

# تجزیه و تحلیل فرایند تولید نخهای حجیم بوسیله جت هوا

دکتر محمد حقیقت کیش

استادیار دانشکده مهندسی نساجی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

مهندس محمد رضا محدث مجتهدی

بخش تحقیقات جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

چکیده:

در این مقاله نتایج حاصل از تجربیات با یک دستگاه حجیم کننده نخ به وسیله جت هوا با نتایج منتشر شده مقایسه گردیده است. پس از بررسی برخی از پارامترهای تولید نخهای حجیم، مکانیزم حجیم شدن نخ و علت کاهش استحکام آن توجیه شده است.

۱. مقدمه

شکل دادن و سرد کردن به شکل دلخواه با فر و موج مناسب و با خواص فیزیکی متفاوت در می‌آیند. برخی از این روشها به ترتیب اهمیت عبارتند از: تاب مجازی، محفظه تراکم و لبه تیز. در ایران فقط روش تاب مجازی متداول شده است.

در سالهای اخیر یک روش جدیدتر به بازار عرضه شده که در آن عملیات حرارتی حذف و از جریان هوا به منظور مغشوش ساختن مسیرالیاف و تغییر شکل آنها استفاده می‌شود و به نام حجیم کردن به وسیله جت هوا خوانده می‌شود. این روش سالهای اولیه پیشرفت خود را می‌گذراند و تحولات چشمگیری در چند سال گذشته داشته است و به نظر می‌رسد این تحولات در آینده به منظور اقتصادی کردن بیشتر ادامه داشته باشد. استفاده از جریان هوا از ابتدای صنعتی شدن تولید نخ به منظور انتقال مواد معمول بوده است. در سالهای اخیر این استفاده گسترش یافته و در تکمیل فرایندهایی چون ذوب ریسی فیلامنتهای مصنوعی نیز مورد استفاده قرار گرفته است (۱). در این صورت جریان هوا باعث درگیر شدن بیشتر فیلامنتهای نخ می‌گردد. این درگیری از باز شدن فیلامنتها در نخ نهایی جلوگیری می‌نماید.

علاوه بر این مصارف معمولی دستگاه‌های ابداع و ساخته شده است که نخ در حین عبور از مجرای هوا دچار اغتشاش و دگرگونی و تغییر شکل شده و نخ حاصل به صورتی که بیشتر قابل استفاده است در می‌آید. نخهای حاصل دارای حجم بیشتر قابلیت انعطاف در نتیجه زبردستی

از جمله ویژگیهای مهم و قابل توجه منسوجات مورد استفاده در پوششها "زیر دست" مناسب "گرما"، "سبکی"، حجم زیاد، قابلیت انعطاف و "ساختار طبیعی" می‌باشد. این خواص کم و بیش با استفاده از الیاف طبیعی که منقطع هستند با داشتن برخی معایب و کاستی‌ها حاصل می‌شود. قطعه قطعه بودن و وجود فر-موج و جعد در الیاف باعث حجم، سبکی و زیر دست مناسب و قابلیت انعطاف می‌شود.

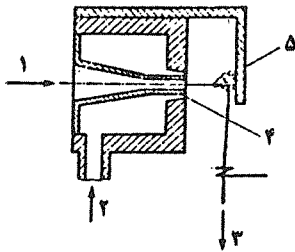
الیاف مصنوعی که به صورت رشته‌هایی مداوم به روش ذوب ریسی تهیه می‌گردند برای بافت پارچه معمولاً "مستقیماً" مورد استفاده قرار نمی‌گیرند. عملیات مختلفی روی آنها انجام می‌گیرد که عبارتند از: کشش، جعد و چین دار کردن، برش و تبدیل آنها به الیافی منقطع و سپس رسیدن نخ مانند روشهای معمول سنتی رسیدن الیاف طبیعی (پشم و پنبه).

روشهای نسبتاً جدیدی برای تبدیل نخ‌های صاف و بدون موج فیلامنتی ابداع شده است. در این روشها شکل ظاهری نخ با استفاده از حرارت، و عملیات مکانیکی تغییر داده می‌شود. این روشها را موجدار کردن<sup>۱</sup> و یا بافتنی کردن<sup>۲</sup> نام نهاده‌اند.

نخهای فیلامنتی مصنوعی مصرفی از پلی‌مرهای نیمه بلور<sup>۳</sup> و ترموپلاستیک<sup>۴</sup> می‌باشند. فیلامنتها در اثر حرارت نرم و سپس با تغییر

بهرتر و شکل و ظاهری متفاوت از نخهای فیلامنتی می‌باشند. جت هوا را می‌توانند روی دستگاههای معمول فرآیند تولید نخ مانند دستگاه بوبین پیچی و یا دولتاب مستقر یا به صورت دستگاه کامل همراه باتغذیه‌کننده و بوبین پیچ مورد استفاده قرار دهند (۲).

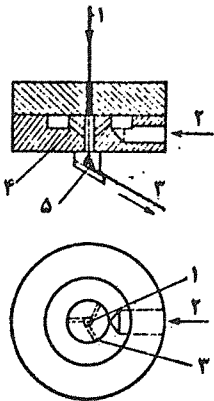
اصول کار تغییر شکل یا حجیم کردن به وسیله جت هوا در شکل ۱ نشان داده شده است. نخ یا نخهایی که در ابتدا دارای رشته‌های نسبتاً موازی و تابدار هستند از یک طرف وارد محفظه جت شده و در اثر برخورد با جریان شدید هوا به صورت حلقه دارو پیچ خورده در می‌آیند. طرح جت، و نخهای مصرفی شکل ظاهری نخ تولیدی را معین می‌کنند. نخ حاصل می‌تواند ظاهری مانند نخهایی که از الیاف کوتاه تولید می‌شوند داشته باشد یا با تغذیه چند رنگی نخهای فانتزی را به وجود آورد.



- ۱- ورود نخ
- ۲- ورود هوا
- ۳- نخ حجیم شده
- ۴- مجرای جانبی خروج هوا
- ۵- صفحه متوقف کننده

شکل ۲- جت اختراعی چکسلواکی (۵)

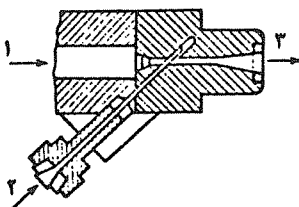
شکل ۳- جت اصلاح شده چکسلواکی را نشان می‌دهد. در اینجا هوا از مجاری جانبی به نخ برخورد و آنگاه به شدت به جداره و یا صفحه نگهدارنده جلو برخورد می‌کند. نخهایی که با استفاده از این جت ساخته می‌شود را میرلان<sup>۹</sup> نامیده اند.



- ۱- ورود نخ
- ۲- ورود هوا
- ۳- نخ حجیم شده
- ۴- مجاری ورود هوا
- ۵- صفحه متوقف کننده

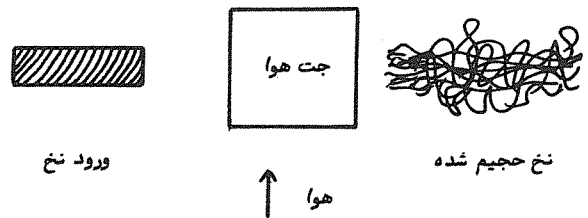
شکل ۳- جت برای ساخت نخ میرلان (۵)

مقارن سال ۱۹۵۲ میلادی کارخانه دوپونت اولین جت هوای خود را به ثبت رساند. و متعاقباً در سال ۱۹۵۴ جت دیگری توسط آن کارخانه به ثبت رسید. این جت در شکل ۴ نشان داده شده است.



- ۱- ورود هوا
- ۲- ورود نخ
- ۳- خروج نخ

شکل ۴- جت ثبت شده توسط دوپونت (۶)



شکل ۱ حجیم کردن نخ با استفاده از جریان هوا

در این مقاله تکامل روش فوق مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته برخی نتایج حاصل از تجربیات انجام شده با نتایج منتشر شده محققان مقایسه شده است.

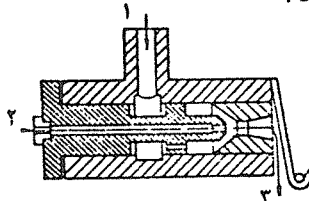
۲. مروری بر مقالات منتشر شده

۲- ۱. طرح جت‌ها

اختراعات ثبت شده در زمینه طرح جت‌ها بالغ بر ۴۰ مورد می‌گردد اگر چه جزئیات این کوششها مشخص نیست لیکن می‌توان چنین فعالیتی را دال بر اهمیت موضوع دانست.

اولین اختراع جت به سال ۱۹۵۰ باز می‌گردد. به نظر می‌رسد که اولین جت در چکسلواکی مورد استفاده قرار گرفت (۴۳). این جت در شکل ۲ نمایش داده شده جت فوق ابتدا روی دستگاه تمام تاب (رینگ)

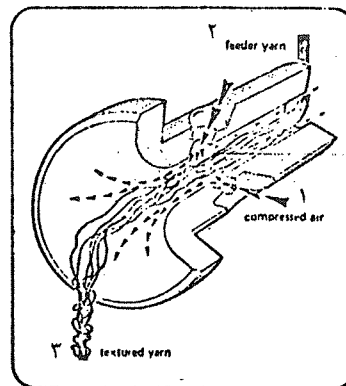
جت فوق ( شکل ۴) برای تولید نخهایی بنام تزلان<sup>۱</sup> به کار گرفته شد (۶). نخ تابدار فیلامنتی از مجرایی که به شکل سوزنهای استوانه‌ای میان تپه (پزشکی) است وارد می‌گردد. انتهای سوزن که در مجرای عبور هوا قرار می‌گیرد به صورت نیمه استوانه است. به طوری که نخ بتواند با جریان هوا از مجرای شیپوری شکل انتهایی خارج گردد. این سوزن در مسیر جریان هوا که از انتهای شیپوره وارد می‌گردد با زاویه ۴۵ نسبت به راستای عبور هوا قرار دارد و آن را به دوطرف خود هدایت می‌نماید. یکی از اشکالات جت فوق مصرف زیاد هوا بود. پیشنهاداتی به منظور کاهش هوای مصرفی توسط برخی از محققین که کار جت را بررسی می‌نمودند ارائه گردید (۸). بنابراین پیشنهاد برای کاهش هوا مجرای کناری سوزن می‌بایست مسدود گردد.



- ۱- ورود هوا
- ۲- ورود نخ
- ۳- محل خروج نخ

شکل ۵- جت مدل ۱۴ برای ساخت نخهای تزلان (۷)

دوپینت در سالهای ۱۹۶۱ تا ۱۹۷۳ موفق به ثبت سه نوع جت دیگر با تغییر طرحهای قبلی گردید، که مدل ۱۴ آن در شکل ۵ نشان داده شده است. در اواخر سالهای ۱۹۷۰ یک شرکت سوئیسی به نام هیرلین، موفق به طرح و ساخت جت جدیدی گردید که از جت‌های قبلی متفاوت، موثرتر و میزان مصرف هوا در آن کمتر بود. به طوری که در شکل ۶ نشان داده شده است سه مجرای هوا در سه طرف مجرای عبور نخ قرار دارند.



- ۱- مجرای ورود هوا
- ۲- ورود نخ
- ۳- خروج نخ

شکل ۶- مقطع طرح هما جت ساخت سوئیس (۱۰)

همان طوری که قبلاً اشاره شد جت‌های متفاوتی تا کنون طرح و ساخته شده است. نمونه‌هایی از آنها در فوق به منظور نشان دادن تشابه و تفاوت ارائه گردید. جت‌های دیگری توسط موسسات تحقیقاتی کشورهای از قبیل آمریکا، سوئیس، آلمان شرقی و نیز شوروی به ثبت رسیده است. به نظر می‌رسد که کوشش‌هایی که در ساخت جت‌های متفاوت شده به منظور نیل به مقاصد زیر باشد (۹).

- ۱- تقلیل مصرف انرژی
- ۲- افزایش سرعت تولید
- ۳- به وجود آوردن ظاهری دلخواه در نخ.

### ۲-۲ مکانیزم ایجاد فر و موج

رای و همکارانش طی مقالاتی (۱۵ و ۹) فعالیت‌های گوناگونی را که به منظور روشن ساختن چگونگی ایجاد حلقه موج و فر انجام گرفته‌بود، منتشر ساخته‌اند. ابتدا فرضیه‌ای ارائه گردیده که ایجاد حلقه و پرز در اثر جریان چرخشی هوا است که منتهی به باز شدن موقتی تاب نخ می‌گردد، لذا علت اساسی ایجاد حلقه و موج را باز شدن موقتی تاب نخ (با تاب باز شدن مجازی نخ) تصور نمودند.

جتی از مواد شفاف مشابه جت دوپینت (شکل ۴) ساخته شد و با استفاده از فتون عکاسی سریع و آهسته تغییر شکل فیلامنتها در جت مورد بررسی قرار گرفت. مشاهده چرخش نخ و فیلامنتها حین خروج از شیپوره مشاهده تابهای ایجاد شده روی نخ که از رشته‌های سیاه و سفید ساخته شده بود فرضیه فوق را تأیید نمودند.

استفاده از نخ دو رنگ و عکاسی نیز نشان داد که وقتی قسمتی از یک فیلامنت به صورت U شکل در می‌آید قسمت متعاقب آن تحت کشش قرار گرفته و اصطکاک بین فیلامنتها باعث می‌گردد فیلامنتهای دیگر نیز بصورت U شکل درآیند.

خم شدن نخ در موقع خروج از سوزن به بوجود آمدن فیلامنتهای U شکل نیز کمک می‌کند، در صورتی که اگر ازدیاد تغذیه نیز به اندازه کافی باشد فیلامنتهایی که بشکل U در آمده‌اند به صورت حلقه نیز در خواهند آمد (۱۰).

در اوایل سالهای ۱۹۸۰ لوئیشلاسه و همکاران (۶) برای حجم شدن نخ توجیه دیگری ارائه نمودند بر طبق این نظر به وجود آمدن حلقه در فیلامنتها در اثر تقلیل سرعت قسمتهایی از فیلامنتها در اثر امواج ضربی می‌باشد. تغییر فشار درون مجرا و خارج از آن باعث بوجود آمدن حلقه‌ها می‌گردد.

این ادعا توسط رای و همکاران (۱۱ و ۱۲) مورد انتقاد قرار گرفته است. در حالی که به نظر نویسندگان توجیه قاطعی برای فهمیدن علت به وجود آمدن حلقه در روی نخها وجود ندارد اقدام به تحقیقات گسترده دیگری نمودند. از روی مدل هاجت (شکل ۶) جتی از نظردینامیکی مشابه و با مقیاس بزرگتر ساخته شد و با استفاده از روشهای انترفرومتري<sup>۱۱</sup> و شکل نگاری<sup>۱۲</sup> به مطالعه نوع جریان توزیع فشار در جت پرداختند.

حد اکثر فشار هوای مصرفی که قادر به تهیه آن شدند  $700 \text{ Kpa}$  بود (۱۱). سپس رفتار نخ فیلامنتی در جت و حرکت فیلامنتها به وسیله روشهای عکاسی سریع و عکاسی آهسته مورد مطالعه قرار دادند (۱۲) در نتیجه اعلام گردید که:

اندازه گیری سرعت های محوری در جتی از نوع هاجت نشان داد که جریان از نوع ماوراء صوت<sup>۱۳</sup> اغتشاشی و دارای توزیع سرعت نامتقارن است. این نوع نتیجه گیری روی جت های تزلان نیز ملاحظه گردید. سرعت و درجه غیر یکنواختی در توزیع سرعت با افزایش فشار افزایش می یابد. چون نیروهای وارد بر فیلامنتها به وسیله سرعت موضعی جریان هوا مشخص می گردد تغییرات در سرعت موضعی هوا ضرورت اصلی برای فراداشدن فیلامنتها می باشد. این اختلاف سرعت باعث می گردد که فیلامنتها نسبت به یکدیگر تغییر محل دهند. اغتشاش بسیار زیاد در جت که برای جریانهای نا آرام غیر منتظره نیست باعث تغییر محل فیلامنتها نسبت به یکدیگر در جت می گردند. . . . .والخ، بالاخره امواج ضربه ای در جتی که حاوی فیلامنتها بود ملاحظه نشد. (۱۱)

نتایج جالب توجه دیگری از این مطالعات به دست آمد (۱۳ و ۱۱) که برخی از آنها به شرح زیر است.

۱- وقتی فیلامنتها قبل از ورود به دستگاه تر می شوند، از قسمت پائین مجرای خروجی خارج می گردند و تحت کشش بیشتری قرار می گیرند. در حالی که اگر فیلامنتها خشک باشند فیلامنتها با فشار از جت در قسمتی بالاتر خارج و از مجرا دور می گردند که در این صورت حلقه کمتری تشکیل می شود.

۲- فرضیه ای که فیلامنتها پس از خروج تغییر مسیر داده و زاویه ۹۰ درجه می سازند به وسیله مشاهده با کمک عکاسی سریع مردود شناخته شد. ۳- وقتی که فیلامنتها از جت خارج می گردند چنانچه جریان هوا به نحوی باشد که فیلامنتها بیشتر از هم جدا گردند حلقه ها با سهولت بیشتری تشکیل می شوند.

۴- وقتی نخ به طور آزاد از روی بسته به جت تغذیه می گردد با سرعت بسیار زیادی از جت خارج می گردد. این سرعت متناسب با فشار هوا خواهد بود (در  $10^5 \text{ Nm}^{-2} \times 5$  برابر  $2250$  متر بر دقیقه و در فشار  $10^5 \text{ Nm}^{-2} \times 9$  حدود  $2600$  متر بر دقیقه) که از سرعت های تجارتي بسیار بیشتر است.

۵- کشش نخ پس از خروج از جت متغیر و تغییرات آن با کشش سنجهای معمولی قابل اندازه گیری نبود. در حالی که به روش عکاسی تغییرات بیشتری برای حالت تر تا حالت خشک مشخص گردید.

۶- مسیر کامل نخ در دستگاه تکسچره کننده مورد استفاده به سه ناحیه نامگذاری گردید. منطقه بین غلتک تغذیه و جت را ناحیه تغذیه، بین جت و غلتک گیرنده را ناحیه تولید و منطقه بین غلتک گیرنده و غلتک تغذیه کننده به دستگاه پیچش را ناحیه تثبیت نامیدند.

با تغییر سرعت نخ، فشار هوا و نسبت ازدیاد تغذیه کشش نخ در ناحیه تولید و در ناحیه تثبیت تعیین گردید:

الف- در حالت تر و خشک، با افزایش سرعت نخ کشش کاهش می یابد. میزان کاهش کشش در ناحیه تثبیت بیشتر از ناحیه تولید است. کشش در حالت تر بیشتر از حالت خشک است.

ب- با افزایش فشار هوا میزان کشش در هر دو موضع افزایش می یابد.

ج- با افزایش ازدیاد تغذیه میزان کشش در ناحیه تولید به مقدار کمی کاهش می یابد در حالی که در ناحیه تثبیت این تقلیل بسیار زیاد است. از سویی وقتی ازدیاد تغذیه به ۳۰٪ می رسد تولید ناپایدار می گردد این تجربه نشان می دهد که در ازدیاد تغذیه کم حلقه و جعد پایدارتری حین تولید، تشکیل می شود.

توجهی که یو سنکو (۷) برای مکانیسم و چگونگی ایجاد فرو موج ارائه می دهد مشابه نظر رای و همکاران اوست و نمی تواند به خوبی عوامل موثر را توجیه نماید. به نظر یو سنکو روی سطح نخ که در جت در حال حرکت است لایسه های مرزی تشکیل می شود که با سرعت کمتری از سرعت هوای مرکزی حرکت می کند (دز برخی حالات لایسه های بین سطحی تشکیل و هوای چرخان بوجود می آید) اگر مجرای عبور هوا در انتهای بزرگ شود سرعت حرکت نخ کاهش یافته و هوا از کناره های دیواره جدا و چرخش به وجود می آورد. جریان چرخشی دارای انرژی سینتیک است که در نهایت باعث به وجود آمدن حلقه و قوس در فیلامنتها و ساختمان حجیم نخ می گردد.

## ۲-۳ تجزیه و تحلیل نیروهای وارد بر فیلامنتها در جت

آکار و همکاران (۱۴) تاثیر شکل سطح مقطع، ظرافت الیاف، موضع فیلامنت در جت و سرعت موضعی هوا را بر نیروی مقاوم به دست آوردند. این تجزیه تحلیل نشان می دهد که الیاف ظریفتر و الیافی که دارای سطح مقطع غیر دایره ای هستند به علت تغییر در ممان سطحی برای تغییر فرم به وسیله جت هوا مناسبترند. به نظر وی نیروهای وارد بر فیلامنتها عبارتند:

۱- نیروهای اصطکاکی  $F_f$  شامل نیروی حاصل از اصطکاک بین فیلامنتها و جداره شیپوره  $f_1$ ، نیروی حاصل از راهنماهای نخ  $f_2$  و نیروهای حاصل از وسیله ترکنده  $f_3$  در نتیجه:

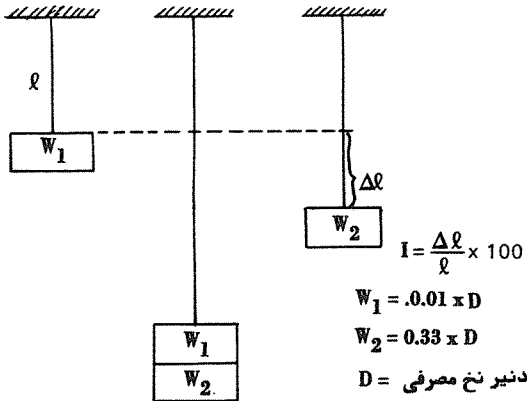
$$F_f = f_1 + f_2 + f_3 \quad \text{رابطه (۱)}$$

۲- نیروی حاصل از جریان اولیه هوا  $F_p$  که از دهانه خروجی جت جریان دارد.

۳- نیروی حاصل از جریان ثانویه هوا  $F_s$  که از دهانه ورودی نخ به عقب جت جریان دارد.

$$F_T = F_p - F_s - F_f \quad \text{رابطه (۲)}$$

به طوری که ملاحظه می گردد نیروهای حاصل از اصطکاک بین فیلامنتها و نیروی حاصل از ازدیاد تغذیه منظور نشده است.



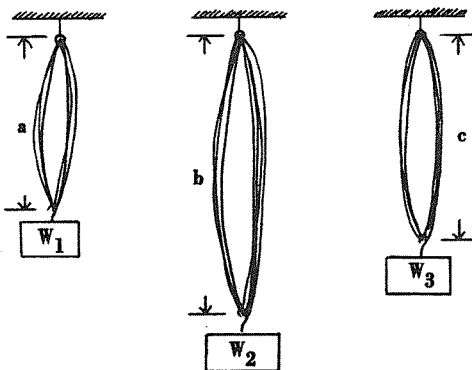
شکل ۲- اندازه‌گیری میزان ناپایداری به روش دوپنت (۱۵)

کلاف با وزنه  $W_1 = 25\text{CN}$  که به انتهای آن متصل است آویزان می‌گردد. بنابراین تنش وارده برابر  $0/01$  سانتی نیوتن بر دسی‌تکس خواهد شد. طول کلاف (a) پس از ۶۰ ثانیه اندازه‌گیری می‌شود. سپس این وزنه با وزنه‌ای معادل  $1250\text{CN}$  جایگزین می‌گردد. در این مرحله نیز پس از ۶۰ ثانیه طول کلاف (b) اندازه‌گیری می‌شود. بالاخره مرحله سوم وزنه  $1250\text{CN}$  برداشته و وزنه  $25\text{CN}$  جایگزین می‌گردد. و بعد از ۶۰ ثانیه دوباره طول کلاف (c) اندازه‌گیری می‌شود با توجه به نتایج بدست آمده دو ضریب پایداری از روابط ۴ و ۵ محاسبه می‌گردد.

$$S_1 = \frac{b-a}{a} \times 100 \quad (\text{رابطه ۴})$$

$$S_2 = \frac{c-a}{a} \times 100 \quad (\text{رابطه ۵})$$

شکل ۸ مراحل مختلف این اندازه‌گیری را نشان می‌دهد.



شکل ۸- اندازه‌گیری پایداری نخ به روش هبرلین (۱۵)

به طوری که ملاحظه می‌گردد بین مقادیر پایداری که از روش‌های دوپنت و هبرلین بدست می‌آید رابطه ساده‌ای وجود ندارد. در روش

همان طوری که در قسمت اول شرح داده شد در روش تغییر شکل استفاده از جت هوا فیلامنت‌های صاف و بدون موج درون نخ تغییر شکل می‌دهند. خم، پیچ و موج و جعد در آنها به وجود می‌آید. در اثر این تغییر شکل طول نخ نسبت به طول اولیه آن کاهش می‌یابد.

علاوه بر میزان این تقلیل طول همیشه ویژگی‌های دیگری از نخ حجیم شده مورد توجه بوده است. این ویژگی‌ها که به وسایل مختلفی در آزمایشگاه اندازه‌گیری می‌شوند باید مشخص‌کننده رفتار نخ در کاربرد و مراحل تولیدی و معیاری برای مقایسه با نخهای مشابه باشند.

ویژگی‌های عمومی نخ‌های حجیم به وسیله دستگاه‌های معمول برای سنجش کیفیت نخ مشخص می‌گردد که شرح آنها در این مقاله لازم به‌نظر نمی‌رسد. برخی از این ویژگی‌ها عبارتند از یکنواختی استحکام، ازدیاد طول تا حد پارگی، و غیره. برخی از ویژگی‌ها مختص این نوع نخ‌ها می‌باشد که در اینجا مورد توجه قرار خواهد گرفت.

### ۲-۴-۱. پایداری

اگر در اثر وارد ساختن نیرو بر نخ حلقه و موجها از بین برود چون در مراحل تولیدی پارچه همواره نیروهای متفاوت و متغیری بر نخ وارد می‌شود از بین رفتن حلقه‌ها و موج‌ها باعث عدم یک‌نواختی پارچه می‌گردد.

به منظور نشان دادن میزان پایداری چنین نخهایی در مقابل نیرو و روشهای متفاوتی ارائه شده است. اگر چه این سنجش‌ها به کمک دستگاه‌های معمول ممکن است انجام گیرد، لیکن کمیات جدیدی تعریف و سنجیده می‌شود این روشها به شرح زیر می‌باشند:

الف - روش دوپنت:

در روش اندازه‌گیری پایداری که اولین بار توسط کارخانجات دوپنت ارائه گردید، ابتدا قطعه‌ای از نخ با وزنه‌ای آویزان می‌گردد، به طوری که تنش وارده بر آن  $0/01$  گرم بر دنیر گردد. سپس به انتهای نخ وزنه‌ای دیگر آویزان می‌گردد به طوری که تنش وارده بر نخ  $0/33$  گرم بر دنیر گردد. پس از گذشت ۳۰ ثانیه وزنه دوم خارج و طول نمونه اندازه‌گیری می‌شود. میزان پایداری به وسیله درصد تغییر طول نمونه بیان می‌شود. این روش در شکل ۲ نشان داده شده است.

ب - روش هبرلین: این روش بر اساس آویزان کردن کلافی از نخ و افزایش وزنه بر روی آن و اندازه‌گیری طول کلاف استوار است. نخ به وسیله یک کلاف پیچ با محیط ۱۰۰ سانتی‌متر به صورت کلافی با نمره ۲۵۰۰ دسی‌تکس در می‌آید، در نتیجه تعداد دورهای کلاف پیچ باید بچرخاند از رابطه (۲) محاسبه می‌گردد.

$$2 \times \text{نمره نخ بر حسب دسی‌تکس} = \frac{2500}{\text{تعداد دورهای کلاف پیچ}} \quad (\text{رابطه ۳})$$

هیرلین  $S_1$  در حقیقت میزان تغییر طول در اثر یک نیروی ثابت است. هر چه نخ پایدارتر باشد مقادیر آن کمتر است و  $S_2$  مقدار تغییر طول باقی‌مانده پس از کاهش تنش از  $0.5 \text{ CN/dTex}$  به  $0.01 \text{ CN/dTex}$  است که هر چه نخ پایدارتر باشد مقدار آن نیز کمتر است. همچنین هر چه نخ پایدارتر باشد، مقدار ضریب پایداری،  $I$ ، که از روش دوپنت بدست می‌آید، کمتر است. برخلاف نارسائی نامفاهی که برای کمیت‌ها انتخاب شده است و برخی از محققان روی آن تاکید دارند (۱۵) در این نوشته به این مقادیر ضرایب پایداری اطلاق می‌گردد.

ج - در اندازه‌گیری پایداری به روش دوپنت نخ تمایل به چرخیدن و باز شدن تاب دارد که طول نخ در اثر تغییر تاب تغییر کرده باعث نامطلوب ساختن نتایج می‌گردد به این علت روش دیگری توسط رای (۱۴) جهت اندازه‌گیری پایداری نخ ارائه شده است.

در این روش از یک دستگاه اندازه‌گیری منحنی نیرو ازدیاد طول نسبی مانند اینسترون استفاده می‌شود. برای نخ تک‌سره شده و خام ابتدا منحنی تنش ازدیاد طول نسبی تعیین می‌گردد. چون فقط قسمت ابتدائی منحنی مورد استفاده قرار می‌گیرد فقط این قسمت باید با دقت و با مقیاسی نسبتاً "بزرگ" تهیه گردد. با توجه به وزن در واحد طول نخ ازدیاد طول به ازاء تنش  $0.34 \text{ g/Tex}$  بر دنیبر (3g/Tex) مشخص می‌شود. میانگین ده اندازه‌گیری مناسب می‌باشد. ضریب پایداری از رابطه (۶) محاسبه می‌شود.

$$\text{ضریب پایداری (رابطه ۶)} = e_t - e_p$$

که  $e$  ازدیاد طول نسبی به ازاء تنش  $3 \text{ گرم برتکس}$  است، زیرنویس  $t$  مقدار فوق برای نخ حجیم شده و  $p$  مربوط به نخ خام می‌باشد. آزمایشهای انجام شده توسط سن‌گویتا و همکارانش (۱۷) نشان داد که این روش فوق نیز در حقیقت پایداری حلقه‌های تشکیل شده و تمامیت کیفیت حجیم شدن نخ را نشان نمی‌دهد.

## ۲-۴-۲. حجم فیزیکی نخ

برای تعیین افزایش حجم نخ در اثر تغییر شکل به وسیله جت دو روش ابداع شده است (۱۸)

در روش تجارتي مراحل آزمایش عبارت است از :

الف - یک بسته خالی توزین می‌گردد و قطر خارجی آن اندازه‌گیری می‌شود.  
ب - تقریباً "۸۵ گرم نخ خام تحت کشش ثابت معین روی آن پیچیده می‌شود.

ج - وزن و قطر بسته دوباره دقیقاً " اندازه‌گیری می‌شود.

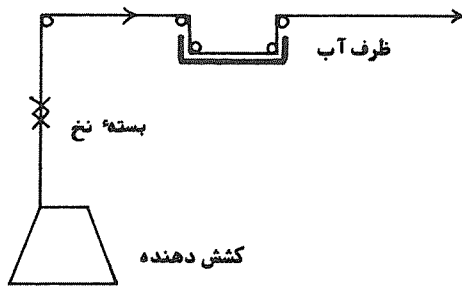
د - در همان شرایط بسته نخ دیگر به همان قطر از نخ تغییر شکل یافته ساخته و توزین می‌شود. حجم فیزیکی از رابطه ۷ محاسبه می‌گردد.

## (رابطه ۷)

$$\text{حجم فیزیکی} = \frac{\text{وزن خالص بسته نخ خام}}{\text{وزن خالص بسته نخ حجیم شده}} \times 100$$

در این روش همیشه امکان تغییر در کشش حین پیچش و فشرده شدن نخ وجود دارد بنابراین روش دیگری نیز بشرح زیر پیشنهاد شده است (۱۸)  
الف - ابتدا مقدار معینی آب وزن شده و در ظرفی قرار می‌گیرد. سپس نخ مطابق شکل ۹ از روی بسته‌ای باز شده از ظرف آب عبور داده و روی بسته پیچیده می‌شود.

ب - پس از گذراندن ۳۶۶ متر (۴۰۰ یارد) نخ از درون ظرف با سرعت ثابت ۳۶/۶ متر بر دقیقه دوباره وزن آب مشخص می‌گردد. این آزمایش هم برای نخ خام و هم برای نخ حجیم شده تکرار می‌گردد و از آنجا افزایش میزان آب جذب شده در اثر حجیم شدن از رابطه (۸) محاسبه می‌گردد.



شکل ۹ - وسیله عبور نخ از آب برای اندازه‌گیری حجم فیزیکی (۱۸)

$$\text{رابطه ۸)} = \frac{W_b - W_p}{W} \times 100$$

که  $W_b$  = وزن آب جذب شده به وسیله نخ حجیم و  $W_p$  وزن آب جذب شده به وسیله نخ اصلی می‌باشد.

## ۲-۵. تاثیر عوامل تولیدی بر خواص نخ

با یک جت معین عوامل مختلف تولیدی مانند، سرعت، ازدیاد تغذیه و غیره بر خواص نخ حاصل موثر است. در حقیقت تاثیر این عوامل را باید برای هر یک از انواع جت‌های ساخته شده مورد ارزیابی و سنجش قرار داد. لیکن این نوع مطالعه فقط برای جت مدل ابتدائی دوپنت (شکل ۴) انجام گرفته است نخ مورد مصرف در این مطالعه (۱۹) نخ نایلون دنیبر ۷۰، ۳۴ فیلامنت دارای تاب اولیه  $\frac{1}{4}$  تاب در اینچ در جهت Z بوده که سپس به اندازه لازم تاب داده شد و به مدت ۴۵ دقیقه  $88^\circ\text{C}$  تثبیت گردیده است. عوامل مختلف که با ثابت نگاه داشتن یکی دیگری تغییر داده شده عبارت بوده است از:

الف - تاب اولیه نخ

ب - سرعت دستگاه

ج - فشار هوا

د - درصد ازدیاد تغذیه

ه - نمره نخ

ویژگیهای نخ تولیدی مانند تغییر نمره نخ، اندازه حلقه‌ها، حجم فیزیکی تعیین گردید در این بررسی ملاحظه گردید که: تاثیر ازدیاد تغذیه بر تغییر نمره نخ، وقتی نخ مورد استفاده ۱۵ تاب بر اینچ و فشار ۵۰ پوند بر اینچ مربع ( $4/45 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ ) بود، از همه محسوستر و عموماً "به طور خطی تغییر می‌کرد". افزایش نمره نخ در هر حال همراه با افزایش اندازه حلقه‌ها و قطر کلی نخ بود.

تعدادی جت با اشکال هندسی متفاوت ساخته و مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج ارائه شده در زیر مربوط به جتی است که مشابه با جت هبرلین ساخته شده است (۲۱).  
وسایل مورد استفاده در آزمایشها معمولی و متعدد بود که در قسمتهای دیگر به آنها اشاره خواهد شد.

۳ - ۰۲ مواد

در آزمایشهای معمولی از نخهای فیلامنتی پلی استر ساخت پلی اکریل اصفهان و نایلون ساخت شرکت الیاف - تهران استفاده گردید در مواردی که در قسمتهای بعد به آن اشاره خواهد شد چند رشته از نخهای فیلامنتی روی دستگاه دولاتاب Saco Lowel با تابی مشخص بهم تابه داده شدند.

۳. تجربیات

۳ - ۰۱ دستگاه تولید نخ حجیم و روشهای آزمایش

برای تولید نخهای حجیم ابتدا جتی مشابه با جت دوپنت مدل ۹ از روی شکلهای منتشر شده (۶ و ۱۰) ساخته شد. چند نمونه نخ تولید و کار جت مورد ارزیابی قرار گرفت (۱۹ و ۲۰). در همان اول ملاحظه گردید که طرح ارائه شده نمی‌تواند از نظر خواص نخهای تولیدی و میزان مصرف هوا بهینه شده باشد. عوامل موثر بر خواص نخ متعدد و مصرف هوا بسیار زیاد و ارائه مدلی برای بیان تاثیر عوامل بر خواص نخ مشکل بود.

۳ - ۰۳ نتایج

۳ - ۰۳ - ۱ پایداري نخ در دستگاه و تاثیر سرعت و ازدیاد تغذیه

وقتی دستگاه در حالت پایدار به کار خود ادامه می‌دهد که افزایش تغذیه‌ای که به وسیله غلتکهای تغذیه (شکل ۱۰) اعمال شده ایجاد حلقه موج، جعد و فر کافی بنماید در غیر این صورت نخ بین غلتکهای تغذیه و گیرنده از حالت متعادل و پایدار خارج شده و بر زمین خواهد ریخت.

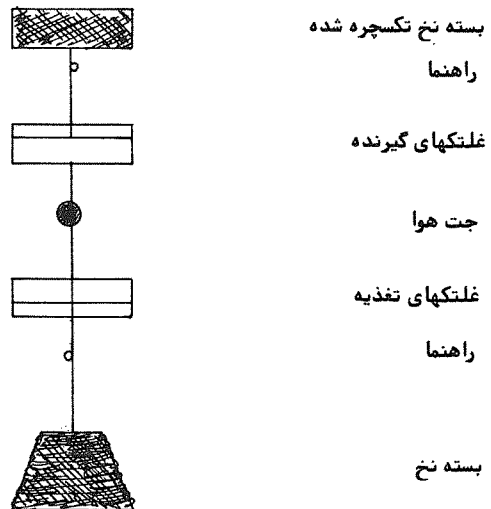
تجربیات اولیه نیز نشان داد که جت با اشکال و طرحهای مختلف دیگر نیز قادر به حجیم کردن نخهای فیلامنتی می‌باشد، ابعاد مجاری در جتها بر خواص نخهای تولیدی موثر است.

میزان ازدیاد تغذیه به طوری که بتواند حالت پایدار فوق را بوجود آورد بستگی به سرعت تولید دارد. شکل ۱۱ تاثیر سرعت تولید بر حداکثر "ازدیاد تغذیه ممکن" را نشان می‌دهد همان طوری که در فوق اشاره شد، چنانچه در سرعت تولید مشخص ازدیاد تغذیه از حد معینی تجاوز نماید کشش نخ در نواحی بعد از جت - به حدی کاهش می‌یابد که مسیر نخ نامتعادل می‌گردد. به طوری که در شکل ملاحظه می‌شود این مقدار افزایش تغذیه که لاجرم باعث افزایش حجم نخ می‌گردد با افزایش سرعت تولید افزایش می‌یابد.

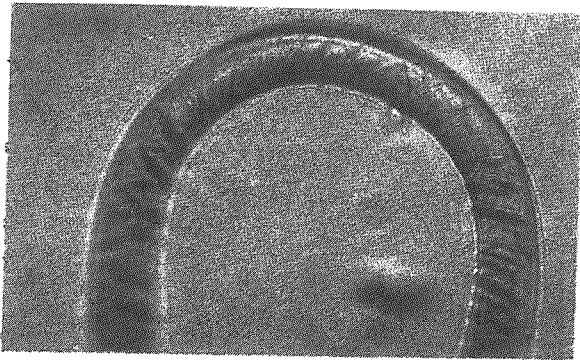
تجهیزات مورد استفاده برای بازکردن نخ از روی بسته، تغذیه آن به داخل جت، خروج و پیچیدن آن روی بسته‌های دیگر، از قطعات مستعمل مورد استفاده در دستگاههای ارواق شده استفاده گردید (۲۰ و ۲۱). قسمتهای اساسی دستگاه و مسیر نخ در شکل ۱۰ نشان داده شده است

در شکل ۱۱ افزایش وزن مخصوص خطی نخهای تولیدی نیز نشان داده شده این افزایش وزن مخصوص خطی نشان دهنده افزایش حجم نخهای تولیدی است که با افزایش سرعت و ازدیاد تغذیه افزایش یافته است.

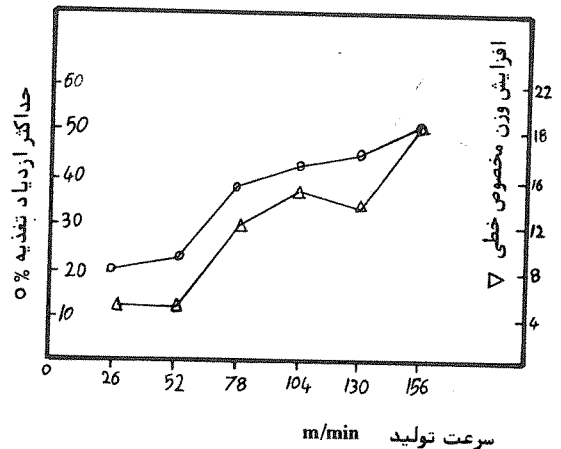
با توجه به نتایج فوق می‌توان گفت که برای دستیابی به حجم زیاد نخ نیاز به سرعت خطی زیاد و ازدیاد تغذیه زیاد می‌باشد. برای تعیین محدودیت سرعت تولید این ارزیابی باید در سرعتهای بالاتر صورت گیرد.



شکل ۱۰ - قسمتهای اصلی و مسیر عبور نخ در دستگاه حجیم کننده.



شکل ۱۳ - قسمتی از فیلامنت خم شده حاوی خطوط مورب

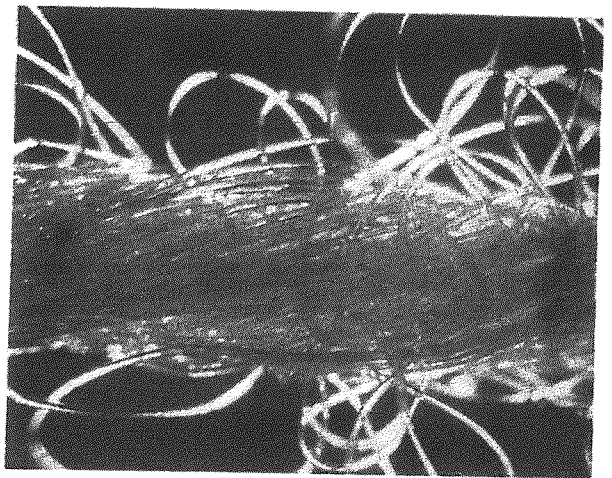


شکل ۱۱. ارتباط بین سرعت تولید و ازدیاد تغذیه و تاثیر برافزایش حجم نخ

۳-۲-۳. شکل ظاهری نخ حجیم

شکل ۱۲ ظاهر قطعه‌ای از نخ پلی‌استر دنیره ۶۰۰ حجیم شده را نشان می‌دهد عکس به وسیله میکروسکوپ نوری معمولی Zise Jena تهیه شده است. به طوری که ملاحظه می‌گردد فیلامنتهای روئی نخ به صورت حلقه و U شکل درآمده و فیلامنتهای وسط نخ بدون تغییر مانده‌اند.

موضوعی که در مقالات منتشر شده بدان اشاره نشده است بوجود آمدن خطوط مورب در قسمت‌هایی از فیلامنتها است که به صورت حلقه درآمده‌اند. شکل ۱۳ قطعه‌ای از فیلامنتی را نشان می‌دهد که به صورت حلقه درآمده است. خطوط عرضی مورب روی سطح لیف به وضوح دیده می‌شود.



شکل ۱۲ - قسمتی از نخ حجیم شده

بوجود آمدن خطوط عرضی مورب روی سطح الیافی که خم شده و به صورت حلقه درآمده‌اند موضوعی است که مورد توجه محققین مختلفی بوده است (۲۲) چنین خطوطی را خطوط لودر<sup>۱۴</sup> نام نهاده‌اند. زاویه بین محور لیف و این خطوط ۶۰ درجه و یا بیشتر است. پاسلی (۲۲) ازدیاد طول نسبی بحرانی لازم برای بوجود آمدن این خطوط را اندازه‌گیری و تاثیر ساختمان الیاف پلی‌استر، درصد تبلور، نسبت کشش و قطر فیلامنت را روی آن ارزیابی نمود. ازدیاد طول نسبی حدود ۲ تا ۱۶٪ را برای بوجود آمدن چنین خطوطی ضروری دانست. علت بوجود آمدن این خطوط را در اثر کماتش<sup>۱۵</sup> قسمت غیر بلوری درون لیف که تحت تاثیر تنش فشاری قرار گرفته‌اند دانست. آشکار شدن آنها را به تغییر سریع ضریب شکست نور نسبت داد.

به وجود آمدن خطوط عرضی مورب در فیلامنت‌هایی پلی‌استر که بطریق حرارتی - مکانیکی موجدار شده‌اند نیز گزارش شده است (۲۳) فشردگی و کشیده شدگی بیش از اندازه فیلامنتها را عامل کاهش استحکام نیز دانستند.

با توجه به مشاهده فوق کاهش استحکام نخها در اثر عملیات تکسچره کردن را می‌توان به بوجود آمدن خطوط عرضی لودر نسبت داد. کاهش استحکام در یکی از قسمت‌های این تحقیق نیز ملاحظه شده است. (۲۱)

### ۳-۲-۳. پایداری نخ حجیم شده

پایداری نخ‌هایی که به طریقه جت هوا حجیم شده‌اند قابل توجه و تحت تاثیر عواملی مانند درصد ازدیاد تغذیه به داخل دستگاه، فشار هوا و غیره می‌باشد. شکل ۱۴ نتایج آزمایش روی نخ ۶۰۰ دنیر پلی‌استر باتاب اولیه: ۲۰۰ تاپ در متر و فشار هوای ۴ بار را نشان می‌دهد. ضریب پایداری مطابق روش دوپنت (قسمت ۲ - ۴ - الف) اندازه‌گیری شده است. افزایش ناپایداری با افزایش ازدیاد تغذیه با نتایج منتشر شده که با جت دوپنت انجام شده است (۱۴) موافقت دارد. این تغییرات نشان می‌دهد که وقتی افزایش تغذیه زیاد می‌گردد، حلقه و جعد بیشتری نیز تشکیل می‌شود (لیکن ساختمان نخ قادر به نگهداری این درگیریها نبوده



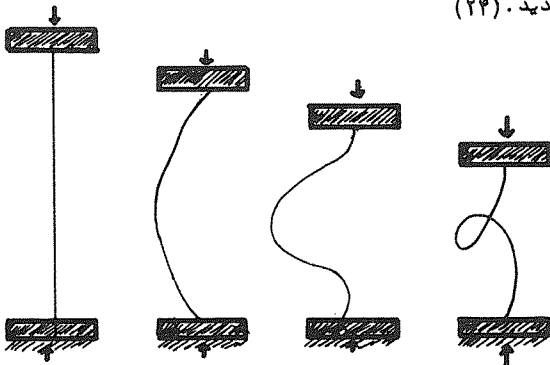
روند کلی مطابق با نتایج بدست آمده منتشر شده با جتهای دوپنت و هبرلین (۱۴ و ۱۶) است، لیکن در ازدیاد تغذیه ۲۰٪ افزایش شدید ازدیاد نمره مشاهده می‌گردد که برای توجیه آن نیاز به انجام آزمایشهای اضافی دیگر است.

#### ۴. نتیجه گیری

۱. به طوری که تجربیات انجام شده و مطالعه مقالات منتشر شده نشان می‌دهد، نمی‌توان حجم شدن نخ و پایدار ماندن آنرا به یک مکانیزم مشخص نسبت داد.

عوامل متفاوتی بر ایجاد فرو موج موثرند که تاثیر آنها بستگی به طرح جت مشخص دارد. در هر حال دو مکانیزم ذیل به طور مجزای باید بیشتر مورد تجزیه تحلیل قرار گیرد.

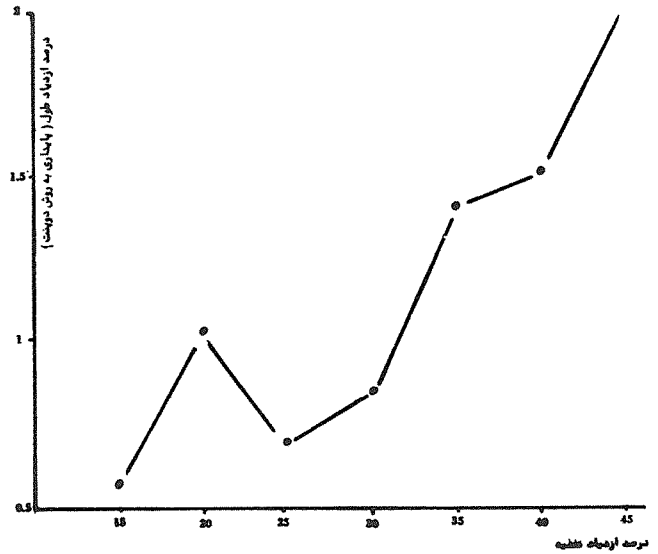
الف - کمانش: فیلامنتهای مصرفی دارای ویژگی مواد ویسکوالاستیک هستند چنانچه ازدیاد طول نسبی ایجاد شده از حد مشخصی تجاوز نماید تغییر فرم در آنها پایدار می‌ماند. در اثر نیروهای محوری وارد بر فیلامنت‌ها در اثر افزایش تغذیه کمانش در فیلامنتها ایجاد شده و وقتی شعاع انحنای کمانها باندازه مشخصی می‌رسند کمانها تبدیل به حلقه می‌گردد، (شکل ۱۶) محاسبه شکل حلقه‌ها با استفاده از تئوریهای الاستیسیته امکان پذیر می‌باشد. در هر حال با وجود جریان هوای اغتشاشی و انرژی چرخشی موجود در فیلامنتهای تابدار باید به کمانش مرکب متوسل گردید. (۲۴)



شکل ۱۶ - کمانش میله نازک تحت فشار

ب. تاثیر جت روی جریان هوا: جریان هوای درون جت از نوع اغتشاشی با سرعت زیاد می‌باشد. جریان های گردابی هوا باعث پیش فیلامنت‌ها و جدا شدن آنها از یکدیگر می‌شود. به نظر می‌رسد که چنانچه تاثیر جریان هوا اگر با تاثیر فشار موازی با محور لیف همراه گردد ایجاد فرو موج تشدید شود. لذا این دو موضوع باید به طور یک جا در نظر گرفته شود.

۲ - ساخت انواع دستگاههای جت هوا که به نخ ویژگی متفاوتی را بدهد با امکانات داخلی (به جز برخی قطعات که ساخت آنها برای تعداد کم مقرون به صرفه نیست و الکترو موتور) امکان پذیر است. با ساخت چنین

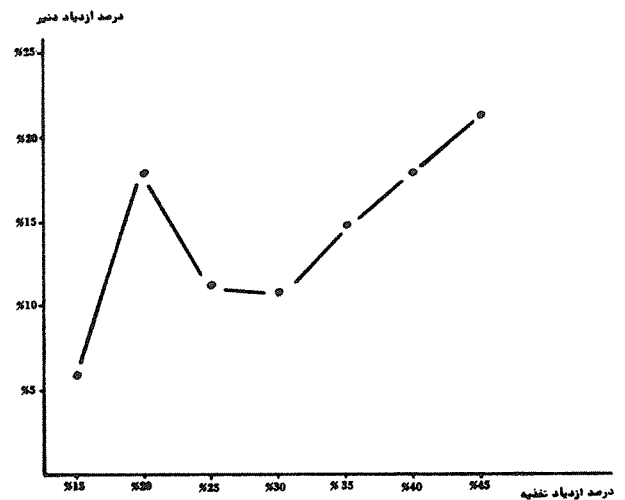


شکل ۴ - تاثیر ازدیاد تغذیه بر پایداری نخ پلی استر حجیم شده

و در اثر نیروی وارد هنگام آزمایش فیلامنتها صاف می‌گردند. افزایش ابتدائی ناپایداری که برخلاف تجربیات دیگران (۱۴) ملاحظه می‌گردد، باید مورد بازنگری قرار گیرد.

۳ - ۳ - ۰۴. افزایش حجم نخ

برای نشان دادن تاثیر میزان تغذیه بر حجم شدن نخ فقط به اندازه گیری تغییر دینر نخ اکتفا شد. شکل ۱۵ تاثیر ازدیاد تغذیه را روی درصد افزایش دینر نخ نشان می‌دهد. نخ مصرفی پلی استر با دینر ۶۰۰، ۴۰۰ تثب در متر و فشار هوای ۴ بار آزمایش شده است.



شکل ۱۵ - تاثیر ازدیاد تغذیه بر افزایش نمره نخ

جتهائی می‌توان نخهائی مشابه با نخهائی که از الیاف کوتاه ساخته شده‌اند یا نخهائی که دارای اشکال پیچیده و ترکیبی هستند را تولید نمود .

---

#### پاورقی

- |                      |                    |
|----------------------|--------------------|
| 1. crimping          | 9. Mirlane         |
| 2. texturing         | 10. Taslane        |
| 3. semicristaline    | 11. interferometer |
| 4. thermoplastic     | 12. shadowgraph    |
| 5. false-twist       | 13. supersonic     |
| 6. stuffer box       | 14. Luder line     |
| 7. edge-crimping     | 15. buckling       |
| 8. air-jet texturing |                    |

---

#### منابع

1. Fischer. K. International Textile Bulletin 1/79, 17
2. Wilson. D.K. Textile Progress 9(3), 63, 1977
3. Fischer K. International Textile Bulletin 3/80, 288
4. Wilson D K. The Textile Inst. and Indust. rol. 17, No. 5 1979
5. Piiler B. "Bulked yarns" The Textile Trade Press, Manchester 1973 P. 153-155
6. Wray G.R. "Bulk Stretch and Texture" the Textile Inst Manchester 1966, P. 15
7. Usenko,"Processing of Man-Made fibres ' Mir Publishers Mosco 1979, P 375-387
8. Wray G.R. and J.H. Entwistle, JTI, 1969, 60, P. 411
- 9' Acar M., G.R. Wray. JTI, 1986, P. 19
10. Wray G.R. and J.H. Entwistle, JTI 1968, 59, P: 122
11. Acar M., R.K. Turton and G.R. Wray JTI, 1986, 77, P: 28
12. Acar M. R.K. Turten and G.K. Wray JTI, 1986, 77, P: 235
13. Wray G.R. JTI, 1986, 4, P: 247
14. Wray G.R. JTI 1969, 60, P: 102
15. Demir A. M. Acar, and G.R. Wray TRJ. 1981, March, P: 191
16. Bock G. In text. Bull. Spinning 1981, P: 359
17. Sengupta A.K., V.K. Kothari and A.K. Roy, TRJ, Feb. 1984, P: 125
18. Wray G.R and H. Sen, JTI 1970, 61, P: 237

۱۹. گزارش پروژه حجیم کردن نخه‌های فیلامنتی به جهاد دانشگاه صنعتی

امیرکبیر ۱۳۶۱

۲۰. محمد معروفی، پروژه کارشناسی، حجیم کردن نخه‌های فیلامنتی

دانشکده نساجی دانشگاه صنعتی امیرکبیر ۱۳۶۲

۲۱. محمد رضا محدث مجتهدی و نادر رحمتی پروژه کارشناسی،

تکسچر ایزینگ توسط جت هوا، دانشکده مهندسی نساجی-دانشگاه

صنعتی امیرکبیر مهر ۱۳۶۵

22. Bosley D E., TRJ, 1968, P: 141
23. Hā il D.M.; G.H. N, and R.I. Vachon J. of Applied Polym. Sc. 1971, Vol. 15, P: 153
24. Timoshenko S.P. "Theory of Elastic Stability 19..., P: 81