

کاربرد طیف‌نمایی رامان لیزری در مطالعه و شناسایی الیاف نساجی

Application of Laser Raman Spectroscopy in the Study and Identification of Textile Fibers

امان... امین‌زاده

دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده شیمی

دریافت: ۱۳۸۱/۱۰/۱۱، پذیرش: ۱۳۸۴/۴/۲۴

چکیده

در این مقاله بخشی از کاربردهای وسیع طیف‌نمایی رامان لیزری و ریزکائنده رامان در صنایع نساجی بررسی می‌شود. کاربردهایی چون شناسایی الیاف و ساختار بلوری آنها و همچنین تشخیص ناخالصیهای جزئی، که در تهیه الیاف از اهمیت خاصی برخوردارند، محورهای اصلی بحث را تشکیل می‌دهند. در ضمن، نشان داده می‌شود که رامان فنی قوی و گاهی منحصر به فرد در حل این مسائل است.

واژه‌های کلیدی: طیف‌نمایی رامان، الیاف، ریزکائنده رامان، ساختار مولکولی، پلی‌اتیلن ترفتالات

Key Words: raman spectroscopy, fibers, raman microprobe, molecular structure, poly(ethylen terephthalate)

مقدمه

در مهندسی نساجی، موضوع الیاف مصنوعی و کاربردهای بسیار آن امروزه از اهمیت زیادی برخوردار است. الیاف مزبور نه تنها از نقطه نظر مصارف عادی از جمله پارچه و پوشاک، بلکه از دیدگاه کاربردهای صنعتی مانند تهیه کامپوزیتها اهمیت خاصی دارند.

در تهیه الیاف مصنوعی پارامترهای ویژه‌ای از جمله درجه خلوص پلیمر مصرفی، ساختار مولکولی توده الیاف، ساختار ریزالیاف (microfibers) و آرایش فضایی آنها در ساختار بلوری مؤثرند که هر یک بسته به نوع کاربرد از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند [۱]. با شناخت پارامترهای یادشده علاوه بر تشخیص خواص یک لیف، کنترل شرایط تولید از قبیل اصلاح مواد اولیه، تغییر سرعت کشش و شرایط تنش‌زدایی ممکن می‌شود.

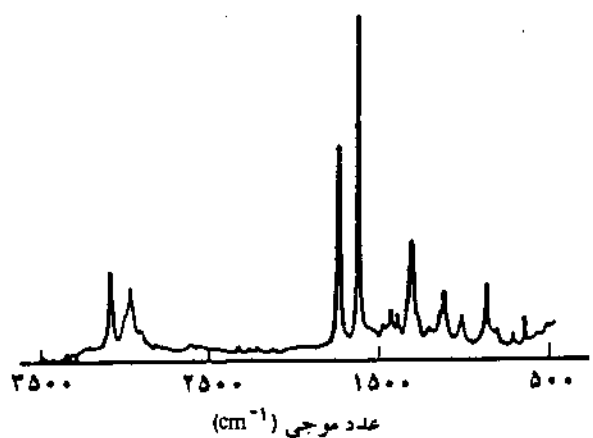
برای انجام این بررسیها از فنون مختلف از جمله IR استفاده شده است [۲] ولی یکی از مشکلات موجود در فن IR تهیه نمونه مورد نیاز است. بدین معنا که در تهیه نمونه علاوه بر اینکه الیاف از حالت

طبیعی خود خارج می‌شوند، زمان قابل توجهی نیز صرف تهیه نمونه (قرص، فیلم یا حل کردن در حلال مناسب) می‌شود.

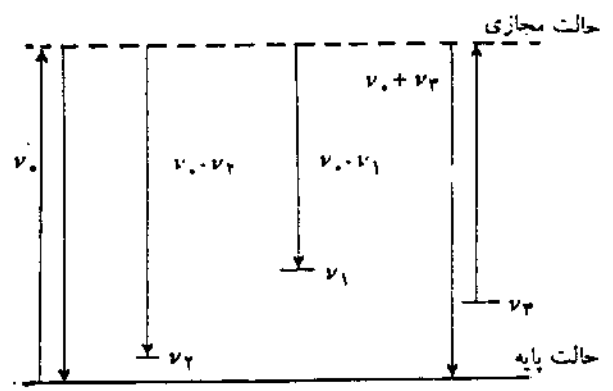
از سایر فنون مورد استفاده در مطالعه الیاف می‌توان از پراش پرتو X (XRD) نام برد، اما این روش نیز بجز مطالعه ساختارهای بلوری الیاف در زمینه‌های دیگر چندان کاربردی ندارد.

در سالهای اخیر، روش طیف‌نمایی رامان در زمینه مواد پلیمری کاربردهای زیاد و در مواردی منحصر به فرد داشته است [۳]. برتری روش رامان در این است که به وسیله آن می‌توان انواع پارامترهای یادشده را در الیاف مختلف و بدون نیاز به تهیه نمونه‌های مخصوص آزمایش و بررسی کرد. از سوی دیگر، ریزکائنده رامان این امکان را فراهم می‌سازد که تک تک الیاف را مورد سنجش قرار داده و وجود ناخالصیهای بسیار جزئی را، که گاهی موجب بروز مشکلات زیادی می‌شود، تشخیص داد [۴].

مطالعات حاصل از به کارگیری روش رامان در بررسی اثر میزان کشش در فرایند تولید نشان می‌دهد که روش یادشده در این گونه



عدد موجی (cm⁻¹)



شکل ۱- نمودار ترازهای انرژی مولکولی در پراکندگی رامان.

مطالعات بی نظیر است [۵، ۶].

شکل ۲- طیف رامان پلی اتیلن ترفتالات (پلی استر) در ناحیه ۵۰۰-۳۵۰۰ cm⁻¹.

بحث

اساس نظری

اساس پدیده رامان پراکنده شدن نور است که طی آن فرکانس تابش در اثر برهم کنش با مولکولهای نمونه تغییر می یابد و بدین ترتیب، طیف رامان تشکیل می شود [۷، ۸]. نظریه فوق را می توان به زبان ساده با رسم نمودار انرژی مطابق شکل ۱ بیان کرد. نور لیزر با انرژی ν_0 و فرکانس ν_0 به مولکولی که دارای ارتعاشات $\nu_1, \nu_2, \dots, \nu_p$ است برخورد می کند و بیشتر آن بدون تغییر فرکانس خارج می شود (بخش راپلی). بخش کوچکی از انرژی فوتون لیزری از طریق برهم کنش آن با مولکولهای ماده تغییر می یابد و به صورت $\nu_0 \pm \nu_1, \nu_0 \pm \nu_2, \nu_0 \pm \nu_p$ یا $\nu_0 \pm \nu_p$ و غیره زیر عنوان پراکندگی رامان با فرکانس جدید ظاهر می شود. همان گونه که از شکل ۱ پیداست، بسته به نوع برهم کنش طیف رامان شامل فرکانسهای بالاتر به نام استوکس (Stokes) و پایینتر به نام آنتی استوکس (anti-Stokes) است. طیف رامان حاصل براساس فرکانسهای ارتعاشی تعبیر و تفسیر می شود و اطلاعات مربوط به شناسایی و ساختار مولکولی بدست می آید.

تحلیل می شود.

کاربردهای مختلف رامان در الیاف مصنوعی

تشخیص الیاف

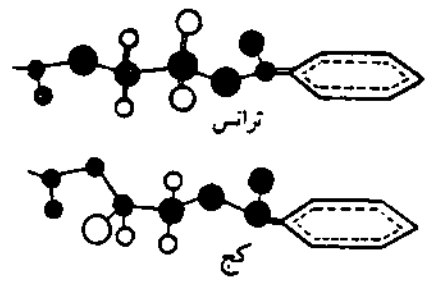
پلی اتیلن ترفتالات که با نامهای تجاری پلی استر، تریلن و داکرون مشهور است یکی از الیاف مصنوعی مهم است که به میزان زیاد و در انواع مختلف تولید می شود. این الیاف با وجود ساختار کمپلکس خود طیف رامان بسیار ساده ای دارند. شکل ۲ طیف رامان پلی استر را در ناحیه ۵۰۰-۳۵۰۰ cm⁻¹ نشان می دهد. وجود نوارهای قوی و شاخص، شناسایی این الیاف را با توجه به طیفهای مرجع بسیار ساده می کند. در مورد سایر الیاف نیز به همین روش می توان با ثبت طیف رامان، نوع آنها را به آسانی تشخیص داد.

بررسی اثر شرایط فرآوردش تولید بر نوع الیاف

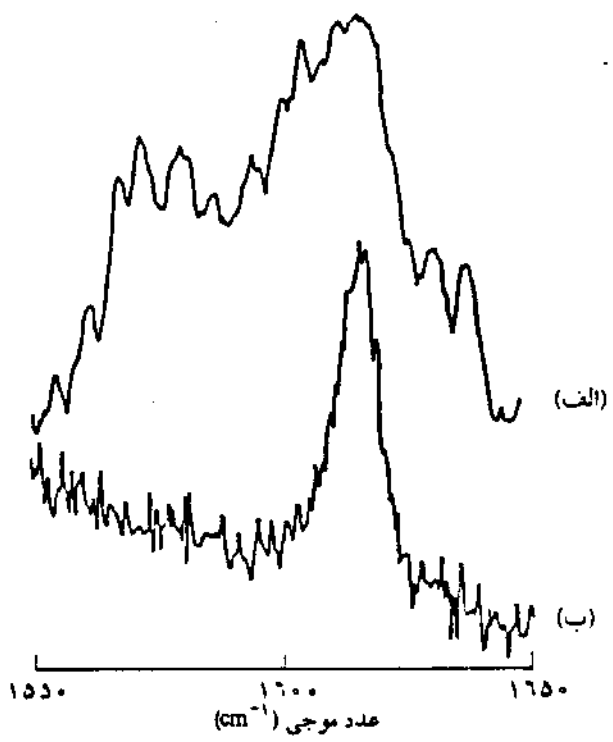
شرایط تولید الیاف مانند سرعت کنش و دمای تنش زدایی اثر زیادی بر ساختار مولکولی و در نتیجه خواص الیاف حاصل دارد. شکل ۳ ساختار

اساس عملی

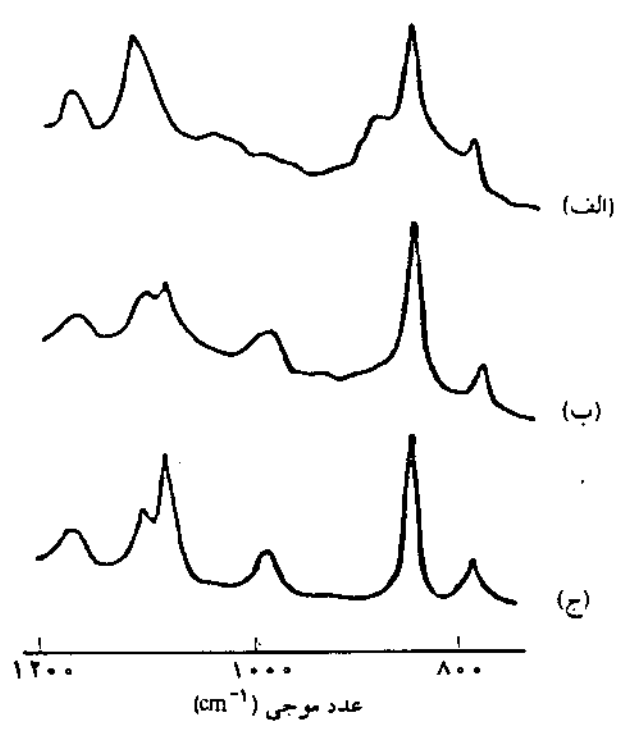
در روش رامان نمونه مورد تجزیه و شناسایی به همان صورت اولیه در مکان مخصوص نمونه گذاری زیر تابش نور لیزر قرار می گیرد. باید دقت کرد که میزان تابش طوری تنظیم شود که ضمن دارا بودن شدت مناسب حالت نمونه نیز تغییر نکند. در ریزکاونده رامان لیف مورد نظر روی اسلاید میکروسکوپ گذاشته می شود و نقطه مناسب آن در معرض تابش لیزر قرار می گیرد. طیف رامان حاصل ثبت و تجزیه و



شکل ۳- ساختار مولکولی الیاف پلی استر [۹].

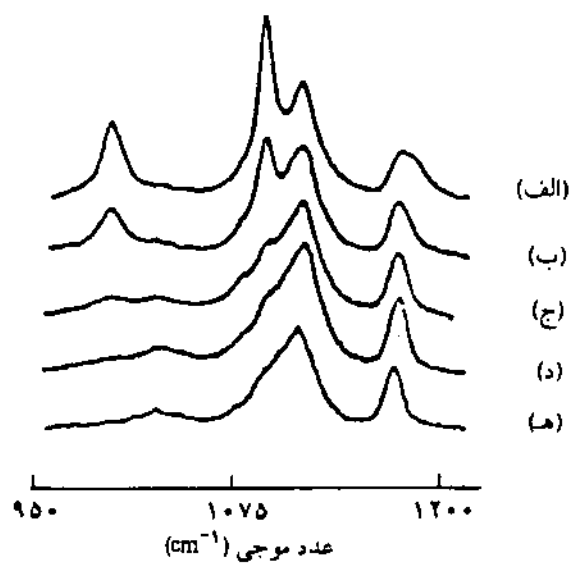


شکل ۶ - طیف رامان نمونه‌ای از الیاف مصنوعی در ناحیه $1550-1650\text{ cm}^{-1}$ (الف) همراه با ناخالصی و (ب) بدون ناخالصی [۱۲].



شکل ۴ - طیف رامان پلی‌استر در ناحیه $800-1200\text{ cm}^{-1}$ (الف) الیاف حاصل از ذوب مستقیم و (ب) و (ج) الیاف پس از کشش و تنش‌زدایی [۱۰].

مولکولی یک ریزلیف پلی‌استر را نشان می‌دهد [۹]. بسته به سرعت کشش و دمای تنش‌زدایی، نحوه قرار گرفتن گره‌های عاملی در داخل شبکه به صورتی است که این الیاف می‌توانند دارای ساختار کج یا ترانس باشند. وجود این ییکرندیاها در دمای تبلور الیاف موثر است و خواص آن را معین می‌کند. شکل ۴ بخشی از طیف رامان پلی‌استر را در ناحیه $800-1200\text{ cm}^{-1}$ نشان می‌دهد [۱۰]. طیف الف مربوط به الیافی است که مستقیماً از پلیمر مذاب تهیه شده است، در حالی که طیف ب و ج متعلق به الیاف زیرکششی است که تنش‌زدایی شده و در نتیجه درجه بلورینگی آنها تغییر کرده است. تفاوت طیف‌های الف، ب و ج بخوبی این اختلاف را در ساختار مولکولی زنجیر پلی‌استر نشان می‌دهد.



شکل ۵ - طیف رامان پلی‌استر در ناحیه $950-1200\text{ cm}^{-1}$ با سرعت‌های کشش: (الف) ۵۵۰۰، (ب) ۴۵۰۰، (ج) ۳۵۰۰، (د) ۲۵۰۰ و (هـ) ۱۵۰۰ متر در دقیقه [۱۱].

پوشش می‌دهند. در این‌گونه موارد تشخیص مغزه لیف و نوع پوشش به کار رفته با روش طیف‌نمایی ریزکائنده رامان امکان‌پذیر است.

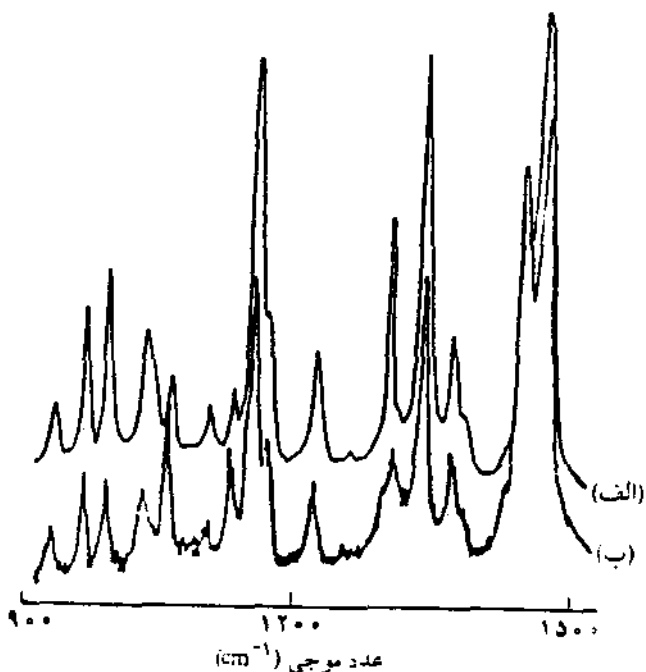
شکل ۷ طیف رامان یک دست الیاف پلی‌اتیلن را که با پلیمر پلی‌پروپیلن پوشش داده شده‌اند در ناحیه $1500-900 \text{ cm}^{-1}$ نشان می‌دهد [۱۳]. طیف الف به مغزه کروی الیاف، که از پلی‌اتیلن است و طیف ب به لایه پوشش، که از جنس پلی‌پروپیلن است، تعلق دارد. اگرچه قسمت اعظم این دو طیف برهم قابل انطباق است، ولی وجود برخی نوارهای خاص تشخیص پلی‌اتیلن از پلی‌پروپیلن را مقدور می‌سازد.

نتیجه‌گیری

طیف‌نمایی رامان، بویژه ریزکائنده رامان، در مهندسی نساجی برای شناسایی و تشخیص الیاف و موارد وابسته فن‌توانند و مهمی است که با توجه به گسترش روزافزون صنایع نساجی و نیاز مبرم به وجود فنون دقیق شناسایی الیاف، تشخیص ناخالصیها و آلودگیها جایگاه مهمی در این صنایع دارد.

مراجع

- 1 Tomka J. G.; *Comprehensive Polymer Science*; Boot C. B. and Price C. (Eds.), Oxford, 1988.
- 2 Rowen J. W., Hunt C. M. and Plier E. K.; *J. Res. Natl. Bur. Std.*; 39, 133, 1947.
- 3 - امین‌زاده امان...، مجله علوم و تکنولوژی پلیمر، سال ششم، شماره ۲۰، صفحه ۱۲۵، مرداد ۱۳۷۲.
- 4 - امین‌زاده امان...، مجله علوم و تکنولوژی پلیمر، سال هشتم، شماره ۲۸، صفحه ۱۱۱، تابستان ۱۳۷۴.
- 5 Galotis C., Robinson I. M., Young R. J., Smith B. J. and Batchelder D. N.; *Polym. Commun.*; 26, 345, 1985.
- 6 Bulkin B. J., Deblas F. and Lewin M.; *Proc. SPIE Int. Soc. Opt. Eng.*; 665, 234, 1988.
- 7 Aminzadeh A.; *IR. J. Chem. & Chem. Eng.*; 2, 77, 1983.
- 8 Long D. A.; *Raman Spectroscopy*; McGraw Hill, 1977.
- 9 Ogilvie G. D. and Addyman L.; *La Actualite Technique*; 51, 1990.
- 10 Gall M. J. and Hendra P. J.; *Spex Speaker*; 16, 1, 1971.
- 11 Adar F. and Noether H.; *Polymer*; 26, 1935, 1985.
- 12 *Spex Ind. Tech. Note*; R2, 1988.
- 13 Instrument S. A.; *Tech. Note*; 1986.



شکل ۷ - طیف رامان الیاف پلی‌اتیلن با پوشش پلی‌پروپیلن در ناحیه $1500-900 \text{ cm}^{-1}$ (الف) مغزه الیاف از نوع پلی‌اتیلن و (ب) پوشش الیاف از جنس پلی‌پروپیلن [۱۳].

سلوری الیاف را مشخص می‌سازد. با استفاده از نتایج این نوع بررسیها می‌توان برای تهیه الیاف با کیفیتی خاص از سرعت کشش مناسب استفاده کرد.

تشخیص ناخالصیهای بسیار جزئی در الیاف

معمولاً قطر هر لیف مستقل در یک فرایند نساجی بین ۵ تا ۲۰ میکرون است. وجود ناخالصیهای بسیار اندک در درون این الیاف ریز موجب پارگی و قطع لیف می‌شود. از این رو، تشخیص این‌گونه ناخالصیها و حذف آنها اهمیت ویژه‌ای دارد. آلودگیهای فوق از هر منبعی که وارد شده باشند در تک تک الیاف مزبور به وسیله طیف‌نمایی رامان قابل تشخیص‌اند. در شکل ۶ طیفهای لیف خالص و لیف دارای ناخالصی مقایسه شده است [۱۲]. مسلماً با مقایسه طیف ناخالص با طیف مرجع تشخیص ناخالصیها ممکن می‌شود.

کاربردهای ویژه

در تهیه الیاف مصنوعی یکی از خواص مهم موردنظر، مقاومت الیاف است. گاهی برای بینه کردن مقاومت الیاف آنها را با یک پلیمر دیگر