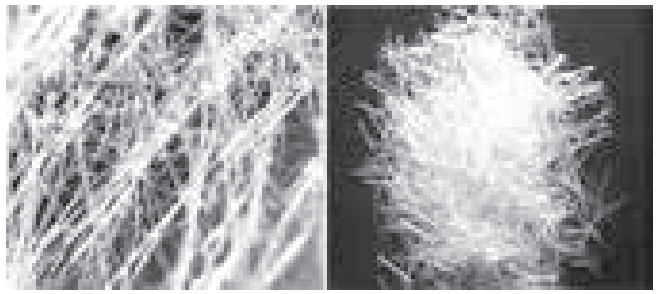
منسوجات ورزشی

الیاف شیشه و کاربرد آن در تجهیزات

تهیه و تنظیم: دکتر فرناز نایب‌مراد



الیاف شیشه و کاربرد آن در تجهیزات

الیاف شیشه Glass Fiber تارهای بسیار باریک از جنس شیشه با قطر ثابت و طول نامحدود می‌باشد الیاف شیشه می‌تواند با قطری از ۵ تا ۲۵ میکرون تولید گردد از نظر ساختاری تفاوت الیاف شیشه با پشم شیشه Glass wool در این است که قطر تارها در پشم شیشه غیریکنواخت و طول آن محدود است در پروسه تولید پشم شیشه به خاطر تفاوت در نوع سرد شدن ساختمان شیشه شکننده است و پشم شیشه دارای مقاومت کششی نمی‌باشد همین تفاوت کاربردهای الیاف شیشه و پشم شیشه را با هم متفاوت می‌سازد بطوری‌که از الیاف در بالا بردن مقاومت کششی و تقویت کامپوزیت‌ها استفاده می‌گردد. ولی از پشم شیشه به عنوان عایق حرارتی و البته استفاده از الیاف شیشه به عنوان عایق حرارتی نیز رواج دارد. از الیاف شیشه در بسیاری از محصولات پلاستیکی به عنوان عامل تقویت‌کننده استفاده می‌شود.

مواد کامپوزیتی که تحت عنوان (Glass–Reinforced Plastic) و یا Glass Fiber Reinforced شناخته می‌شوند از موارد مصرف معروف و محبوب الیاف شیشه می‌باشد. الیاف شیشه یا فایبر گلاس در سال ۱۹۳۸ توسط کمپانی owens-corning به صورت انچه ما امروز از ان شناخت داریم به شکل انبوه تولید شد.

الیاف شیشه‌ای به گونه‌های گوناگونی وجود دارند که در زیر و به اختصار به آن می‌پردازیم:

A-glass: با ترکیب سودا لایم (Alkali-Lime) که در آن درصد قلیایی‌ها جهت کاربرد خاص بالاتر از ۴٪ می‌باشد و در جایی‌که مقاومت کششی، پایداری و مقاومت الکتریکی بالا نیاز نباشد، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

E-glass: با ترکیب آلومینو بوروسیلیکات که در آن درصد قلیایی‌ها حداکثر به ۲٪- می‌رسد. این الیاف در ساخت فرآورده‌های FRP و ساخت قطعات الترونیکی که نیاز به مقاومت کششی و الکتریکی بالا دارند، مورد استفاده قرار می‌گیرند.

C-glass: با ترکیب سودا لایم با درصد بالای اکسید بور. آن را در محیط‌هایی که دارای عوامل شیمیایی با قدرت خوردگی بالا هستند بکار می‌گیرند. بنابراین از آن در کامپوزیت‌هایی که در محیط اسیدی قرار می‌گیرند استفاده می‌شود.

D-glass: با ترکیب بورو سیلیکات با خواص دی الکتریک قوی برای کاربردهای الکتریکی.

AR-glass: با ترکیب سیلیکات زیرکونیوم و با مقاومت در برابر بازها. این نوع از الیاف در ساختار سیمان کاربرد دارد.

R-glass: ترکیب آلومینو سیلیکات بدون اکسیدهای کلسیم و منیزیم که مقاومت مکانیکی بسیار بالایی دارد و هنگامی که مقاومت مکانیکی بالا و همچنین مقاومت در برابر شرایط اسیدی نیاز باشد کاربرد دارد.

SR-glass: با ترکیب آلومینوسیکات منیزیم و مناسب برای نساجی و یا تقویت در جاهایی که مقاومت کششی بسیار بالا در دمای زیاد و مقاومت در برابرخوردگی نیاز است.

از میان ترکیبات فوق الیاف شیشه از نوع E-glass کاربرد وسیع‌تری در تولید فرآورده‌های شیشه دارد. به‌طوری‌که امروزه تقریباً ۹۹ ٪ تولیدات الیاف شیشه از نوع E-glass می‌باشد و به‌همین دلیل به الیاف ازجنس E-glass اصطلاحاً general purpose می‌گویند.

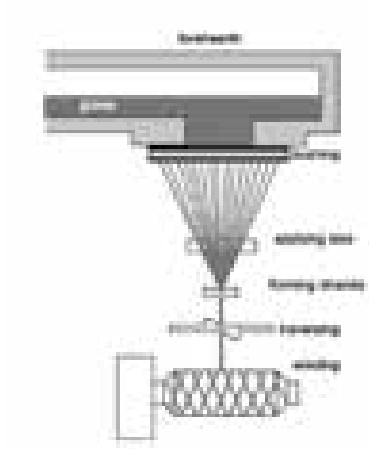
فرایند تولید الیاف شیشه

الیاف شیشه یکی از مهم‌ترین الیاف مورد استفاده در ساخت سازه‌های مختلف کامپوزیتی است که ویژگی‌های مکانیکی و قیمت مناسب آن، باعث شده است تا در مقایسه با الیاف گوناگون کربن، آرامید و بازالت که کاربری آنها محدود به کاربردهای بسیار ویژه است، بیشترین میزان

مصـرف را داشـته باشـد. بخش اعظمـی از صنایع مختلـف، از صنایـع رده بالایی همچـون تولیـد پره‌هـای توربیـن بـادی و وسـایل نقلیـه هوافضایـی تـا صنایـع رده پایینـی همچـون تولیـد وان و سـینک ظرفشـویی از رده‌هـای گوناگـون این الیـاف مشـتمل بـر مـت، روونیـنگ، پارچه‌هـای تک یـا چنـد جهتـه و... در تولید محصـولات خـود بهـره می‌جوینـد.

تأمیـن الیـاف شیشـه موردنیـاز صنعـت کامپوزیـت ایـران (بـا مصـرف سـرانۀ ۱ کیلوگـرم کامپوزیـت در سـال) تنها متکـی بـر واردات از کشـورهای ترکیه، چین، تایـوان و... اسـت در حالـی کـه منابـع غنـی معدنـی سـیلیس بـه عنـوان عنصر پایـه تشـکیل‌دهنده ایـن الیـاف، در داخـل کشـور بـه وفـور یافـت می‌شـوند. بـدون شـک، تولیـد الیـاف شیشـه در داخـل کشـور عـلاوه بـر ایجـاد ارزش افـزوده مناسـب و اسـتفاده از ذخایـر کشـور، نتایج دیگـری همچـون کارآفرینی، قطـع وابسـتگی در تامیـن مـواد در ایـن حـوزه و همچنیـن تحقـق صـادرات به عنـوان یـک آرمـان بلنـد مـدت را در پـی خواهد داشـت. در همیـن راسـتا، واحد کامپوزیـت گـروه مهندسـی صنعتـی فهامـه تدویـن طـرح جامع امکان‌سـنجی تولیـد الیـاف شیشـه در داخـل کشـور را بـرای بخـش خصوصـی در دسـتور کار خـود قـرار داده کـه نوشـتار زیـر مختصـری از قسـمت فنـی آن طـرح اسـت.

مـواد اولیـه لازم بـرای تولیـد الیـاف شیشـه عبارتنـد از ماسـه سیلیسـی، سـنگ آهـک، کائولـن، کلمانیـت و برخـی اجـزای ترکیبـی دیگـر بـه مقـدار کـم (نظیـر منیزیـت، دولومیـت، فلدسـپار، فلوئوریـن و سـولفات سـدیم). ایـن مـواد در سـیلوهایمخصوص نگهـداری شـده، پـس از توزیـن و مخلـوط شـدن بـه صـورت خشـک در مخلوط‌کـن، توسـط نقالـه یـا پالت‌هـای ویـژه بـه کـوره ذوب منتقـل و در دمـای بـالا ذوب می‌شـوند. دمـای ذوب باتوجـه بـه ترکیـب شیشـه متفـاوت و عمومـاً حـدود ۱۲۶۰ درجـه سـانتی‌گراد اسـت. بـا کشـیده شـدن ایـن مـواد مـذاب سـیلیکاتی طبـق فراینـدی ویـژه، رشـته‌های نـازک الیـاف شیشـه حاصـل می‌شـوند.



به‌طورکلـی دو فراینـد عمـده و متفـاوت جهـت دسـتیابی بـه الیـاف شیشـه از مـذاب وجـود دارد کـه هـر دو شـیوه تـا انتهـای مرحلـه تولیـد مخلـوط مـذاب شیشـه یکسـان هسـتند. ایـن دو روش عمـده عبارتنـد از:

۱- روش ذوب غیرمسـتقیم کـه تحـت عنـوان فراینـد ذوب گلولـه (Marble Melt Process) نیـز شـناخته می‌شـود.

۲- روش ذوب مستقیم (Direct Melt Process)

روش ذوب غیرمستقیم

در ایـن روش، مـذاب شیشـه پـس تولیـد و کف‌گیـری، از طریـق راهگاه‌هـای هـادی منشـعب از کـوره ذوب، بـه قسـمت تجهیـزات گلوله‌سـازی منتقـل می‌شـود. هـر راهـگاه، مـذاب را بـه یـک ماشـین گلوله‌زنـی انتقـال می‌دهـد. مـذاب شیشـه پـس از عبـور از راهگاه بـا دمـای حـدود ۱۱۵۰ درجه سـانتی گراد وارد ماشـین گلوله‌زنـی می‌شـود. جریـان مـذاب از طریـق راهـگاه هـادی مـذاب بـه صفحـه کشـویی برخـورد می‌کنـد کـه بـا حرکـت رفـت و برگشـتی خـود، مقـدار مشـخصی از مـذاب را کـه بـه لقمـه معـروف اسـت و وزن مشـخصی نیز دارد بـر روی دو اسـتوانه شـیاردار مارپیچـی دوار بـا چرخـش در جهـت خـلاف یکدیگـر، قـرار می‌دهـد. سـرعت دوران اسـتوانه‌ها بـا یکدیگـر متفـاوت بـوده، شـیارهای آنهـا بـه صورتـی بـر هـم منطبـق بـوده، شـیارهای آنهـا بـه صورتی بـر هـم منطبـق اسـت کـه بـا حرکـت دورانـی آنهـا، خروجی بـه صـورت گلوله خواهـد بود.

نـرخ تولیـد ماشـین‌های گلوله‌زنـی عمومـاً ۵/۴ تـن در روز اسـت. قطـر گلوله‌هـا نیـز ۱۹ تـا ۲۵ میلیمتـر و وزن هـر گلولـه ۱۹ میلیمتـری حـدود ۱۱ گـرم اسـت. رعایـت یکنواختـی در انـدازه گلوله‌هـای تولیـدی، کنتـرل جریـان مـذاب و حرکـت رفـت و برگشـتی صفحـه تخلیـه از جملـه عواملـی هسـتند کـه در حفـظ بازدهـی تولیـد الیـاف شیشـه و تضمین کیفیـت آن نقـش دارند. گلوله‌هـای تولیـد شـده در پالت‌هـای مخصـوص نگهـداری می‌شـوند و در زمـان مـورد نظـر بـا انتقـال بـه بوشـینگ‌های شـکل‌دهنده الیـاف، دوبـاره ذوب می‌شـوند. بوشـینگ‌ها شـامل صفحاتـی از جنـس فلزاتـی بـا مقاومـت بـه خوردگـی زیـاد، مقاومـت بـه سـایش بـالا و حفـظ اسـتحکام در دمـای زیاد هسـتند. آلیـاژ مناسـب بـرای ایـن بوشـینگ‌ها، آلیاژهـای خانـواده پلاتیـن و عمومـاً آلیـاژ پلاتیـن- رادیـم اسـت.

پـس از ذوب گلوله شیشـه‌ای در سیسـتم بوشـینگ، مـذاب تحت تأثیـر نیروی وزن خـود از سـوراخ‌های ریـز متعـدد تعبیـه شـده در کـف ایـن سیسـتم عبـور کـرده و رشـته‌های پیوسـته‌ای بـه نـام تـار (Filament) تشـکیل می‌دهنـد. ایـن تارهـا یـا رشـته‌های شیشـه‌ای بـه کمـک پاشـش آب یـا بـا هـوا سـرد شـده، پوشـش محافـظ یـا سـایزینگ بـر روی آنهـا کشـیده می‌شـود. ایـن عمـل تـا زمانـی کـه سیسـتم کنترل قطـر بوبیـن دسـتور توقـف ندهـد، ادامه خواهـد یافـت و در نهایـت بوبیـن حـاوی تارهـای جمـع و دسـته شـده کـه کیـک الیـاف نـام دارد، بـر روی پالت‌هـای مخصـوص قـرار گرفتـه و بـرای عملیـات بعـدی و تولیـد محصـولات الیـاف شیشـه بـه انبـار موقـت انتقـال داده می‌شـود.

روش ذوب مستقیم

در ایـن روش، مـذاب شیشـه پـس از عملیـات کف‌گیـری توسـط کانـال هـادی مـذاب مسـتقیماً بـه راهگاه‌هـای منتهـی بـه سیسـتم بوشـینگ انتقـال می‌یابد و پـس از آن، کلیـه مراحـل کشـش تـا تولیـد کیـک الیـاف در فراینـدی مشـابه روش ذوب غیرمسـتقیم دنبـال می‌شـود. بنابرایـن در ایـن روش، فراینـد از ذوب شیشـه تـا تولیـد الیـاف شیشـه بـه طـور پیوسـته ادامـه می‌یابـد و مرحلـه تولید گلوله‌هـای شیشـه‌ای حـذف می‌شـود.

برتری‌ها و کاستی‌های هر روش

مشخص است که تفاوت دو روش مستقیم و غیرمستقیم، تنها در مجزا بودن مرحله ذوب شیشه از مرحله تولید الیاف در روش غیرمستقیم به واسطه تولید گلوله است. در حالی که در شیوه مستقیم، مذاب شیشه مستقیماً به مرحله تولید الیاف شیشه انتقال می‌یابد. در حقیقت فرایند تولید الیاف شیشه به روش گلوله‌زنی، فرایندی ناپیوسته است که امکان تولید گلوله شیشه‌ای و تولید الیاف شیشه از این گلوله را در دو واحد مستقل امکان‌پذیر می‌کند و تولید به شیوه ذوب مستقیم، فرایندی پیوسته و مستمر است.

برتری های نسبی شیوه تولید مبتنی بر ذوب مستقیم به روش غیرمستقیم را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد:

۱- تولید مستمر و افزایش نرخ تولید

۲- کاهش زمان تولید و افزایش سرعت تولید به علت عدم وجود مرحله گلوله‌سازی

۳- برنامه‌ریزی ساده‌تر

۴- کاهش مصرف مواد در جریان ساخت

۵- صرفه‌جویی در مصرف انرژی به علت عدم نیاز به ذوب مجدد گلوله‌ها

۶- کاهش هزینه‌های سربار

۷- کاهش هزینه استفاده از فلزات خانواده پلاتین به میزان ۳ الی ۵ بار

۸- امکان اتوماسیون بیشتر

۹- هزینه نصب و راه‌اندازی کمتر

۱۰- تولید اقتصادی‌تر برای ظرفیت‌های بالاتر از ۵۰۰۰ تن در سال

همچنین برای روش غیرمستقیم نیز می‌توان برتری‌های زیر را نسبت به روش مستقیم برشمرد:

۱- مجزا بودن مراحل ذوب شیشه از تولید الیاف و امکان تولید گلوله در یک زمان و انبار کردن آنها و تولید الیاف شیشه در زمانی دیگر

۲- انعطاف‌پذیری بالا و سهولت در تغییر نوع محصول از الیاف شیشه

۳- امکان فروش گلوله به سایر مجموعه‌ها یا خرید گلوله از آنها

۴- امکان سرمایه‌گذاری و راه‌اندازی واحدهای تولید گلوله و الیاف شیشه به تفکیک

۵- امکان ادامه فعالیت هرکدام از واحدهای گلوله‌سازی و تولید الیاف به هنگام انجام تعمیرات در واحد دیگر

۶- تولید اقتصادی برای ظرفیت‌های کمتر از ۵۰۰۰ تن

با توجه به نکات برشمرده شده، چنانچه حجم سرمایه اولیه محدود و ظرفیت تولید نیز پایین باشد، استفاده از شیوه غیرمستقیم یا تولید الیاف شیشه

با توجه به نکات برشمرده شده، چنانچه حجم سرمایه اولیه محدود و ظرفیت تولید نیز پایین باشد، استفاده از شیوه غیرمستقیم یا تولید الیاف شیشه مبتنی بر تولید گلوله توصیه می‌شود. در حقیقت به تبع پایین بودن میزان تولید، عامل توفیق در بازار، ارائه گستره متنوعی از محصولات مختلف است که می‌بایست بر اساس اتخاذ یک شیوه انعطاف‌پذیر استوار شود و چنانچه حجم سرمایه‌گذاری محدود نباشد و ظرفیت طرح بالا باشد، استفاده از شیوه مستقیم به منظور افزایش بازدهی و سرعت تولید توصیه می‌شود.

زیرفرایندهای تولید الیاف شیشه

زیرفرایندهای تولید الیاف شیشه به ترتیب زیر تحقق می‌یابند:

آماده‌سازی و اختلاط مواد اولیه

تمام مواد اولیه اصلی صنعت الیاف شیشه (به جز سولفات سدیم که به صورت کیسه‌ای عرضه می‌شود) به صورت فله‌ای با دانه‌بندی موردنظر خریداری شده و به کمک بونکر عاری از رطوبت و آلودگی و به صورت سرپوشیده به محل کارخانه حمل خواهند شد. پس از حمل مواد و انتقال به کارخانه، بونکرها محموله‌های خود را در قیف مخصوص بارگیری تخلیه کرده و مواد به کمک پمپ باد توسط سیستم لوله کشی به سیلوها منتقل خواهند شد. پس از آن مواد اولیه توزین و به سمت بالابر مخلوط‌کن‌ها هدایت می‌شوند و درون مخلوط‌کن‌ها ریخته می‌شوند.

در واحدهای تولیدی الیاف شیشه، مخلوط‌کن‌ها به سه شیوه متفاوت مستقر می‌شوند:

۱- مخلوط‌کن در واحد آماده‌سازی مستقر می‌شود و با استفاده از سیستم‌های انتقال، مواد مخلوط شده به سیلوهای ذخیره خوراک‌دهی پای کوره انتقال می‌یابند.

۲- مخلوط‌کن در واحد آماده‌سازی مستقر می‌شود و مواد مخلوط با استفاده از پالت به کوره‌های مذاب منتقل می‌شوند.

۳- مخلوط‌کن در محل قرارگیری کوره مستقر می‌شود.

ذوب شیشه

از آنجایی که کیفیت نهایی الیاف شیشه تولیدی، مستقیماً به کیفیت مواد اولیه ورودی و فرایند ذوب آنها بستگی دارد، حصول اطمینان از ثابت بودن کیفیت مواد اولیه، ثابت بودن نرخ خروجی کوره و تنظیم بودن عوامل مختلف کوره نظیر دما، فشار و ترکیب گازهای خروجی بسیار حایز اهمیت است. به طور کلی، کوره‌های ذوب شیشه برای تولید الیاف شیشه، تفاوت قابل ملاحظه‌ای با دیگر انواع کوره‌های موردنیاز برای تولید سایر اشیای شیشه‌ای ندارند و اصلی‌ترین تفاوت آنها در بالتر بودن دمای ذوب در این واحدها است. در این کوره‌ها پس از ورود مخلوط مواد اولیه با درصد ترکیب مشخص و توزین شده، خروجی مذاب از طریق مجراهای خاصی به سیستم بوشینگ تولید الیاف شیشه منتقل می‌شوند. کوره‌های متداول برای تولید الیاف شیشه پنج نوع کلی زیر را شامل می‌شوند:

۱- کوره‌های احیایی (Regenerative)

۲- کوره‌های الکتریکی

۳- کوره‌های با شعله مستقیم (Direct Fired)

۴- کوره های بهبود دهنده (Recuperative)

۵- کوره های ترکیبی

واحدهای ذوب شیشه شامل قسمت‌هایی همچون بخش تغذیه، منطقه ذوب، بخش تولید حباب، سیستم کف‌گیر، مجراهای هادی مذاب، مجرای خروجی دود و بهبوددهنده هستند. فضای موردنیاز برای ذوب، حدود ۱/۵ مترمربع به ازای هر تن مذاب شیشه است. عمق مذاب نیز از ۵۰۰ تا ۱۲۰۰ میلی‌متر با توجه به نوع فناوری به کار رفته تغییر می‌کند. اگر عمق مذاب زیاد باشد، اختلاف دمای بین لایه‌های فوقانی و تحتانی سبب می‌شود تا بلورهای شیشه در مذاب تشکیل شود و اگر این عمق خیلی کم باشد، به علت میزان حرارت زیاد تولید شده، نرخ خوردگی آجرهای دیرگداز افزایش خواهد یافت که باعث کاهش عمر کوره می‌شود.

کشش الیاف

شیشه‌های مذاب تولید شده در واحد ذوب، جهت کشش الیاف از طریق راهگاه‌های مذاب به سیستم بوشینگ منتقل می‌شوند. عمل تولید و کشش الیاف، در سیستم بوشینگ تعبیه شده در راهگاه‌های فرعی منشعب از مجرای هادی مذاب صورت می‌پذیرد. در این سیستم، در ابتدا مذاب وارد بوش اصلی شده، پس از عبور از روزنه‌های ریزی به نام «اوریفیس»، الیاف پیوسته و نازک تولید می‌شود. اوریفیس‌های مورداستفاده از جنس آلیاژهای خانواده پلاتینند که برای گرم کردن آنها، از المنت‌های الکتریکی استفاده می‌شود. تعداد اوریفیس‌ها مضربی از عدد ۲۰۰ بوده، این سیستم‌ها در حالت کلی حاوی ۲۰۰ تا ۴۸۰۰ اوریفیس هستند و حتی تا ۶۰۰۰ عدد هم وجود دارد.

گرانروی شیشه مذابی که وارد سیستم بوشینگ می‌شود باید بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ پواز باشد. در گرانروی‌های پایین، شیشه سیالیت بسیار دارد و هنگام عبور از نازل‌های اوریفیس به صورت قطره خارج می‌شود. اگر گرانروی مذاب بالا نیز باشد به علت سیالیت کم، عملیات کشش به سختی انجام می‌گیرد. وظیفه اصلی بوشینگ، تامین شرایط یکسان دمایی و سیالیت برای تعداد زیاد نازل‌های موجود است تا قطر الیاف کشیده شده خروجی یکسان باشد.

برای تهیه بوشینگ‌ها در تولید الیاف شیشه، از آلیاژهای پلاتین- رودیم با درصد ۸۰-۲۰ و یا ۹۰-۱۰ استفاده می‌شود. محدودیت‌هایی همانند عدم حلالیت فلزی در مذاب شیشه، مقاومت به اکسیداسیون آلیاژ در دمای عملیاتی بوشینگ، مقاومت به خزش در دمای عملیاتی و زاویه تماس فلز با شیشه، باعث می‌شود تا استفاده از خانواده‌های پلاتین راهکار مناسبی باشد.

پس از خروج الیاف شیشه از نازل‌های سیستم بوشینگ، بر روی آنها آب پاشیده می‌شود. الیاف شیشه مرطوب قابلیت بتری برای جذب ماده پوششی که در مرحله بعد روی آن اعمال می‌شود دارند و فرایند پیچش به دور بوبین نیز تسهیل می‌شود. در این بخش از آب معمولی استفاده می‌شود؛ با این وجود با توجه به کیفیت و نوع محصول موردنظر از آبهای عاری از یون نیز استفاده می‌شود.

سایزینگ یا اعمال پوششی رزینی

تارهای شیشه در حالی که با آب پوشانده شده‌اند، به محض خروج از بوشینگ با سرعت بالا، بلافاصله وارد مرحله سایزینگ می‌شوند. لایه نازک روکش الیاف، وقتی رشته‌های الیاف در فرایند تولید به دور راهنماها و سایر قطعات القاءکننده تنش پیچانده می‌شوند، از آنها محافظت می‌کند. این پوشش باید الیافی مناسب برای مرحله عملیات تکمیلی و یا تولید محصولات کامپوزیتی پدید آورد، به ویژه اگر قرار باشد این الیاف برای تولید پارچه‌های بافته شده استفاده شوند.

فرایند سایزینگ یکی از مراحل اصلی و حساس تولید الیاف شیشه است. در حقیقت این مرحله، مهم‌ترین مرحله در تعیین خصوصیات عملکردی و مکانیکی الیاف در هر دو حوزه تولید مواد اولیه و ساخت سازه کامپوزیتی است. به عبارت دیگر، این مرحله نه تنها در فرایند تولید اهمیت ویژه‌ای دارد، بلکه نقش بسیار مهمی را در تعیین ویژگی‌های مکانیکی الیاف ایفا می‌کند. الیاف شیشه تولیدی و حاصل از کوره مذاب بسیار ساینده و مستعد به خوردگی است و می‌بایست از مجاورت با سایر الیاف حاضر در همسایگی خود محافظت شود و بدون اعمال سایزینگ چیزی به جز توده جریان مذاب در دست نخواهد بود.

سایزینگ الیاف شیشه تنها متکی به یک ترکیب شیمیایی نیست، بلکه ترکیبی از چندین جز پیچیده شیمیایی است که هر کدام از آنها نقش خاصی در ویژگی‌های نهایی الیاف دارند.

دو جزء اصلی تشکیل‌دهنده ترکیب سایزینگ، شکل‌دهنده لایه (Film Former) و عامل اتصال (Coupling Agent) هستند.

جمع کردن الیاف

برای دسته کردن تارهای پوشش داده شده، از کفشک‌های گرافیتی خاصی استفاده می‌شود. این کفشک‌ها به طور مستمر با سرعت ۲۰ الی ۵۰ دور در دقیقه کار کرده، از جریان شدید آب برای تمیزکاری سطح استفاده می‌کنند و در نهایت دسته الیاف را که مجموعه به هم تابیده شده‌ای از تارهاست را در اختیار قرار می‌دهند.

تولید محصول نهایی از الیاف شیشه

الیاف شیشه پس از عبور از مرحله کشش، دسته‌بندی، جمع شدن و پیچش بر روی دوک‌ها به محصولاتی تبدیل می‌شوند که قابل عرضه به بازار باشند. محصولات حاصل از الیاف شیشه تولیدی اولیه شامل روونینگ، الیاف تابیده، الیاف سوزنی، انواع مت، انواع پارچه و بافته هستند. برای تولید پارچه، روونینگ به واحد بافت منتقل شده و در آنجا با استفاده از ماشین‌آلات مخصوص این امر، پارچه موردنظر برای مصارف خاص صنعتی تولید می‌شود.

در شماره بعد ادامه مطالب در مورد الیاف شیشه و کاربرد در تجهیزات ورزشی می‌خوانیم