

# بازرسی خطوط لوله توسط روش اولتراسونیک کوپل شده با گاز

محمد حسن رستگار زارع

کارشناس ارشد خوردگی و حفاظت از مواد

محدودیت اصلی آن دقت اندازه گیری می باشد. دقت آن در حال حاضر در ۸۰٪ موارد حدود ۱۰٪ ± ضخامت دیواره لوله است. به عنوان مثال اگر MFL تخمین بزند که ضخامت باقیمانده دیواره در ناحیه خورده شده حدود ۵۰٪ ضخامت عادی دیواره لوله است، بدین معنی است که در ۸۰٪ موارد مقدار واقعی فلز باقیمانده بین ۴۰٪ تا ۶۰٪ ضخامت عادی دیواره می باشد. در ۱۰٪ موارد، کمتر از ۴۰٪ ضخامت عادی دیواره و در ۱۰٪ موارد، بیشتر از ۶۰٪ این ضخامت باقی می ماند. در این حالت برای حصول یقین در مورد ضخامت باقیمانده دیواره، حفاریهایی صورت می گیرد که یکی از معیارهای عمومی آن، حفر دو حفره متوالی ( برای تشخیص این که لوله نیازی به تعمیر ندارد) است.

MFL، ترکها را نمی تواند پیدا کند و برای پیدا کردن عیوب طولی نیز مناسب نیست. در فن آوری MFL، مقاومت سیگنال با مقدار فلز از دست رفته تغییر می کند. بنابراین MFL مقدار فلز باقیمانده را که جزئی از اطلاعات بحرانی و مهم به حساب می آید، اندازه گیری نمی نماید. برای تعیین فلز باقیمانده، مقدار فلز از دست رفته از ضخامت عادی دیواره کسر می گردد. روش اولتراسونیک در مقایسه با روش MFL، ضخامت باقیمانده دیواره لوله را مستقیماً اندازه گیری می کند. علیرغم صرف میلیونها دلار در امر تحقیق و توسعه برای پیشرفت در تشخیص ترکهای خطوط لوله گاز و توپکهای اندازه گیری (Pigs)، هیچکدام از این روشها برای بازرسی در یک روال عادی و قابل قبول پذیرفته نشده اند. تنها توپک تشخیص ترکی که بطور موفقیت آمیز جواب داده است، از روش اولتراسونیک در حالت catch/pitch (ارسال-دریافت) برای تشخیص نوک ترک استفاده می کند. اولتراسونیک کوپل شده با گاز نیز می تواند آن فن آوری را برای کاربرد بازرسی خطوط لوله گاز قابل استفاده نماید.

بازرسی اولتراسونیک برای خطوط لوله ای که محصول مایع در درون آن جریان دارد به خوبی جواب می دهد. متأسفانه ترانسدوسرهای استاندارد رانمی توان برای بازرسی خطوط لوله گاز بکار برد زیرا این ترانسدوسرها به یک کوپلانت مایع یا ژل برای دریافت سیگنال برگشتی کافی به منظور اندازه گیری ضخامت دیواره لوله نیاز دارند. با این حال پیشرفتهایی که در فن آوری ترانسدوسر انجام می گیرد باید بتواند نسبت سیگنال به نویز بالایی را فراهم نماید تا امکان اندازه گیری ضخامت دیواره در گاز فشار بالا وجود داشته باشد.

ابزار بازرسی لوله از نوع نشت فلاکس مغناطیسی (MFL)، خسارت وارده به دیواره لوله را در یک خط لوله گاز اندازه گیری می کند اما ضخامت باقیمانده دیواره لوله را که تعیین کننده استحکام باقیمانده لوله است نمی تواند اندازه بگیرد. دقت این ابزار تا ۱۰٪ ضخامت دیواره لوله، محدود بوده و این فن آوری نمی تواند ترکهایی مانند SCC ( ترک خوردن ناشی از خوردگی توام با تنش ) را تشخیص دهد. این محدودیت ۱۰٪ برای بهره برداران خط لوله بدین معنی است که برای اطمینان از تشخیص محللهای شدیداً خورده شده باید حفاریهای بیشتری صورت گیرد. مشکل دیگر آن است که این روش بازرسی توانایی کمی برای مانیتور کردن سرعت پیشرفت خوردگی دارد و نمی تواند در مورد موثر بودن عملیات پیشگیری یا نیاز به عملیات اصلاحی راه حلی ارائه کند.

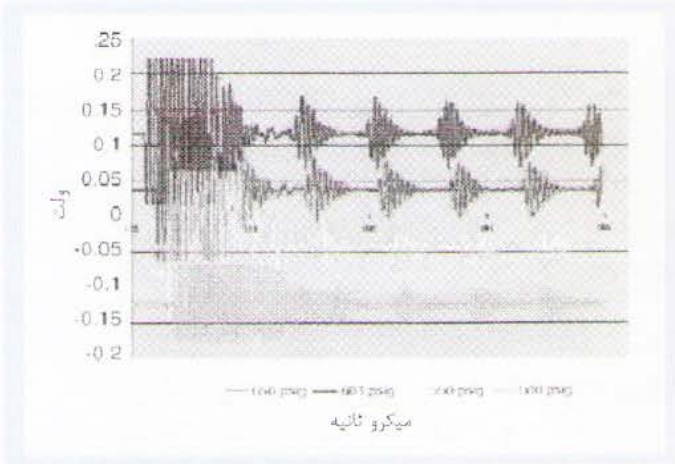
هدف از اندازه گیری خسارت وارده به دیواره لوله آن است که بهره بردار خط لوله باید تعمیرات خویش را براساس حداقل ضخامت مورد انتظار از دیواره لوله در نظر بگیرد و اینکه اندازه گیری واقعی فلز باقیمانده در دیواره را ملاک خود قرار ندهد. بازرسی های اولتراسونیک، ترکها را پیدا کرده و ضخامت باقیمانده دیواره لوله را با دقتی حدود چند درصد اندازه گیری می کنند. با این حال، بازرسی اولتراسونیک خطوط لوله گاز در حال حاضر نیازمند یک کوپلانت (couplant) مایع است. ترانسدوسرهای مخصوص بازرسی در گاز با فشار بالا و روشهای خاص بازرسی می توانند نیاز به کوپلانت مایع را مرتفع کرده و مزایای بازرسی اولتراسونیک را برای خطوط لوله گاز فراهم آورند.

بازرسی اولتراسونیک دقیق ترین روش اندازه گیری عیوب خطوط لوله است. این روش همچنین تنها روشی است که بطور موفقیت آمیزی ترکها را تشخیص داده و آنها را اندازه گیری می کند. بازرسی اولتراسونیک به اندازه کافی دقیق است که بتوان آن را مستقیماً در محاسبات استحکام باقیمانده دیواره لوله توسط آنالیز المانهای محدود یا توسط کدهای قابل دسترس از مقاومت باقیمانده مانند B/G31ASME یا نرم افزارهایی نظیر Rstreng استفاده کرد.

MFL، عمومی ترین روش استفاده شده برای بازرسی خطوط لوله است. این روش از سال ۱۹۶۰ مورد استفاده قرار گرفته و بطور گسترده به عنوان یک روش به صرفه از نظر اقتصادی برای حفظ ایمنی خطوط لوله پذیرفته شده است. ولی با این حال، MFL هنوز دارای محدودیتهایی است.

و حالت جهشی خود را بین دیواره های جلو و عقب حفظ می کنند.

شکل (۲): انعکاس امواج از دیواره های جلویی و عقبی به روش اولتراسونیک کوپل شده با گاز در ورق به ضخامت mm9 به عنوان تابعی از فشار .



دو نوع اصلاح در مورد ترانسدیوسر لازم است. ترانسدیوسر باید طوری طراحی شود که حساسیت آن نسبت به امواج اولتراسونیک با تطبیق خواص آن با خواص انتشار صوت در گاز افزایش یابد و همچنین باید نسبت سیگنال به نویز ( SNR ) خیلی بالایی داشته باشد. برآورد شده است که نسبت سیگنال به نویزی حدود 120 db برای ترانسدیوسرهای فوق لازم است.

نتیجه گیری اولتراسونیک کوپل شده با گاز، یک روش خیلی دقیق و تجارتي قابل دسترس بازرسی خطوط لوله گاز برای اندازه گیری میزان و عمق خوردگی و ضخامت باقیمانده دیواره لوله است. تلاش بیشتر برای پذیرش این روش در تشخیص ترکها و عمق و میزان گستردگی آنها است و برای دستیابی به این اهداف مراحل زیر باید طی شوند:

در مرحله اول، حسگرهای اولتراسونیک کوپل شده با گاز همراه با توپکهای MFL برای اندازه گیری ضخامت کامل دیواره لوله استفاده می شوند. در این حالت، توپک MFL کالیبره شده و ضخامت واقعی دیواره لوله ( به جای ضخامت عادی آن ) را برای محاسبه استحکام باقیمانده لوله اندازه گیری می کند. همچنین تجربه عملیاتی ارزشمندی برای اولتراسونیک کوپل شده با گاز ( با ریسک اندک ) برای نتایج بازرسی خطوط لوله فراهم می آید.

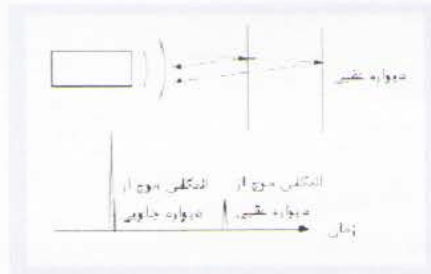
در مرحله دوم، ضخامت باقیمانده دیواره لوله در نواحی خورده شده اندازه گیری می شود. سپس می توان توپک بازرسی اولتراسونیک کوپل شده با گاز را برای یک بازرسی دقیق اولتراسونیک طراحی کرده و تولید نمود.

در مرحله سوم، ترکها مشخص شده و عمق آنها توسط اولتراسونیک کوپل شده با گاز اندازه گیری می شود. سپس می توان توپک تشخیص دهنده و اندازه گیری کننده عمق را طراحی کرده و به مرحله ساخت رساند.

انستیتیوی فن آوری گاز (GTI) تصمیم دارد که این چنین ترانسدیوسرهایی را توسعه داده و از آنها برای اندازه گیری ضخامت باقیمانده دیواره لوله و عمق ترک در خطوط انتقال گاز استفاده کند.

تئوری عملکرد ترانسدیوسرهای اولتراسونیک ترانسدیوسرهای اولتراسونیک، ضخامت ماده را با اندازه گیری زمان طی شده بین انعکاسهای امواج از دیواره های جلویی و عقبی تعیین می کنند. برای اندازه گیری این ضخامت، زمان طی شده ضربدر سرعت صوت در ماده می شود. عمق ترک با اندازه گیری زمان طی شده بین انعکاس موج از دیواره جلویی و انعکاس موج ناشی از نوک ترک بدست می آید.

دو روش برای فرستادن پالسها و تشخیص انعکاسها موجود است. در روش پالس - اکو، تنها یک ترانسدیوسر است که سیگنال را فرستاده و سپس زمان بین انعکاس را اندازه گیری می نماید ( شکل ۱ ). در روش catch/pitch، یک ترانسدیوسر پالسها را فرستاده و ترانسدیوسر دیگری انعکاسها را تشخیص می دهد. هر کدام از این دو روش برای اندازه گیری ضخامت دیواره قابل استفاده هستند. روش catch/pitch برای تشخیص و اندازه گیری ترک بکار می رود. شکل (۱): اندازه گیری ضخامت به روش اولتراسونیک



مشکل اصلی در استفاده از بازرسی اولتراسونیک در گازها بدون یک کوپلانت مایع، آن است که انعکاسهای امواج از دیواره عقبی آنقدر کوچک است که نمی توان آنها را توسط ترانسدیوسرهای استاندارد اولتراسونیک تشخیص داد. به علت عدم تطابق خصوصیات انتشار صوت در گاز طبیعی و فولاد، تقریباً تمام امواج اولتراسونیک از دیواره جلویی لوله منعکس شده و مقدار کمی از سیگنالها به درون دیواره نفوذ می کنند. این حالت با افزایش فشار گاز، تا حد زیادی بهتر می شود به طوری که با ترانسدیوسرهای متداول می توان اندازه گیری های اولتراسونیک را در صدها psi نیز انجام داد.

شکل (۲)، انعکاس امواج اولتراسونیک را از دیواره های جلویی و عقبی یک ورق فولاد خط لوله به ضخامت mm9 در روش اولتراسونیک کوپل شده با گاز نشان می دهد. پالس های بزرگ اولیه، ناشی از انعکاس موج از دیواره جلویی این ورق می باشد. پالس های کوچکتر مربوط به انعکاس یک سری از امواج اولتراسونیک بدام افتاده از دیواره عقبی ورق است. همانگونه که وارد کردن امواج اولتراسونیک به درون ورق با استفاده از گاز به عنوان کوپلانت کار مشکلی می باشد، هنگامی که این امواج وارد ورق می شوند قادر به ترک آن نبوده