کاربرد آکوستیک امیشن در مهندسی

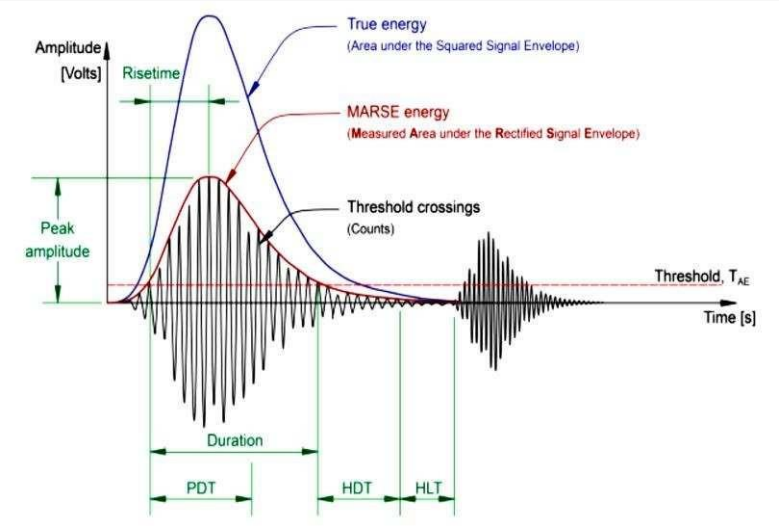
کاربرد آکوستیک امیشن یکی از مقدمه های جدید در صنعت ارزیابی غیر مخرب (NDE) است. این تکنیک برای رفع محدودیت‌های فناوری‌های NDE (Non Destructive Evaluation) قبلی در برنامه‌ها یا کاهش هزینه‌های مالی ارزیابی معرفی شد. در اواخر دهه ۱۹۷۰ و اوایل دهه ۱۹۸۰ نیاز به ارزیابی مناسب بودن AE برای استفاده در کاربردهای مهندسی توسط برخی گروه های جدید از محققان ژاپن، اروپا و ایالات متحده آمریکا عنوان شد. تعریف آکوستیک امیشن توسط ASTM E1316 (۲۰۱۴) این است: "کلاس پدیده هایی که در آن امواج الاستیک گذرا با آزاد شدن سریع انرژی از یک منبع یا منابع محلی در یک ماده یا موج(های) گذرا تولید می شوند." . انتشار آکوستیک یا انتشار موج تنش همانطور که اغلب نامیده میشود، امواج صوتی را توصیف می کند که در نتیجه آزاد شدن سریع انرژی به دلیل تغییرات ریزساختاری که در مواد رخ می دهد پدیدار می شوند.

الزامات بازرسی

ابزارهای رایج مورد استفاده در AE شامل پیش تقویت کننده ها، تقویت کننده ها، فیلترها، حسگرها و سایر تجهیزات جمع آوری داده، تجزیه و تحلیل و ذخیره سازی مانند رایانه ها، اسیلوسکوپ ها و ولت مترها هستند. پیش تقویت کننده ها برای جلوگیری از، از دست دادن سیگنال و کاهش تداخل ناشی از نویز استفاده می شوند. در حالی که سنسورهای پیزوالکتریک برای تبدیل امواج مکانیکی AE به ولتاژ الکتریکی استفاده می شوند. هدف کلی اندازه گیری تعیین پارامترهای مختلف AE مانند محدوده فرکانس (کنترل شده توسط فیلترها) است که در سیستم با مشاهده و اندازه گیری عملکرد تقویت کننده‌ها و سنسورهای AE وجود دارد. اینها مکانیسم‌های بسیار مفیدی برای تشخیص نویز محیطی و برای شناسایی زوال از طریق اندازه‌گیری پارامترهایی مانند رویداد، شمارش، انرژی لحظه، حداکثر دامنه، ضربه، انرژی، اختلاف زمان رسیدن، ولتاژ RMS (ریشه میانگین مربع)، هستند.

مروری بر پارامترهای شکل موج آکوستیک امیشن

در دهه‌های ۱۹۵۰ و ۶۰، محققان به بررسی موارد ضروری آکوستیک امیشن پرداختند. ابزار دقیقی را به‌ویژه برای AE ایجاد کردند و رفتار AE منابع متعدد را در نظر گرفتند. در دهه ۱۹۷۰، مطالعاتی برای توسعه بیشتر هماهنگ و هدایت شده از طریق ساخت گروه های کاری انجام شد و استفاده از آن به عنوان یک فرآیند NDT برای کاربردهای صنعتی همچنان افزایش یافت. در طول دهه ۱۹۸۰، کامپیوتر به عنوان یک جزء اساسی برای ابزار دقیق، بررسی داده‌ها توسعه یافت و امروزه فرصت‌هایی را که برای مطالعه و بهبود در نظر گرفته شده‌اند، افزایش داده است. امروزه، بررسی آکوستیک امیشن مبتنی بر شکل موج معمولی است و تغییراتی در دستاوردهای AE از طریق اهمیت بیشتر در کاربردها نسبت به مطالعه وجود دارد. دو نوع تحلیل را می توان توسط AE در نظر گرفت. یکی شکل موج تحت حوزه زمانی است که مربوط به پارامتر اصلی در حوزه زمانی آزمایش است و دومی شکل موج حوزه فرکانس است که پارامترهای سیگنال را با فرکانس ثبت شده آتی تحت آزمایش در نظر می گیرد. پارامترهای اندازه‌گیری سیگنال که به طور گسترده در بررسی سیگنال AE استفاده می‌شود، تعداد، مدت، دامنه، زمان افزایش و ناحیه اندازه‌گیری شده زیر پوشش سیگنال اصلاح‌شده است که انرژی نسبی نیز نامیده می‌شود، همانطور که در شکل ۱ مشخص است.



شکل ۱ : رویدادهای گسیل صوتی ثبت شده

- دامنه: با A نشان داده می شود و بالاترین پیک سیگنال ولتاژ را نشان می دهد. این مشخصه مهم یکسان است زیرا آشکارا میزان قابل تشخیص بودن رویداد AE را کنترل می کند. دامنه سیگنال AE بلافاصله با بزرگی منبع مرتبط است و در محدوده وسیعی از میکرو ولت تا ولت متفاوت است. دامنه های AE معمولاً در مقیاس دسی بل ذکر می شوند. برای مثال ۱ میکروولت در مبدل به صورت ۰ دسی بل، ۱۰ میکروولت به عنوان ۲۰ دسی بل و ۱۰۰ میکروولت به عنوان ۴۰ دسی بل تعریف می شود.
- شمارش: شمارش ها معمولاً با N ارائه می شوند. وقتی دامنه سیگنال بزرگتر از آستانه باشد، تعداد پالس های ساطع شده توسط مدار اندازه گیری به صورت N تعریف می شود.
- بازدیدها: هنگامی که یک سیگنال از آستانه فراتر می رود، در نتیجه یک کانال سیستم داده ها را جمع آوری می کند، این سیگنال به عنوان ضربه شناخته می شود و یک رویداد AE را توصیف می کند. تعداد رویدادها یا بازدیدها در هر زمان نرخ رویداد را تعیین می کند. هم تعداد بازدیدها و هم تعداد شمارش، مقدار یک فعالیت AE را تعیین می کند.
- مدت زمان: فاصله زمانی بین یک سیگنال و زمانی که به زیر مقدار آستانه کاهش می یابد، به عنوان مدت زمان سیگنال شناخته می شود.
- انرژی MARSE: مساحت اندازه‌گیری شده پوشش سیگنال اصلاح‌شده به عنوان MARSE شناخته می‌شود و گاهی با E نشان داده می‌شود و به عنوان شمارش انرژی از آن یاد می‌شود. این ناحیه زیر پوشش سیگنال است که از حسگر تصحیح و اندازه گیری می شود. انرژی بر تعداد ارجحیت دارد زیرا به دامنه و همچنین مدت زمان حساس است و کمتر به موقعیت آستانه و فرکانس عملکرد متکی است.

انرژی مطلق (واقعی) نیز حاصل از تقسیم سیگنال ولتاژ مربع بر مقاومت مرجع ۱۰ کیلو اهم در طول مدت زمان بسته شکل موج گسیل صوتی است. این پارامتر انرژی واقعی یک رویداد AE را از سیگنال های گذرا یا بازه سرعت داده مشخص سیگنال های AE پیوسته را نشان می دهد.

- زمان افزایش: زمان افزایش با R ارائه می شود و فاصله زمانی بین حداکثر دامنه سیگنال انفجار و اولین عبور از آستانه را مشخص می کند. این پارامتر اغلب زمانی استفاده می شود که فرآیندهای وابسته به زمان مانند ارتعاش یا بارگذاری دینامیکی درگیر هستند.
- آستانه: آستانه نوعی پارامتر تنظیمی است که برای حذف نویزهای الکترونیکی پس زمینه استفاده می شود. هدف اصلی آن حذف هر چه بیشتر نویز پس زمینه است. با این حال، باید تعادل برقرار شود تا آستانه سیگنال‌های ضعیف اما مفید را نیز حذف نکند، زیرا نویزهای پس‌زمینه با دامنه کم مشخص می‌شوند.

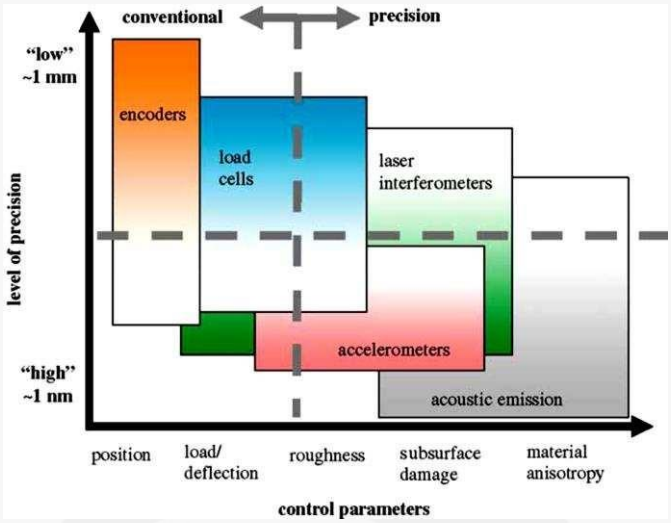
کاربرد آکوستیک امیشن در مهندسی

چندین صنعت مانند تولید برق، پالایشگاه ها، سازه ها (جرثقیل ها، پل ها، و غیره)، خطوط لوله، هواپیما و غیره از AE برای آزمایش های غیرمخرب در عملیات خود استفاده می کنند. از زمان ظهور آن در آلمان در دهه ۱۹۵۰، AE به طور گسترده ای به خصوص در زمینه های کنترل کیفیت در عملیات تولید و نظارت بر فرآیند استفاده شده است. سیستم‌های AE همچنین کاربردهای بسیار مفیدی از سازه‌های کامپوزیتی مانند مواد پیشرفته هوافضا، پلاستیک‌های تقویت‌شده و فایبرگلاس هستند و همچنین می‌توانند در کاربردهای تحقیقاتی و کنترل کیفیت در عملیات‌های تولیدی مورد استفاده قرار گیرند.

- ساخت

استفاده از AE به عنوان یک تکنیک مانیتورینگ برای عملیات ماشینکاری دارای مزایای زیادی است که یکی از آنها توانایی آن در تمایز بین نویزهای محیطی و ارتعاشات ماشین از سیگنال های AE به دلیل محدوده فرکانس بالا و حساسیت سیگنال های AE است و در نتیجه از آن جلوگیری می کند.

این مشخصه سیگنال AE را به یکی از ارجح ترین ابزارهای مورد استفاده برای نظارت بر فرآیند تبدیل کرده است. سیگنال AE حاصل که به طور مداوم به دلیل اصطکاک بین ابزار و قطعه کار تولید می شود، اطلاعات غنی در مورد فرآیند برش را ارائه می دهد.



شکل ۲ :کاربرد سنسور در مقابل سطح دقت و کنترل

- عمران

روش دیگری که برای اجرای یک استراتژی مشخصه آسیب برای اهداف تعمیر و نگهداری در سازه های مهندسی استفاده می‌شود، پایش سلامت سازه (SHM) است. SHM از تکنیک AE در تشخیص ترک های اولیه در سازه ها استفاده می‌کند. این انرژی متکی بر امواج فراصوت با فرکانس بالا است که انرژی تولید می کند که به سرعت از یک ماده ساطع می شود، درست از مرحله اولیه تا پیشرفت ترک ها. این تکنیک نظارت بر سازه‌ها را در زمان واقعی امکان‌پذیر می‌سازد، در نتیجه آن را قادر می‌سازد تا سیگنال‌های ناشی از ترک‌ها را به‌محض وقوع سریع تشخیص دهد. دو نوع اساسی از استراتژی های نظارت AE که می توانند اعمال شوند، استراتژی های نظارت محلی و جهانی هستند. استراتژی نظارت جهانی به ارزیابی کل یکپارچگی ساختار کمک می کند، در حالی که استراتژی نظارت محلی به منطقه آسیب خاصی مربوط می شود.

کاربرد آکوستیک امیشن در چندین ارزیابی سیستم لوله کشی فلزی و پلاستیک های تقویت شده با فایبرگلاس (FRP)، پل های بتنی، تشخیص زودرس ترک، خستگی مشهود است.

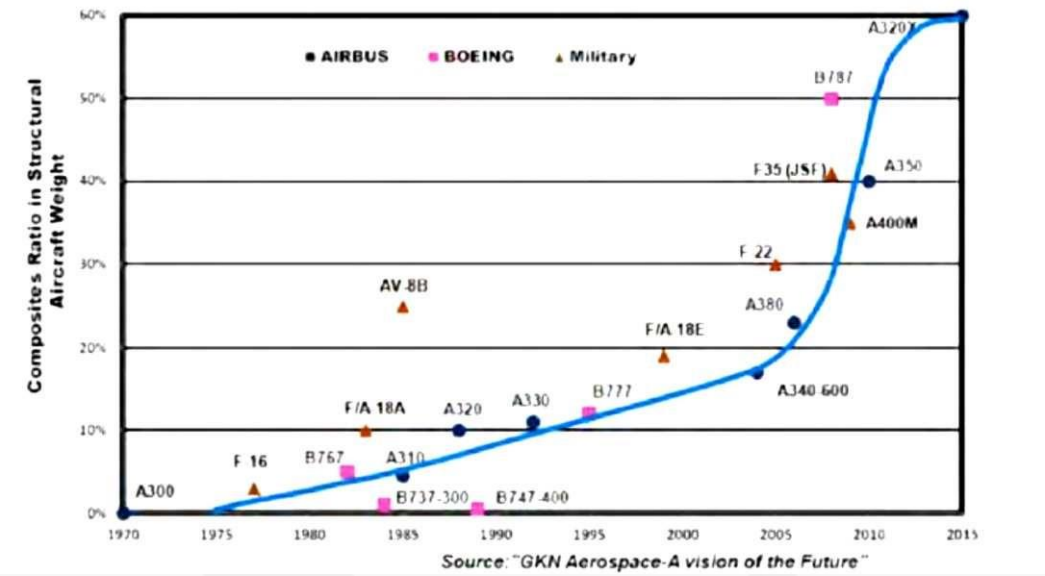
- هوافضا

کاربرد آکوستیک امیشن پس از بکارگیری آن در توسعه موتورهای موشک کامپوزیت الیاف شیشه تقویت شده که در سال ۱۹۶۲ برای Polaris A3 تقریباً استفاده شد، در مرکز توجه قرار گرفت. تغییرات AE برای اولین بار توسط مهندسان Aerojet مورد توجه بود، که انتشارهای مختلف را از شکست الیاف، شکست بین لایه و شکست رزین شناسایی کردند. بنابراین منجر به اصلاح فرآیندهای تولید شد، به عنوان مثال، تنش برشی می تواند کاهش یابد.

کاربرد و اهمیت اجزای ساختاری کامپوزیت به ویژه در هواپیماهای تجاری مانند (B787، ایرباس A380، F35، تایفون) به دلیل ویژگی‌های مقاومت برتری که نسبت به خواص فلزی دارند، رو به افزایش است. کاربردهای نظارت AE در آزمایش‌های مکانیکی

در کامپوزیت‌های پلیمری مشهود است که با الیاف ، شیشه یا کربن تقویت شده‌اند. در این مطالعات از کاربرد کلاسیک NDT استفاده کردند که در مراحل مختلف با تجزیه و تحلیل پیشرونده صدا با هدف پذیرش یا رد مواد تنش برای اندازه‌گیری و محلی‌سازی آسیب انباشته شده مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

مشکلات متعددی در استفاده از اجزای کامپوزیت توسط NDE/NDT در طول فرآیند ساخت، شرایط پرواز، SHM و بازرسی های خدماتی وجود دارد. آزمایش‌های متعددی در آزمایشگاه‌ها بر روی اجزای کامپوزیتی بزرگ به‌ویژه در دهه‌های گذشته برای سازه‌های هواپیما انجام شده است. افزایش و کاربرد متفاوت کامپوزیت ها در هواپیماهای نظامی و تجاری مختلف در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳ : نسبت کامپوزیت ها در وزن هواپیمای ساختاری طی دهه گذشته در هواپیماهای تجاری و نظامی

سخن آخر

روش آکوستیک امیشن روش بسیار موثری برای پایش و تشخیص شکستگی و شکست مواد است. آکوستیک امیشن یک روش NDT است که اجازه می دهد تا انرژی صوتی ساطع شده از مواد به دلیل تغییرات مکانیکی یا فیزیکی بدون هیچ ورودی انرژی شناسایی شود. این یک روش بسیار کارآمد برای تشخیص خستگی و برای درک رفتارهای شکستگی در چوب، فلزات، بتن، سرامیک، کامپوزیت، فایبرگلاس و پلاستیک است. AE و NDT برای پیگیری رفتار شکست انواع مختلف مواد استفاده میشوند. این قابلیت اطمینان تکنیک ها را نشان داد که می توان از آنها در سازه های بزرگ استفاده کرد.