عوامل موثر در راندمان دستگاه استنتر و راهکارهای اجرایی جهت افزایش بهره‌وری دستگاه

عبدا... حسن‌آبادی[۱]، مسعود حسن‌زاده[۲*]، رضا بیات ترک[۲]

۱- شرکت مهندسی شایانیک، تهران، خیابان دکتر بهشتی، ساختمان ۲۸۴، شماره ۱۱، صندوق پستی ۳۷۶۵- ۱۵۸۷۵، ایران
۲- دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده مهندسی نساجی، اصفهان، کد پستی ۸۳۱۱۱-۸۴۱۵۶، ایران
* m.hassanzadeh@tx.iut.ac.ir

چکیده

هدف از انجام این تحقیق، بررسی عوامل موثر در راندمان دستگاه استنتر و ارائه برخی راهکارها جهت افزایش بهره وری، کاهش میزان مصرف انرژی و کاهش هزینه‌های استفاده از این دستگاه می‌باشد. نتایج ممیزی و ارزیابی انرژی در سالنهای تکمیل، چاپ و رنگرزی نشان می‌دهد که دستگاههای استنتر، یکی از پرمصرف‌ترین تجهیزات مصرف کننده انرژی فسیلی و الکتریکی در کارخانجات نساجی می‌باشند.

همچنین نتایج بررسیهای انجام شده، نشان می‌دهد که راندمان دستگاههای خشک‌کن و استنتر به شدت متاثر از پارامترهای آب و هوایی و جغرافیایی منطقه‌ای که کارخانه نساجی در آن واقع شده است، می‌باشد و در این میان نقش پارامترهایی نظیر؛ دمای متوسط سالانه، دمای محیط در هر لحظه، میزان رطوبت نسبی موجود در هوا، مشخصات جغرافیایی منطقه، مقدار ارتفاع از سطح دریا و ... بسیار مهم می‌باشد.

به این نکته نیز باید اشاره کرد که دستگاه استنتر متشکل از مجموعه‌ای از اطاقکهای حرارتی است که دمای هر یک از این اطاقکها باید بر اساس نوع پارچه، میزان رطوبت همراه پارچه، نوع و شرایط عملیات و ...، به درستی تنظیم گردد. همچنین، ضخامت و وزن پارچه، نوع رنگینه‌ها و مواد تعاونی بکار برده شده، سرعت عبور پارچه در امتداد استنتر، دبی هوای داغ و غیره، از جمله دیگر عوامل تاثیرگذار در راندمان تبخیر یا تثبیت حرارتی منسوج به شمار می‌روند. علاوه بر موارد فوق، به کارگیری صحیح سیستمهای کنترل نصب شده بر روی دستگاه استنتر یا بهبود آنها و همچنین استفاده از دستگاههای مدرن می‌تواند در افزایش بهره‌وری دستگاه، کاهش هزینه‌های جاری (بویژه هزینه انرژی مصرفی) و نهایتا در کاهش قیمت تمام شده محصول مربوطه موثر باشد.

واژه‌های کلیدی: دستگاه استنتر، حرارت، مصرف انرژی، بهره‌وری انرژی، کاهش هزینه‌ها، کارخانجات نساجی

۱- مقدمه

استنترها معمولا جز موثرترین و مهمترین ماشینهای موجود در یک سالن رنگرزی و تکمیل می‌باشند. این ماشینها با کنترلی که بر روی طول و عرض پارچه دارند، بر روی ظاهر، زیردست، ثبات ابعادی و سایر ویژگیهای پارچه تکمیل شده موثرند. بنابراین نقش مهم و حیاتی این دستگاهها در بخشهای تکمیل، چاپ و رنگرزی به خوبی آشکار است. از طرف دیگر، نتایج ممیزی و ارزیابی انرژی در سالنهای تکمیل، چاپ و رنگرزی نشان می‌دهد که دستگاههای استنتر، یکی از پرمصرف‌ترین تجهیزات مصرف کننده انرژی فسیلی و الکتریکی در کارخانجات نساجی می‌باشند. [۱]

هدف از انجام این تحقیق، بررسی عوامل موثر در راندمان دستگاه استنتر و ارائه برخی راهکارهای موثر جهت افزایش بهره وری، کاهش میزان مصرف انرژی و کاهش هزینه‌های استفاده از این دستگاه می‌باشد. نتایج بررسیهای انجام شده نشان می‌دهد که راندمان دستگاههای خشک‌کن و استنتر به شدت متاثر از پارامترهای آب و هوایی و جغرافیایی منطقه‌ای که کارخانه نساجی در آن واقع شده است، می‌باشد و در این میان نقش پارامترهایی نظیر؛ دمای متوسط سالانه، دمای محیط در هر لحظه، میزان رطوبت نسبی موجود در هوا، مشخصات جغرافیایی منطقه، مقدار ارتفاع از سطح دریا و ... بسیار مهم می‌باشد. همچنین، ضخامت و وزن پارچه، جنس پارچه، میزان رطوبت همراه پارچه، نوع و شرایط عملیات، نوع رنگینه‌ها و مواد تعاونی بکار برده شده، سرعت عبور پارچه در امتداد استنتر، دبی هوای داغ و ... از جمله دیگر عوامل تاثیرگذار در راندمان تبخیر یا تثبیت حرارتی منسوج به شمار می‌روند. علاوه بر موارد فوق، به کارگیری صحیح سیستمهای کنترل نصب شده بر روی دستگاه استنتر یا بهبود آنها و همچنین استفاده از دستگاههای مدرن می‌تواند در افزایش بهره‌وری دستگاه، کاهش هزینه‌های جاری (بویژه هزینه انرژی مصرفی) و نهایتا در کاهش قیمت تمام شده محصول مربوطه موثر باشد. [۲،۱]

۲- بخش تجربی

این تحقیق بر پایه انجام برخی مطالعات میدانی در کارخانجات نساجی کشور، شکل گرفته است و هدف اصلی آن بررسی عوامل موثر در راندمان دستگاه استنتر می‌باشد. همچنین سعی گردیده است تا با توجه به برخی از آزمونها و مشاهدات صورت گرفته در کارخانجات نساجی، راهکارهایی جهت افزایش بهره‌وری و راندمان دستگاههای استنتر و همچنین کاهش میزان مصرف انرژی در این دستگاهها ارائه گردد.

۳- خلاصه‌ای از استراتژیها و راهکارهای موثر جهت افزایش راندمان دستگاههای خشک‌کن و استنتر

با توجه به بررسیها و اندازه‌گیریهای انجام شده پیرامون عوامل موثر در راندمان دستگاه استنتر، راهکارهای ذیل را می‌توان جهت بهبود عملکرد دستگاههای استنتر، کاهش مصرف انرژی و افزایش راندمان آنها در کارخانجات نساجی، پیشنهاد نمود؛ کاهش میزان رطوبت همراه پارچه به روشهای مکانیکی یا تماسی قبل از ورود پارچه به دستگاه (تا آنجا که مقدور است و به کیفیت کالا لطمه وارد نمی‌گردد)، استفاده از سنسورهای تشخیص رطوبت و متناسب کردن سرعت و دمای مناطق حرارتی دستگاه با میزان رطوبت پارچه، [۳،۲] استفاده از مزیتهای جغرافیایی منطقه (بخصوص مناطقی که عموما دارای آب و هوای گرم و خشک هستند، نظیر مناطق مرکزی و جنوبی ایران)، [۴] جلوگیری از خشک شدن بیش از حد کالا، استفاده از برخی تکنولوژیهای برتر در زمینه فولارد و آبگیری از پارچه نظیر غلتکهای آبگیر شناور (Swimming Rolls)، توجه به پروفایل صحیح توزیع فشار در غلتکهای آبگیر و توزیع یکنواخت فشار در عرض پارچه عبوری و بطور کلی توجه به آبگیری یکنواخت پارچه‌ها پیش از ورود به خشک‌کن (در سایر انواع آبگیرها)، [۴] استفاده از منحنیهای حرارتی مختص هر منطقه و تنظیم بهینه دمای هر منطقه بر اساس نوع پارچه، میزان رطوبت همراه پارچه، نوع و شرایط عملیات و غیره، کنترل بهینه دستگاه و توجه هر چه بیشتر به مواردی نظیر؛ جنس، ضخامت و وزن پارچه، نوع رنگینه‌ها و مواد تعاونی بکار برده شده بر روی پارچه، سرعت عبور پارچه در امتداد استنتر، زمان ماند پارچه در استنتر و دبی هوای داغ، [۲،۱] توجه به وضعیت ایزولاسیون و عایقکاری در بدنه دستگاه استنتر، [۳،۲] توجه به وضعیت عایقکاری و ایزولاسیون در خطوط انتقال روغن داغ و بخار (در دستگاههایی که گرمایش آنها از طریق روغن داغ یا بخار انجام می‌شود)، [۴] جایگزینی سیستم گرمایش مشعل گازسوز به جای بویلر روغن، بهینه‌سازی دور فن‌ها در منطقه خنک‌کن، بهینه‌سازی دور فن‌های گردش هوا متناسب با نیاز فرآیند، توجه به تنظیمات دریچه‌های اگزوز (دمپرها)، [۴،۲] انجام سرویس‌کاری دستگاه بطور منظم با هدف جلوگیری از وارد آمدن

فشار مکانیکی بر دستگاه، کاهش استهلاک و افزایش طول عمر آن، [۵،۴] نصب تجهیزات بازیافت کننده حرارتی و استفاده گرمای هوای خروجی اگزوزها جهت مصارف دیگر نظیر؛ پیش گرمایش آب و ... [۵،۳]

همچنین، نظر به اینکه مصرف انرژی الکتریکی این دستگاه نسبتا زیاد است و با توجه به قیمتها و تعرفه‌های انرژی برق در کشور، توصیه می‌شود که حتی المقدور کارکرد دستگاه در زمان کم باری یا در زمان بار عادی شبکه برق (که هزینه برق در آن ساعات پایین است)، صورت گیرد. همچنین توصیه می‌شود که زمان سرویس‌کاری و تعمیرات دستگاه به ساعات اوج بار که هزینه برق در آن ساعات چندین برابر افزایش می‌یابد، منتقل گردد. [۴-۶]

ضمنا قابل ذکر است که پایین بودن راندمان دستگاههایی نظیر استنتر که یکی از بزرگترین و پرمصرف‌ترین تجهیزات از نظر انرژی فسیلی و الکتریکی در کارخانجات نساجی می‌باشند، خسارات و پیآمدهایی را به دنبال دارد که برخی از آنها عبارتند از؛ افزایش میزان مصرف انرژی، افزایش هزینه‌های مصرف انرژی (فسیلی و الکتریکی)، گرم شدن بیش از حد محیط سالن و سخت شدن شرایط محیط کار پرسنل، کاهش سرعت دستگاه، افزایش ساعات کار دستگاه و هزینه‌های کارگری، افزایش استهلاک، افزایش هزینه‌های تعمیر و تعویض قطعات و ... [۸،۷،۴]

۴- خسارات ناشی از پائین بودن راندمان حرارتی دستگاههای استنتر و خشک‌کن

از جمله معایب و زیانهای ناشی از پائین بودن راندمان حرارتی دستگاههای استنتر و خشک‌کن، می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد؛

- مصرف زیاد انرژی و افزایش هزینه‌های پرداختی بابت انرژی
- گرم شدن بیش از حد سالن
- افزایش ساعات کار و هزینه های کارگری، برق، سوخت و ...
- افزایش ضایعات
- افزایش استهلاک و افزایش هزینه‌های تعمیر و تعویض قطعات
- و غیره [۸،۷،۴]

۵- مطالعات موردی پیرامون عملکرد و راندمان دستگاههای استنتر در برخی از کارخانجات نساجی

در این قسمت به بررسی عملکرد دستگاههای استنتر در یکی از کارخانجات واقع در مناطق مرکزی و نیمه کویری کشور پرداخته و مشکلات اساسی این دستگاهها و همچنین راهکارهای قابل اجرا جهت بهبود عملکرد و افزایش راندمان آنها مورد بررسی قرار گرفته است.

در طی مطالعات موردی انجام شده، مشخص گردید که استنترهای سالن تکمیل و رنگرزی در کارخانه مورد مطالعه و به خصوص استنتر شماره ۴ این کارخانه از وضعیت مناسبی برخوردار نیست. خرابی غلتکهای آبگیر و عملکرد نامطلوب آنها و همچنین راندمان حرارتی بسیار پائین، از جمله مهمترین مشکلات موجود در استنتر شماره ۴ می‌باشد. دلایل این امر نیز مشخص بوده و می‌توان در این خصوص به عوامل ذیل اشاره نمود:

- نامناسب بودن وضعیت ایزولاسیون در دستگاه
- نایکنواختی عملیات آبگیری پارچه که علت آن نایکنواختی فشار وارده در عرض پارچه می‌باشد. در نتیجه میزان رطوبت در نقاط مختلف پارچه، متفاوت بوده و ناچاراً می‌بایست جهت خشک شدن کامل پارچه، دستگاه را با سرعت پائین راه اندازی کرد.

- عایق نبودن لوله های انتقال روغن داغ و از بین رفتن عایق بندی آنها در گذشته
- سایر موارد

قابل ذکر است که در زمان انجام مطالعات در استنتر شماره ۴، سرعت دستگاه جهت خشک نمودن پارچه مخلوط پنبه - پلی استر به وزن تقریبی ۲۲۰ g/m^2، حدود ۱۵ متر بر دقیقه است که رقم بسیار اندکی است و می‌توان با انجام تعمیرات لازم، آن را به حدود دو برابر افزایش داد. لذا در ذیل به محاسبه راندمان حرارتی استنتر شماره ۴ در وضعیت مشروحه و زیانهای ناشی از بی‌توجهی به تعمیر سیستم آبگیر در آن می‌پردازیم:

الف) محاسبه راندمان حرارتی در استنتر شماره ۴ کارخانه مورد مطالعه

جهت تامین حرارت مورد نیاز در استنتر شماره ۴، یک دیگ روغن به ظرفیت ۲,۵۰۰,۰۰۰ Kcal/hr به طور تمام ظرفیت در حال فعالیت است. بخشی از حرارت تولید شده که بوسیله جریان روغن به محل استنتر انتقال می‌یابد، به علت تلفات حرارتی ناشی از عدم ایزولاسیون و عایق‌بندی سطوح و لوله‌های انتقال در مسیر به هدر می‌رود. علاوه بر این راندمان حرارتی در دستگاه استنتر نیز بسیار پائین است. به عنوان مثال؛ اگر فرض شود که حدود ۵۰٪ از حرارت تولید شده توسط دیگ روغن به استنتر منتقل شود و با احتساب شرایط کار کنونی استنتر خواهیم داشت؛

سرعت عبور پارچه از دستگاه استنتر: ۱۵ m/min

عرض پارچه : ۲ متر

وزن هر متر مربع از پارچه : حدود ۲۲۰ گرم در هر متر مربع

میزان برداشت آب نسبت به وزن پارچه (Pick up٪) = ۶۰٪

لذا میزان پارچه عبورکرده از دستگاه استنتر در هر ساعت برابر است با:

۱۵ m/min × ۲ m × ۶۰ min/hr × ۰/۲۲ Kg/m^2 = ۳۹۶ Kg/hr

میزان رطوبت همراه پارچه :

۳۹۶ Kg/hr × ٪۶۰ = ۲۳۷/۶ Kg/hr

از آنجا که میزان حرارت لازم جهت افزایش دما و تبخیر یک کیلوگرم آب به ترتیب ۱ و ۵۴۰ کیلوکالری می‌باشد و با فرض اینکه دمای آب حدود ۲۰ درجه سانتیگراد باشد، میزان حرارت مورد نیاز پارچه جهت خشک شدن، برابر است با:

۱۴۸,۰۰۰ Kcal/hr (با فرض اینکه پارچه کاملا خشک شود)

$$\text{راندمان حرارتی} = \frac{148{,}000 Kcal/hr}{0.5 \times 2{,}500{,}000 Kcal/hr} \times 100 \approx \%11.9$$

همانطورکه ملاحظه می‌شود، راندمان حرارتی در استنتر مورد نظر بسیار اندک بوده و تنها در حدود ۱۲٪ است. در حالیکه حداقل راندمان قابل قبول برای آن، حدود ۷۰ -۶۰ درصد است؟! [۴]

ب) محاسبه میزان صرفه‌جویی در مصرف برق و هزینه‌های آن

توان الکتریکی مصرفی استنتر شماره ۴ حدود ۶۵ Kw می‌باشد که در صورت تعمیر سیستم غلتکهای آبگیر و افزایش سرعت آن به حدود ۳۵-۲۵ متر بر دقیقه، تعداد ساعات کاری این دستگاه کاهش یافته و دیگر نیازی نیست که در ساعات پایانی شیفت بعد از ظهر که در ساعات اوج بار شبکه برق کشور قرار دارد، این دستگاه را روشن نمود. (تذکر: هزینه انرژی

برق در ساعات اوج بار شبکه، چندین برابر ساعات دیگر شبانه روز می‌باشد.) [۶] با فرض اینکه، تعداد ساعات کار این دستگاه، حداقل چهار ساعت در روز کاهش یابد، هزینه صرفه‌جویی شده در بخش برق در یک روز برابر است با؛

مصرف عملی دستگاه استنتر شماره ۴ = ۶۵ Kw

قیمت برق در ساعات اوج بار = ۴۷۰ ریال به ازای هر کیلو وات ساعت (مطابق تعرفه‌های سال ۱۳۸۶) [۶]

ریال در روز ۱۲۲,۲۰۰= ریال ۴۷۰ × ۴ hr × ۶۵ Kw

حال با احتساب ۲۵ روز کاری در هر ماه و ۱۲ ماه در هر سال، خواهیم داشت:

ریال در یک سال ۳۶,۶۶۰,۰۰۰ = ۲۵ × ۱۲ × ۱۲۲,۲۰۰

لذا مشاهده می‌شود که با تعمیر سیستم آبگیر در استنتر شماره ۴، صرفاً هزینه صرفه‌جویی شده در بخش برق، بیش از ۳۶,۶۶۰,۰۰۰ ریال در سال می‌باشد. این در حالی است که هزینه تعمیر سیستم آبگیر در این ماشین، در مقابل مبلغ قابل صرفه‌جویی، ناچیز بوده و هزینه تعمیر آن سریعا جبران خواهد شد. [۴]

ج) محاسبه میزان صرفه‌جویی در مصرف سوخت و هزینه‌های آن

جهت تامین حرارت مورد نیاز استنتر شماره ۴ در سالن تکمیل و رنگرزی کارخانه مورد مطالعه، یک دیگ روغن به ظرفیت ۲,۵۰۰,۰۰۰ Kcal/hr فعال می‌باشد. دیگ روغن مذکور، در تمام مدت فعالیت خود با حداکثر توان شعله، به گرم کردن روغن می پردازد. سوخت مصرفی در مشعل دیگ روغن مذکور، گاز طبیعی بوده و مطابق اندازه‌گیری انجام شده بر روی مشعل دیگ روغن مذکور، دبی سوخت ورودی به مشعل، حدود ۲۶۵ متر مکعب در ساعت می‌باشد. حال اگر تعداد ساعات کار روزانه دستگاه استنتر، ۴ ساعت کاهش یابد، می‌توان به همین نسبت، میزان فعالیت دیگ روغن را نیز کاهش داد. بنابراین میزان صرفه‌جویی روزانه در مصرف گاز طبیعی برابر است با:

متر مکعب در روز ۱۰۶۰ = ۴ hr × ۲۶۵ m^3/hr

با فرض اینکه قیمت هر متر مکعب گاز طبیعی حدود ۲۰۰ ریال باشد، خواهیم داشت:

ریال در روز ۲۱۲,۰۰۰ = ریال ۲۰۰ × ۱۰۶۰ m^3

با فرض ۲۵ روز کاری در هر ماه و ۱۲ ماه در هر سال، خواهیم داشت:

متر مکعب در سال ۳۱۸,۰۰۰ = ۲۵ × ۱۲ × ۱۰۶۰

ریال در سال ۶۳,۶۰۰,۰۰۰ = ۲۵ × ۱۲ × ۲۱۲,۰۰۰

** تذکر: هزینه‌های فوق، بر مبنای قیمت ریالی بوده و در صورتیکه به قیمت جهانی انرژی نگریسته شود، میزان صرفه‌جویی واقعی، بسیار بیشتر از رقم بالا خواهد بود.* [۴]

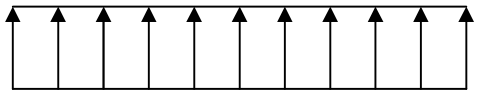
۶- غلتکهای فشاری شناور (Swimming Rollers) و تاثیر آن بر آبگیری یکنواخت پارچه‌ها

در دستگاه استنتر شماره ۴ کارخانه مورد مطالعه، آبگیری یکنواخت و کامل در قسمت ورودی خشک‌کن دستگاه انجام نمی‌شود و این موضوع باعث اتلاف شدید انرژی و نیز کاهش سرعت عبور پارچه در این دستگاه می‌شود. حال آنکه در بین کارشناسان فنی، این اصل مهم پذیرفته شده است که آبگیری خوب، نیمی از پروسه خشک کردن را کامل می‌کند.

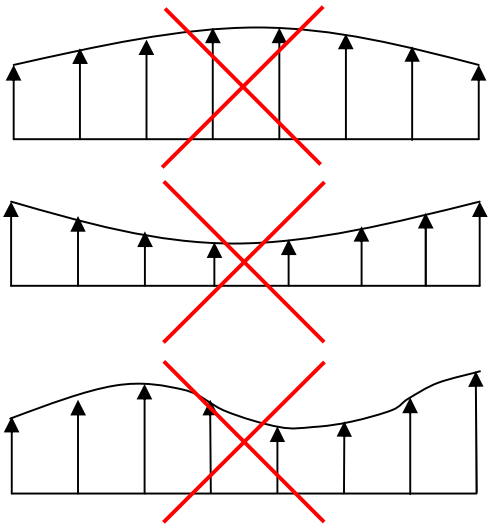
علت عدم یکنواختی آبگیری در عرض پارچه، اشکال در سیستم توزیع پروفایل فشار در غلتکهای آبگیر می‌باشد. هر چند که در این دستگاه از تکنولوژی بسیار پیشرفته غلتکهای آبگیر شناور (Swimming Rollers) استفاده شده است، اما هم اکنون

به دلیل نداشتن سیستم تعمیر و نگهداری (Preventive Maintenance) صحیح و مناسب (بر مبنای پیشنهادات سازندگان دستگاه) و نیز عدم استفاده از قطعات استاندارد، این سیستم کارآیی خود را از دست داده است. [۴]

قابل ذکر است که پروفایل صحیح و پروفایلهای ناصحیح فشار در غلتکهای آبگیر که توسط سیستم غلتکهای شناور و سایر مکانیزمهای تعدیل فشار ایجاد می‌گردد، به ترتیب در شکل ۱ و ۲ نشان داده شده است. قابل ذکر است که پروفایلهای غلط و ناصحیح توزیع فشار، به علت نداشتن سیستمهای تعدیل فشار و یا عدم استفاده صحیح از آنها بوجود می‌آیند.



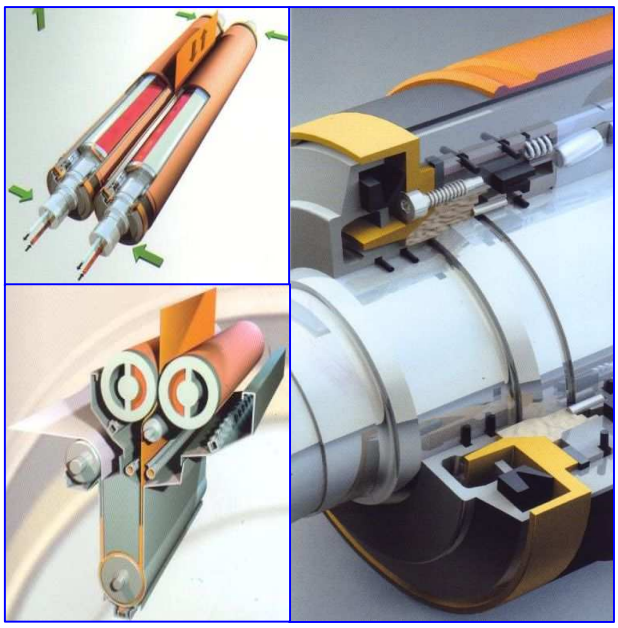
شکل ۱. پروفایل صحیح توزیع فشار در عرض پارچه به هنگام آبگیری توسط غلتکهای آبگیر



شکل ۲. پروفایلهای ناصحیح توزیع فشار در عرض پارچه به هنگام آبگیری توسط غلتکهای آبگیر

۷- نتیجه‌گیری

با توجه به بررسیهای انجام شده در مورد بهره‌برداری و استفاده صحیح از قابلیتهای دستگاههای استنتر، ثابت شد که می توان با انجام برخی اقدامات نسبتا ساده، بهره‌وری دستگاه را تا حد زیادی ارتقا داد و نهایتا در بهبود کیفی و کمی راندمان دستگاه، کاهش مصرف انرژی و کاهش قیمت تمام شده کالا، نتایج قابل توجهی را کسب نمود. همچنین در این مقاله سعی شده است تا چند نمونه از راهکارها و اقدامات قابل اجرا در این زمینه، به صورت پیشنهادات اجرایی ارائه گردند.



شکل ۳. نمایی از غلتکهای آبگیر شناور (Swimming Rollers) و مکانیزم اعمال فشار در آنها

۸- مراجع

1. Profitable Energy Savings in the Textile Industry: 12th Shirley International Seminar, Shirley Institute, (Didsbury, Manchester) 16-18 September 1980.
2. N. Mehta, “Energy Saving in Textile Processing”, Harish Enterprise Pvt. Ltd.
3. “Ems textile - Energy Efficiency Practices”, Intelligent Energy Europe, March 2006.

۴. پروژه‌های مطالعاتی شرکت مهندسی شایانیک، تهران، ۸۵-۱۳۸۳.

۵. رضاپور، کامبیز، زربخش، محمد حسن؛ مبانی صرفه‌جویی و اصول مدیریت انرژی، وزارت نیرو - سازمان بهره‌وری انرژی ایران (سابا)، تهران، ۱۳۸۵.

۶. پایگاه اینترنتی شرکت سهامی مدیریت تولید، توزیع و انتقال نیروی برق ایران (توانیر)، تعرفه‌های صنعت برق، http://tariff.tavanir.org.ir/

۷. حسن‌آبادی، عبدا...؛ جزوه درسی ماشینهای رنگرزی و تکمیل، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۸. نصیری، محمود؛ بررسی دستگاه استنتر، دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳۷۷.