



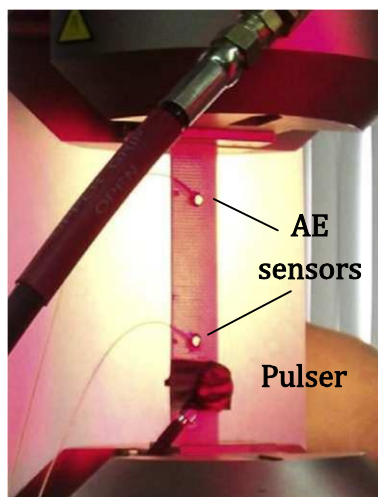
شکست مواد کامپوزیت - پایش وضعیت با آکوستیک امیشن

شکست مواد کامپوزیتی چند لایه معمولاً شامل یک سری مکانیسم است که به طور متوالی فعال می‌شوند. اولین بیان آسیب ترک خوردگی ماتریس به صورت عمودی نسبت به جهت بار در مراحل اولیه بارگذاری است که به عنوان ترک عرضی یا بین لایه‌ای شناخته می‌شود. این ترک‌ها به عنوان نقاط تمرکز تنش در فاز میانی بین لایه‌های ۹۰ و ۰ درجه عمل می‌کنند. لایه لایه شدن ممکن است پس از ایجاد ترک‌های عرضی به رشد خود ادامه دهد. در حالی که شکست نهایی مواد با پارگی لایه‌های الیاف طولی رخ می‌دهد.

تکنیک آزمون آکوستیک امیشن در کاربردهای متعددی برای شناسایی آسیب شکست مواد کامپوزیت استفاده می‌شود. حسگرهای مناسبی بر روی سطح قرار می‌گیرند تا امواج گذرا ایجاد شده در اثر شروع آسیب و انتشار در داخل ماده را ثبت کنند. علاوه بر این، AE با موفقیت در کامپوزیت‌های متقاطع به منظور جداسازی فعالیت صوتی حالت‌های مختلف آسیب، استفاده شده است.

روش آزمایش

به منظور پایش AE، دو سنسور باند وسیع (PAC، Physical Acoustics Corp.، Pico) در همان سمت نمونه متصل شدند. مقداری کوپلنت بین سنسور و نمونه زده شد تا اتصال صوتی را تقویت کند. آنها به فرکانس‌های ۵۰ کیلوهرتز تا تقریباً ۸۰۰ کیلوهرتز حساس هستند و حداکثر حساسیت آن در ۵۰۰ کیلوهرتز است. بنابراین، آنها می‌توانند طیف گسترده‌ای از منابع مختلف را جذب کنند. فاصله بین دو گیرنده ۷۰ میلی‌متر بود. شکل ۱ تنظیمات آزمایشی را نشان می‌دهد.



شکل ۱: تنظیم برای اندازه‌گیری انتشار آکوستیک و آکوستیک امیشن

برای اهداف اندازه‌گیری اولتراسونیک در حین خستگی، یک سنسور انتشار صوتی (PAC، R15) نیز به عنوان یک پالس استفاده شد. پالس همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود به نمونه متصل شد. یک انفجار تون با ۱۰ سیکل الکتریکی ۲۰۰ کیلوهرتز در

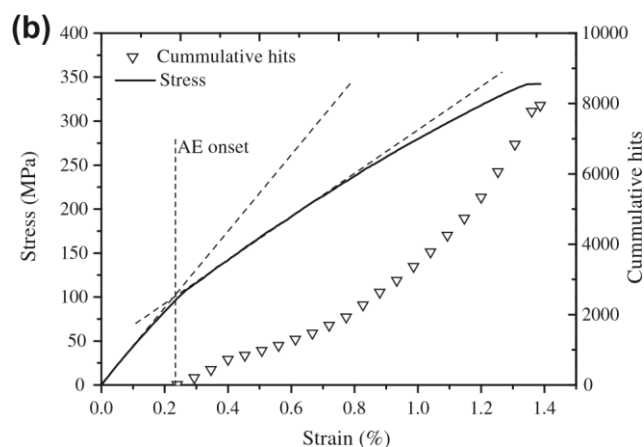
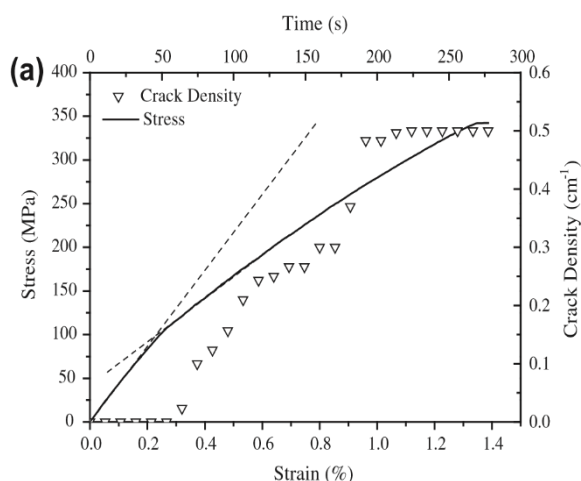


هر ۱۰ ثانیه توسط یک مولد موج (Tektronix, AFG3102) به مبدل تغذیه می‌شود و پاسخ سنسورها ثبت می‌شود. تنظیم برای اندازه‌گیری سرعت انتقال و پالس استفاده شد.

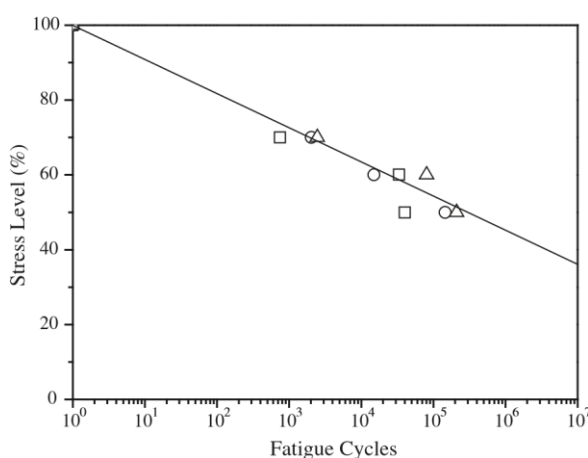
نتایج و بحث

• نتایج تست مکانیکی

منحنی تنش/ کرنش کششی معمولی یکنواخت برای لایه متقاطع مورد مطالعه در شکل ۲ نشان داده شده است. استحکام استاتیکی کلی سیستم مورد مطالعه 339 ± 13 مگاپاسکال اندازه‌گیری شد. منحنی S/N برای همه ورقه‌های آزمایش شده در شکل ۳ نشان داده شده است. نمونه‌ها در خستگی با پراکندگی تجربی منطقی رفتار ثابتی از خود نشان دادند. از آنجایی که هدف این مطالعه بررسی مکانیسم‌های آسیب متمایز بود، سطوح تنش به گونه‌ای انتخاب شدند که در محدوده تنش بین شروع و اشباع ترک‌های عرضی قرار گیرند که برای سیستم مورد مطالعه بین ۳۰ تا ۸۰ درصد بود.



شکل ۲: منحنی تنش کششی/ترک (a) و تنش کششی/AE برخوردها (b) در مقابل کرنش و زمان برای کامپوزیت لایه متقاطع مورد مطالعه

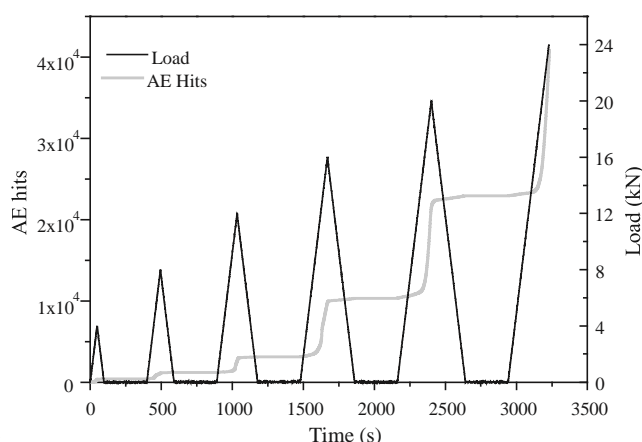


شکل ۳: منحنی S/N برای کامپوزیت ورقه ورقه لایه متقاطع مورد مطالعه

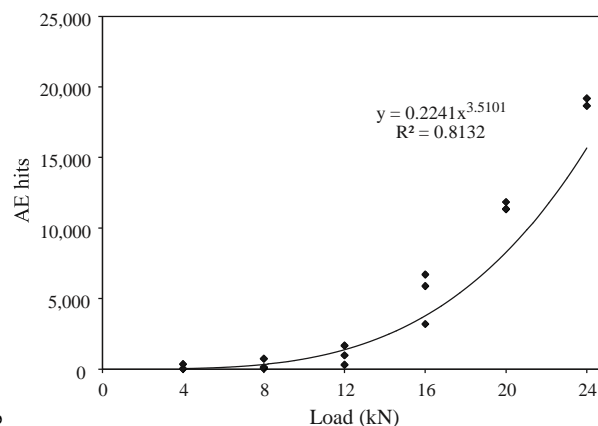
• AE از مراحل بارگذاری نتیجه می شود

شکل ۴ یک مورد معمول از بار و فعالیت AE تجمعی را نشان می دهد. همانطور که چرخه های بارگذاری شدیدتر می شوند، فعالیت AE به طور قابل توجهی افزایش می یابد. از تعداد ناچیز سیگنال در اولین چرخه بارگذاری، فعالیت به بیش از ۱۵۰۰۰ سیگنال در چرخه نهایی می رسد.

این افزایش معقول است زیرا با افزایش بار، ترک های ماتریس جمع می شوند در حالی که لایه برداری ها فعال می شوند و در سطح مشترک ۰/۹ منتشر می شوند. تعداد تجمعی ضربه ها به خوبی با بار تحمل شده توسط کامپوزیت در هر چرخه مرتبط است. همانطور که در شکل ۵ مشخص است، جایی که تمام داده ها برای سه نمونه مختلف آزمایش شده در شرایط یکسان نشان داده شده است. واضح است که، همبستگی قوی نشان می دهد فعالیت تجمعی ممکن است به عنوان شاخصی از بار اعمال شده به مواد استفاده شود. این همبستگی پدیدار شناختی از اهمیت ویژه ای برخوردار است زیرا (۱) امکان تخمین بار بر اساس مشاهده ساده را فراهم می کند حتی اگر بینش فیزیکی در مورد مکانیسم های پشت فعالیت AE وجود نداشته باشد و (۲) ارتباط مستقیم فعالیت صوتی را با تاریخچه بارگذاری و در نتیجه خسارت تجمعی را ایجاد می کند.



شکل ۴: بار و تاریخچه تجمعی AE



شکل ۵: فعالیت AE در مقابل حداکثر بار هر چرخه

• اندازه گیری انتشار موج

همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است، برای اندازه گیری انتشار موج، دو سنسور AE با مبدل دیگری که به عنوان یک تقویت کننده عمل می کند، ترکیب می شوند تا اندازه گیری سرعت موج و انتقال را در طول بارگذاری خستگی انجام دهند. سرعت موج با تأخیر بین اولین اختلال قابل تشخیص بین شکل موج دو مبدل اندازه گیری شد. این را معمولاً به عنوان سرعت پالس می نامند. در بیشتر موارد مربوط به جریان غالب طولی مانند لایه لایه هایی است که انرژی کمتری نسبت به رویدادهای ترک خوردگی ماتریس در این ماده منتشر می کنند.

همانطور که در بالا ذکر شد، شکل موج اطلاعاتی را در مورد حرکت ترک منبع نشان می دهد که منجر به سیگنال مربوطه می شود.



نتیجه گیری

در مطالعه حاضر، رفتار آکوستیک و اولتراسونیک لایه های متقاطع تحت بارگذاری مورد بررسی قرار می گیرد. فعالیت آزمون آکوستیک امیشن به شدت با تجمع آسیب در بارگذاری پله کششی افزایشی مرتبط است، در حالی که شاخص های خاص حساسیت به حالت ترک (ترک ماتریس یا لایه لایه شدن) را نشان می دهند. به طور خاص، میانگین انرژی سیگنال های AE با تغییر آسیب از ترک خوردگی ماتریس به لایه لایه کاهش می یابد، در حالی که مقدار RA، پارامتری که به طور گسترده برای مشخص کردن حالت آسیب در مواد استفاده شده است، تغییر خاصی را از حالت I (کششی) به حالت II نشان می دهد. (برشی). برخلاف مواد همگن ایزوتروپیک، این کامپوزیت ها هنگامی که دچار ترک خوردگی و جدا شدن بیش از حد بین لایه ها می شوند، افزایشی در انتقال موج و سرعت پالس نشان می دهند، همانطور که از اندازه گیری های سطح در طول خستگی کششی اندازه گیری می شود. نتیجه گیری می شود که مطالعه قرائت های فراصوت و پارامترهای انتشار آکوستیک می تواند برای توصیف سلامت ساختاری کامپوزیت ها در زمان واقعی استفاده شود.