

تأثیر هندسه نخ‌های صنعتی (برید) بر کارتاحد پارگی آنها

مجید صفر جوهریⁱ، هادی دبیریانⁱⁱ

چکیده

در این مقاله، تأثیر هندسه نخ‌های صنعتی (برید) بر فاکتور کارتاحد پارگی بحث و بررسی می‌شود. در این ارتباط، پارامترهایی مانند زاویه بافت، محل استقرار مغزی‌ها، تراکم بافت در ساختار برید و شکل سطح مقطع برید بررسی شده‌است. نتایج آزمایش‌ها حاکی از آن است که با افزایش زاویه بافت و نیز افزایش تراکم برید، کارتاحد پارگی افزایش می‌یابد. همچنین کارتاحد پارگی برید با مغزی متمرکز بیشتر از کارتاحد پارگی برید با مغزی مجزاست. با افزایش تعداد کنج‌ها در سطح مقطع برید، کارتاحد پارگی کاهش می‌یابد.

کلمات کلیدی

برید، کارتاحد پارگی، زاویه بافت، مغزی متمرکز، مغزی مجزا، تراکم بافت، شکل سطح مقطع.

Effect of the Structural Geometry on the Work of Rupture of Industrial Yarn(Braid)

M.S.Johari
Associate Professor
Amirkabir University of Technology

H.Dabiriyani
Ms Graduated
Amirkabir University of Technology

Abstract

This paper discussed the effect of the structural geometry on the work of rupture of industrial yarn (braid). In the present work, parameters that have been discussed are: weave angle, the position of the core and weaving density. The results showed that by increasing the weave angle and weaving density, the work of rupture increase. Further more, the work of rupture of braids with central core are more than braids with separated core. By increasing the number of angle in cross-section of braid, the work of rupture decreases.

Keywords

Braid, work of rupture, weave angle, Central core, Separated core, weaving density, cross-section

ⁱ دانشیار دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر E-mail: mjohari@aut.edu

ⁱⁱ فارغ التحصیل کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی امیرکبیر E-mail: h.dabiryan@gmail.com

صنعت بریدینگ همچون صنایع دیگر، به مطالعات اولیه و ارائه راهکارهای مناسب به منظور پیشرفت و بهبود فنی و تکنولوژیکی نیازمند است. از این رو، مطالعات صورت گرفته به دو بخش تقسیم شده است: بخش اول شامل پژوهش‌هایی است که باعث ارتقای ماشین‌آلات صنعت بریدینگ شده و بخش دوم شامل بررسی تأثیر متغیرهای تولید در زمینه خواص مواد اولیه، فرآیند تولید و خواص محصول تولیدی است.

برید عبارت است از ساختاری که از طریق عبور متقاطع و اریب رشته‌هایی از مواد اولیه که در مسیرهای از پیش تعیین شده (که به طور متناوب از زیر و روی یک یا چند رشته دیگر که در جهت مخالف هم قرار دارند) حرکت می‌کند، تشکیل می‌شود [۱].

یکی از مهم‌ترین ویژگی بریده‌ها، کار تا حد پارگی آنهاست [۲]. گستردگی عوامل مؤثر بر کار تا حد پارگی بریده‌ها به حدی است که پرداختن به همه آنها در یک پژوهش غیرممکن می‌باشد. از این رو، در این تحقیق صرفاً تأثیر هندسه برید بر کار تا حد پارگی آن مطالعه و بررسی شده است.

۲- تحلیل تئوری

عوامل مورد بررسی در این تحقیق، عبارت است از: زاویه بافت برید، محل استقرار مغزی‌ها در ساختار برید، تراکم بافت برید و شکل سطح مقطع برید که ذیلاً تأثیر هر کدام بر فاکتور کار تا حد پارگی به صورت تئوری مورد مطالعه قرار می‌گیرند. کار تا حد پارگی عبارت است از میزان انرژی صرف شده از طریق اعمال نیرو بر طول مشخصی از برید که آن را به گسیختگی دچار می‌سازد. به عبارت دیگر این مقدار، برابر است با حاصل ضرب نیرو در ازدیاد طول برید:

$$W_R = F \times d \quad (1)$$

در رابطه (۱) پارامترها عبارت است از:

W_R : کار تا حد پارگی برید

F : نیروی وارد بر برید

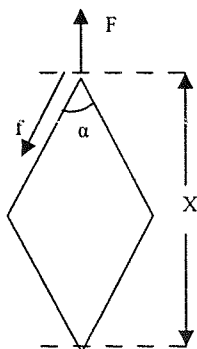
d : ازدیاد طول برید

همان‌گونه که در رابطه (۱) مشاهده می‌شود، این ویژگی به دو پارامتر «نیرو» و «ازدیاد طول» بستگی دارد؛ و به همین خاطر برای بررسی تأثیر پارامترهای هندسی برید بر عامل

کار تا حد پارگی در هر بخش، دو فاکتور «نیرو» و «ازدیاد طول» مورد بحث قرار می‌گیرد.

۲-۱- تأثیر زاویه بافت بر کار تا حد پارگی برید

زاویه بافت برید (α): عبارت از زاویه‌ای است که دو رشته دارای جهت‌های مخالف با یکدیگر می‌سازند [۲]، (شکل ۱). همان‌طور که در شکل (۱) مشاهده می‌شود، نیروی وارد بر رشته‌های برید با کسینوس زاویه بین رشته‌ها و محور برید در نقطه پارگی مستقیماً تغییر می‌کند. علت این امر تجزیه نیروی وارد، بر حسب کسینوس زاویه بافت بر روی اجزای تشکیل دهنده برید (نخ‌های بافت) می‌باشد.



شکل (۱): نمایش زاویه بافت و نیروهای وارد بر واحد بافت یک

برید [۲]

در رابطه (۲) ارتباط بین نیروهای وارد به رشته‌ها، نیروی وارده بر برید و زاویه بافت نشان داده شده است:

$$F = \frac{f}{\cos(\alpha/2)} \quad (2)$$

در این رابطه، پارامترها عبارت است از:

f : نیروی وارد بر نخ‌های بافت

α : زاویه بافت

F : نیروی وارد بر برید

رابطه (۲) بیانگر آن است که با افزایش زاویه بافت برید (α) مقدار نیروی وارد بر برید (F) افزایش می‌یابد. با توجه به این موضوع که فاکتور کار تا حد پارگی رابطه مستقیمی با نیرو دارد، لذا می‌توان گفت که با افزایش زاویه بافت برید، مقدار کار تا حد پارگی آن افزایش می‌یابد [۲].

۲-۲- تأثیر محل استقرار مغزی‌ها بر کار تا حد پارگی

برید

به‌طور کلی دو نوع مغزی در ساختار برید به‌کار می‌رود [۱]: یکی مغزی مرکزی است که در مرکز و دیگری مغزی جانبی است که در لابلای نخ‌های بافت به برید تغذیه می‌شود. اگر هر یک از مغزی‌ها در محل اصلی خود تغذیه شود، برید با مغزی مجزا تولید می‌گردد (شکل ۲-الف). چنانچه هر دو نوع مغزی در مرکز برید تغذیه شود، برید با مغزی متمرکز تولید خواهد شد (شکل ۲-ب). تفاوت هندسی این دو نوع برید بر مقدار کار تا حد پارگی آن تأثیر خواهد گذاشت.

برای بررسی تأثیر محل استقرار مغزی‌ها بر روی کار تا حد پارگی برید، ابتدا از دیدگاه «نیرو» آن را مطالعه می‌کنیم. در برید با مغزی متمرکز، چنانچه مغزی‌ها از قانون نخ ایده‌آل پیروی کنند، در آن صورت به دلیل نیروی اعمال شده از طرف نخ‌های بافت، مغزی‌ها به پدیده مهاجرت دچار شده و نقاط درگیری آنها بیشتر می‌شود، با این توضیح می‌توان گفت که در این حالت، مغزی‌ها به دلیل وجود نقاط درگیری، نیروی بیشتری را در راستای محور برید تحمل می‌کنند. این موضوع، بیانگر آن است که در برید با مغزی متمرکز نسبت به برید با مغزی مجزا به دلیل افزایش نیرو، کار تا حد پارگی بیشتر خواهد بود. اکنون می‌توان به موضوع فوق از دیدگاه «ازدیاد طول» نگریست. در شکل (۲-الف) سطح مقطع یک برید با مغزی متمرکز را نشان می‌دهد. اگر فرض شود که مساحت سطح جانبی هر یک از استوانه‌ها A_y باشد، در چنین حالتی تقریباً سه چهارم سطح جانبی مغزی با نخ‌های بافت درگیر است؛ زیرا یک چهارم این سطوح با هم در تماس است که با نخ‌های بافت، نقطه برخوردی ندارد. به همین خاطر با دقت کافی می‌توان نوشت:

$$A_e = \frac{3}{4} A_y \quad (۳)$$

$$A_{IT} = 6 A_y \quad (۴)$$

در این روابط، پارامترها عبارت است از:

A_y : مساحت جانبی مغزی

A_e : مساحت مؤثر مغزی (درگیر با نخ‌های بافت)

A_{IT} : مساحت کلی درگیر با نخ‌های بافت در حالت اول (برید با مغزی متمرکز)

با ادغام دو رابطه (۳) و (۴) می‌توان نتیجه گرفت:

$$A_{IT} = \frac{9}{2} A_y \quad (۵)$$

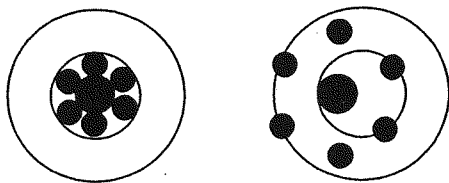
اما در برید با مغزی مجزا که مغزی‌ها به‌طور جداگانه در ساختار برید به‌کار می‌روند (شکل ۲-ب)، تمام سطوح جانبی مغزی‌ها با نخ‌های بافت در تماس است، لذا این مساحت برای حالتی که شش مغزی مجزا در ساختار برید به‌کار رفته است برابر خواهد بود با:

$$A_{2T} = 6 A_y \quad (۶)$$

با مقایسه روابط (۵) و (۶) می‌توان نتیجه گرفت:

$$A_{2T} > A_{IT} \quad (۷)$$

رابطه (۷) بیانگر این موضوع است که سطح آزاد تماس نخ‌ها با یکدیگر در برید با مغزی مجزا بیشتر است، لذا فضای بیشتری برای لغزش نخ‌های بافت بر روی مغزی‌ها وجود دارد که سبب ازدیاد طول برید می‌شود. مطابق این استدلال می‌توان گفت که مقدار کار تا حد پارگی در برید با مغزی مجزا بیشتر است. همان‌گونه که ملاحظه شد، چنانچه از دیدگاه «نیرو» به قضیه کار تا حد پارگی بریدها نگاه شود، برید با مغزی متمرکز، مقدار کار تا حد پارگی بیشتری خواهد داشت؛ و این در حالی است که اگر این بررسی از دیدگاه «ازدیاد طول» صورت پذیرد در آن صورت مقدار کار تا حد پارگی برید با مغزی مجزا بیشتر خواهد بود. برای پی بردن به این موضوع که تأثیر کدامیک از دو پارامتر «نیرو» و «ازدیاد طول» در مقدار کمی فاکتور کار تا حد پارگی بیشتر است، آزمایش‌های تجربی بر روی بریدها انجام شد که در بخش آزمایش‌ها به آنها اشاره خواهد شد.

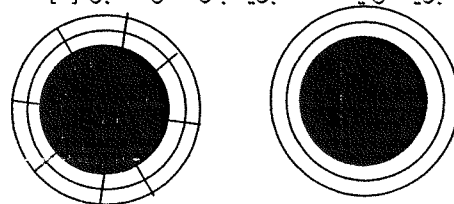


الف- برید با مغزی مجزا ب- برید با مغزی متمرکز
شکل (۲): نمایش سطح مقطع برید با مغزی‌های متفاوت

۲-۳- تأثیر تراکم بافت بر کار تاحد پارگی برید

تراکم بافت در بریدها عبارت است از نحوه قرارگیری نخ‌های بافت به صورت پهلو به پهلو یا فاصله دار در ساختار برید [۳]. نخ‌های بافت را در ساختار برید هم می‌توان به صورت متراکم و پهلو به پهلو کنار یکدیگر قرار داد (شکل ۲-ب) و هم می‌توان آنها را به صورت باز و با فاصله در ساختمان برید به کار برد (شکل ۲-الف) [۳].

چنانچه نخ‌های بافت در ساختار برید به صورت متراکم و پهلو به پهلو بکار روند، برید به دست آمده «برید متراکم» و اگر نخ‌های بافت به صورت باز و با فاصله در ساختار برید بکار روند، برید تولید شده «برید باز» خواهد بود [۳].

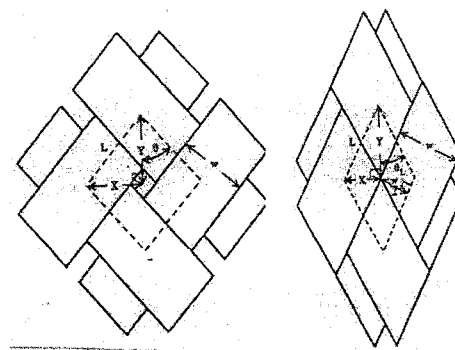


الف - سطح مقطع برید باز ب - سطح مقطع برید متراکم

شکل ۳: نمایش سطح مقطع برید [۳]

برای بررسی تأثیر تراکم بافت بر روی کار تاحد پارگی آن، دو واحد بافت، یکی از حالت متراکم و دیگری از حالت باز برید در نظر گرفته شده است. همانگونه که در شکل (۴) مشاهده می‌شود، پارامترهای واحد بافت مشخص شده است که مهم‌ترین این پارامترها زاویه بافت (θ) ، فاصله بافت (Y) و طول مؤثر نخ بافت (L) می‌باشد.

در شکل (۴) یک واحد از بافت این دو نوع برید نشان داده شده است.



الف - برید متراکم ب - برید باز

شکل (۴): نمایش دو واحد بافت برید [۳]

برای تجزیه و تحلیل تأثیر تراکم بافت برید بر کار تاحد پارگی آن، فرضیات زیر در نظر گرفته می‌شود [۳]:

۱- نخ‌ها باید تابع هندسه نخ‌های ایده آل باشد.

۲- نخ‌ها باید کاملاً الاستیک بوده و از قانون هوک پیروی کند.

۳- نخ‌ها باید تراکم ناپذیر باشد.

با در نظر گرفتن فرضیات و شکل‌های فوق می‌توان نوشت:

$$\cos(\theta_0) = \frac{Y_0}{L_0} \quad (8)$$

$$\cos(\theta_{L_0}) = \frac{Y_{L_0}}{L_{L_0}} \quad (9)$$

در این روابط، پارامترها عبارت است از:

Y_0 : فاصله بافت برید باز قبل از اعمال نیرو

Y_{L_0} : فاصله بافت برید متراکم قبل از اعمال نیرو

L_0 : طول مؤثر نخ بافت در برید باز قبل از اعمال نیرو
 (منظور از طول مؤثر، طول یک ضلع از واحد بافت برید در شکل (۴) می‌باشد).

L_{L_0} : طول مؤثر نخ بافت در برید متراکم قبل از اعمال نیرو

θ_0 : زاویه بافت در برید باز پس از اعمال نیرو

θ_{L_0} : زاویه بافت در حالت متراکم پس از اعمال نیرو

چنانچه نیروی T_y به بریدها اعمال شود در آن صورت، تغییرات طولی در رشته‌های این دو نوع برید از روابط (۱۰) و (۱۱) به دست می‌آید:

$$L = L_0(1 + \varepsilon_y) \quad (10)$$

$$L_L = L_{L_0}(1 + \varepsilon_{L_y}) \quad (11)$$

در این روابط، پارامترها عبارت است از:

L : طول مؤثر نخ بافت در برید باز پس از اعمال نیرو

L_L : طول مؤثر نخ بافت در برید متراکم پس از اعمال نیرو

ε_y : کرنش نخ بافت در برید باز

ε_{L_y} : کرنش نخ بافت در برید متراکم

به همین ترتیب از دیاد طول محوری بریدها در اثر اعمال نیرو نیز بر اساس روابط ۱۲ و ۱۳ به دست می‌آید:

$$Y = Y_0(1 + \varepsilon_z) \quad (12)$$

$$Y_L = Y_{L_0}(1 + \varepsilon_{L_z}) \quad (13)$$

در این روابط، پارامترها عبارت است از:

Y : فاصله بافت در برید باز پس از اعمال نیرو

Y_L : فاصله بافت در برید متراکم پس از اعمال نیرو

ε_z : کرنش محوری برید باز

ε_{Lz} : کرنش محوری برید متراکم می باشد.

به دلیل اعمال نیرو در راستای محور برید، نخ‌های بافت تحت کشش قرار می‌گیرد و به همین خاطر، جهت آنها در راستای نیرو و زوایای بافت آنها نیز تغییر خواهد کرد که مقادیر آنها از روابط زیر به دست می‌آید:

$$\cos(\theta) = \frac{Y}{L} \quad (14)$$

$$\cos(\theta_L) = \frac{Y_L}{L_L} \quad (15)$$

در این روابط، پارامترها عبارت است از:

θ : زاویه بافت در برید باز پس از اعمال نیرو

θ_L : زاویه بافت در برید متراکم پس از اعمال نیرو می باشد.

با قرار دادن روابط (۱۰) و (۱۲) در رابطه (۱۴) برای برید باز می‌توان نوشت:

$$\cos\theta = \frac{1 + \varepsilon_z}{1 + \varepsilon_y} \cdot \frac{Y_0}{L_0} \quad (16)$$

با قراردادن رابطه (۸) در رابطه (۱۶)، رابطه ۱۷ بدست می‌آید:

$$\cos\theta = \frac{1 + \varepsilon_z}{1 + \varepsilon_y} \cos\theta_0 \quad (17)$$

به طور مشابه برای حالت متراکم می‌توان رابطه (۱۸)

را بدست آورد:

$$\cos\theta_L = \frac{1 + \varepsilon_z}{1 + \varepsilon_y} \cos\theta_{L0} \quad (18)$$

با تغییر روابط (۱۷) و (۱۸) مقادیر ازدیاد طول نسبی

نخ‌های بافت در دو حالت باز و متراکم بدست می‌آید:

$$\varepsilon_y = (1 + \varepsilon_z) \frac{\cos\theta}{\cos\theta_0} - 1 \quad (19)$$

$$\varepsilon_{Ly} = (1 + \varepsilon_{Lz}) \frac{\cos\theta_L}{\cos\theta_{L0}} - 1 \quad (20)$$

با افزایش نیرو در راستای محور برید، نخ‌های بافت در راستای اعمال نیرو تغییر جهت می‌دهد و این امر باعث کاهش زاویه بافت می‌شود؛ یعنی:

$$\theta_0 \leq \theta \quad (21)$$

$$\theta_{L0} \leq \theta_L \quad (22)$$

اما همان‌طور که از دقت در شکل (۴) برمی‌آید، به دلیل امکان جابجایی بیشتر نخ‌های بافت در حالت باز، تغییرات زاویه بافت بیشتر می‌شود. بنابراین، برطبق روابط (۲۱) و (۲۲) میزان کاهش زاویه بافت در برید باز بیشتر خواهد بود؛ یعنی نسبت $\frac{\cos\theta}{\cos\theta_0}$ بزرگتر از $\frac{\cos\theta_L}{\cos\theta_{L0}}$ خواهد بود. از آنجا که میزان ازدیاد طول محوری برید باز (ε_z) به دلیل داشتن فضای لازم برای جابجایی نخ‌ها، بیشتر از ازدیاد طول محوری برید متراکم (ε_{Lz}) است، لذا می‌توان نتیجه گرفت:

$$\varepsilon_y \geq \varepsilon_{Ly} \quad (23)$$

و چون فرض بر این است که نخ‌ها از قانون هوک پیروی می‌کند؛ لذا می‌توان نوشت:

$$\sigma_y = E_y \cdot \varepsilon_y \quad (24)$$

$$\sigma_{Ly} = E_y \cdot \varepsilon_{Ly} \quad (25)$$

در این روابط، پارامترها عبارت است از:

E_y : مدول نخ

σ_y : تنش وارده بر نخ‌های بافت در حالت باز

σ_{Ly} : تنش وارده بر نخ‌های بافت در حالت متراکم

از نامعادله (۲۳) و روابط (۲۴) و (۲۵) می‌توان نتیجه گرفت:

$$\sigma_y \geq \sigma_{Ly} \quad (26)$$

و همین‌طور:

$$T_y = \sigma_y A_y \phi_y \quad (27)$$

$$T_{Ly} = \sigma_{Ly} A_y \phi_y \quad (28)$$

در این روابط، پارامترها عبارت است از:

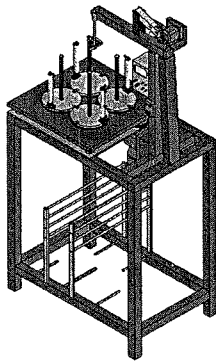
ϕ_y : دانستیه تراکم

A_y : مساحت سطح مقطع نخ

از نامعادله (۲۶) و روابط (۲۷) و (۲۸) می‌توان نتیجه گرفت:

$$T_y \geq T_{Ly} \quad (29)$$

دستگاه می توان با جابجایی محل استقرار مغزی‌ها، دو نوع برید، یکی برید با مغزی مجزا و دیگری برید با مغزی متمرکز را تولید کرد. این دستگاه، قابلیت تولید برید با سطوح مقاطع مختلف از قبیل دایره، بیضی، مثلث و مربع را نیز دارد. سرعت خطی این دستگاه ۱۵۰ سانتیمتر بر دقیقه است. شماتیک این دستگاه در شکل (۵) نشان داده شده است.



شکل (۵): نمای شماتیک دستگاه بریدینگ ساخته شده

۴- آزمایش‌ها

با توجه به مطالعات تئوری که در بخش (۲) این تحقیق به آن اشاره شد، پارامترهای هندسی ساختار برید که بر روی کارتاحدپارگی آن تأثیرگذار است، مشخص گردید. این پارامترها عبارت است از: زاویه بافت برید، تراکم بافت برید، مکان مغزی‌ها در ساختار برید و شکل هندسی سطح مقطع برید. برای بررسی تأثیر این پارامترها، بریدهای مختلفی تهیه و سپس از هر یک از آنها پانزده نمونه با کمک دستگاه اینسترون مورد آزمایش تست کارتاحدپارگی قرار گرفت.

جدول (۱): کد گذاری نمونه‌های مورد آزمایش

نوع برید	کد
برید با زاویه بافت ۶۰ درجه	۱۰۱
برید با زاویه بافت ۹۰ درجه	۱۰۲
برید با زاویه بافت ۱۲۰ درجه	۱۰۳
برید با مغزی متمرکز	۲۰۱
برید با مغزی مجزا	۲۰۲
برید باز	۲۰۱
برید متراکم	۲۰۲
برید با سطح مقطع مربع	۴۰۱
برید با سطح مقطع مثلث	۴۰۲
برید با سطح مقطع بیضی	۴۰۳
برید با سطح مقطع دایره	۴۰۴

نامعادله (۲۹) بیانگر این مطلب است که همواره نیروی وارد بر نخ‌های بافت به ازای یک نیروی ثابت T (وارد بر برید) در حالت متراکم کمتر است. مطابق استدلال‌های فوق می‌توان نتیجه گرفت که نخ‌های بافت در برید متراکم «نیروی» بیشتری را در راستای محور تحمل می‌کند. به همین دلیل، کارتاحدپارگی برید متراکم بیشتر می‌شود. همان‌گونه که ذکر شد، به علت وجود فضای مناسب بین نخ‌های بافت در برید باز و امکان لغزش آنها بر روی یکدیگر، «ازدیاد طول» در برید باز بیشتر است. مطابق این استدلال، کارتاحدپارگی برید باز بیشتر خواهد بود. برای پی بردن به این نکته که کدامیک از موارد فوق تأثیر بیشتری دارند، باید از آزمایش‌های تجربی کمک گرفت [۲].

۲-۴- تأثیر شکل سطح مقطع بر کارتاحدپارگی برید

سطوح مقطعی که در این تحقیق تجزیه و تحلیل می‌شود، عبارت است از: دایره، مربع، مثلث و بیضی. در مقاومت مصالح به این نکته اشاره شده است [۴] که وجود زاویه و کنج در سازه‌هایی که تحت تنش قرار می‌گیرد، باعث ایجاد تمرکز تنش در این سازه‌ها می‌شود. به منظور کاهش تمرکز تنش در سازه‌هایی که تحت تنش قرار می‌گیرند، همواره مشاهده می‌شود که این‌گونه سطوح کمترین کنج یا زاویه را دارد [۴]. در سطوح یاد شده، سطح مقطع مربع بیشترین کنج را دارد؛ یعنی در مقایسه با سایر سطوح، بیشترین تمرکز تنش را دارد. به همین ترتیب، برای سطح مقطع مثلث نیز می‌توان بحث کرد. سطح مقطع مثلث به دلیل وجود سه زاویه دارای تمرکز تنشی کمتر از سطح مقطع مربع و بیشتر از سطح مقطع دایره و بیضی است. در سطح مقطع بیضی اگرچه زاویه‌ای به‌طور مشخص وجود ندارد، اما به نظر می‌رسد وجود لبه در دو طرف آن سبب ایجاد تمرکز تنشی بیشتر سطح مقطع دایره باشد.

۳- ساخت دستگاه

به منظور بررسی تأثیر هندسه برید بر کارتاحدپارگی آن، به تولید برید با هندسه‌های مختلف نیاز است. به این دلیل یک دستگاه ماشین بریدینگ که قابلیت تولید برید با هندسه‌های متفاوت را دارد، ساخته شد [۵]. این دستگاه قابلیت دارد که برید با زوایای مختلف را تولید کند. این دستگاه، همچنین قادر است برید با تراکم‌های مختلف تولید کند. علاوه بر اینها، در این

برای هر هندسه خاص، حالت‌های مختلفی در نظر گرفته شد. جدول (۱) نمونه‌های تولیدی در شرایط مختلف را به همراه کد اختصاص داده شده نشان می‌دهد.

نتایج آزمایش‌ها به صورت جداول (۲) تا (۵) و نمودارهای (۱) تا (۴) نشان داده شده است. از آنجا که عاملی مانند «کارتاحدپارگی» در بر دارنده سایر عوامل ها از قبیل ماکزیم نیرو، مدول و درصد ازدیاد طول است، در بررسی های به عمل آمده، این عامل (کارتاحدپارگی) به تنهایی مورد بحث قرار گرفته است [۵].

همان‌گونه که اشاره شد «کار تا حد پارگی» میزان انرژی صرف شده از طریق اعمال نیرو بر طول مشخصی از برید را که آنرا به گسیختگی دچار می‌سازد، نشان می‌دهد. بر روی نمودار تنش- کرنش، این فاکتور برابر مساحت زیر نمودار است [۶]. در هر بخش با استناد به داده‌های جدول و مقدار مساحت سطح زیر نمودار تنش- کرنش، درباره مقدار کارتاحدپارگی آن بحث می‌شود. سپس به تحلیل آماری به کار برده شده برای هر بخش اشاره می‌گردد. مطابق شرایط ASTM D4266 [۷] از هر یک از ساختارهایی که به صورت تئوری بحث شد، پانزده نمونه به طول ۱۵۰ میلی‌متر تولید و مورد آزمایش کارتاحدپارگی قرار گرفت.

به منظور بررسی تأثیر زاویه بافت برید بر روی کارتاحدپارگی، سه نوع برید با زوایای بافت ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ درجه تولید شد. نتایج آزمایش کارتاحدپارگی بر روی این نمونه‌ها به صورت جدول (۲) و نمودارهای ارائه شده در شکل (۱) ضمیمه نشان داده شده است.

جدول (۲): آماره‌های مختلف برای فاکتور کارتاحد پارگی برید با

زوایای بافت مختلف

کد نمونه	میانگین کارتاحدپارگی (cN/Tex)	انحراف معیار (S.D.)
۱۰۱	۰/۰۸۸۶	۰/۰۱۲۴
۱۰۲	۰/۰۸۹۱	۰/۰۲۲۷
۱۰۳	۰/۰۹۵۹	۰/۰۲۱۵

همان‌گونه که از مقادیر جدول (۲) و نمودارهای شکل (۱) پیداست، با افزایش زاویه بافت برید، مساحت سطح زیر نمودار

افزایش می‌یابد. با توجه به تعریف کارتاحدپارگی و مقادیر جدول (۲) می‌توان گفت: با افزایش زاویه بافت برید مقدار کارتاحدپارگی آن افزایش می‌یابد. این داده‌ها به کمک جدول ANOVA مورد تجزیه و تحلیل آماری شد و نتیجه به دست آمده تأیید گردید.

برای بررسی تأثیر مکان مغزی‌ها در ساختار برید بر کارتاحدپارگی، دو نوع برید، یکی با مغزی مجزا و دیگری با مغزی متمرکز تولید شد. آزمایش کارتاحدپارگی به کمک دستگاه اینسترون انجام شد. نتایج این آزمایش به صورت جدول (۳) و نمودارهای شکل (۲) ضمیمه نشان داده شده است.

جدول (۳): آماره‌های مختلف کارتاحد پارگی برای برید با مغزی

متمرکز و برید با مغزی مجزا

کد نمونه	میانگین کارتاحدپارگی (cN/Tex)	انحراف معیار (S.D.)
۲۰۱	۰/۱۷۱۲	۰/۰۷۱۳
۲۰۲	۰/۱۶۰۱	۰/۰۶۲۹

با مقایسه داده‌های جدول (۳) و دو نمودار شکل (۲)، می‌توان دریافت که مقدار کارتاحدپارگی برید با مغزی متمرکز بیشتر از برید با مغزی مجزاست. برای تأیید این مطلب از نظر آماری، از توزیع (t) استفاده شد.

به منظور بررسی تأثیر تراکم بافت برید بر کارتاحدپارگی نیز دو نوع برید باز و متراکم تولید و آزمایش کارتاحدپارگی بر روی آنها انجام شد. نتایج این آزمایش به صورت داده‌های جدول (۴) و نمودارهای شکل (۳) ضمیمه نشان داده شده است.

جدول (۴): آماره‌های مختلف کارتاحدپارگی برید باز و برید متراکم

کد نمونه	میانگین کارتاحد پارگی (cN/Tex)	انحراف معیار (S.D.)
۳۰۱	۰/۰۸۸۲	۰/۰۶۹۸
۳۰۲	۰/۱۰۴۴	۰/۰۱۹۹

سطح مقطع دایره که بدون کنج است، بیشترین مقدار کارتاحدپارگی به چشم می خورد. برای تأیید این مطلب از تحلیل ANOVA استفاده شد. تحلیل آماری انجام شده، نتیجه به دست آمده را تأیید کرد.

۵- نتیجه گیری

نتایج آزمایش‌های انجام شده، مؤید این نکته است که هندسه برید تأثیر چشمگیری بر کارتاحدپارگی آن دارد. زاویه بافت یا به عبارتی، فاصله بافت در ساختار برید، موقعیت استقرار مغزی‌ها در برید، تراکم بافت برید و شکل سطح مقطع برید، بر روی میزان کار تا حد پارگی تأثیر می‌گذارد به طوری که با افزایش زاویه بافت، به دلیل تجزیه نیروهای وارد بر برید که با کسینوس زاویه بافت ارتباط مستقیم دارد، کارتاحدپارگی افزایش می‌یابد.

در مورد محل استقرار مغزی‌ها در برید، تأثیر پارامتر «نیرو» بر روی کارتاحدپارگی بیشتر از تأثیر پارامتر «ازدیاد طول» است. از این رو، کارتاحدپارگی برید با مغزی متمرکز بیشتر از کارتاحدپارگی برید با مغزی مجزاست. با توجه به این که با افزایش تراکم بافت برید، مطابق تحلیل ریاضی انجام شده، «نیرو» افزایش می‌یابد، کارتاحدپارگی نیز افزایش پیدا می‌کند. آزمایش‌های انجام شده مؤید این مطلب بود. با افزایش تعداد کنج یا زاویه در شکل سطح مقطع برید، به دلیل افزایش تمرکز تنش در کنج‌ها، کارتاحدپارگی برید کاهش می‌یابد.

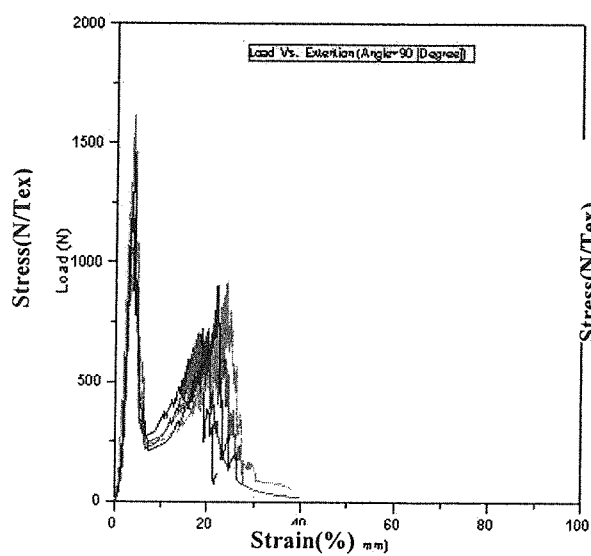
با مقایسه داده‌های جدول (۴) و دو نمودار شکل (۳) مشاهده می‌شود که مقدار کارتاحدپارگی بریدمترکم بیشتر از مقدار کارتاحدپارگی برید باز است. آزمون (t) به کار برده شده برای این بخش، نتیجه به دست آمده را از نظر آماری تأیید کرد.

به منظور بررسی تأثیر شکل سطح مقطع برید بر کارتاحدپارگی، چهار نوع برید با سطوح مقاطع دایره، بیضی، مثلث و مربع تولید شد. نتایج آزمایش کارتاحدپارگی بر روی آنها به صورت داده‌های جدول (۵) و منحنی‌های تنش- کرنش در شکل (۴) ضمیمه نشان داده شده است.

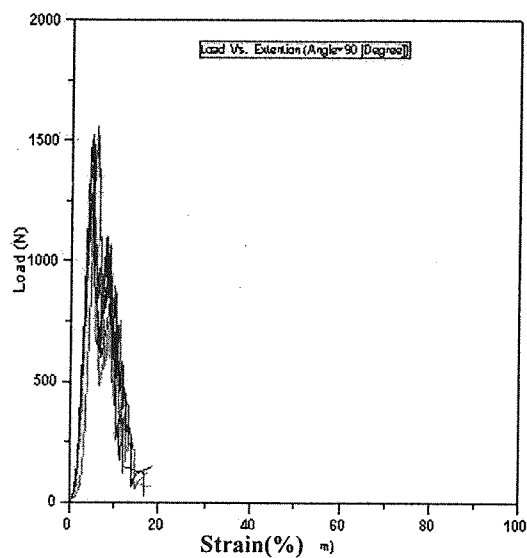
جدول (۵): آماره‌های کارتاحدپارگی برای سطوح مقاطع مختلف

انحراف معیار (S.D.)	میانگین کارتاحدپارگی (cN/Text)	کد نمونه‌ها
۰/۰۲۱۱	۰/۰۹۵۱	۴۰۱
۰/۰۱۷۶	۰/۰۹۹۶	۴۰۲
۰/۰۲۳۷	۰/۱۱۴۴	۴۰۳
۰/۰۲۳۹	۰/۱۲۲۱	۴۰۴

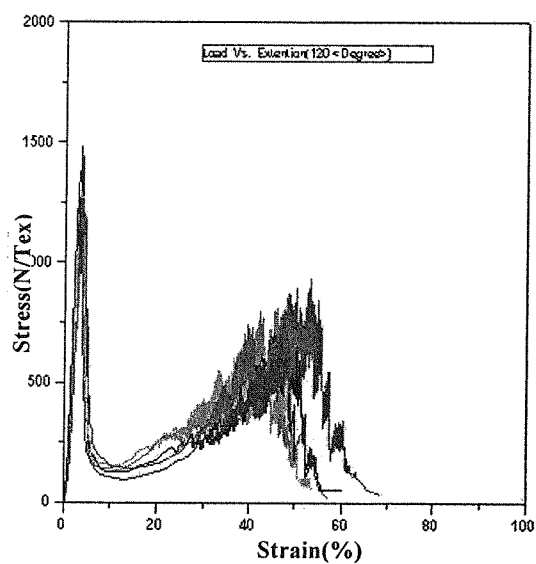
با مقایسه داده‌های جدول (۵) و مساحت سطح زیر منحنی‌ها می‌توان دریافت که با افزایش تعداد کنج یا زاویه در شکل سطح مقطع برید، مقدار کارتاحدپارگی (مساحت سطح زیر منحنی) کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر، از آنجا که در برید با سطح مقطع مربع چون بیشترین کنج (چهار کنج) وجود دارد، کمترین مقدار کارتاحدپارگی مشاهده می‌شود و در برید با



ب- برید با زاویه بافت ۹۰ درجه

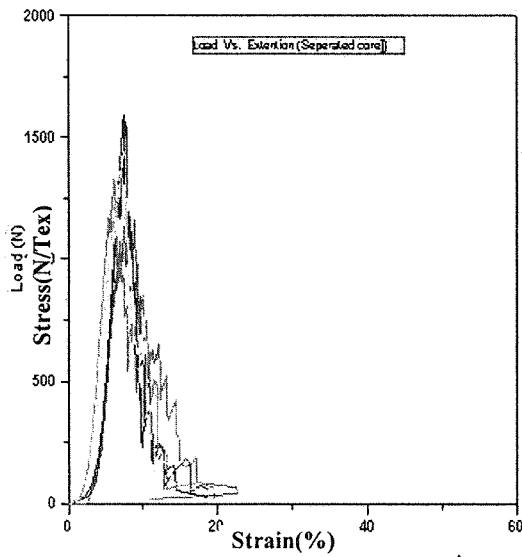


الف- برید با زاویه بافت ۶۰ درجه

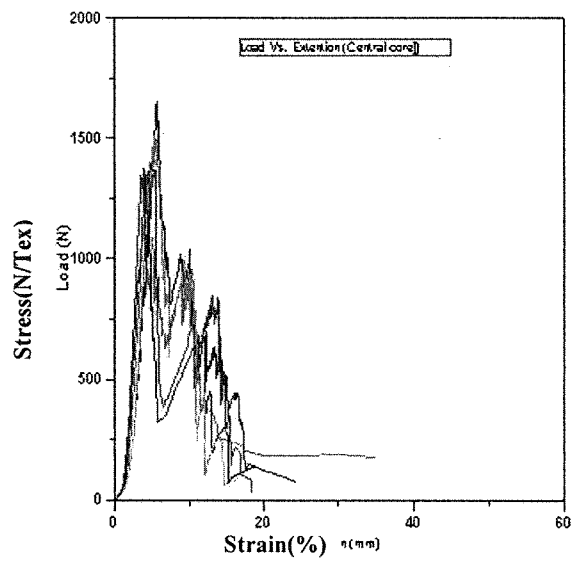


ج- برید با زاویه بافت ۱۲۰ درجه

شکل (۱): منحنی نیرو-ازدیاد طول برای برید با زوایای مختلف

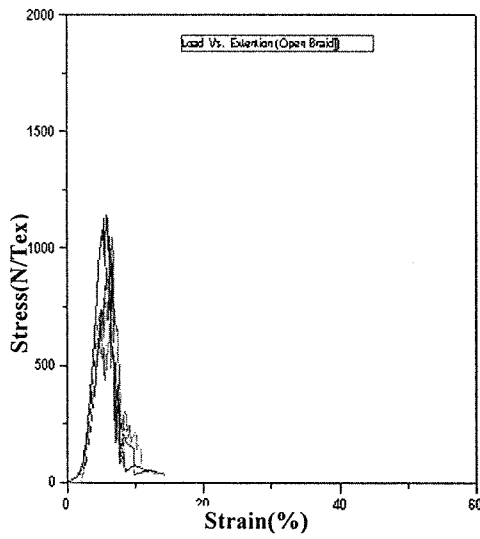


ب - برید با مغزی مجزا

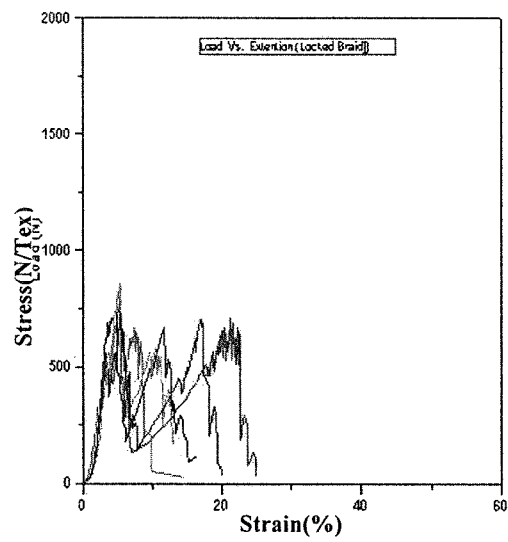


الف - برید با مغزی متمرکز

شکل (۲): منحنی نیرو-ازدیاد طول برید با مغزی‌های متفاوت

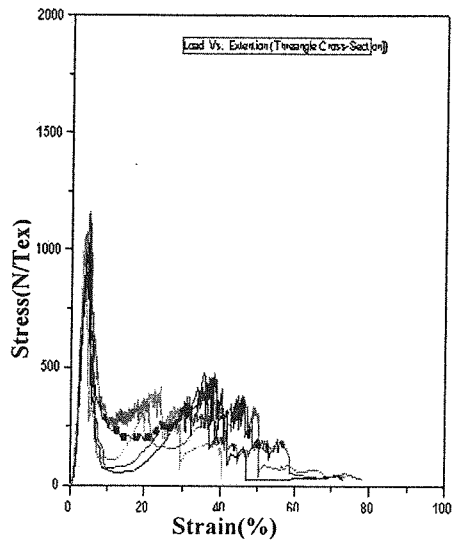


ب - برید متراکم

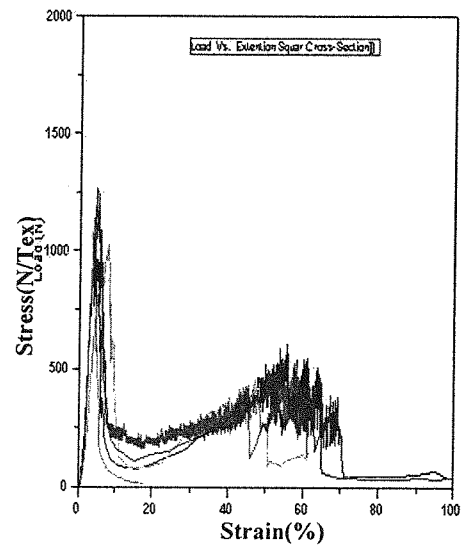


الف - برید باز

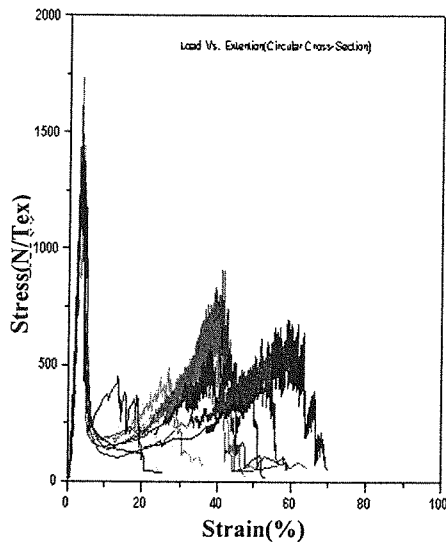
شکل (۳): منحنی نیرو-ازدیاد طول برید با تراکم‌های مختلف



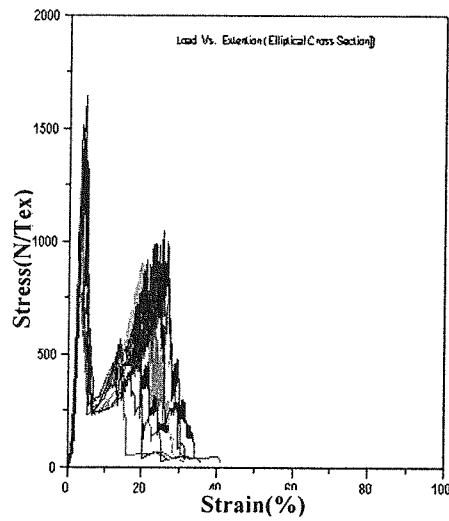
ب- برید با سطح مقطع مثلث



الف- برید با سطح مقطع مربع



د- برید با سطح مقطع دایره



ج- برید با سطح مقطع بیضی

شکل (۴): منحنی نیرو-ازدیاد طول برید با سطوح مقاطع مختلف

۷- مراجع

D. Brunschweiler, "Braid & Braiding", J. Text. Inst., Vol. 44, P. 666, 1953. [۱]

D. Brunschweiler, "The structure and Tensile Properties of Braids", J. Text. Inst., T.55, 1953. [۲]

Peirce, F.T., "Geometry of cloth Structure", J. Text. Inst., Vol. 28, P. 45-96, 1937. [۳]

پوپوف؛ مترجم: طاحونی، شاپور؛ "مقاومت مصالح"، انتشارات امیرکبیر، تهران، ۱۳۷۰ [۴]

دبیریان، هادی؛ پروژه کارشناسی ارشد؛ "بررسی تأثیر هندسه نخ‌های صنعتی بر استحکام آنها"، ۱۳۸۲ [۵]

S.L. Phonix, "Mechanical Responsible of a Tubular Braided Cable with an Elastic Core", J. Text. Inst., Vol. 44, 81-90, 1978. [۶]

2001 Annual Book of ASTM Standards, Vol. 2, D4266, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, U.S. [۷]