ترک خوردگی ناشی از تنش - مروری بر کاربردهای تکنیک آکوستیک امیشن

فعالیت‌های تحقیقاتی در مورد استفاده از تکنیک آکوستیک امیشن برای ارزیابی ترک خوردگی ناشی از تنش (SCC) در دهه‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. امکان ارائه نظارت مستمر در محل سازه‌ها و اجزای سازنده، این تکنیک غیرمخرب را به وضوح در زمینه نظارت بر سلامت سازه امیدوار می‌کند. این مقاله قصد دارد مروری متمرکز بر ارزیابی پدیده ترک خوردگی ناشی از تنش با تکنیک آکوستیک امیشن باشد.

تکنیک آکوستیک امیشن به طور گسترده‌ای به منظور ارزیابی تکامل آسیب مصالح و سازه‌ها و گسترش کاربرد آن در نظارت بر سلامت سازه(SHM) در سال‌های اخیر، به طور فزاینده‌ای به سمت نظارت بر مسئله خوردگی سیستم‌ها و اجزاء، متمرکز می‌باشد که عاملی حیاتی در تضمین یکپارچگی صنعتی ساختاری است.

فناوری آکوستیک امیشن به طور سنتی در سال ۱۹۵۰ با کار جوزف کایزر پدر فناوری مدرن آکوستیک امیشن آغاز شد. درواقع، کایزر اولین تحقیق جامع را در مورد پدیده‌های آکوستیک امیشن انجام داد. اما مهم ترین کشف کایزر پدیده برگشت ناپذیری بود که اکنون نام او را دارد: اثر کایزر.

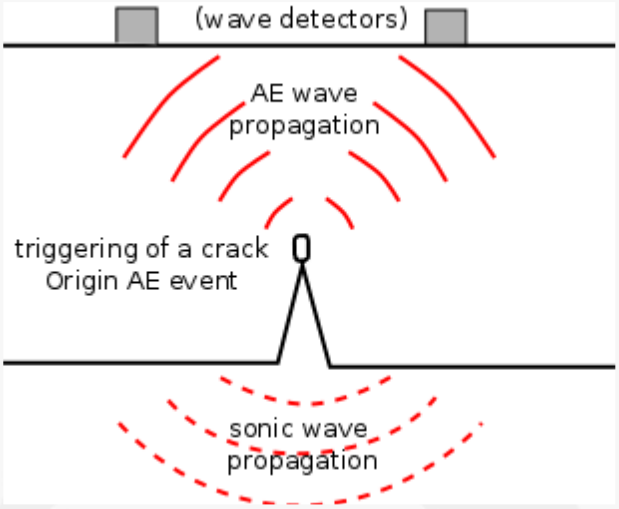
یکی از اولین کاربردهای این فناوری برای پایش خوردگی در اواخر دهه ۷۰ انجام شد. تکنیک آکوستیک امیشن قبلاً در دهه ۱۹۸۰ برای SHM عمدتاً در بخش‌های عمرانی، خودروسازی و هوانوردی استفاده می‌شد که نشان دهنده قابلیت‌های پیش‌بینی این تکنیک است.

فناوری آکوستیک امیشن امروزه به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد. چندین استاندارد تعریف و صادر شده است. بعنوان مثال، در ASME برای ارزیابی و آزمایش مخازن پلاستیکی تقویت شده با الیاف و فلز. در ASTM برای آزمایش جوشکاری، آزمایش مخازن تحت فشار و ابزار آکوستیک امیشن و تأیید سنسور. علاوه براین، استانداردهای CEN عمدتاً برروی آزمایش اثبات مخازن تحت فشار و لوله‌کشی متمرکز هستند. در حالی که استانداردهای ISO برروی کالیبراسیون سنسور، اصطلاحات و دستورالعمل‌های کلی متمرکز هستند.

اصول آکوستیک امیشن

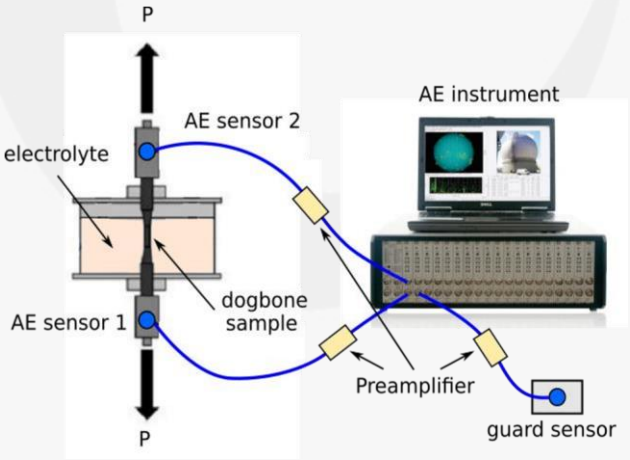
پدیده شکست یک ماده با آزاد شدن انرژی کرنش که در آن ذخیره می‌شود صورت می‌گیرد که عمدتاً با تشکیل سطوح خارجی جدید (ترک) و با انتشار امواج الاستیک مصرف می‌شود. که به عنوان آکوستیک امیشن (AE) تعریف می شود. این امواج الاستیک از طریق مواد منتشر می‌شوند و می توانند توسط یک حسگر فرکانس بالا، همانطور که در شکل ۱ مشخص است، به دست بیایند.

امواج الاستیک (تولید شده توسط تغییر شکل مواد، تبدیل یا ترک خوردگی که از طریق رسانه منتشر می شود) بر روی سطح فلز توسط سنسور آکوستیک امیشن شناسایی می شوند. که به عنوان یک ماژول تبدیل ارتعاش به سیگنال الکتریکی عمل می کند. بخشی از ارتعاشات سطحی در هوا منتشر می شود و بسته به منشاء سیگنال، احتمالاً یک موج صوتی (یعنی صدای شکست کلاسیک) شنیده می شود.



شکل ۱: اصل تشخیص موج آکوستیک امیشن

در طی پدیده آکوستیک امیشن، امواج مکانیکی با فرکانس بالا (تا چندین مگاهرتز) ساطع می‌شود. مکان رویدادی که منشا موج آکوستیک امیشن (منبع AE) و بزرگی آن است را می‌توان با شکل موج آکوستیک امیشن که توسط حسگرها به دست می آید، برای ارزیابی آسیب و انتشار آن تخمین زد. شماتیکی از تنظیم تجهیزات آکوستیک امیشن برای آزمایش SCC مرجع در شکل ۲ مشخص است.



شکل ۲. شماتیک تنظیم تجهیزات AE برای آزمایش SCC معمولی.

تشخیص پدیده ترک خوردگی ناشی از تنش (SCC) توسط تکنیک آکوستیک امیشن

- استرس ترک خوردگی

ترک خوردگی ناشی از تنش یکی از بحرانی ترین انواع خوردگی است. ترک خوردگی ناشی از تنش همچنین میتواند باعث خرابی زودرس اجزای سازه شود و نباید در مدیریت ریسک آسیب از آن غفلت کرد. انتشار ترک که منجر به شکستگی زودرس ماده می شود، نتیجه ترکیب هم افزایی تنش های مکانیکی و واکنش های خوردگی است. ترک خوردگی ناشی از تنش یکی از عوامل مرتبط با خرابی اجزای فلزی یا عیب کارخانه در طیف وسیعی از بخش‌های صنعتی است. بنابراین، ارزیابی قابل اعتماد عمر سرویس این اجزا و ساختارها نیاز به پیش‌بینی مراحل فعال‌سازی و انتشار پدیده ترک خوردگی ناشی از تنش دارد.

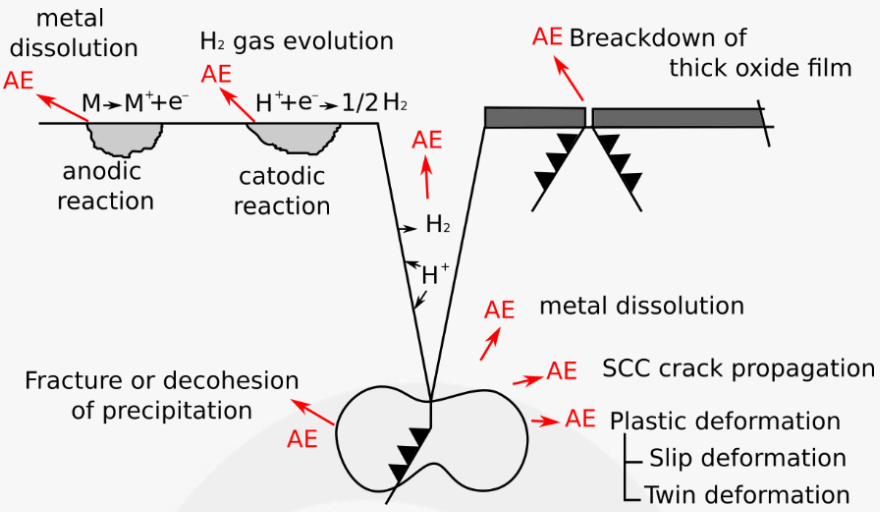
ترک خوردگی ناشی از تنش شامل مکانیسم‌های آسیب شیمیایی و مکانیکی است که به طور هم افزایی برای القای تکامل مداوم آسیب به سمت شکستگی نهایی جزء عمل می‌کند. پارکین ابتدا مفهوم «طیف خوردگی تنش» را به منظور ارزیابی طیف پیوسته مکانیسم ترک خوردگی ناشی از تنش ، که توسط یک سهم قابل تغییر از عوامل الکتروشیمیایی و مکانیکی کنترل می‌شود، بسته به مکانیسم‌های آسیب ترک خوردگی ناشی از تنش در حال تکامل، معرفی کرد.

تکامل کل مسیر آسیب عموماً آهسته و زمان‌بر است، در نتیجه، نظارت در محل انتقال از شروع به انتشار به منظور برآورد خطرات ترک خوردگی ناشی از تنش بسیار مفید است.

- منابع اصلی آکوستیک امیشن در پدیده ترک خوردگی ناشی از تنش

بسته به مکانیسم خوردگی، رویدادهای آکوستیک امیشن خاصی تولید می‌شوند که می‌توانند به طور یکسان با فرآیندهای خورنده در حال انجام مرتبط باشند. چندین اشکال خوردگی، مانند خوردگی یکنواخت، حفره‌ای، شکاف، SCC، tribocorrosion، خستگی خوردگی، با تکنیک آکوستیک امیشن مورد مطالعه قرار گرفته‌اند که نشان می‌دهد این فناوری می‌تواند برای شناسایی پدیده‌های خوردگی استفاده شود. در این سالها، به دلایل ایمنی و کاهش خطرات محیطی، نظارت مداوم توسط آکوستیک امیشن در مخازن تحت فشار تست هیدرواستاتیک و اتصالات نازل برای خوردگی تنشی رایج شده است.

منابع آکوستیک امیشن احتمالی قابل شناسایی در طول فرآیندهای SCC یا خستگی خوردگی (CF) را به صورت شماتیک شکل ۵ نشان می دهد. همانطور که در شکل مشخص است، چندین پدیده در طول این مکانیسم‌های آسیب خوردگی به کمک تنش رخ می‌دهد. به طور خاص، منابع اصلی آکوستیک امیشن را می‌توان شناسایی کرد: شروع و رشد ترک. تکامل حباب هیدروژن به دلیل واکنش کاتدی. تجزیه لایه های اکسید سطحی ضخیم. منابع آکوستیک امیشن خاص بیشتری را می‌توان در ناحیه پلاستیک نوک ترک استدلال کرد: تغییر شکل لغزش، دوقلو شدن، و شکستگی یا جداشدگی رسوبات، ذرات فاز دوم، یا اجزاء غیرفلزی.



شکل ۵. شماتیک منابع احتمالی آکوستیک امیشن در طول فرآیندهای خوردگی، ترک خوردگی تنشی و خستگی خوردگی

نقش این عوامل در تکامل آسیب خوردگی و در فعالیت صوتی ناشی از آن به شدت به شرایط محیطی (که می تواند به تردی هیدروژن یا انحلال محلی فلز کمک کند)، شرایط مکانیکی (تنش ثابت یا چرخه ای، سه محوری تنش) و عوامل مواد (گرما) بستگی دارد. فقط عمل هم افزایی این عوامل رفتار AE فرآیند SCC یا CF را مشخص می کند. بزرگی و تعداد رویدادهای AE بسته به مکانیسم خوردگی در حال وقوع متفاوت است.

در حال حاضر شرکت **تتا** با بکارگیری آزمون آکوستیک امیشن وضعیت مخازن را حین سرویس ارزیابی کرده و آسیب های ناشی از خوردگی های فعال و نشتی ها را شناسایی مینماید.