راهنمای توسعه کاربردهای آکوستیک امیشن برای بررسی سازه‌های فلزی

استانداردسازی یک گام اساسی در بلوغ هر فناوری است. امروزه باگذشت بیش از سه دهه، چندین ده استاندارد آکوستیک امیشن (**AE**) در سراسر جهان توسط سازمان‌های بین المللی مانند **ASTM**، **ISO**، **EN**، **ASME** و **GOST** ایجاد شده است. این استانداردها به کاربردهای آکوستیک امیشن برای بررسی ساختارهای مختلف اختصاص داده شده‌است. با این وجود، تنوع کاربردهای مدرن آکوستیک امیشن بسیار گسترده‌تر از مواردی است که در استانداردهای موجود توضیح داده شده است. همچنین توسعه استانداردهای جدید فرآیندی طولانی و پیچیده است.

در نتیجه، امروزه بسیاری از برنامه‌های آکوستیک امیشن استاندارد نشده‌اند. یکی از راه‌های غلبه بر این محدودیت، توسعه سیستمی از استانداردهای اصلی آکوستیک امیشن است که طیف وسیعی از جنبه‌های مربوط به آزمایش و نظارت بر سلامت ساختاری **AE** را پوشش می‌دهد. راهنمای کاربردهای آکوستیک امیشن ارائه شده در زیر ملاحظاتی را شرح می‌دهد که باید در طول آزمایش میدانی آکوستیک امیشن یا در فرآیند توسعه استانداردهای **AE** جدید برای سازه های فلزی مورد توجه قرار گیرند.

- **شناخت سازه**

قبل از انجام تست یا پایش سازه‌های فلزی با آکوستیک امیشن، لازم است تمام اطلاعات موجود درباره سازه مورد بررسی را به دست آورید. از جمله:

- عملکرد سازه و طراحی آن شامل نقشه‌های دقیق.
- مواد مورد استفاده، خواص آنها و فرآیندهای ساخت.
- شرایط عملیاتی/استرس/محیطی قبلی و فعلی و عواملی که می‌توانند در ایجاد و توسعه نقص نقش داشته باشند.
- ویژگی های انتشار موج در سازه (حالت های انتشار، سرعت‌ها، ویژگی‌های میرایی و ...).
- نتایج بررسی‌های قبلی **NDT** شامل بررسی‌های بصری و نتایج تحلیل تنش در صورت وجود، سابقه تعمیرات و نتایج تجزیه و تحلیل شکست، ناپیوستگی‌های شناخته شده، عیوب و نشتی در سازه مورد بررسی.
- آمار خرابی سازه‌های مشابه، مکانیسم‌های شکست رایج، محل احتمالی عیوب و میزان مورد انتظار انتشار عیب.
- منابع نویز احتمالی و سایر شرایطی که ممکن است بر تست تأثیر بگذارد.

به دست آوردن اطلاعات فوق برای توسعه روش آزمون مناسب مورد نیاز است، از جمله: انتخاب روش بارگذاری، تنظیمات آزمون، تجهیزات، توسعه معیارهای ارزیابی، ارزیابی قابلیت تشخیص نقص و قابلیت اطمینان آزمون.

– انتخاب سنسور

- محدوده فرکانس سنسور باید بر اساس بررسی ویژگی‌های انتشار موج در سازه مورد بررسی انتخاب شود. برای این منظور، بررسی حالت‌های امواج **AE** که می‌توانند وجود داشته باشند، سرعت و ویژگی‌های میرایی آنها ضروری است. برای هندسه‌های ساده مانند صفحات تخت، می‌توان از راه حل تحلیلی برای پیش‌بینی ویژگی‌های انتشار موج و برای هندسه‌های پیچیده از بسته‌های نرم افزاری عددی مختلف استفاده کرد.
- سنسورهای پهن باند را می‌توان در مواقعی که نیاز به انجام تجزیه و تحلیل مبتنی بر فرکانس سیگنال‌های **AE** به منظور جداسازی فرآیندهای مختلف بر اساس ویژگی‌های فرکانس آنها، برای انجام مکان یابی منبع **AE** پیشرفته و غیره باشد، استفاده کرد.
- موقعیت سنسور با در نظر گرفتن ابعاد و هندسه سازه‌های مورد بررسی تعیین می‌شود. سنسورها باید تا حد امکان نزدیک به جوش های اصلی و لوازم جانبی جوشکاری شده در سازه‌های جوشی قرار گیرند، زیرا معمولاً عیوب در اتصالات جوش ایجاد می‌شود.
- فاصله بین سنسورها توسط تضعیف امواج **AE** در امتداد ساختار، تغییرات هندسی (به عنوان مثال، زانویی، بلوک‌های سه راهی و **V** شکل، شیرها یا سایر لوازم جانبی در سیستم‌های لوله کشی) و ویژگی‌های نویز پس زمینه تنظیم می‌شود.در مناطق با نویز پس‌زمینه بالا و یا متغیر، فاصله بین سنسورها را می‌توان کوتاه کرد تا امکان تشخیص بهتر فراهم شود، که معمولاً هدف اصلی بررسی است.
- هنگامی که از موجبرهای جوش داده شده یا مکانیکی برای نصب سنسورهای **AE** استفاده می‌شود، لازم است اتلاف انرژی موج **AE** در رابط ساختار به موجبر ارزیابی شود. علاوه بر این، حالت‌های موج **AE** به عنوان تابعی از هندسه موجبر تغییر می‌کند و این باید بررسی شود.

- **تأیید عملکرد سیستم**

بررسی عملکرد سیستم باید بلافاصله قبل از آزمون انجام شود. این به این منظور است که اطمینان حاصل شود که سیستم به طور رضایت بخشی برای آزمون آماده شده است. به ویژه، باید بررسی شود که سنسورها به درستی بر روی سازه نصب شده و سطح حساسیت مورد نیاز را حفظ می کنند و شرایطی وجود ندارد که حساسیت و قابلیت اطمینان سیستم را کاهش دهد. در طول آزمون و بلافاصله پس از آن، بررسی عدم تغییر در عملکرد سیستم ضروری است. کانال‌های سیستمی که عملکردی کمتر از حداقل لازم دارند باید تعمیر یا جایگزین شوند.

- **آزمون آکوستیک امیشن**

یک روش آزمون بهینه در نظر گرفته می‌شود که حداکثر احتمال نشان‌دهنده نقص/عیب و تشخیص و در عین حال به حداقل رساندن یافته‌های منفی کاذب را تضمین کند. این امر می تواند با اعمال شرایط بارگذاری مناسب، تجهیزات و روش‌های مناسب جمع آوری داده‌ها و تجزیه و تحلیل داده‌ها محقق شود.

- **شرایط بارگذاری/عملیاتی برای انجام آزمون AE** : شرایط بهینه برای انجام آزمون شرایطی در نظر گرفته می‌شود که در آن نقص/عیوب به طور طبیعی در ساختار مورد بررسی منشأ می‌گیرد و ایجاد می‌شود. بنابراین، انجام آزمایشات **AE** در شرایط بار عملیاتی و تنش کامل سازه توصیه می‌شود.

  در موارد خاصی، ممکن است نیاز باشد که آزمون تحت تنش‌های بالاتر از تنش‌های عملیاتی معمولی، انجام شود، برای مثال، زمانی که مدت آزمون کوتاه است و محرک‌های اضافی برای تشدید توسعه نقص ضروری است یا زمانی که سازه به طور دوره‌ای تحت فشارهای بیش از حد دینامیکی بالاتر از عملیات عادی قرار می‌گیرد.

  از آزمون **AE** می توان برای شناسایی مسائل ساختاری استفاده کرد. این قابلیت ها را می‌توان با توجه به بررسی انجام شده تحت عملیات واقعی سازه ارائه کرد. به عنوان مثال، در مورد **steam piping**، می‌توان مسائل مربوط به شوک‌های حرارتی، نشتی سوپاپ، خرابی دریچه، نوسانات و تلاطم بخار، عملکرد نامناسب هنگرها ، سیستم های نگهدارنده، ضربه، اصطکاک ناشی از تداخل لوله‌ها و حوادث ناشی از آن را آشکار کرد.

- **زمان آزمون** : مدت زمان آزمون بر اساس احتمال تشخیص عیب تنظیم می‌شود. احتمال تشخیص عیب به مکانیسم‌های خرابی، تنظیمات آزمون، تکنیک‌های تشخیص ، ویژگی‌های نویز پس‌زمینه، شرایط استرس و سایر عوامل بستگی دارد. مدت زمان آزمون باید به گونه ای باشد که حداقل ۶ سیگنال مربوط به کمترین نشانه نقص فعال در شرایط خاص نویز پس زمینه **AE** با استفاده از سیستم خاص و تنظیمات آزمون شناسایی شود. بنابراین، برای مثال، در مناطقی با نویز پس‌زمینه بالا و/یا با آستانه‌های بالا، ممکن است به

زمان‌های طولانی‌تری نیاز باشد. برای دستیابی به نتایج ثابت و معتبر آماری در صورت تنش متغیر یا شرایط نویز **AE** بالا/نوسان، مدت آزمون باید افزایش یابد.

- **مدیریت نویز** : سازه‌ها می‌توانند تحت نویز پس زمینه **AE** قوی و متغیر (به عنوان مثال، ماشین آلات دوار، لوله‌های فرآیند و راکتورها) کار کنند. این یکی از چالش‌های اصلی آزمون **AE** است. در موارد خاص، تغییرات جزئی در عملکرد ساختار می تواند به طور قابل توجهی نویز پس زمینه **AE** را کاهش دهد. به عنوان مثال، بسته شدن موقت یا تثبیت جریان می تواند به میزان قابل توجهی نویز پس زمینه را کاهش دهد. رویکردهای ممکن برای کاهش نویز پس زمینه را می‌توان با اپراتور سازه در میان گذاشت و هر زمان که قابل قبول و عملی باشد، اجرا شود. روش‌های دیگر برای مدیریت اثر نویز بر عملکرد آزمون، انتخاب تجهیزات بهینه، راه اندازی سیستم و روش های جمع آوری داده‌ها و تجزیه و تحلیل داده‌ها است.
- **تنظیمات سیستم**
  - **محدوده فرکانس**: محدوده فرکانس برای انجام بررسی **AE** باید با انتخاب سنسورها، ویژگی های پیش تقویت کننده و شرایط نویز مطابقت داشته باشد. در مورد نویز بالای پس زمینه، محدوده فرکانس بالا گذر را می‌توان افزایش داد. با این وجود، این ممکن است به کوتاه کردن فاصله بین سنسورها به دلیل افزایش تضعیف نیاز داشته باشد. هر گونه افزایش در فرکانس بالاگذر باید با تجزیه و تحلیل تضعیف و تشخیص سیگنال‌های دامنه و فرکانس هدف تحت شرایط پس زمینه خاص و فاصله سنسورها دنبال شود. مناطقی از سازه با کاهش قابلیت تشخیص یا قابلیت اطمینان به دلیل شرایط نویز بالای پس زمینه یا هر دلیل دیگری باید در گزارش مشخص شود.
  - **تکنیک های تشخیص ضربه**: تکنیک های مختلف تشخیص ضربه، وابسته به آستانه برای سیگنال‌های انفجاری **AE** یا آستانه مستقل برای سیگنال‌های **AE** پیوسته و ترکیب آنها ممکن است برای بررسی ساختار استفاده شود. در میان تکنیک‌های وابسته به آستانه، چندین روش آستانه شناور اغلب برای تشخیص سیگنال‌های انفجاری **AE** استفاده می‌شود. به طور معمول، ضربات با مدت زمان خیلی کوتاه یا خیلی طولانی و تعداد کمی حذف می شوند.

- **داده‌های عملکردی سازه**

بار،فشار،دما یا سایر داده‌های عملیاتی مرتبط را می توان در حین بررسی اندازه گیری کرد یا توسط اپراتور سازه ارائه گردد. این داده‌ها را می‌توان برای تشخیص همبستگی احتمالی بین فعالیت **AE** و شرایط عملیاتی/استرس/محیطی مربوطه استفاده کرد.

- **بررسی چشمی**

بررسی چشمی سازه و متعلقات آن باید در حین بررسی برای هر گونه شرایط غیرعادی یا نقص احتمالی انجام شود. بررسی چشمی ممکن است اطلاعات مستقیم و/یا غیرمستقیم مهمی را در مورد وضعیت سازه، مناطق تحت تنش احتمالی، کمک به تفسیر برخی از فعالیت های **AE** ثبت شده و غیره ارائه دهد. همه یافته‌های غیر طبیعی باید گزارش شوند.

- **تجزیه و تحلیل اولیه**

تجزیه و تحلیل اولیه داده‌های اندازه گیری شده باید در محل آزمون انجام شود تا هر گونه شرایط شدیدی که ممکن است ایمنی سازه مورد بررسی را تهدید کند، آشکار یا رد شود و باید فورا مورد رسیدگی قرار گیرد. اگرچه چنین سناریوهایی نادر هستند، اما هنوز اتفاق می‌افتند و بنابراین نمی‌توان نقش تحلیل اولیه را مورد ارزیابی قرار داد.