اندازه‌گیری کشش نخ در بافندگی با استفاده از حسگر غیر تماسی

سید عباس میر جلیلی[1]، فرهاد ثنائی[2*]

1- دانشگاه یزد، دانشکده نساجی، یزد، ایران.
email: sanaei_tex@yahoo.com -*2

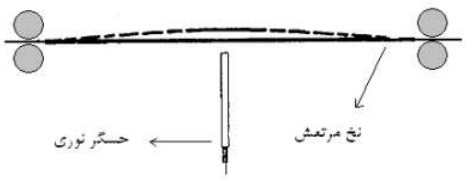
چکیده

برای اندازه‌گیری کشش نخ از کشش‌سنجها استفاده می‌شود که عمدتا به صورت کشش‌سنجهای تماسی می‌باشند. در کشش‌سنجهای نوع تماسی بدلیل تماس مستقیم نخ با حسگر کشش‌سنج و اعمال کشش اضافی به نخ، مقدار عددی کشش نخ اندازه گیری شده، از دقت کافی برخوردار نبوده و دارای خطا می‌باشد. در مقاله حاضر، یک نوع کشش سنج معرفی شده که قادر است کشش نخ را توسط یک حسگر غیر تماسی اندازه گیری کند. اصول کار این کشش سنج بر پایه ارتعاشات مکانیکی می باشد. در این نوع کشش‌سنج با اندازه‌گیری فرکانسهای طبیعی نخ، می توان مقدار کشش ثابت در نخ را در حالتهای استاتیکی و دینامیکی اندازه گیری نمود.. در این مقاله عملکرد کشش سنج غیرتماسی در حالت استاتیکی و تاثیر متغییر های مختلف روی آن، مورد بررسی قرار گرفته است. با مقایسه و بررسی مقادیر تئوری با نتایج آزمایشگاهی، دیده شده است که دقت عملکرد کشش سنج غیر تماسی، بالای 95٪ می باشد.

واژه‌های کلیدی: کشش نخ، کشش‌سنج غیر تماسی، نخ مرتعش، فرکانس طبیعی نخ.

1- مقدمه

کشش اعمال شده به نخ، در بیشتر فرآیندهای تولیدی نساجی اعم از بافندگی، نقش عمده‌ای را دارد که مستقیما در کیفیت منسوجات اثرگذار است. اندازه‌گیری کشش نخ در بافندگی، یکی از فاکتورهای مهم کنترلی است که در بازده ماشین‌آلات سهم عمده‌ای را داراست. با اندازه‌گیری و کنترل دقیق کشش نخ سرعت ماشینهای بافندگی حداقل 30٪ افزایش می‌یابد**[1]**. کشش-سنجها و حسگرهای گوناگونی برای اندازه گیری کشش نخ در نساجی ارائه شده است ولی اکثر کشش سنجها دارای حسگری با تماس مستقیم با نخ می باشند. که مشکلاتی اعم از سایش نخ و افزایش پرزینگی و تغییر تاب را پی دارد**[2]**. کشش‌سنجهای غیرتماسی، قادرهستند بدون اعمال کشش اضافی در نخ و تغییر در تاب و ساختمان نخ،کشش نخ را اندازه گیری نمایند**[3]**. این مقاله، یک نوع کشش سنج را برای اندازه‌گیری کشش نخهای تار در بافندگی را معرفی می کند. این کشش سنج قادر است با یک حسگر نوری که به صورت غیر تماسی فرکانس ارتعاشات آزاد نخ را حس می کند، نیروی کشش ثابت اعمال شده به نخ تار را بر آورد کند(شکل 1).

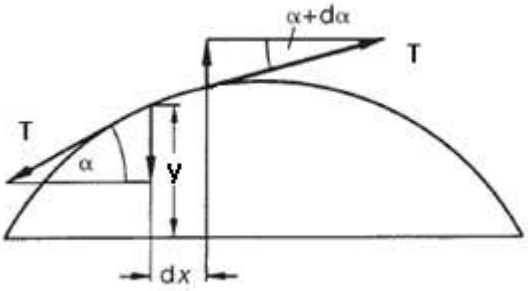


شکل 1. کشش‌سنج غیر تماسی با حسگر نوری

در این مقاله، ابتدا رابطه فرکانس طبیعی نخ با کشش اعمال شده به نخ را با استفاده از معادله موج در نخ مرتعش را بدست می-آوریم. سپس با مطالعه عددی، مقادیر فرکانس طبیعی نخ را برای کشش اعمال شده بدست می‌آوریم. در مرحله آخر، مقادیر بدست آمده از مطالعه عددی را با روش آزمایشگاهی، در حالت استاتیکی مقایسه می‌نماییم.

2- روابط ریاضی

برای اندازه‌گیری کشش نخ به روش غیر تماسی، ارتعاشات آزاد نخ را مورد بررسی قرار می دهیم. برای این منظور، یک موج عرضی در نخ مرتعش تحت کشش را مورد ارزیابی قرار می دهیم.
با توجه به شکل 2، هنگامی که جزء dx نخ به اندازه y از موقعیت اولیه خود جابجا می شود.



شکل 2. تغییر مکان یک موج عرضی در سیم مرتعش تحت کشش

نیروی کشش T_y اعمال شده به نخ، باعث برگشت نخ به حالت اولیه میشود که از رابطه 1 بدست آید:

$$T_y = T\sin\alpha - T\sin(\alpha + d\alpha) \quad (1)$$

α زاویه بین محور x و محور y می‌باشد. بنابراین:

$$\tan\alpha = \frac{\partial y}{\partial x} \quad (2)$$

به علت کوچک بودن y می‌توان نوشت: $\alpha = \sin\alpha = \tan\alpha$ پس از رابطه 2 داریم:

$$d\alpha = \frac{\partial^2 y}{\partial x^2}dx \quad (3)$$

و از رابطه 1 می توان نوشت:

$$T_y = -T\frac{\partial^2 y}{\partial x^2}dx \quad (4)$$

جزم جزء نخ dx برابر است با:

$$dm = \rho' q dx \quad (5)$$

در اینجا q= مساحت سطح مقطع، ρ'= جرم مخصوص نخ می باشدواز معادله حرکت داریم:

$$dm = \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = -T_y \quad (6)$$

با استفاده از 4 و 5 معادله حرکت را بدست میآوریم:

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = \frac{T}{\rho' q}\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} \qquad (7)$$

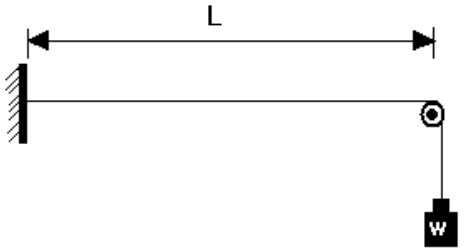
با فرض کردن $y(x,t) = f(x)\cos\omega t$ و با قرار دادن $\rho = \rho' q$ میتوان معادله فرکانس اولیه (پایه) نخ را با کشش نخ نوشت:

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{T}{\rho}} \qquad (8)$$

با استفاده از رابطه (8) می توان با بدست آوردن فرکانس طبیعی نخ، ارتباط بین هریک از متغییرهای طول(m)، چگالی(Kg/m) و کشش نخ (N) را با فرکانس طبیعی نخ (Hz) را بدست آورد.

4- بخش تجربی

در این نوع کشش سنج غیر تماسی، حسگر بکار رفته از یک فیبر نوری با قطر 0/9 میلیمتر و یک تقویت کننده سرعت بالا تشکیل شده است. با یک میکرو کنتلر AVR سیگنال دریافتی پردازش شده و فرکانس طبیعی نخ نمایش داده می شود. سپس با استفاده از نرم افزار کشش سنج نیروی کشش اعمال شده به نخ محاسبه می شود. در این مقاله، فقط فرکانس اول (پایه) نخها، تحت بررسی قرار گرفته است. برای آزمایش در حالت استاتیکی، یک سر نخها ثابت و به سر دیگر نخها یک وزنه آویزان شد(شکل 3). سپس حسگر در فاصله L قرار داده شد و نخ تحت ارتعاش قرار گرفت و با برآورد فرکانس نخ مرتعش، کشش نخ محاسبه گردید.



شکل 3. نخ تحت کشش در حالت استاتیکی

در این آزمایش، از دو نوع نخ نایلونی و پلی استری برای اندازه گیری فرکانس طبیعی نخ و برآورد نیروی کششی استفاده شد. برای آزمایش، از نخ نایلونی تک فیلامنتی در یک طول ثابت 0/5 متری استفاده گردید که یک سر نخ ثابت و از سر دیگر آن وزنه 4 نیوتنی آویزان بود. با استفاده از کشش سنج غیر تماسی آزمایش با قطرهای مختلف انجام گرفت که در جدول 1 آورده شده است. لازم به ذکر است که شرایط برای تمام نخها ثابت نگه داشته شد و فقط قطر نخ متغییر بود.
در این جدول فرکانس طبیعی محاسبه شده در حالتهای تئوری و عملی نشان داده شده است. با مقایسه مقادیر بدست آمده با مقادیر تئوری،مشاهده میگردد که دقت عملکرد کشش‌سنج بالای 95٪ می‌باشد.
همچنین، آزمایش برای نخ پلی استر منقطع دو لا با نمره نخ Ne 40/2 در طول 1 متری تحت وزنه های اعمال شده متفاوت، انجام شد که نتایج آن در جدول شماره 2 آورده شده است. در این آزمایش با اعمال وزنه های مختلف در طول ثابت و قطر یکسان فرکانس طبیعی و نیروی کشش نخ در حالتهای تئوری و عملی با هم مورد مقایسه قرار گرفته است.
همانطور که از اختلاف بین مقادیر تجربی و تئوری ملاحظه می گردد، دقت عملکرد ستگاه در قطر های زیز 0/2

میلیمتر پایین می باشد.

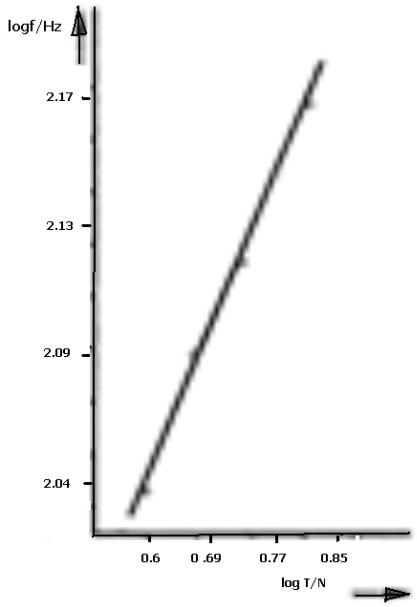
جدول 1. فرکانسهای طبیعی نخ نایلون با قطرهای مختلف در حالتهای تئوری و عملی در طول 0/5 متر و کشش 4 نیوتن.

	قطر (میلیمتر)	فرکانس تئوری (هرتز)	فرکانس تجربی (هرتز)
نایلون	0/3	220/56	219
	0/4	165/42	163/5
	0/5	132/33	132
	0/6	110/27	109
	1	66/16	64

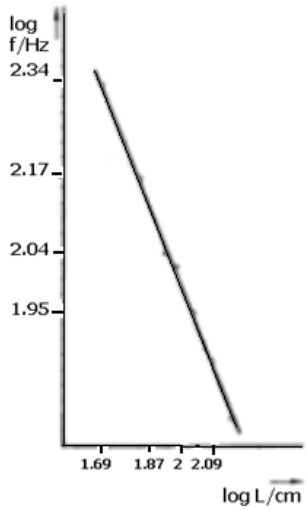
جدول 2. فرکانسهای طبیعی نخ پلی‌استر با وزنه های مختلف در حالتهای تئوری و عملی در طول 1 متر و نمره نخ Ne 40/2

	کشش اعمال شده(نیوتن)	فرکانس تئوری(هرتز)	فرکانس تجربی(هرتز)
پلی استر	1/5	111/61	84
	2	128/88	92/5
	2/5	144/09	115

با استفاده از مقادیر بدست آمده میتوان ارتباط بین فرکانس طبیعی نخ با کشش نخ و همچنین ارتباط بین متغییرهای موثر با فرکانس طبیعی نخ را با استفاده از رگرسیون خطی نمایش داد. در شکلهای 4 و 5 این نمودارها نشان داده شده‌اند.



شکل 4. نمودار ارتباط بین فرکانس طبیعی با کشش نخ را در نخ تک فیلامنت نایلون با قطر 0/3 میلیمتر و به طول 1 متر را در حالت استاتیکی نمایش می دهد.



شکل 5. نمودار ارتباط بین فرکانس طبیعی نخ باطول نخ تحت آزمایش را تحت نیروی کشش 4 نیوتنی، برای نخ تک فلامنت نایلون 0/3 میلیمتری را نشان می دهد.

5- نتیجه‌گیری

در این مقاله یک نوع دستگاه کشش‌سنج با حسگر غیر تماسی معرفی شد که عملکرد آن بر پایه ارتعاشات مکانیکی می باشد. با سنجش فرکانس طبیعی نخ مرتعش، کشش ثابت نخ برای دو نوع نخ نایلونی و پلی استری مورد محاسبه قرارگرفت.

با مقایسه نتایج محاسبه شده از روابط تئوری و نتایج عملی بدست آمده از کشش‌سنج در حالت استاتیکی، مشاهده گردید که عملکرد این کشش‌سنج در نخهای با از مواد جرم مخصوص بالا و قطرهای بالای 0/2 میلیمتر، با دقت بالای 95٪ می‌باشد. همچنین ارتباط و تاثیر متغییرهای مختلف بر روی فرکانس طبیعی اندازه گیری شده، مشخص گردید. با استفاده از کشش‌سنج غیر تماسی می توان کشش انواع مختلف رشته های صنعتی اعم از سیمها را نیز اندازه‌گیری نمود. دقت مطلوب درعملکرد کشش‌سنج غیر تماسی و سرعت بالای حسگر آن و همچنین انتقال سریع داده ها به رایانه، استفاده از این کشش‌سنج را در سیستمهای کنترلی ماشینهای مدرن ممکن می سازد.

6- مراجع

1. Niederer, K., “Achieving Tension Control in Yarn Processing”, International Fibre Journal, Quality Control Instrumentation, pp.46-52, October 2000.
2. International Patent Application no. PCT/GB/2004/004308 .Tension Measurement., May 2005.
3. Vanijvongse P., “The evaluation of a novel non-contact yarn tension measuring instrument”, M.Sc.Dissertation, University of Leeds, September 2003