

محاسبه سرعت آزاد در سیستم ریسندگی تر و خشک

دکتر پرویز نورپناه

استادیار دانشکده مهندسی صنایع نساجی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

چکیده:

الیاف اکریلیکو نیتریل در حلال DMF حل و در فرآیند ریسندگی "تر" و ریسندگی ترکیبی "تر و خشک" سرعت آزاد خروج مایع پلیمر اندازه‌گیری شد و تأثیر قطر سوراخ الیاف‌ساز و مقدار حجمی سیال در سرعت اندازه‌گیری گردید و براساس مقادیر بدست آمده رابطه تجربی جهت محاسبه سرعت آزاد براساس سرعت متوسط در روش ریسندگی ترکیبی "تر و خشک" به دست آمد. تحت شرایط مورد آزمایش به نظر می‌رسد عامل اصلی اختلاف سرعت آزاد در دو روش ریسندگی شرایط انعقاد سیال پلیمری می‌باشد هرچند عوامل موجود در الیاف‌ساز و نیز مشخصات ریولوژیکی سیال پلیمر نیز در مقدار سرعت آزاد موثر می‌باشد.

مقدمه:

روش معمول برای تولید الیاف و فرآیند ریسندگی الیاف در حال حاضر به یکی از روش‌های زیر است:

- ۱- ریسندگی تر
 - ۲- ریسندگی خشک
 - ۳- ریسندگی مذاب
- با توجه به استفاده از بعضی از پلیمرهای غیر معمول برای تولید الیافی که کاربرد مخصوص دارند (مثلاً الیاف کربن و یا الیاف تهیه شده از پلی‌آمیدهای تمام حلقوی و غیره) استفاده از یکی از سه روش فوق بسیار محدود و حتی غیرممکن می‌باشد و لذا طرف چند سال گذشته کوشش‌هایی به عمل آمد که روش‌های جدید برای تولید الیاف (بخصوص از این‌گونه پلیمرها) ابداع و به‌کار گرفته شود. یکی از این روش‌ها که ظرف ده سال گذشته تحقیقاتی درمورد آن انجام گرفته روش ریسندگی ترکیبی "تر و خشک" می‌باشد که در حقیقت روش اصلاح شده ریسندگی "تر" می‌باشد ولی به‌رحال اختلافات عدیده‌ای بین این دو روش وجود دارد با بررسی مقالات منتشر شده در این زمینه اختلاف اصلی این روش با روش ریسندگی "تر" افزایش سرعت تولید در این روش می‌باشد.

در هر روش ریسندگی الیاف سرعت تولید از طرفی بستگی به مشخصات ویسکوالاستیکی سیال (پلیمر مایع) و از طرف دیگر به شرایط ریسندگی دارد و چنانچه یک‌نوع سیال (پلیمر) در دو روش مختلف به‌کار رود سرعت ریسندگی الیاف فقط متأثر از شرایط ریسندگی الیاف در این دو روش خواهد بود.

در روش ریسندگی "تر" تأثیر عوامل ریسندگی در سرعت تولید را می‌توان با تغییر شرایط حمام انعقاد لیف در حمام و یا تغییرات سرعت در مرحله کشیدگی به دست آورد. مهمترین عوامل اصلی موثر در شرایط حمام انعقاد لیف عبارتند از:

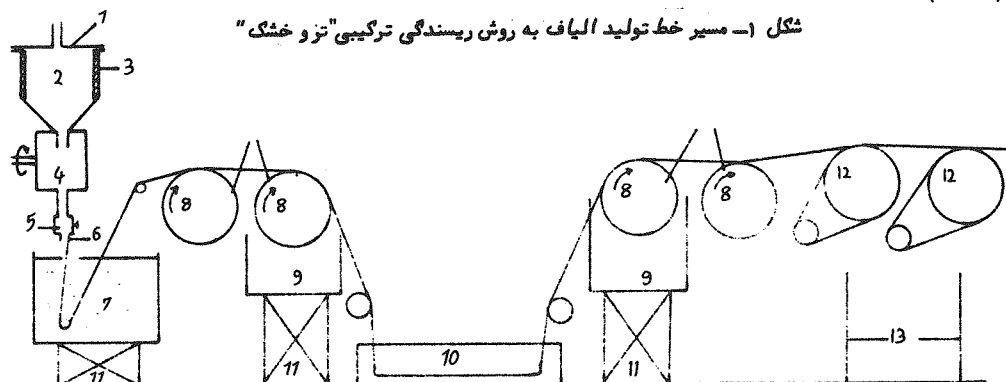
- ۱- سرعت آزاد
- ۲- حداکثر سرعت غلطک گیرنده، الیاف از حمام، در مرحله کشیدگی مهمترین عامل موثر در شرایط ریسندگی الیاف عبارت است از حداکثر نسبت کشیدگی که در یک مرحله و یا چند مرحله قابل دسترسی می‌باشد.

سرعت آزاد

در فرآیند الیاف به روش معمولی ریسندگی "تر" یک پلیمر مایع (سیال) با کمک پمپ چرخ دنده‌ای به الیاف‌سازی با n روزنه می‌رسد. سرعت پمپ قابل تنظیم بوده و مقدار حجمی پلیمری که در هر دقیقه از روزنه‌های الیاف‌ساز خارج می‌شود عبارت است از $q = \frac{Q}{n} \text{ cc/min}$ الیاف‌ساز در حمام انعقاد غوطه‌ور می‌باشد لذا به محض خروج پلیمر مایع از روزنه الیاف‌ساز براساس مکانیزم انتقال جرم با مایع منعقد کننده حمام، پلیمر از فاز مایع به فاز جامد تبدیل می‌شود (۳-۱)، فیلامنت‌های تولید شده (پلیمر منعقد شده) توسط یک غلطک گردنده با سرعت $v_1 \text{ m/min}$ از حمام انعقاد خارج می‌گردد. این الیاف سپس توسط غلطک گردنده دیگری با سرعت $v_2 \text{ m/min}$ از میان حمام داغ کشیدگی خارج می‌گردد. نسبت v_2/v_1 را نسبت کشیدگی الیاف و مقدار v_1/v_2 را نسبت کشیدگی جت می‌نامند. در روش ریسندگی ترکیبی "تر و خشک" مراحل عمل مانند فوق بوده فقط بجای این که

الیاف ساز در مایع حمام انعقاد غوطه‌ور باشد در فاصله مشخصی از سطح مایع الیاف‌ساز قرار دارد (حدود ۱ تا ۱۰ سانتی‌متر) که آن را فاصله هوا می‌نامند. (شکل ۱)

شکل ۱- مسیر خط تولید الیاف به روش ریسندهی ترکیبی "تر و خشک"



- | | |
|------------------------------|---|
| ۱- غلطک‌های حرکت دهنده الیاف | ۱- درب مخزن با محل اتصال به گاز نیتروژن |
| ۲- حمام شستشو | ۲- مخزن پلیمر سیال |
| ۳- حمام گرم کشش | ۳- گرمکن حرارتی مخزن |
| ۴- پایه قابل تنظیم | ۴- پمپ تغذیه |
| ۵- غلطک خشک‌کن گرمی | ۵- نگهدارنده الیاف‌ساز |
| ۶- حرارت دهنده | ۶- الیاف‌ساز |
| | ۷- حمام انعقاد |

اهمیت سرعت آزاد در مورد ریسندهی الیاف به روش "تر" توسط بسیاری از محققین مورد بحث قرار گرفته است (۷-۴ و ۱). اندازه‌گیری مقدار سرعت آزاد به یکی از دو روش زیر صورت گرفته است.

الف - محاسبه سرعت با توجه به طول پلیمر خارج شده از الیاف-ساز در زمان مشخص (۱).

ب - محاسبه براساس سرعت سیال و حداکثر قطر سیال خارج شده از سوراخ الیاف‌ساز (۴).

در هنگام آزمایش‌های مربوط مشاهده گردید که سرعت آزاد در ریسندهی الیاف به روش "تر" و ریسندهی الیاف به روش ترکیبی متفاوت می‌باشد و به نظر می‌رسد که این اختلاف سرعت آزاد می‌تواند یکی از دلایل برای سرعت تولید بیشتر در ریسندهی الیاف به روش ترکیبی "تر و خشک" باشد.

بنابراین اندازه‌گیری‌هایی برای محاسبه سرعت آزاد در دو روش انجام گرفت.

برای محاسبه سرعت آزاد با توجه به کارهای انجام شده قبلی (۱) از اندازه‌گیری طول پلیمر منعقد شده در حمام در زمان مشخص استفاده شده است ولی در عمل دو مشکل اصلی وجود دارد که یکی خارج کردن پلیمر تازه منعقد شده از حمام انعقاد و شستن و سپس اندازه‌گیری طول آن بوده زیرا در این عملیات احتمال تغییر طول واقعی پلیمر وجود دارد (زیرا به راحتی از دیاد طول پیدا می‌کند). ثانياً در مورد ریسندهی به روش ترکیبی "تر و خشک" احتمال بر بدن پلیمر خارج شده در زیر سطح

سرعت متوسط \bar{v} : عبارت است از سرعت تئوری خروج پلیمر مایع از سوراخ الیاف‌ساز و در صورتی که سیال به صورت مسطح از سوراخ الیاف‌ساز خارج گردد مقدار آن مساوی است با

$$\bar{v} = \frac{4Q(10^4)^2}{nD^2 100} = \frac{4Q10^6}{nD^2} \quad (1)$$

که در رابطه فوق

\bar{v} = سرعت متوسط جت بر حسب متر در دقیقه

Q = مقدار حجمی سیال خارج شده از الیاف‌ساز بر حسب سانتی‌متر مکعب در دقیقه

n = تعداد سوراخ الیاف‌ساز

D = قطر هر سوراخ بر حسب میکرون (μ)

اگر پلیمر مایع وقتی که از روزه‌های الیاف‌ساز خارج می‌گردد به غلطک گیرنده هدایت نگردد و با سرعت آزاد اولیه وارد حمام انعقاد گردد دارای سرعت v_f می‌باشد. در روش ریسندهی "تر" این سرعت بسیار کمتر از سرعت متوسط \bar{v} می‌باشد. این کاهش سرعت آزاد به علت خاصیت الاستیکی مایع پلیمر (سیال) است که ناشی از انرژی ذخیره شده به علت برش غیر نیوتونی سیال در داخل الیاف‌ساز است. در نتیجه سیال در موقع خروج از روزه الیاف‌ساز در جهت محوری جمع شده و قطر سیال خارج شده افزایش می‌یابد و سیال با سرعت آزاد، v_f که کمتر از سرعت متوسط، \bar{v} است وارد حمام انعقاد می‌گردد.

الیاف ساز و قبل از ورود بداخل مایع حمام امکان پذیر نبوده زیرا ویسکوزیته سیال در این مرحله نسبتاً کم بوده و خاصیت چسبندگی داشته است و در نتیجه فرآیند تولید متوقف می‌گردد. بنابراین روش دیگری برای محاسبه سرعت آزاد بکار برده شد که براساس سرعت غلظک گیرنده بود به نحوی که سرعت این غلظک V_1 ، مساوی سرعت خروج پلیمر از الیاف ساز قرار داده شد به طوری که پلیمر منعقد شده با یک حالت رهاشدگی از داخل حمام به دور غلظک پیچیده می‌شد.

روش آزمایش

مایع پلیمر قابل ریسندهی با غلظت ۳۵٪ وزنی از حل کردن الیاف اکریلونیتریل تجارتنی در حلال DMF تهیه گردید و شرایط ریسندهی الیاف بر اساس جدول شماره ۱ تهیه گردید.

جدول (۱) شرایط ریسندهی الیاف

عوامل ثابت	عوامل متغییر
۱- درجه حرارت مخزن مایع پلیمر ۳۵ °C	قطر روزنه الیاف ساز D (نمره الیاف ساز)
۲- درجه حرارت الیاف ساز ۳۰ °C	مقدار حجمی سیال q
۳- فشار ازت ۵/۵ Atm	سرعت غلظک گیره V_1
۴- ترکیب حمام انعقاد DMF آب ۵۰/۵۰ حجمی	
۵- درجه حرارت حمام انعقاد ۲۵ ± ۲ °C	
۶- طول پلیمر در داخل حمام ۳۳ ± ۱ Cm	

نتایج

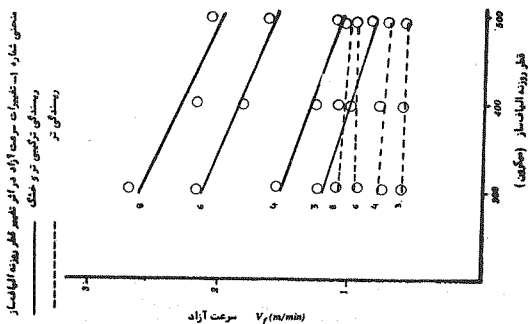
جدول شماره (۲) نشان دهنده سرعت آزاد V_f فیلامنت‌ها در روش ریسندهی "تر" و روش ریسندهی ترکیبی "ترو خشک" با الیاف سازهای مختلف (از نظر قطر) و مقدار حجمی سیال متفاوت می‌باشد (چهار سرعت مختلف) سرعت متوسط تحت هر شرایط جداگانه با استفاده از رابطه ۱ محاسبه گردیده است و نسبت سرعت آزاد به سرعت متوسط برای هر آزمایش نیز در جداول منعکس است. جدول شماره ۳ مقدار نرخ برش ظاهری را نشان می‌دهد.

جدول ۲-

سرعت آزاد در روش ریسندهی تر و ریسندهی ترکیبی ترو خشک با الیاف سازهای بانمره ۵۰۰/۶ - ۴۰۰/۸ و ۲۰۰/۱۰

شماره نمونه	نمره الیاف ساز	سرعت سیال q cc/min	سرعت متوسط \bar{V} m/min	سرعت آزاد V_f m/min	نسبت V_f/\bar{V}	نسبت V_f/V_1	نسبت V_f/V_2
۱	۵۰۰/۶	۸	۷/۲۲	۱/۰۲	۰/۲۷	۱/۰۹	۱/۲۲
۲	۴۰۰/۸	۶	۲/۰۲	۱/۰۲	۰/۲۱	۱/۰۹	۱/۲۲
۳	۲۰۰/۱۰	۴	۱/۲۲	۱/۰۲	۰/۲۰	۱/۱۰	۱/۲۲
۴	۲۰۰/۱۰	۲	۱/۲۰	۱/۰۲	۰/۲۰	۱/۰۸	۱/۲۲
۵	۲۰۰/۱۰	۸	۲/۲۰	۱/۰۵	۰/۲۰	۱/۱۸	۱/۲۲
۶	۲۰۰/۱۰	۶	۱/۲۰	۱/۰۹	۰/۲۱	۱/۱۸	۱/۲۲
۷	۲۰۰/۱۰	۴	۱/۲۰	۱/۰۹	۰/۲۰	۱/۱۵	۱/۲۲
۸	۲۰۰/۱۰	۲	۱/۲۰	۱/۰۹	۰/۲۰	۱/۱۵	۱/۲۲
۹	۲۰۰/۱۰	۸	۲/۲۲	۱/۰۹	۰/۲۲	۱/۲۲	۱/۲۲
۱۰	۲۰۰/۱۰	۶	۲/۲۲	۱/۱۹	۰/۲۲	۱/۱۹	۱/۲۲
۱۱	۲۰۰/۱۰	۴	۱/۲۲	۱/۱۸	۰/۲۲	۱/۱۸	۱/۲۲
۱۲	۲۰۰/۱۰	۲	۱/۲۲	۱/۲۱	۰/۲۲	۱/۲۱	۱/۲۲

منحنی‌های شماره ۱ و ۲ به ترتیب سرعت آزاد را به صورت تابعی از قطر الیاف ساز و مقدار حجمی سیال نشان می‌دهد. و منحنی شماره ۳ منحنی تغییرات سرعت آزاد را به لگاریتم سرعت متوسط و منحنی شماره ۴ تغییرات سرعت آزاد را نسبت به لگاریتم نرخ برش ظاهری نشان می‌دهد. منحنی شماره ۵ تغییرات نسبت D_f/D را به تغییرات لگاریتمی نرخ برش ظاهری نشان می‌دهد.



اندازه‌گیری سرعت آزاد

برای اندازه‌گیری سرعت آزاد فرآیند تولید را شروع کرده و پلیمر منعقد شده پس از عبور از حمام به غلظک گیرنده منتقل می‌گردد. سرعت این غلظک حدود ۱٪ بیش از سرعت متوسط \bar{V} محاسبه شده بود. در این سرعت پلیمر منعقد با کشیدگی از حمام خارج می‌گردد این روش برای چند دقیقه ادامه می‌یافت و سپس سرعت غلظک گیرنده به تدریج و به آهستگی کاهش داده می‌شد تا زمانی که پلیمر منعقد شده تحت کشش نبوده و این عمل با دقت تمام انجام می‌گرفت تا شل بودن پلیمر منعقد شده در مدت حداقل ده دقیقه از فرآیند یکسان بود این سرعت به عنوان سرعت آزاد، V_f ، انتخاب می‌گردد. فرآیند ریسندهی در کمتر از این سرعت به علت پراکندگی پلیمر منعقد شده در داخل حمام خروج آن را تقریباً "غیرممکن می‌ساخت و سرعت بالاتر از V_f باعث می‌گردد که حالت کشیدگی در پلیمر منعقد شده، ایجاد گردد.

بحث و نتیجه‌گیری

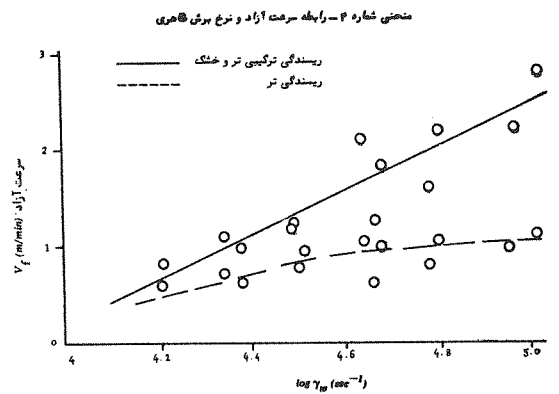
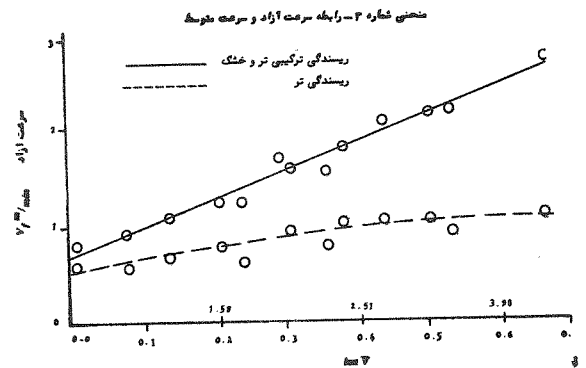
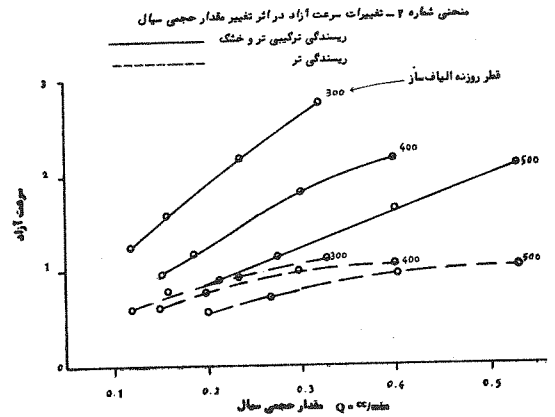
جدول شماره ۳ تغییرات سرعت آزاد در روش ریسندگی "تر" و روش ریسندگی ترکیبی با الیاف‌سازهای با نمرات مختلف و مقدار حجمی متفاوت را نشان می‌دهد.
جدول ۳-

تغییرات نرخ برش ظاهری و سرعت آزاد و نسبت D_f / D

شماره نمونه	x(10) ⁴	q CC/min	ریسندگی			
			ریسندگی ترکیبی	ریسندگی تر	ریسندگی خشک	ریسندگی ترکیبی
۴	۱/۶۳	-/۲۰	-/۵۸	-/۸۳	۱/۲۲	۱/۱۲
۳	۲/۲۰	-/۲۷	-/۷۰	۱/۱۰	۱/۲۹	۱/۱۱
۸	۲/۲۹	-/۱۵	-/۵۹	-/۹۶	۱/۴۲	۱/۱۵
۷	۲/۱۸	-/۲۰	-/۷۶	۱/۲۵	۱/۴۵	۱/۱۳
۲	۲/۲۶	-/۴۰	-/۹۴	۱/۶۱	۱/۴۷	۱/۱۳
۱	۲/۳۲	-/۵۲	۱/۰۲	۳/۰۹	۱/۶۲	۱/۱۴
۱۲	۲/۵۲	-/۱۲	-/۶۰	۱/۲۵	۱/۶۸	۱/۱۷
۶	۲/۷۸	-/۳۰	-/۹۹	۱/۸۲	۱/۵۶	۱/۱۵
۱۱	۲/۰۴	-/۱۶	-/۷۶	۱/۵۷	۱/۷۳	۱/۲۱
۵	۲/۳۷	-/۴۰	۱/۰۵	۲/۱۸	۱/۷۵	۱/۲۴
۱۰	۲/۰۶	-/۲۴	-/۹۲	۲/۱۹	۱/۹۲	۱/۲۵
۹	۱۲/۰۸	-/۳۲	-/۰۹	۲/۷۲	۲/۰۵	۱/۲۹

با آن که مقدار سرعت آزاد با تغییر نمره الیاف‌ساز و تغییر مقدار حجمی سیال تغییر نموده است ولی کاملاً مشخص است که خود روش ریسندگی الیاف (تر و یا ترکیبی تر و خشک) مهمترین عامل در تعیین سرعت آزاد می‌باشد زیرا تحت شرایط ریسندگی یکسان مقادیر سرعت آزاد برای روش ریسندگی ترکیبی تر و خشک خیلی بیشتر از ارقام مشابه در روش ریسندگی تر می‌باشد. با تجزیه و تحلیل دقیقتر مشاهده می‌گردد که در روش ریسندگی ترکیبی تر و خشک مقدار سرعت آزاد با کاهش قطر روزنه الیاف‌ساز شدیداً افزایش پیدا می‌کند در حالی که تغییر سرعت در روش ریسندگی تر تقریباً قابل اغماض می‌باشد (منحنی ۱). از طرف دیگر با افزایش مقدار حجمی سیال مقدار سرعت آزاد در هر دو روش ریسندگی مانند حالتی که الیاف‌ساز با بزرگترین قطر به کار رفته افزایش یافته است. (منحنی ۲). این منحنی نشان دهنده این است که در مورد روش ریسندگی ترکیبی "تر و خشک" تاثیر افزایش مقدار حجمی سیال در سرعت آزاد با کاهش قطر روزنه الیاف‌ساز خیلی مشخص می‌گردد، در حالی که در روش ریسندگی "تر" با افزایش مقدار حجمی سیال افزایش سرعت آزاد به آن شدت نمی‌باشد.

بر اساس این جداول و منحنی‌ها می‌توان پیشنهاد نمود با آن که قطر روزنه الیاف‌ساز موثر در قابلیت فرآیند ریسندگی ترکیبی "تر و خشک" است ولی تأثیر آن تا حدی متفاوت با قابلیت فرآیند ریسندگی "تر" می‌باشد.



به علاوه مقدار حجمی سیال عامل دیگری در تعیین سرعت آزاد در دو روش ریسندگی الیاف است. اختلاف مقادیر سرعت آزاد اندازه‌گیری در دو روش ریسندگی در تحت شرایط یکسان تا محل خروج سیال پلیمر از الیاف‌ساز نشان می‌دهد که مهمترین عوامل موثر در سرعت آزاد نوع روش ریسندگی و محیط بعد از الیاف‌ساز است که سیال پلیمری پس از خروج از روزنه الیاف‌ساز وارد آن می‌گردد. بنابراین عوامل موثر در سرعت آزاد ریسندگی را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد.

الف - اتفاقات در داخل الیاف‌ساز

ب - وقایع در خارج از الیاف‌ساز

و به نظر می‌رسد که در هر روش ریسندگی الیاف با شرایط ریسندگی مشخص قسمتی از سرعت آزاد تابعی است از شرایط برشی سیال در داخل روزنه الیاف‌ساز و قسمتی دیگر تابعی است از شرایط محیط خارج از الیاف ساز (مسیر حمام انعقاد).

ساده‌ترین طریق برای بیان شرایط داخل روزنه الیاف‌ساز استفاده از نرخ برش ظاهری γ_w در دیواره روزنه الیاف‌ساز است (۴ و ۱) که می‌توان آن را با فرمول زیر و با رابطه (۱) بیان نمود.

$$\gamma_w = \frac{4q}{nR^3} \quad (2)$$

γ_w = نرخ برش ظاهری در دیواره سوراخ الیاف‌ساز

q = مقدار حجمی سیال در هر سوراخ الیاف‌ساز

$R = \frac{1}{4} D$ = شعاع سوراخ الیاف‌ساز

جدول ۳ و منحنی ۴ نشان می‌دهد که با استفاده از مقدار γ_w می‌توان سهمیت V_f و q را برای هر فرآیند ریسندگی تبدیل به یک منحنی نمود. هر چند در این منحنی پراکندگی‌هایی به چشم می‌خورد. ولی اعداد کلی نشان دهنده این است که به ازاء هر نرخ برش ظاهری مشخص مقدار سرعت آزاد در روش ریسندگی ترکیبی "ترو خشک" بیشتر از مشابه آن در روش ریسندگی "ترو" می‌باشد. همچنین تغییرات در مقدار سرعت آزاد در روش ریسندگی ترکیبی بیشتر می‌باشد. با بررسی روابط بین سرعت آزاد و سرعت متوسط در دو روش ریسندگی نتایج مشابهی استخراج گردید که در جدول ۲ و منحنی ۳ نشان داده شده است. در این حالت امکان پذیر گردید اعداد به دست آمده را بر روی یک خط رسم کرده و فرمول تجربی زیر را برای روش ریسندگی ترکیبی "ترو خشک" به دست آورد.

$$V_f = 3 \log \bar{V} + 0.7 \quad (3)$$

از طرف دیگر می‌دانیم که مایع پلیمر یک سیال ویسکوالاستیک با رفتار غیر نیوتونی می‌باشد. هرگاه این نوع سیالات را با به کار بردن نیرو از روزنه‌ای به قطر D با مقدار حجمی q عبور دهیم، وضعیت سیال به علت رها شدن انرژی الاستیکی ذخیره شده در سیال به محض

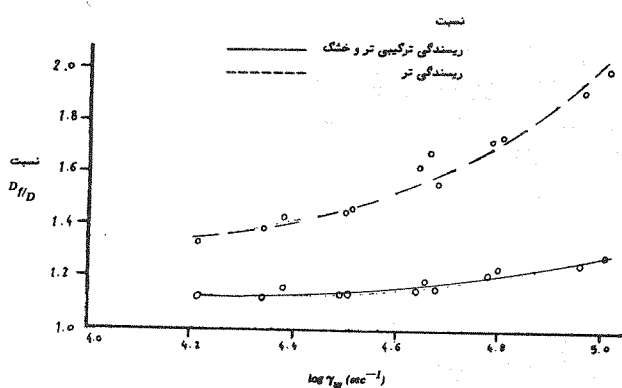
خروج از سوراخ الیاف‌ساز بسیار پیچیده خواهد بود. در نتیجه این رفتار پیچیده سیال به محض خروج از روزنه متورم می‌گردد و قطر آن به D_f می‌رسد که بزرگتر از قطر روزنه D می‌باشد. که به آن اثر "باروس" می‌گویند. این تورم باعث می‌گردد که سرعت سیال پلیمر کاهش یابد و از طرفی با توجه به فرمول ۴ رابطه‌ای بین قطر و سرعت وجود دارد (۶)

$$D_{f/D} = (\bar{V}/V_f)^{1/2} \quad (4)$$

چون این انرژی الاستیکی ناشی از فرآیندهای تغییر فرم سیال و برشهای وارده بر آن در داخل سوراخ الیاف‌ساز است. بنابراین $D_{f/D}$ باید وابسته به طرح سوراخ الیاف‌ساز، نرخ برش به کار رفته و خواص ربولوژیکی مایع پلیمر و غیره باشد. میزان تورم در هر سیال مشخص بستگی به تمام عوامل فوق‌الذکر (مایع پلیمر و وقایع داخل سوراخ الیاف ساز) به اضافه محیطی که سیال پلیمر پس از خروج داخل آن می‌گردد، دارد.

بر اساس اعداد مربوط به سرعت آزاد در جدول ۳ با استفاده از رابطه ۴ نسبت تورم $D_{f/D}$ محاسبه گردید. منحنی ۵ این رابطه را نشان می‌دهد، به طوری که از شکل استنباط می‌گردد در مورد ریسندگی "ترو" این اعداد بسیار مشخص هستند تا در مورد ریسندگی ترکیبی که در آن مقدار نرخ برش ظاهری با چنین شدتی تغییر نمی‌کند.

منحنی شماره ۵ - رابطه تغییرات نسبت تورم قطر الیاف‌ساز و نرخ برش ظاهری



با توجه به جدول ۲ مشاهده می‌گردد که نسبت متوسط برای روش ریسندگی "ترو خشک" حدود ۰/۸ و برای روش ریسندگی "ترو" حدود نصف این مقدار می‌باشد.

با توجه بارقام و منحنی‌های داده شده معلوم می‌شود که اختلاف اصلی در این دو نوع ریسندگی مربوط به مقدار سرعت آزاد در آنها می‌باشد و به نظر می‌رسد که سرعت آزاد در روش ریسندگی ترکیبی "ترو خشک" یکی از مهمترین عوامل برای سرعت بالای تولید در این فرآیند

ریسندگی می‌باشد و با توجه به این که این اختلاف سرعت آزاد ناشی از وجود فاصله هوا بین سطح خروج الیاف‌ساز و سطح مایع حمام انعقاد در روش ریسندگی ترکیبی "تر و خشک" است لذا می‌توان نتیجه گرفت که: با آن که در هر روش ریسندگی الیاف‌ساز سرعت آزاد لزوماً بر اساس نمره الیاف‌ساز و مقدار حجمی سیال پلیمر می‌باشد ولی رفتار سیال پلیمری به محض خروج از سوراخ الساف‌ساز به‌طور شدیدی مؤثر در مقدار سرعت آزاد می‌باشد. به نظر می‌رسد که در روش ریسندگی "تر" فشار ناشی از مایع حمام انعقاد در اطراف سطح سوراخ الیاف‌ساز و شرایط حمام انعقاد در این منطقه از جمله عوامل مؤثر در این پدیده می‌باشند نشان داده شده است (۷) که این فشار در مورد ریسندگی مذاب و ریسندگی خشک الیاف به علت ویسکوزیته نسبتاً کم هوا در مقایسه با مایع قابل صرف‌نظر کردن می‌باشد.

پل (۱) خاطر نشان کرده است که در روش ریسندگی "تر" سرعت آزاد در اصل تحت‌تأثیر شرایط داخل سوراخ الیاف‌ساز می‌باشد ولی با توجه به این که در این آزمایش‌ها نسبت L/D برای الیاف‌سازهای به کار رفته خیلی کمتر از آنچه بود که توسط پل به کار رفته و با توجه به این که قطر روزنه الیاف‌سازهای به کار رفته نسبتاً زیاد بوده (برای روش ریسندگی "تر") لذا به نظر می‌رسد تحت شرایط آزمایش‌های انجام گرفته عامل اصلی مؤثر در اختلاف سرعت آزاد در دو روش ریسندگی شرایط انعقاد سیال پلیمر بوده است. (تغییر حالت از فاز مایع به فاز جامد). به عبارت دیگر در روش ریسندگی "تر" با آن که سرعت آزاد متأثر از مجموعه شرایط در داخل و خارج الیاف‌ساز می‌باشد ولی شرایط خارج از الیاف‌ساز مهمتر می‌باشد. از طرف دیگر در روش ریسندگی ترکیبی "تر و خشک" سرعت آزاد به مقدار زیادی بستگی به عوامل داخل الیاف‌ساز دارد.

پل (۱) خاطر نشان کرده است که در روش ریسندگی "تر" سرعت

توضیح و تصحیح
 در صفحه ۹ شماره ۵ (پائیز ۱۳۶۵) مجله علمی و مهندسی امیرکبیر
 مقالات فقط تصاویر شماره ۴ و ۵ مقاله "انجاد سگاف و سترک در
 فیلامنت‌های پلی استر در اثر ترکیب پروپیل‌آمین و سترهای موضعی"
 جایجا شده بود.
 با بوس از آقای دکتر محمد جمشیدکیش رئیس محترم دانشکده
 مهندسی صنایع ساسی دانشگاه صنعتی امیرکبیر (نویسنده مقاله) به
 اطلاع خوانندگان می‌رساند. تصویر شماره ۴ در واقع تصویر شماره ۵ و
 تصویر شماره ۵ به‌جای تصویر شماره ۴ است. این زبرویس تصاویر صحیح
 به‌جا رسیده است.
 بخش فنی مجله علمی و مهندسی امیرکبیر