

# خواص مکانیکی نخهای مخلوط

مجید صفر جوهری  
استادیار

محمد حقیقت کیش  
دانشیار

دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

## چکیده

نتایج تجربیات در رابطه با تعیین تأثیرات نسبت مخلوطها روی خواص کششی نخهای مخلوط دو و سه جزئی گزارش شده است. نخهای مخلوط پنبه - پلی استر، پنبه - پلی پروپیلن و پنبه - ویسکوز، به روش ریسندگی الیاف کوتاه و نخهای مخلوط پشم - اکریلیک، پشم - پلی استر، اکریلیک - پلی استر - پشم و اکریلیک - پلی استر به روش ریسندگی نیمه فاستونی تولید گردید. خواص مکانیکی توسط دستگاه اینسترون اندازه گیری شد. نتایج اندازه گیری استحکام، ضریب کشسانی و ازدیاد طول گسیختگی با مقادیر محاسبه شده از منحنیهای مربوط به نخهای خالص مقایسه گردید و اختلاف بین نتایج محاسبه و تجربیات بر مبنای تئوریهای جاری توجیه شده است.

## Tensile Mechanical Properties of Blended Yarns

M. Haghghat Kish  
Associate Prof.

M. S. Johari  
Assistant Prof.

Textile Eng. Dept. Amirkabir Univ. of Tech.

### Abstract

The results of an investigation on the effects of blend proportions on tensile mechanical properties of two - component and three - component blended staple fiber yarns are reported. Cotton / polyester, cotton/ polypropylene, cotton/viscose were produced in cotton spinning system. Polyester/wool, acrylic/wool, polyester/acrylic and wool/ acrylic/ polyester blended yarns were produced in a semi - worsted spinning system.

Tensile mechanical properties of yarns were measured by an Instron tensile tester. The measured strength, initial modulus and breaking elongations of blended yarns were compared with those calculated from stress - strain relations of single component yarns. The differences were explained with reference to the published literature.

کیفیت‌های متفاوت برای تولید نخ از گذشته‌های دور مرسوم بوده و احتمالاً به دلایلی از قبیل مصرف الیاف پست‌تر و کاهش قیمت نخ صورت می‌گرفته است [۱، ۲ و ۳]. از اواسط دهه چهل (۱۹۴۰) که الیاف بشر ساخت، وارد بازار مصرف جهانی

### ۱- مقدمه

نخهایی که از چند نوع الیاف منقطع با خواص مکانیکی متفاوت توسط ریسندگی‌های متداول تولید می‌گردند، نخهای مخلوط نامیده می‌شوند. فرآیند مخلوط کردن الیاف طبیعی با

گردید استفاده از مخلوط الیاف، بسیار رایج شده است [۲]. امروزه تولیدکنندگان نخ بخوبی دریافته‌اند که مخلوط کردن صحیح و مناسب الیاف منتهی به کالایی با کیفیت بسیار ارزنده‌تر از نظر برخی از خواص خواهد شد. در فرآیند مخلوط کردن، سعی می‌گردد از الیافی با خواص مکمل یکدیگر استفاده شود. پارچه‌های ساخته شده از دو نوع الیاف دارای خواص بین پارچه‌هایی است که به تنهایی از هر یک از الیاف ساخته شده‌اند. برای مثال پارچه‌هایی که از مخلوط الیاف پنبه و پلی‌استر تولید شده‌اند دارای خاصیت جذب رطوبت بیشتری از پارچه‌هایی که از الیاف پلی‌استر خالص درست شده‌اند، می‌باشند و دوام و اتوپذیری آنها از پارچه‌های پنبه خالص به مراتب بهتر می‌باشند. ارتباط بین خواص نخ، مقدار و خواص الیاف را نمی‌توان بسادگی بیان نمود. زیرا برخی از خواص الیاف به تناسب با یکدیگر جمع‌پذیر نیستند و باید موقعیت مکانی الیاف در نخ متشکله را مورد توجه قرارداد. برای مثال در یک تجربه تحقیقاتی [۴] دو نوع الیاف را که یکی دارای ضریب کشسانی کم و دیگری ضریب کشسانی زیاد و دارای دو رنگ متمایز مشکی و سفید بودند را با هم مخلوط و از نخ تولید شده پارچه تهیه نمودند. پس از بررسی مشاهده شد که الیاف با ضریب کشسانی بیشتر (مشکی) سطح پارچه را می‌پوشاند و رنگ پارچه به نسبت رنگهای دو جزء نبود. در این صورت کوچ (مهاجرت) الیاف به سطح بیرونی نخ که حاصل تأثیر اختلاف در ضریب کشسانی در مکان الیاف در نخ در حین شکل گرفتن است را باید در رنگ پدیدار شده به حساب آورد. کوپلان (Coplan) [۲] برای نمونه‌ای از نخهای مخلوط نایلون و پشم ملاحظه نمود که مقاومت خمشی نخهای نایلون خالص و پشم خالص با هم برابرند لیکن مقاومت خمشی نخهایی که از مقدار کمی نایلون و مقدار زیادی پشم درست شده‌اند به مقدار قابل توجهی از نخهای خالص بیشتر می‌باشد. این افزایش مقاومت خمشی به خصوصیت پرکننده‌گی الیاف نایلون در نخ مخلوط نسبت داده شده است و باید در محاسبه مقاومت خمشی نخ مخلوط از مقاومت خمشی اجزاء، آن را نیز بحساب آورد.

روابط بین ویژگیهای الیاف و ویژگیهای نخ از اهمیت زیادی برخوردار است. تنوع الیاف این اهمیت را بیشتر می‌کند. نخها با ویژگیهای متفاوت، دارای کاربردهای گوناگونی هستند و برای هر مصرفی باید نخ مناسب طراحی و تولید گردد. برای طراحی و تولید یک نخ مناسب جهت کاربردی خاص باید روابط بین

ویژگیهای الیاف و نخ معلوم شود.

به منظور بدست آوردن روابطی که ویژگیهای یک نخ را به خواص و مقدار نسبی الیاف مرتبط سازد کوششهای قابل توجهی صورت گرفته است. برای دستیابی به چنین روابطی در مقالات منتشر شده هر دسته از خصوصیات بطور جداگانه مورد بحث قرار گرفته‌اند. خواص مکانیکی از قبیل استحکام، ازدیاد طول واحد پارگی و ضریب کشسانی از جمله خصوصیات می‌باشند که شاید به علت اهمیت آنها در مراحل تولیدی و مصرف و نیز به علت سهولت در اندازه‌گیری تاکنون بیشتر مورد توجه قرار گرفته‌اند [۵ تا ۱۶].

در مقاله حاضر موضوع خواص کششی (tensile) نخهایی که از الیاف متفاوت، پنبه - پلی‌استر، پنبه - پلی‌پروپیلن، پنبه - ویسکوز، پشم - اکریلیک، پلی‌استر - اکریلیک، پشم - پلی‌استر - اکریلیک ساخته شده‌اند به استناد تجربیاتی که دانشجویان دانشکده مهندسی نساجی در چند سال گذشته انجام داده‌اند مورد توجه قرار گرفته است. تفاوت رفتار الیاف در محیطهای متفاوت با توجه به تئوریهای موجود توجه و مورد بحث قرار گرفته و بالاخص روشهای پیش‌بینی خواص مکانیکی کششی نخ مخلوط از نخهایی که از هر یک از اجزاء ساخته شده‌اند مقایسه شده است.

## ۲- نظریه‌ها

ارتباط بین تنش الیاف و تنش نخهای همگن (نخهایی که از یک نوع الیاف ساخته شده‌اند) و مداوم با ساختار آرمانی (ideal) توسط تجزیه تنشها [۴] و یا براساس اصل بقای انرژی [۴، ۱۷ و ۱۸] مشخص شده است.

با استفاده از فرضیات ساده‌کننده‌ای در نخهایی که از الیاف منقطع ساخته شده‌اند، استحکام قابل محاسبه می‌باشد [۴، ۵ و ۹]. برای نخهای مخلوط که از دو نوع الیاف ساخته شده باشند کیم (Kim) و الشیخ (Elshiekh) [۱۲ و ۱۳] روش بقای انرژی را بکار گرفتند و با توجه به هندسه نخ، منحنی تنش کرنش نخ مخلوط را با ساختمان آرمانی از منحنی تنش کرنش اجزاء محاسبه نمودند. لرد (Lord) و همکارانش [۱۱] برای نخهای مخلوطی که به طریقه ریشندگی چرخانه تولید می‌شوند روابط تجربی پیشنهاد نموده‌اند.

روشهای فوق مبتنی بر فرضیات متعدد و گاه متناقض با واقعیات عملی است. از اینرو برای روشن شدن تأثیرات آنها باید

به انجام آزمایشات متعدد پرداخت و اصول اساسی را مورد توجه قرار داد. این مهم در مقاله حاضر مورد مطالعه قرار گرفته است.

### ۳- استحکام

برای یک نخ که از دو نوع الیاف A و B ساخته شده باشد ابتدائی ترین رابطه بین استحکام (تنش گسیختگی) نخ مخلوط ( $S_V$ ) و نسبت اجزاء در مخلوط و استحکام اجزاء همان قانون ساده مخلوطهاست که بصورت رابطه (۱) نشان داده می شود.

$$S_V = a.S_{A1} + b.S_{B1} \quad (1)$$

در این رابطه  $S_{A1}$  و  $S_{B1}$  تنشهایی است که اجزاء A و B تحمل می کنند و a و b کسر وزنی اجزاء مخلوط می باشند. برای بدست آوردن رابطه ساده فوق فرض می شود الیاف A و B بصورت موازی کنار یکدیگر قرار می گیرند که در اثر تنش اعمالی ازدیاد طول یکسانی را می دهند. در این صورت کرنش نخ برابر کرنش اجزاء و ضریب کشسانی نخ مخلوط ( $E_V$ ) نیز از رابطه (۲) قابل محاسبه است.

$$E_V = aE_{A1} + bE_{B1} \quad (2)$$

که در این رابطه  $E_{A1}$  و  $E_{B1}$  عبارتند از ضریب کشسانی اجزاء A و B در نخ مخلوط.

در سال ۱۹۴۹ میلادی همبرگر (Humberger) [۱۵] که اهمیت منحنیهای تنش کرنش را توضیح می داد. رابطه (۱) را اصلاح نمود. به نظر این محقق، نقطه پارگی یک نخ، نقطه ای است که تنش در منحنی تنش - کرنش حداکثر می گردد و از این رو تارسیدن به این نقطه جزء ضعیف ممکن است پاره گردد لیکن نخ در مجموع نیروی اعمالی را تحمل نماید. در این صورت تا هنگام پاره شدن جزء ضعیف قانون ساده مخلوطها برقرار خواهد بود، و پس از آن، مقدار تنشی که جزء دیگر تحمل می کند، را باید به حساب آورد. بنابراین رابطه (۱) را بصورت روابط (۳) اصلاح نمود.

$$S_V = \text{MAX} (S_1, S_2) \quad (3-الف)$$

$$S_1 = a.S_{A1} + b.S_{B1} \quad (3-ب)$$

$$S_2 = b.S_{B1} \quad (3-ج)$$

در این روابط  $S_{B1A}$  عبارت است از تنشی که جزء B هنگام پاره شدن جزء A (جزء A دارای ازدیاد طول گسیختگی کمتری است) تحمل می کند. بدیهی است رابطه (۳-ب) برای وقتی که کرنش نخ کمتر از کرنش گسیختگی جزء A است یعنی  $\epsilon_A < \epsilon_B$  و رابطه (۳-ج) برای وقتی که کرنش نخ بیشتر از کرنش

گسیختگی جزء A است یعنی  $\epsilon_B < \epsilon_A$  و  $\epsilon_A < \epsilon_B$  صادق است. در سال ۱۹۵۵ میلادی کمپ (Kemp) و اون (Owen) [۶] ملاحظه نمودند که هر چه نخ مخلوط پنبه و نایلون بیشتر کشیده می شود متوسط طول الیاف پنبه در نخ به تدریج کوتاهتر می گردد. این مشاهدات نشان داد که لازم است تأثیر الیاف پنبه ای که یک یا چند بار پاره شده اند را در تحمل نیرو به حساب آورد. همانگونه که ملاحظه می گردد نمی توان تصور نمود که رفتار کششی الیاف در نخ همان رفتار الیاف به صورت مجزا باشد. فشارهای جانبی وارد بر الیاف در نخ. امکان ازدیاد طول یافتن بیش از حد معمول خود الیاف (الیاف بصورت آزاد) را ممکن می سازد.

با استفاده از میکروسکوپ الکترونی پویشی مجهز به وسیله کوچک کشش دهنده نخ برای نخ مخلوط پنبه پلی استر نیز ملاحظه شده است که الیاف پنبه به طور اتفاقی در طول نخ قبل از پلی استر پاره می شوند [۱۹]. اون [۱۳] روشهایی را برای پیش بینی تغییرات کرنش و تنش گسیختگی برحسب درصد اجزاء مخلوط پیشنهاد نموده است که مستلزم استفاده از چند ضریب تجربی و برون یابی های متعدد می باشد، تا در نهایت نقش الیاف پاره شده و هندسه نخ را به حساب آورند.

آزمایشهایی که توسط مونگو (Monego) و بکر (Backer) [۸] از سال ۱۹۶۸ به بعد با استفاده از یک نمونه بزرگ ساخته شده از نخهای مخلوط پنبه و نایلون انجام گرفت نشان داد که همواره فشارهای جانبی که به هر یک از الیاف در اثر وجود تاب وارد می گردد بر میزان پاره شدنهای متوالی مؤثر است. الیافی که در سطح خارجی نخ قرار دارند فشارهای جانبی چندانی را تحمل نمی کنند و تعداد پاره شدنهای آنها کمتر است و هنگامی که الیاف در مرکز نخ قرار می گیرد دچار بیشترین تعداد پارگی می گردند. فشارهای جانبی درون نخ دارای اهمیت بسیار زیادی است زیرا این تنشهای فشاری است که الیاف را با هم درگیر می کند به نحوی که تنش کششی از یک لیف به لیف دیگر منتقل می گردد. اگر این تنشهای فشاری در نخ که از الیاف منقطع ساخته شده است نباشد در این صورت وقتی که نخ تحت تأثیر نیروی کششی قرار می گیرد الیاف از روی هم می لغزند. از این رو الیاف بخودی خود نمی توانند نقشی در استحکام دادن به نخ ایفاء نمایند. هنگامی که این تنش فشاری در حد مطلوبی باشد تنش کششی وارد شده به نخ، به نوبت به لیف منتقل می گردد و وقتی تنش کششی به اندازه معینی برسد لیف پاره می شود. در هنگام

پاره شدن، انتهای لیف آزاد می‌گردد، لیکن به علت وجود اصطکاک، تنش در امتداد لیف از مقدار صفر در انتها به طرف وسط افزایش می‌یابد تا جایی که دوباره این تنش برابر تنش در هنگام پارگی لیف می‌گردد که در این صورت باعث دوباره پاره شدن آن می‌گردد. این پاره شدن‌ها تا جایی ادامه می‌یابد که طول لیف از یک مقدار بحرانی کمتر می‌گردد.

وقتی یک لیف در نخ پاره می‌شود توزیع تنش در طول لیف مجاور نیز دگرگون می‌گردد و باید لیف مجاور عدم لیف پاره شده را جبران نماید. اگر نوع آن از همان نوع لیف پاره شده باشد دارای تنش و ازدیاد طول تا حد پارگی برابر بوده و تحمل نیرو را نخواهد کرد و پارگی به سرعت منتشر می‌شود. لیکن اگر لیف مجاور از جنس دیگری باشد که تحمل نیرو را داشته باشد نخ پاره نمی‌شود.

با توجه به تأثیر عواملی که در فوق اشاره شد و با در نظر گرفتن ویژگیهای نخهای کاملاً "مشابه" زورک (Zurek) [۹] روابط (۳) را بصورت روابط (۴) تغییر داد.

$$S_{\nu} = \text{Max} (S_1, S_2) \quad (4)$$

$$S_1 = a \cdot S_A + b \cdot S_{B/A}$$

در این روابط  $Z$  یک مقدار ثابت است که تأثیرات الیاف پاره شده و عوامل دیگر را به حساب خواهد آورد. مقادیر  $S_B, S_A$  و  $S_{B/A}$  به ترتیب تنش در موقع پارگی جزء  $A$  و  $B$  و تنش که جزء  $B$  هنگام پاره شدن جزء  $A$  تحمل می‌کند، می‌باشند که از منحنیهای تنش کرنش نخهایی که از جزء  $A$  و  $B$  تشکیل شده و دارای ساختاری کاملاً مشابه با نخ مخلوط است بدست می‌آیند. زورک [۹] با توجه به نظریه ضعیفترین نقطه مربوط به پیرس (Pierce) [۲۰]، استحکام نخ مخلوط به طولهای بلند را به استحکام نخ با طولهای کوتاه مربوط ساخت.

راتنام (Ratnam) و همکاران [۷] برای نخهای مخلوط پنبه - ویسکوز رابطه دیگری بصورت رابطه (۵) پیشنهاد نموده‌اند.

$$S_{\nu} = K_1 S_c(1-x) + K_2 S_v x \quad (5)$$

که در این رابطه  $S_c$  و  $S_v$  استحکام نخ پنبه‌ای و ویسکوز با تاب پنبه،  $x$  کسر وزنی ویسکوز در نخ مخلوط و  $K_1$  و  $K_2$  مقادیر ثابتی هستند که بستگی به مقدار ویسکوز در نخ دارد. برای نخ مخلوط ویسکوز-پنبه  $K=K_1=K_2$  فرض گردید و ضریب "بکارگیری" نامیده شده است. مقدار ثابت  $K$  از درصد مخلوط پنبه و ویسکوز از رابطه تجربی (۶-الف) محاسبه می‌گردد.

$$K = 1-d \cdot x \cdot (1-x) \quad (6-الف)$$

که مقدار ثابت  $d$  از نتایج آزمایشات با استفاده از روش آماری کمترین مربعات برابر  $d=0.7$  بدست آمده است.

راتنام و همکاران [۷] برای توجیه رابطه غیرخطی (۶-الف) معتقدند که میزان کل تغییرات (Variance) ازدیاد طول گسیختگی الیاف در نخ از رابطه (۶-ب) پیروی می‌کند.

$$\delta^2 = x(1-x)(b_v - b_c)^2 \quad (6-ب)$$

که در این رابطه  $b_v$  و  $b_c$  میانگین ازدیاد طول گسیختگی الیاف ویسکوز و پنبه می‌باشد. بنابراین  $K$  یعنی ضریب بکارگیری باید تابع درجه دومی از  $x$  بصورت رابطه (۶-ب) باشد. در این صورت به علت اختلاف در ازدیاد طول گسیختگی الیاف استحکام نخ مخلوط از حاصل جمع استحکامهای اجزاء با در نظر گرفتن نسبتهای مربوطه (رابطه ۱) کمتر می‌گردد، در هر حال بطوری که ملاحظه می‌گردد مقادیر  $K_1$  و  $K_2$  بیشتر یک ثابت تجربی هستند.

در این مقاله سعی می‌شود که قابلیت انطباق روابط (۳)، (۴) و (۵) با نتایج تجربی مشخص گردد.

#### ۴- نخهای سه جزئی

در مورد نخهایی که از سه نوع الیاف تولید شده‌اند زورک (Zurek) [۹] معتقد است که همان اصول مورد استفاده برای نخهایی که از دو نوع الیاف ساخته شده‌اند قابل استفاده می‌باشد. از این رو می‌توان روابط (۴) را به صورت روابط (۷) توسعه داد.

$$S_{\nu} = \text{Max} (S_1, S_2, S_3)$$

$$S_1 = a \cdot S_A + b \cdot S_{B/A} + c \cdot S_{C/A}$$

$$S_2 = a \cdot Z \cdot S_A + b \cdot S_B + c \cdot S_{C/B} \quad (7)$$

$$S_3 = a \cdot Z \cdot S_A + b \cdot Z \cdot S_B + c \cdot S_C$$

در این روابط  $Z$  مقداری ثابت فرض شده است.  $S_C, S_B, S_A$  تنش پارگی نخهای کاملاً مشابه است که از اجزاء  $A, B, C$  به تنهایی ساخته شده‌اند.  $S_{C/A}$  و  $S_{B/A}$  به ترتیب تنشهای است که اجزاء  $B$  و  $C$  هنگام پاره شدن جزء  $A$  تحمل می‌کنند و  $S_{C/B}$  تنش است که جزء  $C$  هنگام پاره شدن جزء  $B$  تحمل می‌کند. بدیهی است با در دست داشتن منحنیهای تنش - کرنش نخهای خالص کاملاً مشابه مقادیر فوق حاصل می‌شود.

#### ۵- ازدیاد طول گسیختگی

نتایج تجربی در اندازه‌گیری ازدیاد طول گسیختگی نخ،

زمانی که تأثیر تاب مورد توجه قرار می‌گیرد و نیز هنگامی که تأثیر درصد مخلوط ارزیابی می‌شود، روند پیچیده‌ای را نشان می‌دهد [۴].

برای نخ‌های که دارای ساختار "آرمانی" باشد می‌توان فرض کرد لیفی که در مرکز قرار می‌گیرد مستقیم و فاقد تاب بوده، و همان رفتار لیف بطور مجزا را دارا باشد. بر این اساس در مورد چنین نخ‌های از دید طول گسیختگی باید مقدار ثابت و مستقل از تاب باشد. برای نخهایی که از الیاف کوتاه ساخته شده‌اند چنانچه پاره شدن نخ فقط در اثر پاره شدن الیاف باشد و لغزش آنها اهمیت چندانی نداشته باشد این توجیه نیز قابل قبول است.

در مورد نخهای مخلوط آنطور که محققین [۶، ۱۰ و ۱۴] استحکام را مورد توجه قرار داده‌اند، به ازدیاد طول گسیختگی توجهی نداشته‌اند که شاید به علت وابستگی ضمنی تنش به کرنش باشد. زورک [۹] یک روش تقریبی برای محاسبه ازدیاد طول گسیختگی نخ مخلوط از ازدیاد طول گسیختگی اجزاء ارائه می‌نماید. این روش بر اساس محاسبه منحنی تنش کرنش نخ مخلوط از حاصل جمع تنشهای مربوطه با در نظر گرفتن نسبت جرمی اجزاء است. در هر حال دو نظریه در مورد تأثیر درصد مخلوط بر ازدیاد طول گسیختگی می‌توان بیان داشت. بر اساس یکی از آنها، تا درصد معینی از مخلوط، ازدیاد طول گسیختگی برابر با ازدیاد طول گسیختگی یکی از اجزاء است و چون از درصد معینی تجاوز شد به تدریج درصد ازدیاد طول گسیختگی نخ به درصد ازدیاد طول گسیختگی جزء دوم خواهد رسید.

نظر دوم این است که چون ازدیاد طول گسیختگی تابع معینی از تنش در موقع پارگی است بنابراین می‌توان همان رابطه (۴) یا (۸) که در خصوص استحکام مورد استفاده قرار می‌گیرد را، در مورد ازدیاد طول گسیختگی نیز، مورد استفاده قرار داد. در این صورت تنشها تبدیل به ازدیاد طول گسیختگی مربوطه می‌گردند.

## ۶- ضریب کشسانی

با توجه به تعریف ضریب کشسانی نخ، که عبارت است از شیب منحنی تنش کرنش در مبدأ مختصات که در نتیجه اندازه‌گیری در تنشهای بسیار کم به دست می‌آید، انتظار می‌رود که رابطه بین ضریب کشسانی نخ مخلوط و ضریب کشسانی اجزاء آن از قانون ساده مخلوطها برای نمایشگر موازی الیاف که در ابتدا شرح داده شده (رابطه ۲) تبعیت کند.

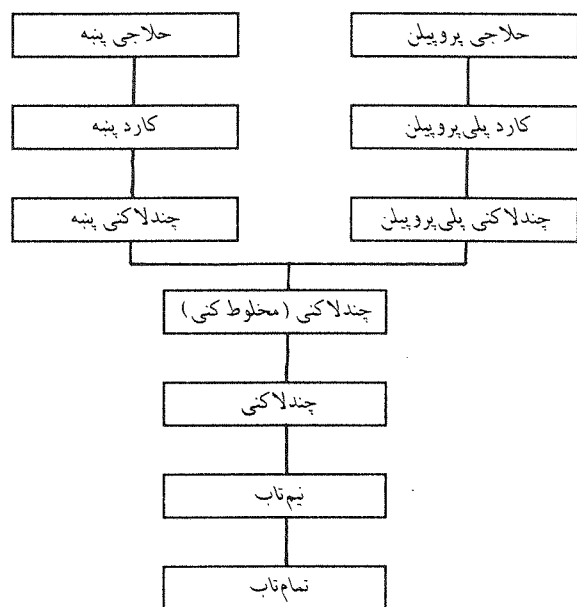
## ۷- تجربیات

### ۷-۱- مواد و روش تولید

الیاف: پنبه مورد استفاده در تحقیقات انجام شده از مناطق شمالی کشور تهیه شده است. الیاف پشم مصرفی از کشور نیوزلند، الیاف اکریلیک و پلی‌استر از کارخانجات پلی‌اکریل ایران و الیاف پلی‌پروپیلن از کمی لیتر (Chemi Linz) اتریش تأمین شده است.

تولید نخ: نخهای مورد آزمایش از طریق دو روش ریسندگی تهیه شده‌اند. نخهای مخلوط پنبه - پلی‌استر، پنبه - ویسکوز و پنبه - پلی‌پروپیلن با روش ریسندگی الیاف کوتاه که شامل مراحل حلاجی، کارد کردن، چندلاکنی (مخلوط کردن و کشش)، نیم تاب و تمام تاب است تولید شده‌اند. نمودار مسیر مواد برای تولید نخهای مخلوط پنبه - پلی‌پروپیلن در شکل (۱)، نشان داده شده است. لازم به ذکر است که برای تولید نخهای پنبه - پلی‌استر و پنبه - پروپیلن مخلوط کردن در مرحله اول چندلاکنی انجام گرفته است. نخهای مخلوط پنبه - ویسکوز مانند روش فوق تهیه شده لیکن عمل مخلوط کردن در مرحله آخر حلاجی (و بر روی ماشین بالش) انجام گرفته است.

نخهای مخلوط پشم - اکریلیک، پشم - پلی‌استر، پلی‌استر - اکریلیک و پشم - اکریلیک - پلی‌استر به روش ریسندگی نیمه فاستونی شامل سه مرحله شانه‌زنی (gill box)، نیم تاب و تمام تاب تولید شده است. مخلوط کردن در شانه‌زنی اول انجام گرفته است.



شکل (۱) مراحل تولید نخ مخلوط پنبه پلی‌پروپیلن [۲۷]

## ۸- روشهای آزمایش

طول الیاف پشم، اکریلیک و پلی استر با استفاده از روش صفحه روغن زده [۲۱] و طول الیاف پنبه با استفاده از فایرگراف [۲۲] اندازه گیری شده است. قطر الیاف پشم، پلی استر، اکریلیک و پروپیلن بوسیله میکروسکوپ و ظرافت الیاف پنبه بوسیله دستگاه میکرونر [۲۲] اندازه گیری شده است. نمره نخ از طریق توزین طول یکصد متر آن اندازه گیری شده است. خواص مکانیکی (منحنی نیرو و ازدیاد طول) توسط دستگاه اینسترن با فاصله فکهای ۵۰ سانتیمتر اندازه گیری شده است [۲۲].

ویژگیهای الیاف مصرفی و محدوده نمره و ضریب تاب نخهای تولیدی در جدول (۱) نشان داده شده است. تمام نخها با درصدهای مختلفی از الیاف متفاوت تولید شده اند که به جهت اختصار از ذکر خواص تک تک آنها خودداری شده است. ضریب تاب نخهای مورد آزمایش در هر مورد با ضریب تاب بهینه نخ تفاوت قابل ملاحظه ای نداشته است. این موضوع با آزمایش نخها با ضریب تابهای متفاوت محرز شده است.

## ۹- بحث در نتایج

### ۹-۱- استحکام

شکل (۲) منحنی تنش کرنش نخ ۱۰۰٪ پنبه و ۱۰۰٪ پلی استر را نشان می دهد. همانگونه که ملاحظه می شود نخ پلی استر دارای ضریب کشسانی اولیه، تنش و ازدیاد طول گسیختگی بیشتری از نخ پنبه ای می باشد.

شکل (۳) رابطه بین درصد مخلوط و استحکام که از منحنیهای تنش کرنش نخهای پنبه پلی استر-خالص با استفاده از رابطه (۳) بدست آمده (خط نقطه چین) همراه با نتایج تجربی را نشان می دهد. همانطوری که ملاحظه می شود نتایج تجربی بیشتر از مقادیر محاسبه شده است. این اختلاف به طوری که در بخش قبل گفته شد در اثر تأثیر الیاف پنبه پاره شده روی استحکام نخ مخلوط می باشد. میزان پاره شدنها و یا تأثیر الیاف پنبه پاره شده روی استحکام نخ بستگی به درصد الیاف پنبه در نخ دارد.

وقتی مقدار الیاف پنبه در نخ بسیار کم و یا بسیار زیاد باشد در این صورت تأثیر الیاف پاره شده روی استحکام نخ مخلوط ناچیز است، اما هنگامی که مقدار پنبه در نخ، مقدار متوسطی

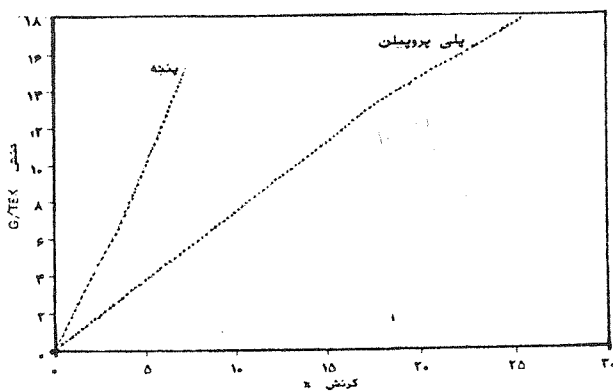
جدول (۱) مشخصات الیاف مصرفی و نخهای تولید شده

نخ تولیدی	الیاف مصرفی	خواص الیاف مصرفی		نمره نخ	ضریب تاب tex (TPC) %10
		ظرافت	طول mm		
پنبه - پلی استر	پنبه پلی استر	عدد میکرونر ۴/۰	۲۷	۳۰	۳۶/۷
		تکس ۰/۱۶	۳۸		
پنبه - پلی پروپیلن	پنبه پلی پروپیلن	عدد میکرونر ۴/۰	۲۸.۰/۸	۲۹/۵	۴۱/۱
		قطر = ۲۰/۱ ± ۰/۳۸	۳۸		
پنبه - ویسکوز	پنبه ویسکوز	عدد میکرونر ۳/۸	۲۷	۲۹/۵	۳۶/۷
			۳۸		
پشم - اکریلیک	پشم اکریلیک	تکس ۰/۵۷	۹۵	۲۰	۲۵/۰۰
		تکس ۰/۳۳	۱۴۰		
پشم - پلی استر	پشم پلی استر	تکس ۰/۳۳	۱۰۵	۲۴	۲۸/۰۰
		تکس ۰/۴۷	۷۵		
پلی استر - اکریلیک	پلی استر اکریلیک	تکس ۰/۲۲	۸۳	۲۰	۲۵/۵۰
		تکس ۰/۳۳	۱۰۵		
پلی استر - پشم - اکریلیک	پشم پلی استر اکریلیک	تکس ۰/۵	۱۰۴ ± ۸	۲۴-۲۶	۳۰-۴۰
		تکس ۰/۳۷	۹۰ ± ۴		
		تکس ۰/۳۳	۱۲۴ ± ۸		

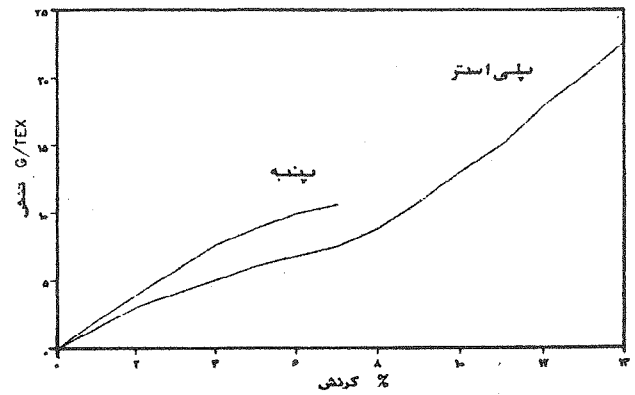
اختلاف آنها با نتایج تجربی قابل ملاحظه می‌باشد. به نظر می‌رسد که مقدار  $K$  را باید به مؤلفه‌های آن یعنی  $K_1$  و  $K_2$  (رابطه ۵) تبدیل نمود. برای نخهای مخلوط پنبه پلی‌استر که بوسیله ریسندگی معمولی (رینگ) و یا توسط ریسندگی چرخانه‌ای تولید شده باشند [۱۱] روند تغییرات مشابهی مشاهده شده است.

همانطور که ملاحظه شد با افزایش مقدار جزئی الیاف پلی‌استر به پنبه برای تولید نخ مخلوط، استحکام نخ کاهش می‌یابد. لیکن تولیدکنندگانی که استحکام نخ را با توجه به تعداد پارگی نخ در حین تولید (در دستگاه تمام تاب) مشخص می‌کنند، معتقدند که استحکام نخ در اثر افزایش مقدار جزئی الیاف پلی‌استر افزایش می‌یابد. این تضاد را می‌توان با توجه به تحقیقات برودی (Brody) [۲۴] پاسخ داد. چگونگی گسستن نخ حین تولید بیشتر در اثر لغزش الیاف روی یکدیگر است. چگونگی پاره‌شدن نخهای تولید شده در اثر اعمال نیرو بیشتر در اثر گسستن الیاف است. هنگامی که پاره‌شدن نخ در اثر لغزش الیاف روی یکدیگر باشد مخلوط کردن الیاف پلی‌استر که معمولاً دارای طولی نسبتاً بلندتر از پنبه می‌باشند، میزان پارگی حین تولید را کاهش می‌دهد در حالی که در نخ شکل گرفته با تاب کافی اختلاف در ازدیاد طول گسیختگی دونوع الیاف باعث کاهش استحکام نخ مخلوط می‌گردد. به نظر می‌رسد که پاره‌شدن نخ در مراحل بافندگی و حین مصرف پارچه بیشتر در اثر گسستن الیاف باشد.

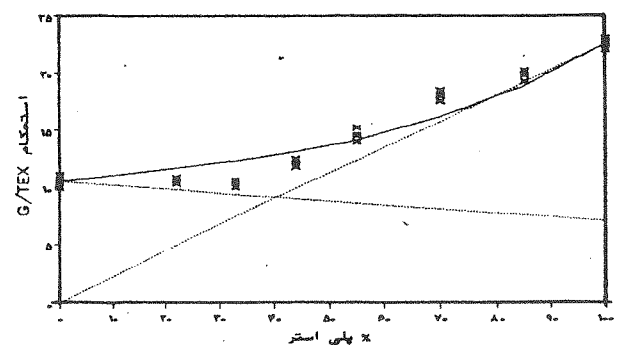
شکل (۴) منحنی تنش کرنش نخهای ۱۰۰٪ پلی‌پروپیلن و ۱۰۰٪ پنبه را نشان می‌دهد. نخ پلی‌پروپیلن دارای ضریب کشسانی اولیه‌ای کمتر از پنبه و ازدیاد طول و تنش گسیختگی



شکل (۴) منحنیهای تنش کرنش نخ پنبه‌ای و نخ پلی‌پروپیلن خالص [۲۲]



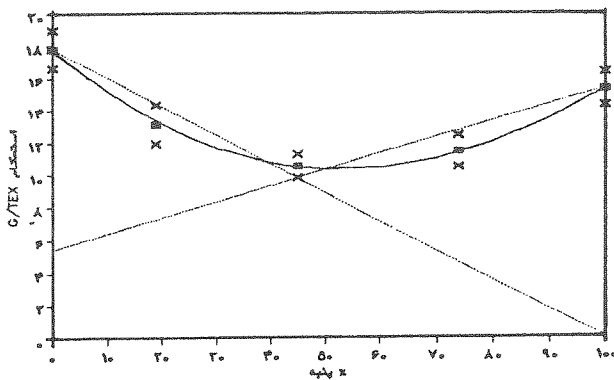
شکل (۲) منحنیهای تنش کرنش نخهای پنبه‌ای و پلی‌استر خالص [۲۸]



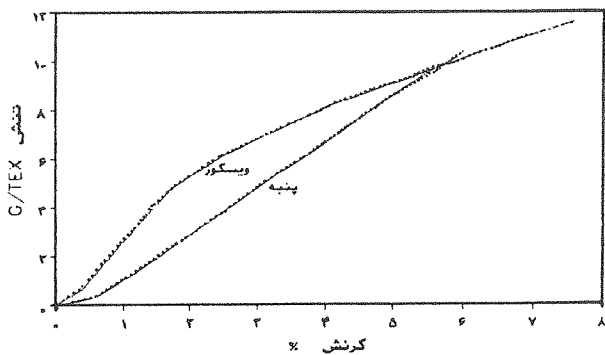
شکل (۳) تغییرات استحکام (تنش گسیختگی) نخ مخلوط پنبه - پلی‌استر بر حسب درصد پلی‌استر. خطوط نقطه‌چین از روابط (۳) و خط پر، از رابطه (۵) بدست آمده، میانگین نتایج تجربی و  $x$  حدود اعتماد است [۲۸]

می‌گردد تأثیر الیاف پاره شده روی استحکام نخ قابل توجه می‌شود. از این رو روابط (۳) نیز نمی‌توانند تأثیرات لازم را منظور نمایند و باید تنش گسیختگی نخ پنبه‌ای را به جهت اختلافی که در محیط پنبه و پلی‌استر دارد یعنی تنشی که الیاف پلی‌استر در موقع پاره‌شدن تحمل می‌کنند، ۱۰٪ بیشتر از مقدار اندازه‌گیری شده از منحنیهای تنش کرنش نخهای خام منظور داشت تا نتایج تجربی با مقادیر محاسبه شده منطبق گردد. بنابراین مقدار  $Z$  در روابط (۴) برابر  $0/2$  خواهد بود. مقدار  $0/2$  توسط زورک [۹] و کروشنکا (Krucinska) [۲۳] برای نخهای پنبه پلی‌استر نیز پیشنهاد شده است.

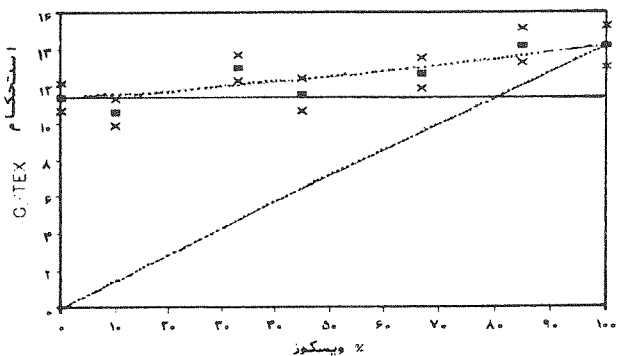
منحنی مربوط به رابطه (۵) (رابطه راتنام برای  $d=0/7$ ) به صورت خط پر در شکل (۳) نیز نشان داده شده است که



شکل (۵) تغییرات استحکام (تنش گسیختگی) نخ مخلوط پنبه - پلی پروپیلن بر حسب درصد پنبه. خطوط نقطه چین روابط (۳) و خط پر، از رابطه (۵) بدست آمده است. ■ میانگین نتایج تجربی و x حدود اعتماد است [۲۷].



شکل (۶) منحنیهای تنش کرنش نخ پنبه‌ای و ویسکوزخالص [۲۹]



شکل (۷) تغییرات استحکام (تنش گسیختگی) نخ مخلوط پنبه - ویسکوز بر حسب درصد ویسکوز. خطوط پر از روابط (۳) بدست آمده. نقطه چین رابطه راتنام (۵)، x حدود اعتماد، ■ میانگین نتایج تجربی [۲۹].

بیشتر از پنبه می‌باشد. با توجه به منحنیهای فوق و روابط (۳) تغییرات استحکام نخ مخلوط بر حسب درصد یک جزء در شکل (۵) همراه با نتایج تجربی نشان داده شده است. نتایج تجربی با توجه به حدود اطمینان، تفاوتی با مقادیر محاسبه شده از روابط (۴) وقتی  $Z=0$  است (یا رابطه ۳) را نشان نمی‌دهد. بنابراین در این مخلوط، الیاف پنبه پس از اولین گسستگی تحمل نیرو نقش را بازی نمی‌کند. در حین کشیدن نخ الیاف پلی پروپیلن به راحتی از دیاد طول داده تا منجر به پاره شدن نهایی نخ گردد.

در شکل (۵) رابطه مربوط به راتنام [۷] برای  $d=0.5$  بصورت منحنی خط پر نشان داده شده است و ملاحظه می‌گردد این رابطه نیز با نتایج تجربی موافقت لازم را دارا می‌باشد. شکل (۵) همچنین نشان می‌دهد که چنانچه بخواهیم با استفاده از مخلوط پنبه و پلی پروپیلن، نخ محکمتر از نخ صد درصد پنبه‌ای تولید کنیم باید بیشتر از ۸۰٪ الیاف پلی پروپیلن در نخ وجود داشته باشد. مانند نخهای مخلوط پنبه پلی استر افزایش مقادیر کمتر پلی پروپیلن به پنبه باعث کاهش بیشتر استحکام نخ می‌گردد. در این صورت در مقایسه با الیاف پلی استر، الیاف پلی پروپیلن یک مکمل خوب برای الیاف پنبه نیستند. لازم است الیاف پلی پروپیلن قابل اختلاط با پنبه، دارای ضریب کشسانی بیشتری باشد.

شکل (۶) منحنی تنش کرنش نخ پنبه‌ای و ویسکوز خالص را نشان می‌دهد. نخ ویسکوز دارای ضریب کشسانی و ازدیاد طول گسیختگی بیشتری از پنبه می‌باشد، لیکن این اختلاف کمتر از اختلاف بین پلی استر و پنبه است. این اختلاف کم باعث شده است که افزایش ویسکوز به پنبه چندان استحکام نخ مخلوط را تغییر ندهد. شکل (۷) منحنی تغییرات استحکام بر حسب درصد پنبه حاصل از روابط (۴) وقتی  $Z=0$  است و نتایج تجربی را نشان می‌دهد. با توجه به حدود اطمینان ۹۵٪ که در شکل ملاحظه می‌گردد اختلاف بین نتایج تجربی و مقادیر محاسبه شده از رابطه (۴) وقتی  $Z=0$  است قابل توجه می‌باشد. اختلاف بین نتایج تجربی و نتایج حاصل از رابطه (۴) برای نخهایی با درصدهای مختلف بگونه‌ای است که با تغییر مقدار Z اختلاف از بین نمی‌رود. برای این نوع مخلوط مقدار Z برای تمام انواع مخلوطها مقدار ثابتی نمی‌تواند باشد.

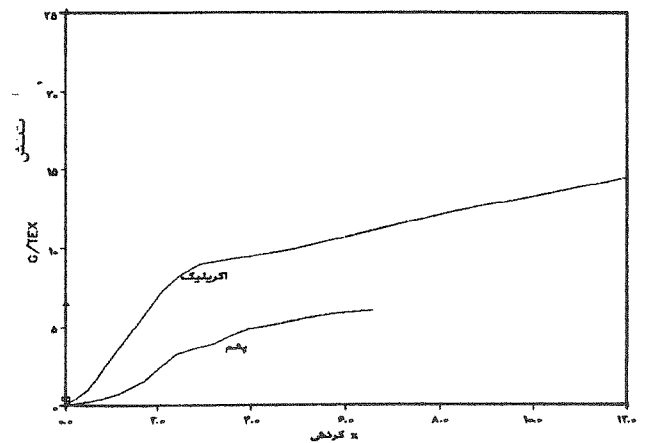
اگر رابطه راتنام (Ratnam) [۷] که در قسمت قبل مورد توجه قرار گرفت بکار رود برای مقدار  $d=0.1$  با نتایج تجربی



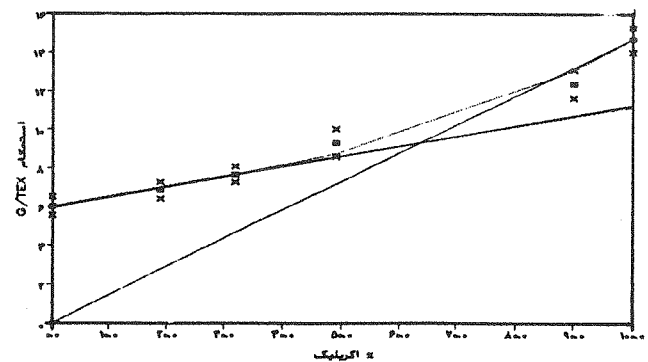
موافقت لازم را دارا خواهد بود.

نتایج این تجربیات نشان می‌دهد که افزایش ویسکوز به پنبه تا مقدار ۸۰٪ تأثیر چندانی بر افزایش استحکام نخ ندارد.

شکل (۸) منحنیهای تنش کرنش نخهای پشمی و اکریلیکی خالص «مشابه» با نخهای مخلوط را نشان می‌دهد. نخ اکریلیکی دارای ضریب کشسانی و تنش و ازدیاد طول گسیختگی بیشتر از نخ پشمی است. با توجه به منحنیهای تنش کرنش نخهای خام انتظار می‌رود که با افزایش الیاف اکریلیک استحکام نخ مخلوط همواره افزایش یابد. در شکل (۹) ارتباط بین درصد مخلوط و استحکام که از منحنیهای تنش کرنش با استفاده از روابط (۴)



شکل (۸) منحنیهای تنش کرنش نخهای پشمی و اکریلیکی قبل از جوشاندن [۳۰]



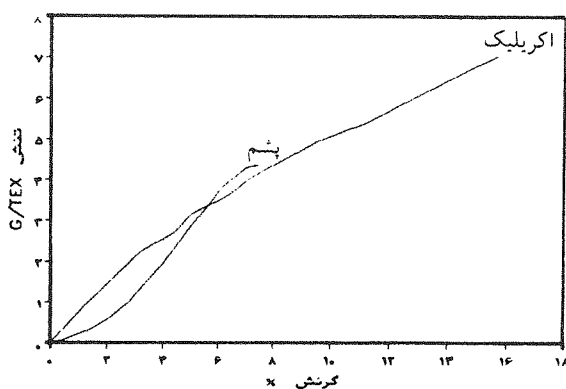
شکل (۹) تغییرات استحکام (تنش گسیختگی) نخ مخلوط پشم - اکریلیک برحسب درصد اکریلیک قبل از جوشاندن. خطوط از روابط (۴) محاسبه شده، خط نقطه چین رابطه (۵)، میانگین نتایج تجربی و x حدود اعتماد است [۳۰].

برای  $Z=0$  محاسبه شده همراه با نتایج تجربی نشان داده شده است. بین نتایج محاسبه شده از روابط (۴) و نتایج تجربی موافقت وجود دارد. از این رو در این مخلوط انتظار نمی‌رود که یکی از الیاف چند بار گسسته شود و یا الیاف پاره شده نقشی در تحمل تنش اعمالی داشته باشند.

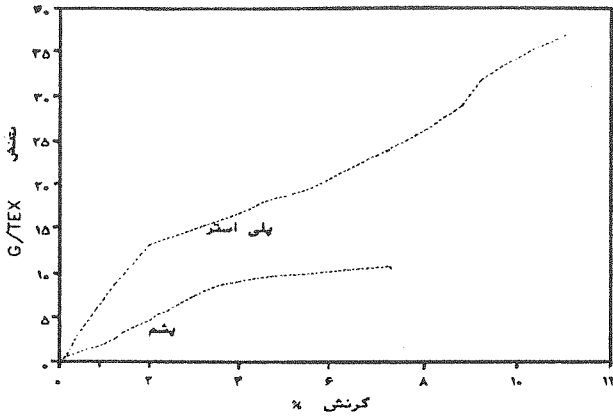
نخهای مخلوط اکریلیک و پشم چنانچه مانند نخهای دیگر در آب جوشانده شوند به مقدار بیشتری تقلیل طول می‌دهند و این امر به علت تغییر در ساختار فیزیکی این الیاف است و به همین دلیل تنش گسیختگی کاهش و ازدیاد طول گسیختگی افزایش می‌یابد. در این صورت روند تغییرات استحکام بر حسب درصد مخلوط متفاوت خواهد بود. منحنیهای تنش کرنش نخهای اکریلیک و پشم که همراه با نخهای مخلوط به مدت ۵ دقیقه در آب جوشانده شده‌اند در شکل (۱۰) نشان داده شده است.

تغییرات استحکام که از منحنیهای فوق با استفاده از روابط (۴) برای  $Z=0$  محاسبه شده همراه با نتایج تجربی در شکل (۱۱) نشان داده شده است. به طوری که ملاحظه می‌گردد اگر چه افزایش اکریلیک همواره باعث افزایش استحکام نخ مخلوط می‌گردد لیکن در کاربرد (پس از عملیات تر) چنین تأثیری را از خود نشان نمی‌دهد. افزایش الیاف اکریلیک تا حد ۵۰٪ تأثیر چندانی بر افزایش استحکام نخ مخلوط ندارد.

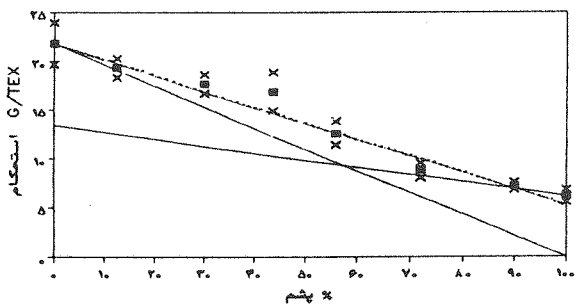
در شکلهای (۹ و ۱۱) رابطه رانام [۷] به ترتیب برای قبل از جوشاندن  $d=0/7$  و بعد از جوشاندن  $d=1/2$  رسم شده است. ملاحظه می‌گردد که این رابطه نیز می‌تواند ارتباط بین درصد مخلوط و استحکام را بیان نماید.



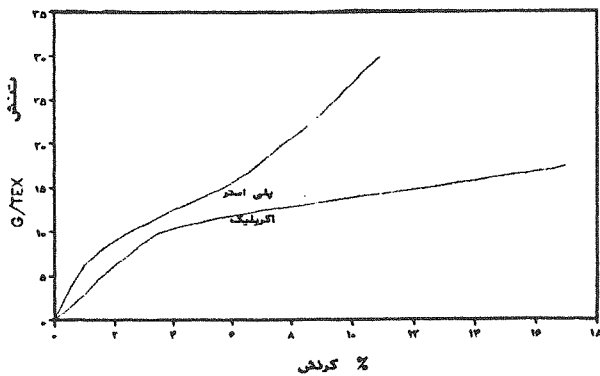
شکل (۱۰) منحنی تنش کرنش نخ پشمی و اکریلیکی خالص بعد از جوشاندن [۳۰]



شکل (۱۲) منحنی تنش کرنش نخهای پشمی و پلی استر  
خالص [۳۱]



شکل (۱۳) تغییرات استحکام (تنش گسیختگی) نخ مخلوط پشم - پلی استر بر حسب درصد پشم در نخ. خطوط پر از روابط (۴) با  $Z=0$ ، خط نقطه چین با  $Z=0/8$  محاسبه شده، میانگین نتایج تجربی و  $x$  حدود اعتماد است [۳۱].



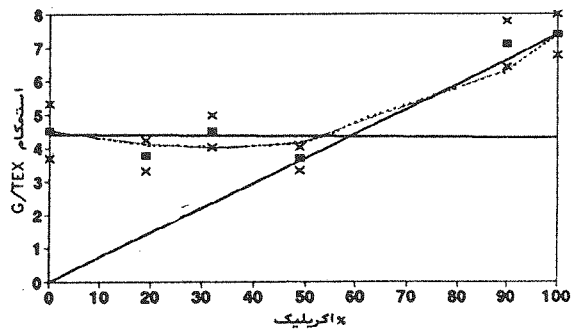
شکل (۱۴) منحنیهای تنش کرنش نخهای اکریلیک و پلی استر خالص قبل از جوشاندن [۳۲]

شکل (۱۲) منحنی تنش کرنش نخهای پشمی و پلی استر خالص را نشان می دهد. نخ پلی استر دارای ضریب کشسانی، تنش و ازدیاد طول گسیختگی به مراتب بیشتر از نخ پشمی است.

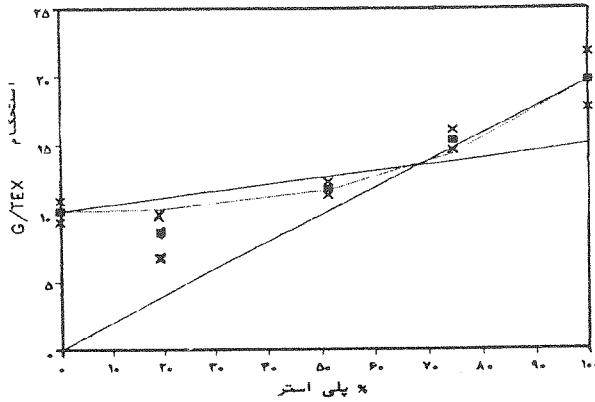
شکل (۱۳) نتایج تجربی همراه با مقادیر محاسبه شده استحکام از منحنیهای تنش کرنش با استفاده از روابط (۴) برای وقتی که  $Z=0$  است را نشان می دهد. به طوری که ملاحظه می گردد با افزایش پلی استر به پشم همواره استحکام نخ افزایش می یابد و با افزایش مقدار  $Z$  می توان مقادیر محاسبه شده و تجربی را بهم نزدیک نمود. چنانچه حدود اعتماد ۹۵٪ برای استحکام نخهای خالص در نظر گرفته شود نتایج تجربی با مقادیر محاسبه شده تطابق لازم را خواهد داشت. در این صورت به نظر می رسد که الیاف پشم در هنگام اعمال نیرو چند بار دچار پارگی گردند. رابطه (۵) نمی تواند با نتایج تجربی تطبیق نماید.

شکل (۱۴) منحنیهای تنش کرنش نخهای اکریلیک و پلی استر خالص را نشان می دهد. به طوری که ملاحظه می گردد نخ پلی استر دارای ضریب کشسانی و استحکام بیشتر و ازدیاد طول تا حد پارگی کمتر از نخ مشابه اکریلیک است. در این صورت همانطور که در شکل (۱۵) نشان داده شده است افزایش پلی استر باعث کاهش استحکام تا حدود درصد مخلوط ۵۰٪ می گردد. پس از آن افزایش پلی استر به الیاف اکریلیک همواره باعث افزایش استحکام نخ مخلوط می گردد.

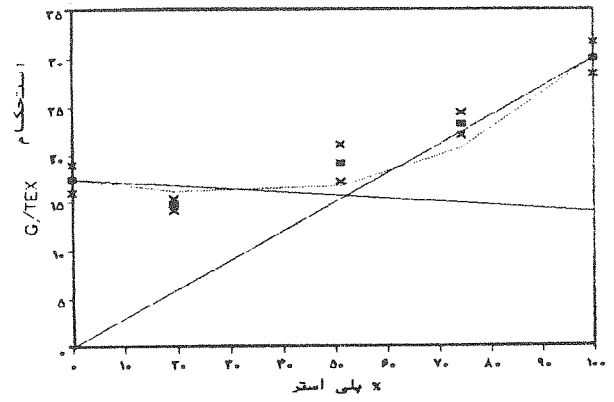
تأثیر درصد الیاف پلی استر بر خواص نخ بعد از جوشاندن نخ همانطور که در شکلهای (۱۶ و ۱۷) نشان داده شده است متفاوت می گردد. در این حالت افزایش درصد پلی استر همواره استحکام نخ مخلوط را افزایش می دهد.



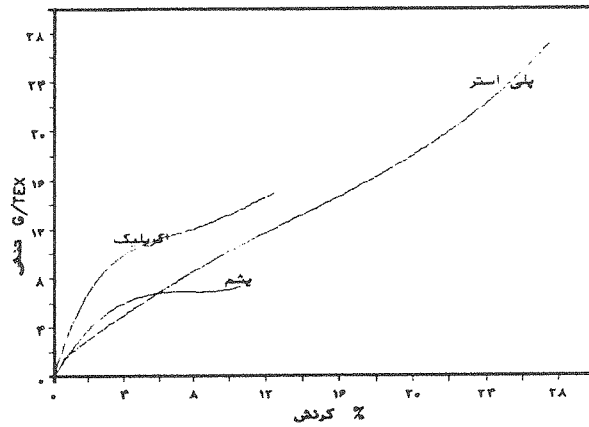
شکل (۱۱) تغییرات استحکام (تنش گسیختگی) نخ مخلوط اکریلیک پشم بر حسب درصد اکریلیک بعد از جوشاندن. خطوط پر از روابط (۳) محاسبه شده، خط نقطه چین رابطه (۵)، میانگین نتایج تجربی و  $x$  حدود اعتماد است [۳۰].



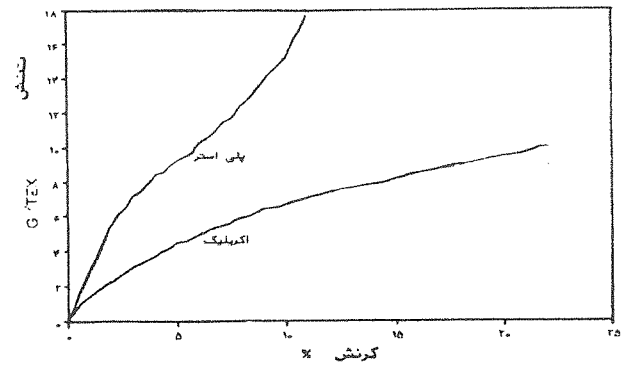
شکل (۱۷) تغییرات استحکام (تنش گسیختگی) بر حسب درصد پلی استر بعد از جوش. خطوط پر از روابط (۴)، خط نقطه چین از رابطه (۵) محاسبه شده، میانگین نتایج تجربی و x حدود اعتماد است [۳۲]



شکل (۱۵) تغییرات استحکام (تنش گسیختگی) نخ مخلوط اکریلیک - پلی استر بر حسب درصد پلی استر قبل از جوش. خط پر از رابطه (۴)  $Z=0$ ، خط نقطه چین از رابطه (۵) محاسبه شده، میانگین نتایج تجربی و x حدود اعتماد است [۳۲]



شکل (۱۸) منحنیهای تنش کرنش نخهای پشمی، اکریلیکی و پلی استر خالص [۳۳]



شکل (۱۶) منحنیهای تنش کرنش نخهای اکریلیک و پلی استر بعد از جوشاندن [۳۲]

### ۱۰- نخهای سه جزئی

منحنیهای تنش کرنش نخهای پشم، پلی استر و اکریلیک خالص در شکل (۱۸) نشان داده شده است. مقادیر  $S_A=7/3$  و  $S_{C/A}=10/67$ ،  $S_{B/A}=13/6$ ،  $S_C=27/1$ ،  $S_B=14/98$  و  $S_{C/B}=12/04$  از شکل (۱۸) استخراج شده و در رابطه (۷) قرار داده شده و برای وقتی که مجذورات اختلاف بین مقادیر استحکام محاسبه شده و استحکام اندازه گیری شده نخهای مخلوط کمترین است مقدار % محاسبه شده است. در این صورت برای نخ با ضریب تاب  $TM=31(\text{tex}^{0.5} \times \text{tpc})$  مقدار %

به نظر می رسد که قبل از جوشاندن در درصد مخلوط ۵۰% الیاف پلی استر پس از پاره شدن در تحمل تنش شرکت می نمایند و بعد از جوشاندن با توجه به شکل (۱۷) چنین رفتاری را بهتر از خود نشان می دهند. هر گاه  $Z$  برابر ۰/۲۵ انتخاب گردد مقادیر تجربی با مقادیر محاسبه شده که از روابط (۴) نخهای خالص اکریلیک و پلی استر بدست می آید نزدیکتر می گردد و رابطه (۵) نیز نمی تواند تطابق لازم را داشته باشد.

برابر ۰/۳۵ و برای نخ با ضریب تاب  $TM=36(tex^{0.5} \times tpc)$  مقدار Z برابر ۰/۳۹ می‌گردد.

مقادیر استحکام نخهای مخلوط که با استفاده از روابط (۷) و مقادیر Z فوق‌الذکر محاسبه شده است همراه با مقادیر متناظر اندازه‌گیری شده در جدول (۲) نشان داده شده است.

همانطور که در جدول (۲) نشان داده شده است به جز نخ مخلوط ۵۰/۵۰ اکریلیک - پشم مقادیر استحکام محاسبه شده با مقادیر اندازه‌گیری شده توافق قابل توجهی دارند. برای نخ مخلوط اکریلیک پشم ۵۰/۵۰ عدم تبعیت از روند معمولی نیز در بخش مربوطه قبل نیز ملاحظه گردید.

زورک [۹] برای نمایش تغییرات استحکام نخهای مخلوط سه جزئی، روش مورد استفاده معمول در تعادل حالت‌های مجموعه‌های سه جزئی در شیمی و فیزیک [۲۶] را پیشنهاد می‌نماید. همانطور که در شکل (۱۹) نشان داده شده است مثلث ABC یک مثلث متساوی‌الاضلاع است که ارتفاع آن معادل با ۱۰۰٪ انتخاب می‌گردد. مجموع فواصل هر نقطه درون این مثلث از سه ضلع برابر ارتفاع مثلث خواهد بود بنابراین اگر هر رأس مثلث نشان‌دهنده نخهای خالص باشد، نقاط روی اضلاع نشان‌دهنده درصد هر یک از الیاف در نخهایی است که از دو نوع الیاف ساخته شده‌اند. چنانچه این مثلث را قاعده یک منشور

قرارداده و ارتفاع منشور متناسب با تنشهای مورد نظر نخهای خالص اختیار شود، مشابه با طریقی که برای نخهای ساخته شده از دو نوع الیاف انجام گرفته، سطح  $X_a R X_p T X_w S O$  بدست می‌آید.

بدیهی است که هر نقطه درون مثلث ABC نشان‌دهنده مقدار الیاف در نخ مخلوط از سه نوع می‌باشد و فاصله هر نقطه در سطح  $X_a R X_p T X_w S O$  از مثلث ABC نشان‌دهنده استحکام نخ مخلوط خواهد بود.

در شکل (۱۹)،  $X_p$ ،  $X_w$  و  $X_a$  به ترتیب نشان‌دهنده استحکام نخهای پلی‌استر، پشم و اکریلیک خالص،  $X_{A.W}$  و  $X_{P.W}$  نشان‌دهنده تنش روی الیاف اکریلیک و پلی‌استر هنگام پاره‌شدن الیاف پشم و  $X_{P.A}$  تنش روی الیاف پلی‌استر هنگام پاره‌شدن الیاف اکریلیک می‌باشد. بوسیله چنین شکلی به سهولت می‌توان درصد اجزاء در نخهایی که دارای استحکامی در یک محدوده معین هستند را با تعیین تصویر سطح مربوطه روی مثلث ABC بدست آورد. در شکل (۱۹) 1-1' تا 6-6' حدود نتایج تجربی را نشان می‌دهد.

### ۱۱- ازدیاد طول گسیختگی

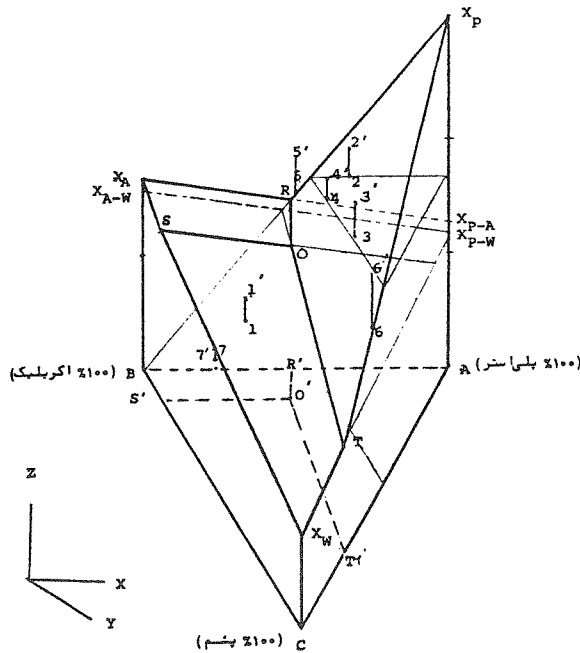
شکل (۲۰) تغییرات درصد ازدیاد طول گسیختگی نخهای

جدول (۲) نتایج تجربی و محاسبه شده استحکام نخهای مخلوط پشم - پلی‌استر - اکریلیک [۲۵]

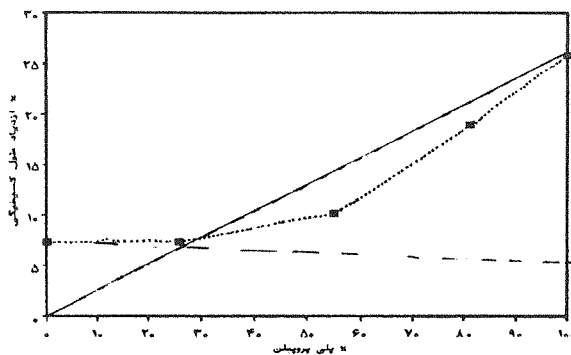
استحکام اندازه‌گیری شده g/tex		استحکام محاسبه شده g/tex		مشخصات نخ % پلی‌استر - پشم - اکریلیک
TM=۳۶	TM=۳۱	z=۰/۳۹ TM=۳۶	z=۰/۳۵ TM=۳۱	
۱۲/۰ ± ۰/۵	۱۲/۸ ± ۰/۶	۱۱/۸	۱۲/۱	۳۳/۳۳/۳۴
۲۰/۵ ± ۱/۰	۱۹/۸ ± ۰/۸	۱۹/۵	۱۹/۶	۱۶/۱۷/۶۷
۱۷/۵ ± ۰/۷	۱۶/۹ ± ۰/۷	۱۷/۲	۱۷/۴	۱۴/۲۸/۵۸
۱۸/۰ ± ۰/۷	۱۶/۸ ± ۰/۷	۱۷/۶	۱۷/۸	۲۸/۱۴/۵۸
۱۷/۱ ± ۰/۷	۱۵/۴ ± ۰/۶	۱۶/۱	۱۶/۵	۵۰/۰۰/۵۰
۱۵/۳ ± ۰/۶	۱۵/۶ ± ۰/۷	۱۴/۸	۱۵/۰	۰۰/۵۰/۵۰
۱۰/۳ ± ۰/۴	۹/۷ ± ۰/۳	۹/۰	۹/۰	۵۰/۵۰/۰۰

\* حدود اعتماد در سطح احتمال ۹۵٪

باتوجه به مشکلاتی که در اندازه گیری ضریب کشسانی وجود دارد اندازه گیری روی نخهای مخلوط با پشم صورت نگرفت. برای نخ مخلوط پلی استر- پشم - اکریلیک تفاوت قابل قبول آماری بین نتایج اندازه گیری شده محاسبه شده ملاحظه نگردیده است.



شکل (۱۹) تغییرات استحکام نخهای مخلوط پلی استر - پشم - اکریلیک بر حسب درصدهای مختلف اجزاء [۳۳]



شکل (۲۰) تغییرات ازدیاد طول گسیختگی نخ مخلوط پنبه - پلی پروپیلن بر حسب درصد پلی پروپیلن در نخ. خطوط رابطه (۴) و میانگین نتایج تجربی است [۲۷]

مخلوط پنبه - پلی پروپیلن بر حسب درصد پلی پروپیلن را نشان می دهد. به طوری که ملاحظه می شود با افزایش پلی پروپیلن درصد ازدیاد طول گسیختگی نخ افزایش می یابد. در این نوع مخلوط تغییر از یک ازدیاد طول گسیختگی به دیگری به تدریج صورت می گیرد.

برای نخ تولید شده تا درصد ۵۵٪ پلی پروپیلن بین نتایج تجربی و روندی که روابط (۴) برای ازدیاد طول گسیختگی پیش بینی می کند تطابق قابل قبولی وجود ندارد و نیز تا ۴۵٪ پنبه، نخ حاصله می بایست ازدیاد طول گسیختگی پنبه را داشته باشد و سپس ازدیاد طول گسیختگی به ۲۵٪ که مربوط به نخ پلی پروپیلن خالص است برسد.

شکل (۲۱) ازدیاد طول گسیختگی نخهای مخلوط پنبه - ویسکوز را نشان می دهد. افزایش درصد ویسکوز ازدیاد طول گسیختگی نخ را افزایش می دهد لیکن روند این تغییر بستگی به نمره نخ دارد.

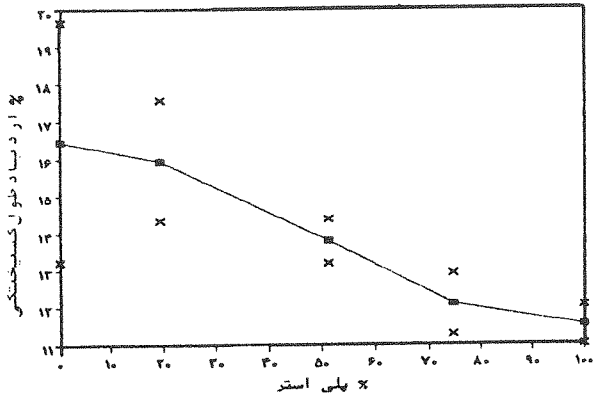
شکل (۲۲) تغییرات ازدیاد طول گسیختگی نخهای مخلوط پشم - پلی استر را نشان می دهد. به طوری که ملاحظه می گردد عدم تبعیت از روابط (۴) قابل توجه است. به نظر می رسد که وقتی درصد پلی استر از ۴۰٪ تجاوز می کند ازدیاد طول گسیختگی از یک مقدار حدود ۶٪ مربوط به پشم به ۱۲٪ مربوط به پلی استر تغییر ناگهانی می دهد.

شکلهای (۲۳) و (۲۴) تغییرات ازدیاد طول گسیختگی نخهای مخلوط اکریلیک - پلی استر را بر حسب درصد پلی استر بعد و قبل از جوشاندن نشان می دهد. به طوری که ملاحظه می گردد افزایش پلی استر بطور تدریجی ازدیاد طول گسیختگی را کاهش می دهد.

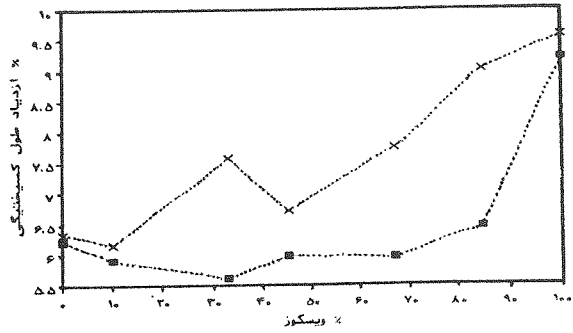
## ۱۲- ضریب کشسانی

شکل (۲۵) تغییرات ضریب کشسانی را برای نخهای مخلوط پنبه پلی پروپیلن بر حسب درصد پنبه همراه با خط حاصل از معادله برگشت (Regression) با ضریب ارتباط  $R=0.99$  نشان می دهد.

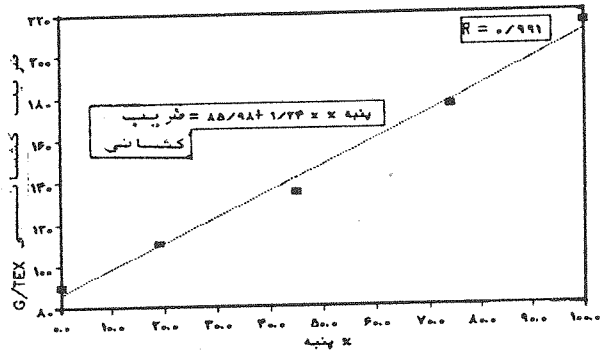
در شکل (۲۶) تغییرات ضریب کشسانی برای نخهای مخلوط ویسکوز - پنبه بر حسب درصد ویسکوز نشان داده شده است. به طوری که ملاحظه می گردد تبعیت ضریب کشسانی نخ مخلوط از قانون ساده مخلوطها با توجه به خطاهایی که ناشی از اندازه گیری است قابل قبول می باشد.



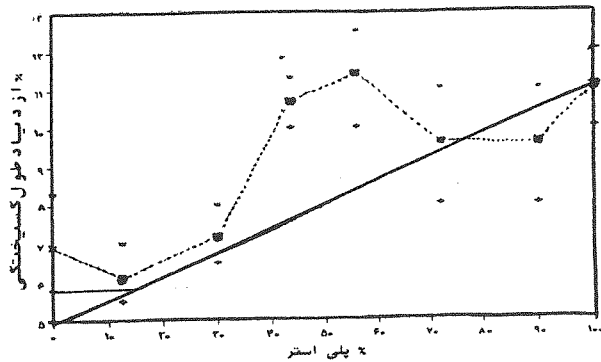
شکل (۲۴) تغییرات درصد ازدیاد طول گسیختگی نخهای مخلوط اکریلیک - پلی استر بر حسب درصد پلی استر (قبل از جوشاندن). ■ میانگین و x حدود اعتماد است [۳۲]



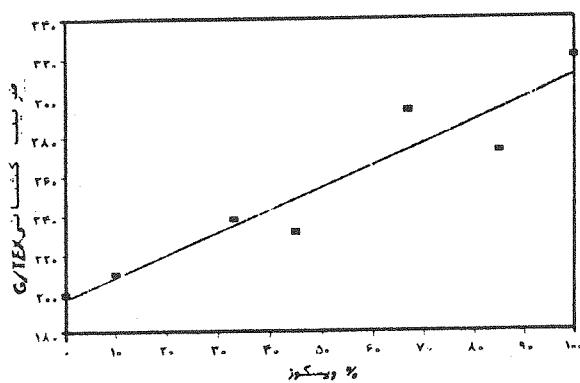
شکل (۲۱) تغییرات ازدیاد طول تا حد پارگی نخهای مخلوط پنبه - ویسکوز بر حسب درصد ویسکوز، x نخهای نمره ۴۴ تکس و ■ نخهای نمره ۵۱ تکس [۲۹]



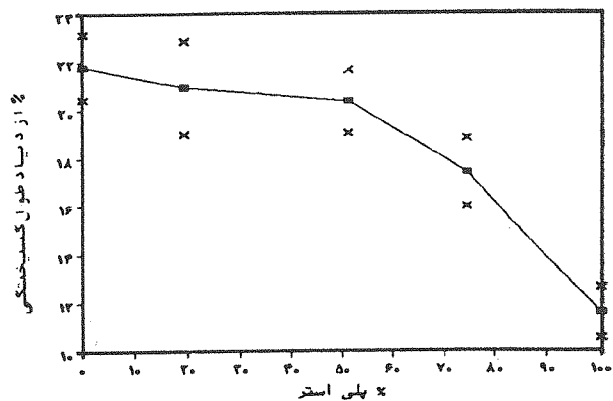
شکل (۲۵) تغییرات ضریب کشسانی برای نخ مخلوط پنبه - پلی پرو پیلن بر حسب درصد پنبه. ■ میانگین نتایج تجربی و خط نقطه چین رابطه همبستگی می باشد [۲۷]



شکل (۲۲) تغییرات درصد ازدیاد طول گسیختگی نخهای مخلوط پشم - پلی استر بر حسب درصد پلی استر. خطوط پررابط (۴)، میانگین و x حدود اعتماد است [۳۱]



شکل (۲۶) تغییرات ضریب کشسانی برای نخ مخلوط ویسکوز - پنبه بر حسب درصد ویسکوز در نخ. ■ میانگین نتایج تجربی و خط رابطه همبستگی می باشد [۲۹]



شکل (۲۳) تغییرات درصد ازدیاد طول گسیختگی نخهای مخلوط اکریلیک - پلی استر بر حسب درصد پلی استر (بعد از جوشاندن). ■ میانگین و x حدود اعتماد است [۳۲]

نوع نخ	z	d
پنبه - پلی استر	۰/۲	نامشخص
پنبه - پلی پرویلین	۰/۰	۱/۵
پنبه - ویسکوز	متغیر	۰/۱
پشم - اکریلیک	۰/۰	قبل از جوش: ۰/۷ بعد از جوش: ۱/۲
پشم - پلی استر	۰/۸	قبل از جوش: ۱/۲ بعد از جوش: ۰/۹
پلی استر - اکریلیک	۰/۲۵	قبل از جوش: ۱/۲ بعد از جوش: ۰/۹
پشم - پلی استر اکریلیک	۰/۳۵ تا ۰/۳۹	نامشخص

در این مقاله خواص مکانیکی کششی نخهای مخلوط مورد توجه قرار گرفت. نخهای مخلوطی از دو نوع الیاف متفاوت، با ضریب تابهایی نزدیک به ضریب تاب بهینه بروشهای ریسندگی متداول تهیه شده و منحنی تنش کرنش آنها اندازه گیری گردید. ملاحظه شد که استحکام (تنش در هنگام پاره شدن) نخهای مخلوط را می توان از استحکام نخهای مشابه که از هر یک از الیاف ساخته شده اند محاسبه نمود. روابط مورد استفاده برای در نظر گرفتن تأثیر الیاف پاره شده و اثر هندسه نخ، شامل ضرایب تجربی d و z می گردید که مقدار آن برای انواع مخلوطها تعیین شد. مقدار z و d بستگی به ساختار نخ و درصد مخلوط در نخ داشت.

مقدار z و d برای مخلوطهای متفاوت آزمایش شده در جدول (۳) نشان داده شده است.

از دیاد طول گسیختگی نخهای مخلوط به نحو مطلوب از روابط عمومی اشاره شده تبعیت نمی کرد. در مواردی از دیاد طول گسیختگی از یک مقدار مربوط به یکی از انواع الیاف به مقدار دیگری مربوط به الیاف دیگر می رسید. با توجه به آزمایشات انجام گرفته و امکانات موجود، امکان ارائه رابطه مستدلی فراهم نگردید.

ضریب کشسانی نخهای مخلوط که از منحنیهای مربوطه به سهولت قابل سنجش بود، از رابطه ساده مخلوطها، به علت کم بودن کرنش، بخوبی قابل محاسبه است. لیکن همیشه به علت لغزش جزئی الیاف روی یکدیگر در آزمایش، شیب منحنی با وسایل موجود قابل اندازه گیری نبود و همیشه خطای آزمایشات بیش از آنچه که انتظار می رفت می گردید، شاید با استفاده از

وسایل اندازه گیری دقیقتر این مشکل را بتوان برطرف ساخت. با توجه به کارهای انجام شده بنظر می رسد که تعمیم روابط مربوط به نخهایی که از دو نوع الیاف ساخته شده اند به سه نوع، به روش ترسیمی قابل انجام باشد.

#### ۱۴- تشکر و قدردانی

ارائه این مقاله بدون همکاری و همیاری بسیاری از دانشجویان، کارکنان و اعضاء هیئت علمی دانشکده مهندسی نساجی که طی سالیان دراز برای تولید نخ و آزمایشات، زحمات زیادی را متحمل شده اند ممکن نمی شد از این رو بر خود لازم می دانیم که تشکرات قلبی خود را از آنها ابراز داریم.

#### مراجع

- [1] R.F. Dyer, *High Tenacity Polyester Fibers, Physical Properties of Cotton Blends, Modern Textile Magazine, AATT 1967, P. 73.*
- [2] M.J. Coplan, *Fiber Translation in Blends. Modern Textile Magazine, 1959, P. 39.*
- [3] F.T. Wallenberger, *Dacron/Orlon Blends in Apparel Product Value, Wear Comfort, Energy Saving, and Environmental Aspects, Textile Res. J., 50, 1980, P. 285-289.*
- [4] J.W.S. Hearle, P.Grosberg and S. Backer, "Structural Mechanics of Fiber, Yarn and Fabrics". Vol. 1, Wiley Interscience, New York, 1969.
- [5] I. Frydrych, *Strength Properties of Cotton Blend Yarns, Textile Res. J., 60, 1994, PP.198-208.*
- [6] A. Kemp, and J.D. Owen, *The Strength and Behavior of Nylon/Cotton Blended Yarns*

- Undergoing Strain. *J. Textile Inst.* 46, 1955, P.684.
- [7] Rainam, T.V., K.S. Shankaranarayana, C. Underwood, and K. Govindarajulu, Prediction of the Quality of Blended Yarns from That of the Individual Components, *Textile Res. J.* 38, 1968, P.360.
- [8] C.G. Monego and S. Backer, Letter To Editor, Tensile Rupture of Blended Yarns, *Textile Res. J.* 38, 1968, P. 762.
- [9] W. Zurek. "Yarn Structure", Translated By The Department Of Agriculture, USA, 1972.
- [10] A. El-Shiekh, the Dynamic Modulus and Some Other Properties of Viscose / Polyester Blends, *Textile Res. J.* 44, 1974, P. 343.
- [11] P.R. Lord, M.H. Mohamed and T.R. Egambaram, The Characteristics of Blended Polyester/Cotton Yarns Made by Ring and Open-End spinning, ASME Publication, Paper No. 77 Tex - 4, 1977.
- [12] Y.K. Kim, and A. El-Shiekh, Tensile Behavior of Twisted Hybrid Fibrous Structured, Part 1: Theoretical Investigation, *Textile Res. J.* - 54, 1984, P. 526.
- [13] Y.K. Kim, and A. El-Shiekh, Tensile Behavior of Twisted Hybrid Fibrous Structure, Part 2: Experimental Studies, *Textile Res. J.* 54, 1984, P. 534.
- [14] J.D. Owen, The Strength and Stress - Strain Behavior of Blended Yarn, *J. Textile Inst.* 53, 1962, P. T144.
- [15] W.J. Hamburger, The Industrial Application of the Stress- Strain Relationship, *J. Textile Inst.* 40, 1949, P. 700.
- [16] م - کسانیان، ا. طاهری عراقی، اصول ریسندگی، ۱۳۶۴.
- [17] L.R.G. Treloar and G. Riding, A Theory of the Stress Strain Properties of Continues Filament Yarns, *J. of Textile Inst.* 54, 1963, P.T 156.
- [18] P.Postle, G. A. Carnaby and S. de Jong, "The Mechanics of Wool Structures", Ellis Horwood Limited, New York, 1988.
- [19] C.C. Cheng, J.L. Cowart, B. L. McGill, J.E. Spruiell and J.L. White, Scanning Electron Microscopy Study of the Deformation of Staple Yarns: Cotton, Polyester and Cotton/ Polyester Blends, *Textile Res. J.*, 45, 1975, P.414-418.
- [20] F.T. Pierce, Tensile Test For Cotton, Weakest Link, *J. Textile Inst.* 26, 1949, T 355-T 368.
- [21] W.E. Morton and J.W.S. Hearle, "Physical Properties of Textile Fibers," Second Edition, *Textile Inst. London*, 1976.
- [22] Booth J.E., "Principle of Textile Testings", National Trade Press Ltd. London, 1961.
- [23] I. Krucinska, Fiber Blending Irregularities in Cross Sections and On Yarn Surfaces in Relation to Yarn Properties, *Textile Res. J.* 58, 1988, P. 291.
- [24] H. Brody, The Breakage of Staple Yarns, *Textile Res. J.* 49, 1979, P. 516-522.
- [25] M.H. Kish and F. Moayery, Mechanical Properties of Wool/Acrylic/Polyester Blended Yarn, 31st International Conf. of Textile Science, Liberec. Czeck Republic, 1993.
- [26] G.W. Castellan. "Physical Chemistry, Second Edition" Addison - Wesley Publishing Co., New York, 1971.
- [۲۷] غلامرضا صالح علوی: "تولید و بررسی ویژگیهای نخهای مخلوط پنبه و پلی پروپیلن"، پروژه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی نساجی دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۶۸.
- [۲۸] محمد معروفی: "تولید و بررسی خواص نخهای مخلوط پنبه/پلی استر"، پروژه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی نساجی دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۶۶.



[۲۹] سید محمد عترتی؛ "تولید و بررسی خواص نخهای مخلوط پنبه و ویسکوز"، پروژه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی نساجی دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۶۶.

[۳۰] مجتبی کریمی و رحمان اخلاقی؛ "تولید و بررسی ویژگیهای نخهای مخلوط پشم و اکریلیک"، پروژه کارشناسی، دانشکده مهندسی نساجی دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۶۸.

[۳۱] محمد مهدی آراسته و سیروس مستقیمی؛ "تولید و بررسی خواص فیزیکی نخهای مخلوط پشم و پلی استر" پروژه کارشناسی، دانشکده مهندسی نساجی دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

۱۳۶۵.

[۳۲] هوشنگ نصرتی و اسفندیار اختیاری؛ "تولید و بررسی خواص مکانیکی نخهای مخلوط پلی استر و اکریلیک"، پروژه کارشناسی، دانشکده مهندسی نساجی دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۶۸.

[۳۳] فرهاد معیری؛ "مکانیک نخهای مخلوط از سه نوع الیاف"، پروژه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی نساجی دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۷۱.