برسند. سپس، نورد انجام می‌شود. تغییر شکل از قسمت های میانی ۳ قطعه کار شروع می‌شود و همزمان به سمت دو انتهای ۴ و ۵ آن پیش می‌رود؛ این شکل‌دهی، توسط یک کالیبر ثابت یا غلتک‌های غیر قابل تنظیم ۶ انجام می‌گیرد و سنبه، دارای حرکت رفت و برگشتی است. پس از شکل‌دهی، بیلت از سنبه جدا می‌شود و توسط مکانیزم خاص، به حالت تخت برمی‌گردد. عیب این روش پیچیدگی ساخت سنبه شکل‌دار است؛ علاوه بر این، سطح زیاد تماس بین قطعه کار و سنبه باعث افزایش انتقال حرارت قطعه کار و خنک شدن و نتیجتا کاهش کاپذیری آن می‌شود.

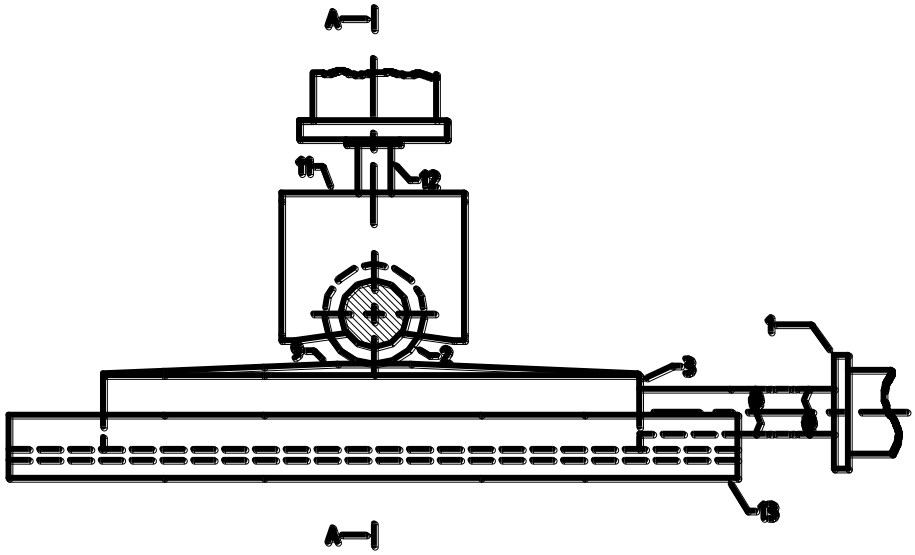


شکل ۴. شماتیک نورد یا کشیدن همراه با خم کردن قطعه‌کار[15].

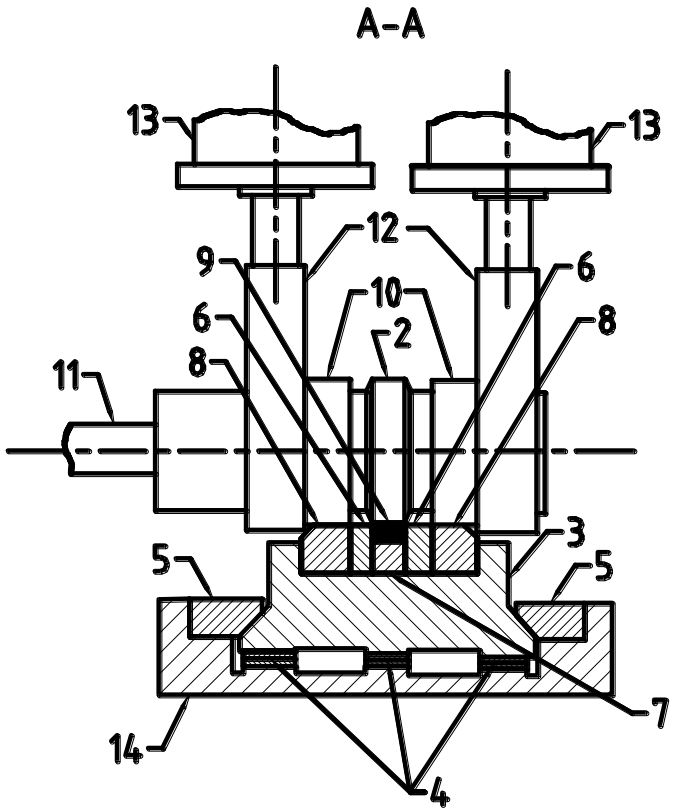
۴،۲. نورد تسمه با استفاده از شابلون

گروه چهارم شامل دستگاه‌هایی [19-26] است که از رایج‌ترین روش برای تولید صنعتی محصولات تسمه‌ای مختلف، استفاده می‌کنند. به‌عنوان مثال، دستگاه توسعه یافته [19] (شکل ۵) شامل یک جک هیدرولیکی ۱ برای تأمین حرکت افقی تسمه، و نیز یک غلتک نورد

قابل تنظیم ۲ برای به دست آوردن تسمه‌هایی با ضخامت متغیر در طول است. کالسکه ۳ دارای حرکت رفت و برگشتی توسط یک جک هیدرولیک ۱ در امتداد سطوح راهنمای ۴ است. سپس اسلایدر به موقعیت نشان داده شده در شکل ۵ (الف) حرکت می‌کند و شفت ۱۱ به همراه متعلقاتش پایین می‌آید تا غلتک کاری ۲ در قسمت وسط قطعه کار قرار گیرد و غلتک‌های کناری بر روی شابلون ۸ فشار داده شوند. اسلایدر ۴ به سمت چپ موقعیت نشان داده شده در شکل ۵ (الف) حرکت می‌کند و از آنجایی که غلتک‌های دنبال کننده، به‌طور مداوم بر روی شابلون ۸ فشار داده شوند، شکل شابلون بر روی قطعه کار، کپی می‌شود. به دنبال این، کالسکه ۳ به موقعیت وسط باز می-گردد و سپس نیمه دیگر قطعه کار نیز به همین ترتیب نورد می‌شود. در طرحی دیگر (شکل ۶)، غلتک کار و غلتک‌های پیرو می‌توانند به صورت یک غلتک یک‌پارچه ۱ در نظر گرفته شوند [شکل ۶ (ب)] که همراه با دو شابلون موجود، سطوح محدود کننده قطعه کار را تشکیل دهند. اسلایدر در تماس با غلتک پشتیبان ۳، توسط چرخ‌دنده حرکت داده می‌شود. عیب این روش‌ها، سطح تماس زیاد بین قطعه‌کار و بلوک‌های قالب است که باعث افزایش انتقال حرارت بین قطعه‌کار و بلوک قالب و در نتیجه افزایش خنک‌سازی قطعه‌کار و متعاقبا افت کارپذیری آن می‌شود که این هم به نوبه خود، باعث افزایش مقاومت قطعه‌کار در برابر تغییر شکل و در نتیجه، فرسایش بلوک‌های قالب می‌شود. علاوه بر این، وجود لغزش در ناحیه تماس غلتک با شابلون‌ها، باعث افزایش سایش آن‌ها می‌شود. دستگاه [20] (شکل ۷) از دو جک کشنده ۱ و ۲، یک قفسه نورد با چرخ دنده و یک قفسه، شبیه به دستگاه قبلی تشکیل شده است. مطابق با شکل ۶، یک سر قطعه کار ۳ توسط یک گیره که به سیلندر ۲ متصل است نگه داشته می‌شود. قطعه کار ۳ توسط جک ۱ حرکت می‌کند. تفاوت بین سرعت خروجی قطعه کار ۳ و سرعت جک ۱ توسط جک هیدرولیکی ۲ حذف می‌شود زیرا این جک، قطعه کار را به طور مداوم، تحت نیروی کششی قرار می‌دهد تا باعث جلوگیری از خم شدن محصول گردد. در این روش، به‌دلیل آن‌که شابلون، محدود کننده عرض قطعه کار نیست، انتقال حرارت از قطعه کار و نتیجتا خنک شدن آن کاهش یافته است. عیب چنین دستگاه‌هایی این است که طول محصول توسط طول ریل دندانه‌دار و کورس جک، محدود می‌شود. در شکل ۷، نوع دیگری از روش نورد [26] نشان داده شده است. غلتک‌های شکل‌دهی ۱ که دارای شعاع ثابت هستند به‌همراه غلتک‌های پشتیبان ۲ و نیز بادامک‌های ۳، وظیفه انجام کار را بر عهده دارند. در طول فرآیند نورد، غلتک‌های پشتیبان با استفاده از جک‌های هیدرولیک ۴ با نیرویی بیش از نیروی تغییر شکل فلز به طور مداوم بر روی بادامک‌ها فشار داده می‌شوند. تماس دائمی بین بادامک‌ها و غلتک‌های پشتیبان، موجب می‌شود فاصله بین غلتک‌های شکل‌دهی ۱ مطابق با روالی مشخص تغییر کند. عیب روش فوق، وجود لغزش بین بادامک‌های ۳ که دارای شعاع متغیر و محرک هستند با غلتک‌های پشتیبان ۲ که دارای شعاع ثابت هستند و با سرعت ثابت می‌چرخند می‌باشد. که این پدیده موجب سایش بادامک‌ها بروز عدم دقت در محصول می‌شود.

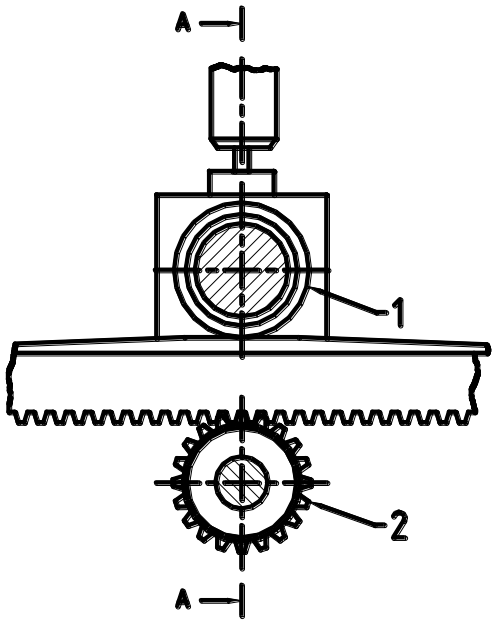


(الف)



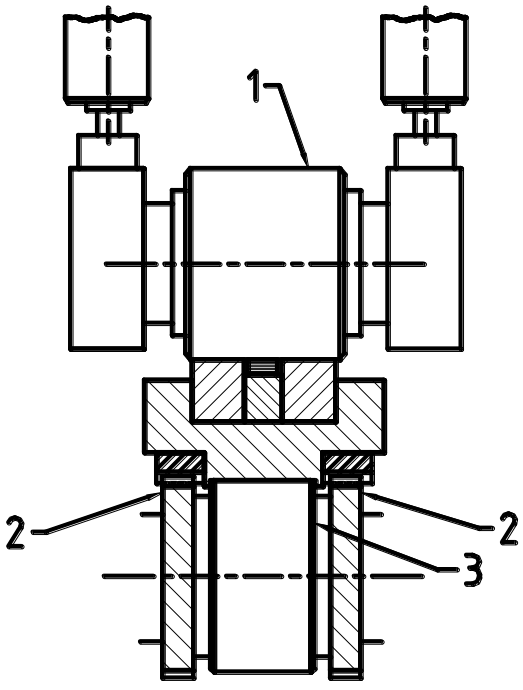
(ب)

شکل ۵. شماتیک دستگاه نورد نوار با ضخامت متغیر در طول با استفاده از شابلون [19]



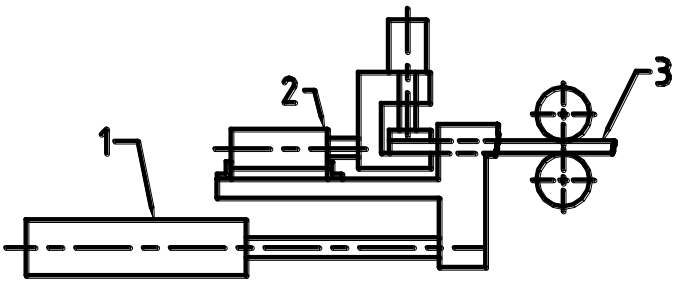
(الف)

A-A

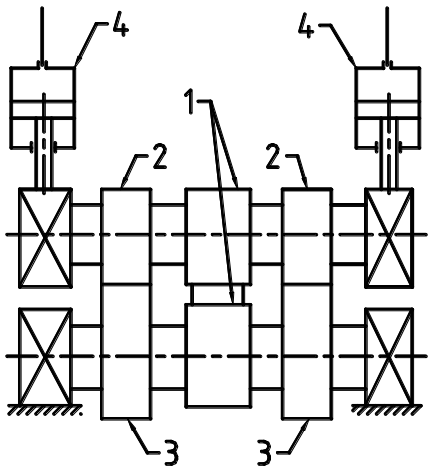


(ب)

شکل ۶. طرحی برای دستگاه نورد تسمه با ضخامت متغیر در طول که در آن از شابلون استفاده شده است و حرکت کالسکه در آن، با استفاده از چرخ‌دنده انجام می‌شود [19].



شکل ۷. شماتیک دستگاهی[20] که در آن از مکانیزمی استفاده شده است که تفاوت بین سرعت قطعه-کار در خروجی و سرعت جک ۱ را حذف می‌کند.

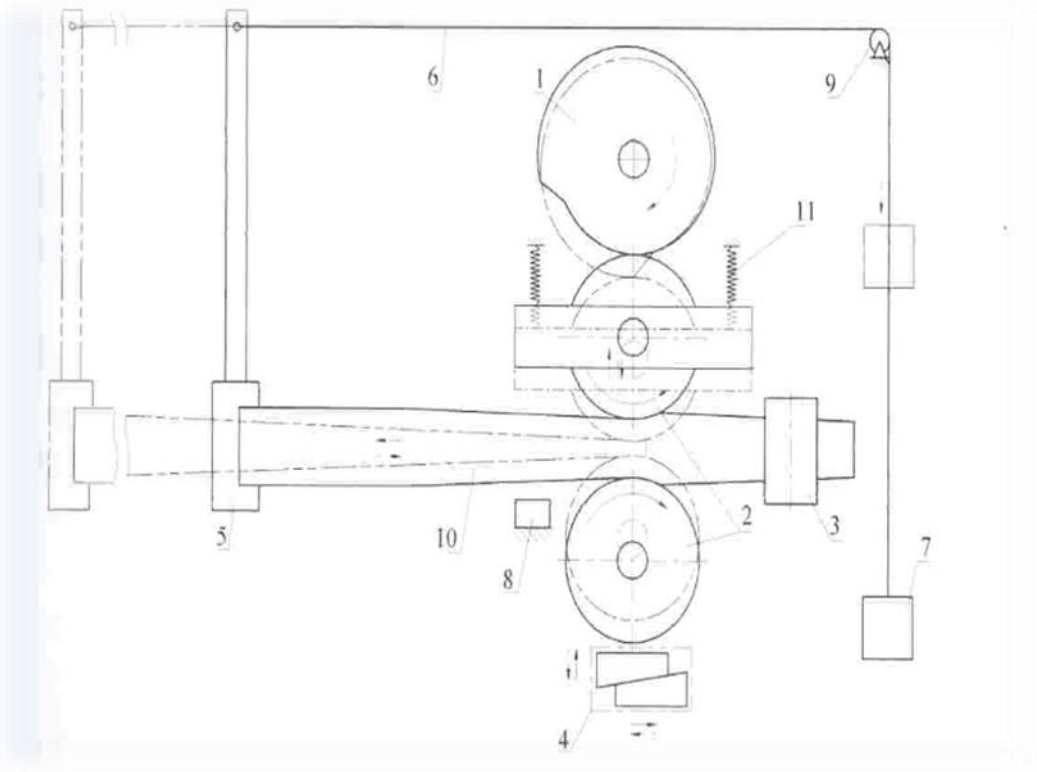


شکل ۸. طرح نورد پروفیل با ضخامت متغییر با استفاده از غلتک‌های با قطر ثابت [26]

۳. روش ابداعی

در شکل ۹ شماتیک مکانیزم بادامکی پیشنهادی نشان داده شده است. دستگاه شامل بادامک هرزگرد ۱، غلتک‌های کاری (محرک) ۲، رولرهای هرزگرد ۳، مکانیزم تنظیم فاصله بین غلتک‌ها ۴، گیره ۵، کابل فلزی ۶ و وزنه ۷ می‌باشد. غلتک پایینی به‌واسطه مکانیزم گوه‌ای دارای قابلیت حرکت در راستای عمودی است. وزنه برای جابه‌جا کردن قطعه کار (نوار) ۱۰ استفاده می‌شود که برای ایجاد محدودیت در حرکت آن از استپر ۸ استفاده شده است. غلتک بالایی به‌واسطه سیستم فنری ۱۱ دارای تماس مداوم با بادامک ۱ می‌باشد. روال کار دستگاه بدین‌صورت است که مکانیزم گوه‌ای ۴ تنظیم اولیه فاصله بین دو غلتک را انجام می‌دهد. سپس، قطعه کار به‌همراه گیره و به‌واسطه وزنه و کابل فلزی حرکت می‌کند تا با غلتک‌های کاری تماس پیدا کند. با چرخش غلتک‌کاری، در اثر اصطکاک بادامک چرخش می‌کند و فاصله بین دو غلتک شروع به تغییر می‌کند این عمل باعث ایجاد نورد با ضخامت متغیر می‌شود. هنگامی‌که فاصله دو غلتک به ماکزیمم خود می‌رسد، قطعه کار، توسط مکانیزم وزنه به انتهای سمت چپ کشیده می‌شود. در هنگام چرخش غلتک‌ها، فاصله بین آنها به‌واسطه بادامک ۱ کاهش می‌یابد تا بدین‌ترتیب کاهش ضخامت تدریجی قطعه کار ۱۰ که در این حین به سمت چپ جابه‌جا می‌شود، انجام گردد. در این زمان فاصله بین غلتک‌ها به‌وسیله مکانیزم گوه‌ای ۴ از قبل تعیین شده کاهش داده می‌شود. متقابلاً فاصله

بین دو غلتک، به‌وسیله شکل خاص بادامک یک‌باره زیاد می‌شود تا قطعه کار بتواند به‌واسطه نیروی ثقل وزنه ۷ و کشش کابل فلزی ۸ به سمت راست حرکت کند و به رولرهای کناری ۳ برخورد کند و آنها را از هم دور کند و از بین آنها جلو رود. به دنبال این روند، چرخش بادامک باعث کاهش فاصله بین غلتک‌ها می‌شود و مرحله دوم نورد انجام می‌گیرد و به‌طور همزمان حذف پهن‌شدگی مرحله قبل نورد از طریق رولرهای کناری ۳ که در این هنگام به وضعیت اولیه برگشته‌اند و قسمت پهن شده قطعه کار در حال گذشتن از بین آنها است، انجام می‌شود.



شکل ۹. روش جدید برای نورد با مکانیزم بادامکی هرزگرد.

۴. نتیجه‌گیری

تجهیزات مختلفی برای تولید تسمه‌های با ضخامت متغیر در طول وجود دارند. با مقایسه روش‌ها و تجهیزهای مختلف معلوم شد که این تجهیزات را می‌توان به‌طور کلی به چهار گروه تقسیم کرد که هر کدام دارای مزایا و معایبی هستند: ۱) نورد هیدرولیکی، عیب تجهیزات ارائه شده در این گروه، عدم امکان دستیابی به محصولات با دقت بالا است زیرا این تجهیزات، امکان دریافت بازخورد از قطعه کار به‌دست آمده، جهت ارزیابی شکل قطعه بدست آمده را ندارند؛ ۲) نورد اتوماتیک توسط سیستم‌های کنترل، چنین سیستم‌هایی بسیار منعطف هستند، اما معمولا دارای سرعت نورد کم هستند که این امر، می‌تواند موجب بروز پدیده‌های نامطلوب مرتبط با خنک شدن قطعه‌کار شود؛ ۳) نورد بر روی سنبه شکل‌دار، عیب این روش پیچیدگی ساخت سنبه شکل‌دار است؛ علاوه بر این، سطح زیاد تماس بین قطعه کار و سنبه باعث افزایش انتقال حرارت قطعه کار و خنک شدن و نتیجتا کاهش کاپذیری آن می‌شود؛ ۴) نورد تسمه با استفاده از شابلون، عیب چنین دستگاه‌هایی این است که طول محصول توسط طول ریل دندانه‌دار و کورس جک، محدود می‌شود. با تجزیه و تحلیل روش-های نورد فوق، می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از مکانیسم‌های بادامکی برای تولید تسمه‌های با ضخامت متغیر، راه حلی نسبتا ساده و

موثر است. اما وجود لغزش در مکانیزم بادامکی، به‌عنوان عاملی مخرب باید تلقی شود که می‌بایست توسط مکانیزمی اصلاحی، به رفع آن اقدام نمود و بر این اساس، مکانیزم بادامکی ابداعی ارائه شد.

منابع

[1] Mihailidis, A. Et al., 2014, Leaf springs – Design, calculation and testing requirements, 35th International Conference on Mechanics and Materials, Greece, pp.: 117-126
[2] Marappan, K., Et al., 2018, Design of parabolic leaf spring for light duty automobile, World Journal of Engineering, Vol. 15 No. 1, pp. 91-98.
[3] Wilson, A., 1974, US3793868, Taper-rolling of metal.
[4] Wilson, A. I., 1975, GB1380691, Taper-rolling of metal.
[5] Wilson, A., 1990, US4959099, Taper rolling of metal.
[6] Mannestaedt, L., 1985, DE78827, Walzwerk züm walzen von dünnem scharf und fein profilirtem walzgute.
[7]KAWAKUBO, M., Et al., 1981, US4290288, Device for narrowing the breadth of a sheet spring material in an apparatus for manufacturing a taper leaf spring.
[8] Hotsch, A. G., GB1017706, Improvements in the shaping of metal bars.
[9] Yamamoto, I, Et al. 1983, JP58209404, Taper rolling device.
[10] S.Suzuki, S., Et al., 1985, JP60231519, Taper rolling device for leaf spring.
[11] Miura, K., 1985, US4512169, Automatic plate thickness control device.
[12] Uechi, M., Tanaka,K., 1980, JP55024758, Taper rolling control unit.
[13] Terakado, R., 1982, JP57152303, Rolling method for strip having differential thickness.
[14] Sakai, Y., Takahashi, J., 1981, US4266418, Method for manufacturing a taper spring.
[15] Fielding, R., 1968, US3417592, Taper-rolling of metals.
[16] Stepanenko, A. V., Et al., 1991, US5001918, Method and apparatus for making blanks of a profile varying lengthwise.
[17] Stepanenko, A. V., Et al., 2000, US6012320, Leaf spring straightening apparatus.
[18] Stepanenko, A. V., Et al., 2001, US6173599, Leaf spring straightening apparatus.
[19] Rockwell Standard Co, 1964, GB974990, Taper roll machine and method.
[20] I.Yamamonto, I., Et al., 1983, JP582094044, Taper rolling device.
[21] KRAUSE, F. R., 1965, US3199327, Machine for making single leaf springs and the like.
[22] Miller, J., 1974, US3824829, Roll mill with shifting cams for shaping bars.
[23] Krupp Fried Grunsonwerk, 1933, GB400899, Improvements in or relating to means for adjusting or indicating the magnitude of the gap between the rolls in rolling mills.
[24] Groves, R. H., Et al., 1968, DE1273476, Taper roll machine and method.
[25] ABERNATHY, T. W., 1970, US3499305, Rolling mill and method of rolling strips.
[26] Kidimnik, O. G., Et al., RU564068, Стан для прокатки профилей переменного сечения.