الیاف

نفوذ و تاثیر پروسس کشش با عملکرد پارگی بر روی فیلم PTFE برای ایجاد این نوع الیاف

میترا راکیان

لیف PTFE (پلی تترا فلوئورواتیلن) یک لیف ضد (پوسیدگی، فرسایش و خوردگی) با عملکرد بالا است که برای تولید این الیاف (PTFE) تکنولوژی‌های مرسوم و رایج ریسندگی تر و ذوب ریسی بسیار مشکل قابل استفاده هستند.

این مقاله تکنولوژی ساخت تولید الیاف PTFE با استقامت بالا و یکنواختی خوب آنها را شرح می‌دهد. این تکنولوژی ترکیبی است از یک پروسس کشش سه بعدی برای ساخت فیلم‌های PTFE و یک پروسس پارگی فیلم (فیلم پارگی) جهت ساخت و ایجاد الیاف PTFE.

یکی از کاربردهای این الیاف به میزان وسیعی به منظور حفاظت از محیط زیست بکار می‌رود. این مقاله همچنین تاثیر پروسس کشش را بر روی خصو صیات لیف PTFE مورد مطالعه و بررسی قرار می‌دهد.

اولین مرحله تولید این نوع از الیاف ایجاد و ساخت باندی از PTFE است که این باند توسط پارگی فیلم کشیده شده سه بعدی بوجود می‌آید. این باند تحت عملیات تنشن مناسب و نیز زمان گرم شدن و حرارت مختلف قرار می‌گیرد سپس فیلامنت‌های PTFE از طریق تابیدن و کشش، استرچ نمودن حرارتی و ستینگ حرارتی شکل می‌گیرند.

سطح فیلم و لیف PTFE توسط اسکن الکترونی میکروسکوپی (SEM) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته شده است. خصوصیات مکانیکی توسط یک تستر استحکام سنج تک فیلامنت مورد آزمون قرار می‌گیرند. آنالیز و تجزیه و تحلیل نشان می‌دهد که پروسس کشش سه بعدی، یکنواختی ضخامت فیلم‌های PTFE را افزایش می‌دهد و تکنولوژی استرچ نمودن حرارتی تاثیر بسیار زیاد و بسزایی بر روی استحکام و بریدگی الیاف PTFE دارد.

برای آنکه بتوان خصوصیات مکانیکی معقول، منطقی و متناسبی را تضمین کرد نیاز است برای تحقق آن نسبت‌های کشش بین ۲۰و۵۰ و درجه حرارت بین ۱۵۰و۳۰۰ کنترل شوند.

الیاف PTFE فوایدی از قبیل استحکام در درجه حرارت‌های بالا و پایین، مقاومت عالی در برابر پوسیدگی یا فرسودگی، ضریب اصطحکاک کم، عایق الکتریکی، بدون چسبندگی، مقاومت خوب در برابر هوا، کندکننده اشتعال‌پذیری عالی (شاخص محدودکننده اکسیژن یا LOI ۹۵٪)و بالاخره عملکرد خوب خود چرب یا خود روان‌کنندگی دارد. با این فواید الیاف PTFE بطور وسیع در بسیاری از صنایع از جمله حفاظت از محیط زیست، فیلتراسیون، ساخت و ساز و معماری، تولید صنعتی، پزشکی و صنایع هوایی و فضایی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

محلول ریسندگی معمول و رایج نمی‌تواند برای تولید نمودن الیاف PTFE بکار رود زیرا PTFE در هر محلولی تحت نقطه ذوب ۳۲۷ درجه غیر قابل حل است.

از طرف دیگر الیاف PTFE قادر نیستند توسط روش‌های ذوب ریسندگی تولید شوند زیرا PTFE می‌تواند تحت نقطه ذوب بالا بواسطه ترکیب خطی خود در زنجیر ماکرومولکولی‌اش، سختی و ویسکوزیته بالا و حرکت ذره‌ای ضعیف تنها بصورت یک ماده ژلاتین شکل گیرد. در حال حاضر تنها تعداد معدودی از کمپانی‌ها در جهان تکنولوژی تولید الیاف PTFE را دارند.

روش‌های تولید اصلی شامل کریر ریسندگی الیاف، خمیر اکستروژن و برش فیلم هستند. در برخی موسسات تحقیقاتی و کمپانی‌ها در چین بطور موفقیت‌آمیزی حجم کوچکی از الیاف PTFE را توسط روش ریسندگی امولسیونی تولید کرده‌اند اما این روش‌ها مسائلی چون جریان مختلط پروسس، ناخالصی‌ها، آلودگی‌ها، هزینه‌های بالا، استحکام پایین لیف، ضخامت متفاوت متغیر دارند و کنترل طول لیف مشکل است. بنابراین صنعتی شدن الیاف PTFE با چالش‌های بسیاری روبروست. حل کردن این مشکلات، زیر نظر موسسه و دپارتمان تحقیقاتی لجستیکی عمومی (QERI) PLA و شرکت با مسئولیت محدود مواد فلورین (Jinyou) شانگهای در جهت گسترش چند مسیرکشش، عرض متغیر و سرعت غیرثابت کنترل شده توسط گرادیان درجه حرارت با یکدیگر کار می‌کنند. این تکنولوژی‌ها استحکام و یکنواختی چگالی خطی الیاف PTFE را گسترش می‌دهند. تاثیر پروسس کشش روی عملکرد الیاف PTFE در زیر شرح داده شده است.

آزمایش

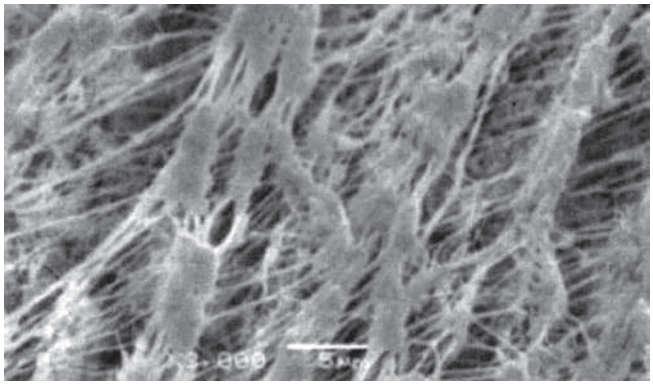
مواد و تجهیزات آزمایشی شامل: رزین PTFE (ساخته شده در چین)، ماشین پارگی فیلم فیلامنت PTFE، کوره لوله‌ای با درجه حرارت بالا CVD(G)-06/60/3، Perkin Elmer DSC7 (DSC) اسکن کننده افتراقی کالریمتر, S-10A SEM سنج مونو فیلامنت الکترونیکی، یک ترمو تانک با ماشین کشش، استحکام یک تستر YG061F یونی کوچک Sputtering و دستگاه KYKY SBC- 12 و JSM-6360LV SEM.

ساخت فیلم PTFE توسط کشش سه بعدی

رزین های PTFE مخلوط شده و سپس در یک ماشین خالی قرار داده می‌شود تا یک طرح استوانه‌ای شکل بخود گیرند. این شکل یا طرح توسط اکستروژن، فشردن، عملیات بر روی سطح، پیچاندن rolling و خشک کردن برای ایجاد باند پایه PTFE مورد استفاده قرار می‌گیرد. سپس در یک واحد تغذیه‌کننده سیستم کششی سه بعدی قرار داده می‌شود. باند ایجاد شده وارد یک واحد کشش چند مسیره عمودی تحت یک سرعت معین می‌شود و بدین طریق فیلم پایه PTFE شکل می‌گیرد. فیلم پایه PTFE وارد یک واحد کششی شده بالا و پایین رفته که در آن یک غلتک تعبیه شده است و در زمان کشش محکم به سطح غلتک می‌چسبد و بعد از کشش دادن در جهت بالا و پایین، فیلم پایه توسط عملیات استرچ کردن عرضی(جانبی)، انبساط دادن و عملیات حرارتی، فیلم نهایی PTFE را تشکیل می‌دهد.

ساختن الیاف PTFE

فیلم کامل شده نهایی توسط یک کاتر جداکننده بصورت نوارهایی بریده می‌شوند. نوارها سپس درون یک ماشین استرچ‌کننده حرارتی به صورت الیاف PTFE کشیده می‌شوند.



شکل۱: فیلم PTFE ساخته شده توسط روش کشش دو محور رایج و مرسوم

آزمون‌ها و اجزاء

نمایشگر میکروسکوپی الکترونی

فیلم PTFE توسط نوارهای هدایت شده روی میز نمونه، فیکس می‌شوند. بعد از روکش شدن، فیلم PTFE بوسیله SEM مشاهده می‌گردد.

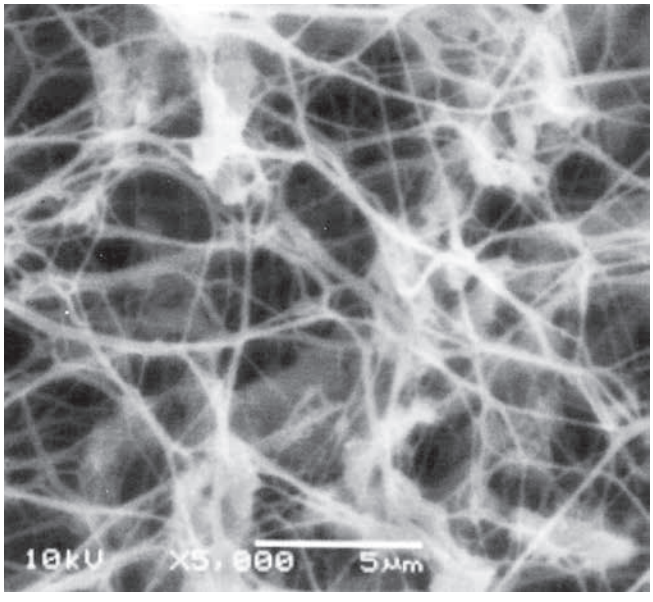
آزمون عملیات مکانیکی

بعد از کشش دادن، فیلامنت PTFE روی یک تستر استحکام سنج مونوفیلامنت به منظور آزمون استحکام و ازدیاد طول تا حد پارگی توسط گیره‌ها که به فاصله ۲۵۰ میلیمتر از یکدیگر هستند و سرعت کشش در این میان ۲۵۰ میلیمتر/دقیقه قرار داده می‌شود. زمان هر آزمون برای هر نمونه ۱۰دقیقه است.

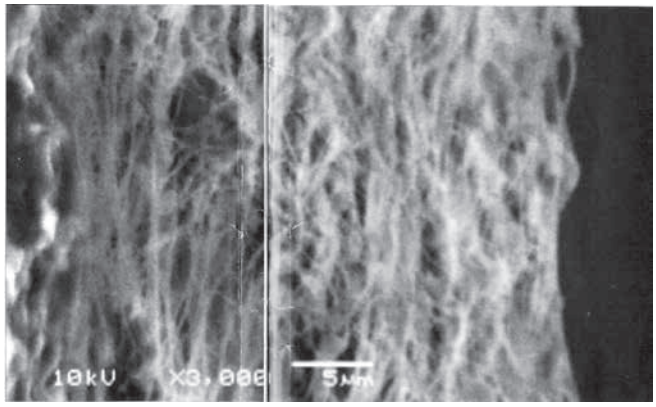
نتایج و بحث

اثر کشش سه بعدی بر روی یکنواختی فیلم PTFE

فیلم کم خلل و فرج (کم منفذ) برای روش فیلم پارگی الیاف PTFE حیاتی



شکل ۲. تصویر SEM سطح فیلم PTFE را بعد ازکشش سه بعدی نشان می‌دهد.



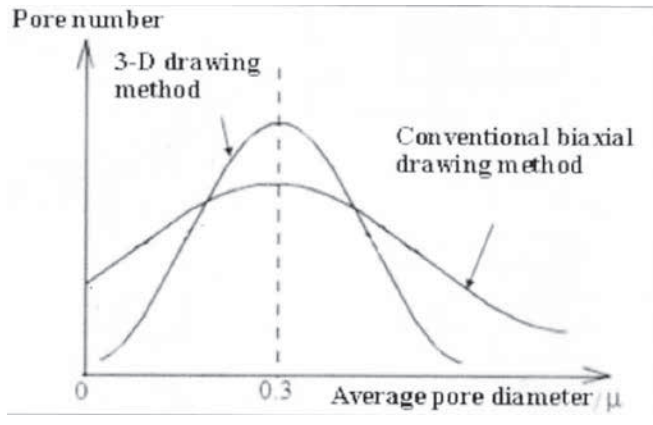
شکل ۳. تصویر مقطع جانبی فیلم PTFE را بعد از کشش سه بعدی نشان می‌دهد.

است. یکنواختی فیلم کم متخلخل و قابلیت کنترل سایز یا اندازه تخلخل فاکتورهای کلیدی هستند که بر روی استحکام و یکنواختی ضخامت الیاف PTFE تاثیر گذارند.

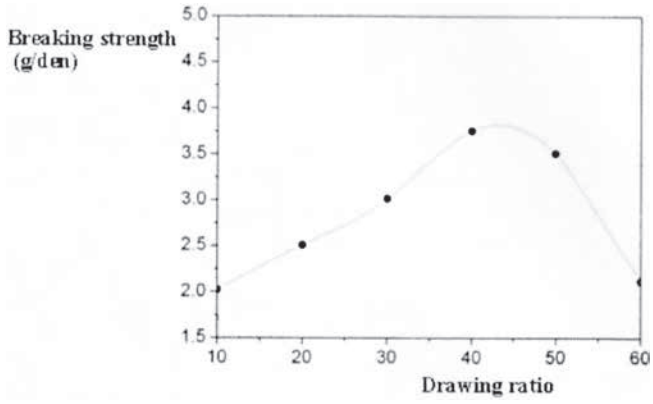
دروش ساخت رایج و مرسوم، هر دو تکنولوژی کشش (عرضی و طولی) برای ساخت فیلم‌های PTFE انتخاب می‌گردند. در کشش عرضی نیروی کشش زمانی‌که از هر دو طرف به وسط فیلم PTFE عبور می‌کند یکنواخت نیست. که سبب نایکنواختی ضخامت فیلم‌ها و الیاف PTFE می‌گردد. (شکل ۱)

در قیاس با روش کشش در دو جهت مرسوم، در تکنولوژی کشش سه بعدی یک مرحله بیشتر وجود دارد. در این مرحله فیلم پایه PTFE نزدیک و توسط یک غلتک بالا و پایین کشیده می‌شود. این غلتک نیروی بالا و پایین را در وسط فیلم پایه PTFE بکار می‌برد، بدین ترتیب فیلم پایه را در وسط نسبتاً نازک و در دو طرف ضخیم ایجاد می‌کند. این عمل نایکنواختی کشش جانبی (عرضی) را جبران می‌نماید. بعد از بالا و پایین رفتن کشش، کشش جانبی فیلم PTFE تنها نیاز به گرادیان ساده درجه حرارت در ماشین کشش دارد. بنابراین کشش سه بعدی نه تنها عملکرد و یکنواختی ضخامت فیلم‌های PTFE را افزایش می‌دهد، بلکه بشکل وسیعی فرآیند عملیاتی کشش و انبساط جانبی را ساده می‌سازد و انرژی را ذخیره می‌کند.

شکل ۲ نشان می‌دهدکه بیشتر گره‌ها در فیلم PTFE کشیده می‌شوند و



شکل ٤: دیاگرام شماتیک توزیع اندازه منفذ فیلم PTFE



شکل ۵

نتیجه الیاف شدن خوب است. گره‌های بین مونوفیلامنت‌ها کوچک هستند و فاصله کشش جانبی می‌تواند به ۲/۵ متر برسد.

آزمایش نشان می‌دهدکه ضخامت فیلم PTFE ساخته شده توسط فرآیند کشش سه بعدی نسبتاً یکنواخت است. ضخامت فیلم می‌تواند بین ۱۰ تا ۵۰ متر تغییر کند. توزیع منافذ یا سوراخ‌ها نیز یکنواخت است. اندازه‌های سوراخ می‌تواند بین ۰/۰۸ تا ۵ متر برسد و توزیع اندازه منفذ یا سوراخ باریک است. (شکل ۴)

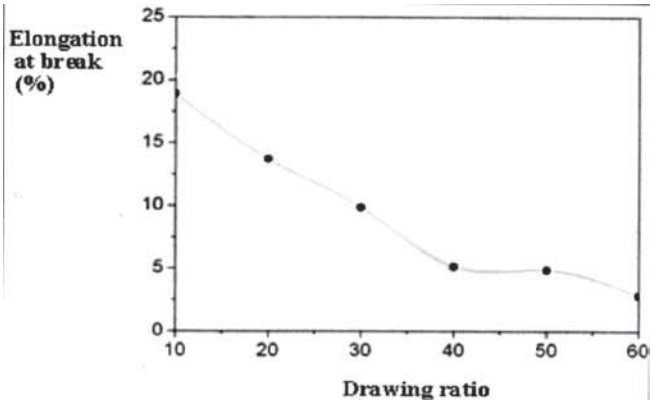
اثر فرآیند کشش بر روی خصوصیات مکانیکی الیاف PTFE

درجه حرارت و نسبت کشش تاثیر زیادی بر روی کیفیت الیاف PTFE خصوصاً بر روی خصوصیات مکانیکی آنها دارند. اشکال ۵ تا ۸ اثر درجه حرارت عملیات حرارتی و نسبت کشش را بر روی خصوصیات مکانیکی الیاف PTFE نشان می‌دهند.

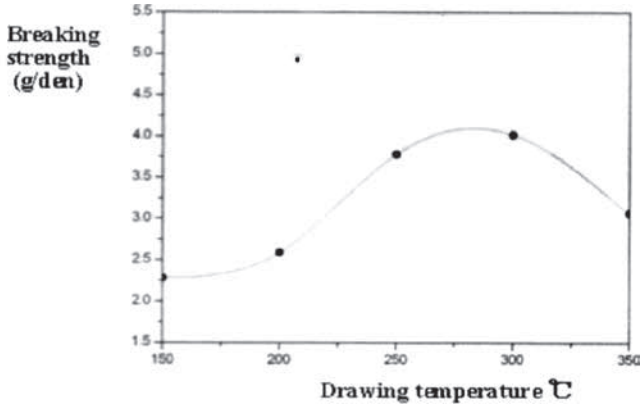
اثر نسبت کشش

زمانی‌که نسبت کشش تحت یک درجه حرارت فیکس شده و ثابت تغییر کرد این اثر مورد آزمون قرار می‌گیرد.

شکل ۵ رابطه بین استحکام تا حد پارگی و نسبت کشش فیلم پارگی لیف PTFE را نشان می‌دهد. در آغاز استحکام تا حد پارگی فیلم پاره شده برای



شکل ٦



شکل ۷ : رابطه بین استحکام و درجه حرارت لیف PTFE را نشان می‌دهد.

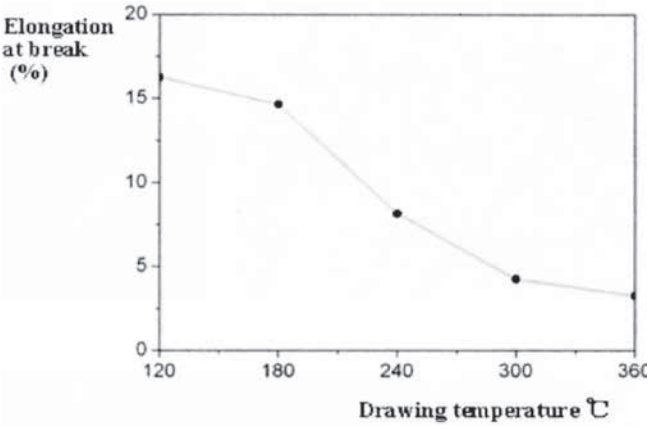
ایجاد لیفPTFE در حال افزایش است، در حالی‌که نسبت کشش نیز رو به فزونی است. وقتی که نسبت کشش به ۴۰ تا ۴۵ می‌رسد استحکام در حد پارگی به بالاترین نقطه خود می‌رسد. از آن به بعد استحکام تا حد پارگی کاهش می‌یابد در حالی‌که نسبت کشش رو به فزونی است.

شکل ۶ رابطه بین ازدیاد طول تا حد پارگی و نسبت کشش فیلم پارگی لیف PTFE را نشان می‌دهد. ازدیاد طول تا حد پارگی در حال کاهش است در حالی‌که نسبت کشش رو به فزونی است بنابراین نسبت کشش نمی‌تواند خیلی پایین باشد.آزمایش و تجربه نشان می‌دهد نسبت کشش می‌بایست بین ۲۰ و۵۰ تحت کنترل باشد تا استحکام فیلم پارگی لیف PTFE تضمین شود.

اثرات درجه حرارت کشش

این اثرات زمانی مورد آزمون قرار می‌گیرد که درجه حرارت کشش تحت یک نسبت کشش فیکس شده تغییر کرده باشد.

وقتی‌که درجه حرارت کشش کمتر از ۲۰۰ است، تغییر درجه حرارت کشش تاثیر کمی روی استحکام لیف دارد. وقتی‌که درجه حرارت کشش بالای ۲۰۰ است، استحکام تا حد پارگی در حال افزایش است در حالی‌که درجه حرارت رو به رشد است. استحکام تا حد پارگی به بالاترین نقطه خود می‌رسد وقتیکه



شکل ۸

درجه حرارت بین ۲۷۰ تا ۲۸۰ باشد. از آن ببعد استحکام تاحد پارگی در حال کاهش است وقتی که درجه حرارت در حال افزایش است.

شکل ۸ رابطه بین ازدیاد طول تا حد پارگی و درجه حرارت کشش فیلم پارگی الیاف PTFE را نشان می‌دهد. ازدیاد طول تا حد پارگی در حال کاهش است درحالی‌که درجه حرارت رو به رشد است. زمانی‌که درجه حرارت کمتر از ۱۸۰ است کاهش ازدیاد طول تا حد پارگی کم است. وقتی‌که درجه حرارت بین ۱۸۰ و ۳۰۰ درجه سانتیگراد باشد،کاهش (ازدیاد طول تا حد پارگی) نسبتاً سریع است.

کاهش تقریباً متوقف می‌شود وقتیکه درجه حرارت بالاتر از ۳۰۰ است.

از خصوصیات لیف PTFE اینست که تنها می‌تواند تحت درجه حرارت‌های معین در فرآیند تولیدکشیده شود. مطابق با خصوصیات مختلف محصول، نسبت کشش تحت ۲۰ تا ۵۰ و درجه حرارت تحت ۱۵۰ تا ۳۰۰ درجه کنترل می‌شود. این موقعیت‌ها نه تنها درجه کریستالیزه بالا را تضمین می‌سازد بطوری‌که استحکام کششی الیاف PTFE را افزایش می‌دهد بلکه ازدیاد طول تا حد پارگی را به منظور افزایش دادن استحکام ابعادی الیاف کاهش می‌دهد.

نتیجه گیری

۱- کیفیت فیلم PTFE برای ساختن فیلم پارگی الیاف PTFE حیاتی است. یکنواختی فیلم کم منفذ و قابلیت کنترل سایز و اندازه‌ای منافذ کم فاکتورهای کلیدی هستند که بر روی استحکام و یکنواختی ضخامت الیاف PTFE تاثیر می‌گذارند. تکنولوژی کشش سه بعدی یکنواختی فیلم PTFE را افزایش می‌دهد.

۲- نسبت کشش به استحکام تا حد پارگی و ازدیاد طول تا حد پارگی بسیار مربوط است و رابطه تنگاتنگ دارد. وقتی‌که نسبت کشش خیلی کم باشد، طول الیاف میکرو در فیلم PTFE نسبتاً کم است، درجه آرایش یافتگی لیف میکرو پایین است، استحکام لیف میکرو پایین است و ازدیاد طول تا حد پارگی زیاد می‌باشد.

زمانی‌که نسبت کشش بزرگ است درجه آرایش یافتگی الیاف میکروبالا است. اما الیاف میکرو نسبتاً بزرگ مستعد داشتن راه‌حلی برای آرایش یافتگی هستند برای اینکه استحکام کشش و ازدیاد طول تا حد پارگی پایین‌تری داشته باشند. بنابراین یک نسبت کشش منطقی و معقول برای داشتن استحکام بالای فیلم پارگی الیاف PTFE با ازدیاد طول تا حد پارگی پایین حیاتی است. بنابر نیازمندی‌ها جهت داشتن این مشخصات، نسبت کشش بین ۲۰ تا۵۰ و درجه حرارت ۱۵۰ تا ۳۰۰ کنترل شده است. این شرایط نه تنها درجه کریستا لیزه شدن بالا را تضمین می‌سازد و بشکل وسیعی استحکام کششی الیاف PTFE را افزایش می‌دهد بلکه ازدیاد طول را کاهش می‌دهد و سبب افزایش استحکام ابعادی برای عملیات بیشتر می‌شود.

منابع

www.fiberjournal.com