مطالعه بر روی الیاف توخالی

کلیات و معرفی الیاف توخالی

تالیف و گرداوری: علی صالحی راد

مقدمه

در سال‌های اخیر تحقیقات قابل ملاحظه‌ای برای کشف کردن الیاف با خواص ساختاری اصلاح شده بوقوع پیوسته است که بی‌شک از میان این محصولات نساجی الیاف توخالی مثال خوبی می‌تواند باشد. ساختار الیاف توخالی بطور نسبتاً چشمگیری متفاوت از ساختار الیاف بدون حفره طولی است. به علت ساختار منحصر به فرد، الیاف توخالی می‌توانند در زمینه منسوجاتی متفاوت از منسوجات معمول و در محصولات با اهداف خاص بکار روند. برای مثال الیاف توخالی به علت نسبت سطح به حجم زیاد ویژگی مفیدی برای بعضی کاربردهاست. منسوجات تهیه شده از الیاف توخالی مثلاً کیسه خواب به علت وزن کمتر و نفوذپذیری بیشتر بخار آب در آنها مقرون به صرفه‌تر و مفیدترند. الیاف توخالی بسیار ظریف به عنوان موادی بسیار نازک و سبک، راحت در پوشش، خشک و با قابلیت دافع آب بیشتر، بکار برده شده است. الیاف توخالی غشایی نیز در تصفیه خون و دیگر موارد پزشکی، جداسازی باقیمانده حلال‌ها از آب‌های صنعتی و دیگر موارد فیلتراسیون و .... بکار گرفته می‌شود.

یک سطح مقطع توپر و گرد، شکل معمول اکثر الیاف مصنوعی است؛ اما در سطح مقطع الیاف توخالی حداقل یک حفره طولی وجود دارد. برای مثال، رشته‌سازهایی که دارای روزنه‌هایی با شکاف‌های باز چند بخشی هستند قادرند الیافی که یک بخش توخالی در آن وجود دارد را با هندسه‌های گوناگونی از لحاظ شکل خارجی و هم از لحاظ شکل داخلی تولید کنند؛ همچنین رشته‌سازهایی وجود دارد که می‌تواند چندین حفره طولی را در لیف بوجود آورد. اما گاهی مهم است که اندازه هندسی عالی و یکنواختی در سطح مقطع لیف بوجود آید و در این مورد رشته‌سازهای لوله در موئینه بکار گرفته می‌شود.

به طور کلی الیاف توخالی نسبت به الیاف توپر با چگالی خطی یکسان دارای وزن کمتر در حجم ثابت از منسوج، حجم بیشتر در وزن ثابت، قدرت پوشش بیشتر، فر و موج بیشتر، عایق حرارتی بهتر، قدرت رنگ‌پذیری بیشتر، ظرفیت بالاتر جذب مایع، خاصیت برگشت‌پذیری بهتر، سختی خمشی و پیچشی بیشتر، درصد تبلور و آرایش یافتگی بیشتر (که موضوع تحقیقات بسیاری بوده)، ظاهر مات‌تر، پرزدهی کمتر، ظرفیت جذب صوت بیشتر و زیردست بهتر می‌باشند.

۱- انواع الیاف توخالی

الیاف توخالی نوعی از الیاف شکل داده شده[1] به صورت غیر دایره‌ای[2] هستند و به الیافی اطلاق می‌گردد که حداقل یک حفره طولی[3] در ساختار آن وجود داشته باشد. به دو صورت می‌توانیم الیاف توخالی را تقسیم‌بندی نماییم. تقسیم‌بندی از لحاظ ساختاری و تقسیم‌بندی از لحاظ کاربردی.

۱-۱- تقسیم‌بندی از لحاظ ساختاری

این تقسیم‌بندی شامل پنج دسته است

- الیاف توخالی معمولی هم مرکز یا متقارن[4]
- الیاف توخالی تک حفره‌ای غیر هم مرکز یا نامتقارن[5]
- الیاف توخالی چندحفره‌ای
- الیاف توخالی پروفایلی یا الیاف توخالی چندوجهی[6]
- الیاف توخالی با حفرات میکرونی[7]

1. shaped fiber
2. Non-circular
3. Longitudinal void
4. Symmetric
5. asymmetric
6. Polygonal hollow fiber
7. microporous hollow fiber

۱-۲- تقسیم‌بندی از لحاظ کاربردی

- مصارف پوشاکی
- مصارف ورزشی
- منسوجات مورد استفاده برای اتاق خواب و کیسه خواب(به علت وزن کمتر و نفوذپذیری بیشتر بخار آب در آنها)
- فیلترها: مانند فیلترهای معمولی و فیلترهای مواد شیمیایی
- صنعت فرش: مانند لیف سه حفره‌ای شرکت اسوتا[1]
- صنایع خودروسازی: مانند لیف توخالی k-۲۱ از شرکت کوراری[2]
- منسوجات فوق سبک
- نخ‌های ویژه
- منسوجات بی‌بافت

و غیره

همچنین حفره توخالی می‌تواند در یک لیف دو جزئی[3] یا دوقلو[4] ایجاد شده باشد که به منظور جلوگیری از اطاله متن از ان صرف‌نظر می‌شود.

۲- شاخصه‌های ساختاری

شاخصه‌هایی چون قطر بیرونی، چگالی خطی، مساحت جانبی، نسبت مساحت جانبی به حجم، نسبت مساحت جانبی به وزن، از مشخصاتی هستند که چون در همه الیاف می‌تواند بکار می‌رود، به آنها شاخصه‌های ساختاری عمومی[5] می‌گویند. اما با قرارگیری یک حفره در درون لیف، شاخصه‌های ویژه دیگری نیز به شاخصه‌های ساختاری یک لیف افزوده می‌شود؛ از جمله ضخامت دیواره و قطر داخلی (یا شعاع داخلی).

در مقالات مختلف از علائم گوناگونی برای بیان شاخصه‌های لیف توخالی استفاده شده است، که برای آشنایی بیشتر به آنها اشاره می‌شود:

ضخامت دیواره لیف توخالی: b_f , t

قطر داخلی لیف توخالی: d_{fi} , ID , d_i , D_2

قطر خارجی لیف توخالی: d_{fo} , OD , d_o , D_1

مشخصه اصلی یک لیف توخالی، همانگونه که از نام ان اشکار است، هسته توخالی[6] آن می‌باشد. مقدار بزرگی بخش توخالی لیف که کیفیت الیاف، مانند خواص جذب آب[7]، نگهداری گرما[8]، سرسختی و جهندگی در برابر ضربه[9]، خاصیت زنده بودن ارتجاعیت[10] و ... را تعیین می‌کند، عامل مهمی بوده و نیاز است که سهم بخش توخالی[11] از کل لیف به طریق صحیحی مشخص گردد. محققین به طرق گوناگونی این مهم را بیان داشته اند؛ از جمله:

t/d_o ،d_i/d_o ،(R_i/R_o) ،D_2/D_1 ،(ID/OD) ،A_i/A_t،

که A_i و A_t به ترتیب بر مساحت داخلی و مساحت کل سطح مقطع دلالت می‌کند. $(ID/OD)^2$ تحت عنوان «میزان توخالی بودن لیف[12]» شناخته می‌شود و با علامت h نشان داده می‌شود. مشخص است

$$h=(ID/OD)^2=A_i/A_t$$

در عمل چون احتمال انحراف لیف از حالت دایره‌ای کامل وجود دارد بهتر است به جای استفاده از D2/D1 از Ai/At برای بیان سهم بخش توخالی استفاده شود اما از شعاع یا قطر معادل نیز می‌توان استفاده کرد یعنی

$$Ri/Ro=\sqrt{(Ai/At)}$$

۳- انواع رشته‌سازهای[13] الیاف توخالی

رشته‌سازهای الیاف توخالی را می‌توان به چهار گروه عمده تقسیم‌بندی کرد:

۳-۱- حدیده[14]های حلقوی با شکاف‌های باز

این رشته‌سازها که در حال حاضر معمول‌ترین رشته‌سازها در صنعت تولید الیاف توخالی نساجی هستند، دارای موئینه‌هایی با شکاف‌های باز بخشی[15] می‌باشند. این رشته‌سازها قادرند الیافی با یک، دو یا چند بخش توخالی در آن را تولید کنند. این الیاف می‌توانند سطح مقطع‌ها و شکل‌های مختلفی هم از لحاظ هندسه داخلی و هم از لحاظ شکل خارجی را دارا باشند (مانند شکل۱).

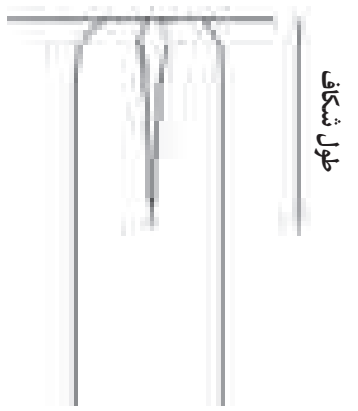
ساده‌ترین نوع اینگونه رشته‌سازها، روزنه C شکل است؛ به فضای باز در امتداد شکل C عموما پل[16] گفته می‌شود که می‌بایست وجود داشته باشد تا از فروریختن بخش مرکزی C شکل در رشته‌ساز ممانعت به عمل آورد. در شکل۲ روزنه(a) دارای پل متقارن و روزنه (b) دارای پل نامتقارن است.

شکل۲- نمای ترسیمی از سطح مقطع دو روزنه رشته‌ساز (a) دارای پل متقارن و روزنه (b) دارای پل نامتقارن است.

جریان مذاب که در داخل رشته‌ساز به صورت فضای توخالی کاملی در نیامده است، در زیر رشته‌ساز و درحالی‌که هنوز در حالت مذاب قرار دارد به هم پیوند[17] می‌خورد (می‌چسبد) که بنابراین به عنوان الیاف توخالی پیوندی (چسبی)[18] شناخته می‌شوند. به فاصله بین رشته‌ساز تا محل جوش خوردن لیف،طول شکاف[19] می‌گویند.

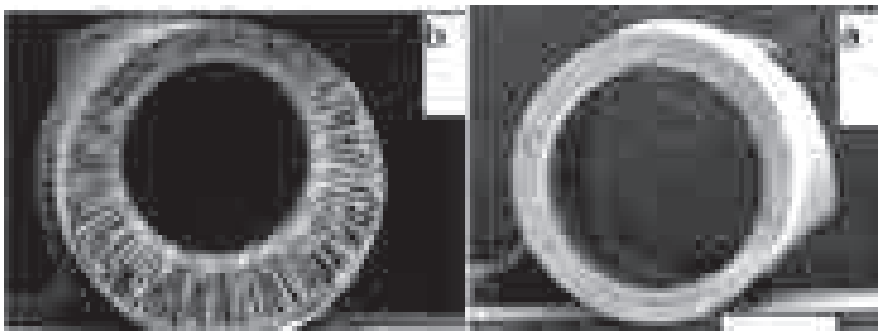
شکل۱- نمای ترسیمی از سطح مقطع بعضی رشته‌سازهای الیاف توخالی [۱۸]

1. Asota
2. Kuraray
3. bicomponent , biconstituent
4. conjugate
5. conventional structural indices
6. hollow core
7. water absorbing properties
8. warmth retention
9. Bouncy touch
10. lively resilience
11. hollow portion
12. hollowness (percentage void in cross section)
13. spinneret , ریسنده
14. die
15. segmented orifice with open slits
16. bridge
17. glue
18. gluing hollow fibers
19. fisher length



شکل۳- نمایی ترسیمی از شکاف بوجود آمده در لیف، در حین ریسندگی الیاف توخالی پیوندی و نحوه جوش خوردن آن.

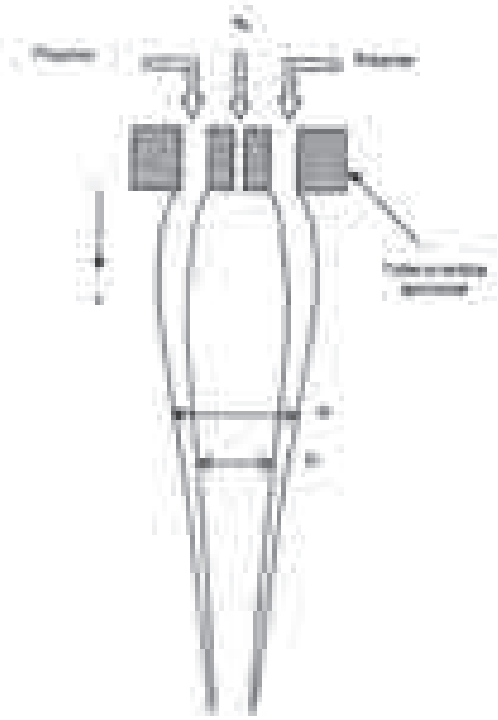
لازم به ذکر است با این روش، ایجاد بیش از ده حفره در لیف مشکل بوده و میزان فضای توخالی لیف تولیدی از اینگونه رشته‌سازها دچار محدودیت است و این نسبت زیر ۳۰٪ می‌باشد. برای افزایش میزان توخالی بودن به بیش از ۳۰٪ می‌باید تغییرات زیادی را در شرایط تولید لیف اعمال نمود که خواص مکانیکی لیف را به شدت تحت تاثیر قرار می‌دهد، که باز هم با این وجود در صد توخالی بودن لیف به مقدار زیاد افزایش نمی‌یابد. به عبارت دیگر نمی‌توان میزان توخالی بودن لیف را مستقل از عوامل تاثیرگذار در خواص لیف (نوع پلیمر، سرعت روزنرانی، دما، سرعت برداشت و...) تغییر داد. روش ساخت اینگونه رشته‌سازها، عموماً از لحاظ دستیابی به روزنه با L/Wهای مختلف دچار محدودیت است و نباید انتظار ساخت روزنه‌ای با L/W بالا را داشت.



شکل۴- تصویر دو نمونه الیاف توخالی (a) متقارن و (b) غیرمتقارن [۱۲]

۳-۲- رشته‌سازهای لوله در موئینه[1]

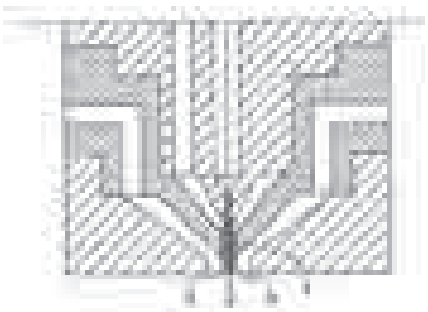
گاهی نیاز است که اندازه هندسی[2] عالی و یکنواختی در سطح مقطع لیف بوجود آید، که در این مورد رشته‌سازهای لوله در موئینه بکار گرفته می‌شود. این روش در حال حاضر عمدتاً در تولید الیاف توخالی غشایی بکار می‌رود. دو نمونه از الیاف توخالی متقارن و نامتقارن حاصل از این رشته‌سازها در شکل ۴ نشان داده شده است. نوع پیشرفته‌تر اینگونه رشته‌سازها قادر به تولید الیاف دوجزئی توخالی و الیاف سه جزئی هستند. (شکل۵)



شکل۵- نمایی ترسیمی از نحوه شکل‌گیری الیاف توخالی در روش لوله-موئینه [۱۱۵]

۳-۳- استفاده از رشته‌سازهای الیاف دو جزئی (s-c) و الیاف چندجزئی[3]

در این روش با تولید الیاف دوجزئی sc یا چندجزئی و حل کردن پلیمر مغزی یا جزایر[4] پس از ریسندگی به لیف توخالی تک حفره یا چندحفره می‌رسیم. شایان ذکر است این روش محدودیتی از نظر تولید الیاف با درصد توخالی بودن بالا را ندارد.اما مشخص است که هزینه تولید لیف توخالی با این روش، که یک روش غیرمستقیم در تولید لیف توخالی محسوب می‌گردد از روش‌های مستقیم بالاتر است اما می‌توان الیاف ظریف‌تر را نیز با آن تولید نمود.

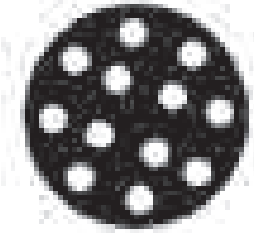


شکل۶- تصویر رشته‌ساز دو لایه تولیدکننده الیاف توخالی دوجزئی [۸۶]

۳-٤- رشته‌سازهای خاص

رشته‌سازهایی نیز برای تولید الیاف توخالی در شرایط خاص ساخته شده است. برای مثال آقای فیفر [۱۸] رشته‌سازی ساده را ساخته است که در ان نه خبری از دمش نیتروژن و نه از تشکیل شکاف وجود ندارد.

در قسمت بعدی ریسندگی الیاف توخالی مورد بررسی قرار می‌گیرد و درباره تفاوت‌های ان با ریسندگی الیاف معمولی از جهات مختلف بحث می‌شود.



شکل۷-نمایی ترسیمی از سطح مقطع یک لیف توخالی دوازده حفره‌ای تولید شده از روش الیاف چندجزئی.

منابع در دفتر مجله موجود است.

1. tube-in-orifice spinnerets
2. Geometrical size
3. Multi-component fiber
4. Islands