

بازرسی جوشهای سر به سر در لوله‌های انتقال نفت با استفاده از آزمون آرایه فازی

مسعود امیر خسرو، کارشناس ارشد مهندسی ایمنی و بازرسی فنی

سینا سوداگر، استادیار دانشگاه صنعت نفت

گروه مهندسی ایمنی و بازرسی فنی، دانشکده نفت آبادان، دانشگاه صنعت نفت،

sodagar@put.ac.ir

چکیده

ارزیابی غیرمخرب جوشهای سر به سر در لوله‌های انتقال نفت بدلیل شرایط کاری ویژه و خسارتهای بسیار سنگین ناشی از تخریب خط لوله در اثر وجود عیب در اتصالات جوش آنها از اهمیت بسیار بالایی در صنعت نفت برخوردار است. در چند دهه اخیر بصورت سنتی از روش پرتونگاری بمنظور بازرسی غیرمخرب این خطوط استفاده شده است. ملاحظات خاص ایمنی در استفاده از این آزمون، هزینه بالای انجام آزمون در بازرسی خطوط لوله انتقال و زمان بالای انجام آزمون، همواره توجه محققان و پژوهشگران این حوزه را به یافتن روش جایگزینی برای آزمون پرتونگاری معطوف نگه داشته است. در سالهای اخیر آزمون فراصوتی آرایه فازی بعنوان روشی قابل اعتماد جهت جایگزینی آزمون پرتونگاری مورد توجه بسیاری از بازرسان فنی قرار گرفته است. در این مقاله با انجام آزمون آرایه فازی بر روی جوش سر به سر در یک لوله ۱۲" دارای عیوب مختلف جوش، امکان ارزیابی غیرمخرب عیوب جوش خطوط لوله با استفاده از این دو روش مورد بررسی و مطالعه قرار می‌گیرد.

مقدمه

با این وجود، علیرغم خطرات بسیار پایین این روش در مقایسه با آزمون پرتونگاری و هزینه بسیار اندک استفاده از آن، بدلیل سرعت پایین، نیاز به مهارت بالا در انجام آزمون و عدم وجود روشهای دقیق در اندازه‌گیری عیوب، روشها و تکنیکهای سنتی فراصوتی عملاً جایگزین مناسبی برای آزمون پرتونگاری در بازرسی جوشهای خطوط لوله انتقال نفت و گاز نبودند. با ارائه تکنیک زمان پرواز پراش (ToFD) در دهه ۱۹۷۰ و توسعه تکنولوژی آرایه فازی (Phased Array) در دهه ۱۹۹۰، استفاده از آزمون فراصوتی و تکنیکها و تکنولوژیهای گسترش یافته آن مورد توجه محققین و صنعتگران قرار گرفت [۲، ۳]. رشد چشمگیر این تکنیکها و تکنولوژیها در سالهای اخیر و مزیت‌های بسیار آنها در مقایسه با روشهای سنتی نظیر آزمون پرتونگاری عملاً این روشها را بعنوان جایگزین این روشهای سنتی مطرح نموده است [۴، ۵]. با این وجود، همانگونه که پیشتر بیان شد، همواره باید توجه داشت که بدلیل حساسیت بسیار بالای شرایط کاری در این خطوط با توجه به فشار بالا و هزینه‌های بالای جانی و مالی در صورت رخداد حادثه، جایگزینی روشهای مورد استفاده در بازرسی با روشهای نوین باید با مطالعه و بررسی دقیق و همه جانبه صورت گیرد [۶]. در این مقاله، با انجام آزمون فراصوتی آرایه فازی بر روی یک نمونه جوش سر به سر (Girth-weld) یک خط لوله انتقال ۱۲" که با استفاده

بازرسی اتصالات جوش در خطوط لوله انتقال نفت و گاز، بدلیل احتمال وجود عیوب مختلف، حجم بالای جوشکاری در این خطوط و خسارتهای سنگین ناشی از گسترش این عیوب، یکی از چالشهای بزرگ در صنایع نفت و گاز بشمار می‌رود. همچنین استفاده از روشهای بازرسی با بازده پایین بدلیل حجم بالای بازرسی مورد نیاز برای یک خط لوله عملاً موجب اتلاف زمان و هزینه‌های بسیار سنگین در پروژه‌های خط لوله در زمان ساخت و نگهداری می‌شود. با وجود ارائه روشهای نوین بازرسی در دهه اخیر، وجود شرایط کاری بسیار حساس نیاز به مطالعه دقیق روشهای جایگزین جدید را با روشهای سنتی ارزیابی غیرمخرب این سازه‌ها ایجاب می‌کند.

بصورت سنتی آزمون پرتونگاری (Radiography) یکی از اصلی‌ترین روشهای غیرمخرب در بازرسی خطوط لوله انتقال نفت و گاز بشمار می‌رود [۱]. با وجود قابلیت‌های بالای این روش، بدلیل هزینه بالای انجام آزمون و خطرات استفاده از پرتوهای رادیواکتیو و نیاز به رعایت شرایط ایمنی بالا، محققان همواره بدنبال روشهای جایگزین بازرسی جوش در خطوط لوله بوده‌اند. با توسعه و پیشرفت تکنولوژی تجهیزات آزمون فراصوتی و گسترش کاربرد آن در بازرسی جوش، تلاشی برای استفاده از این روش در بازرسی خطوط لوله انجام شد.

روش SMAW جوشکاری شده است، انجام شده است. پیش از انجام تستهای آرایه فازی با استفاده از دستگاه مختصات یاب، کالیبراسیون دستگاه بر روی یک بلوک کالیبراسیون استاندارد در سه مرحله انجام می‌شود:

- ۱- کالیبراسیون عمق (Depth Calibration)
- ۲- کالیبراسیون فاصله سطح از پروب (Surface Distance Calibration)
- ۳- کالیبراسیون مختصات یاب (Encoder calibration)

برای بیان بهتر نتایج حاصل از آزمون آرایه فازی، مطابق شکل (۲)، محیط لوله به چهار قسمت تقسیم شده و نتایج بدست آمده از آزمون برای هر قسمت بصورت جداگانه مورد بررسی قرار گرفته است. همانگونه که در شکل (۳) نشان داده شده است، برای انجام آزمون، پروب به موازات خط مرکزی جوش و با فاصله ۷۰ mm از خط مرکزی جوش مطابق شکل (۳) حرکت داده می‌شود.

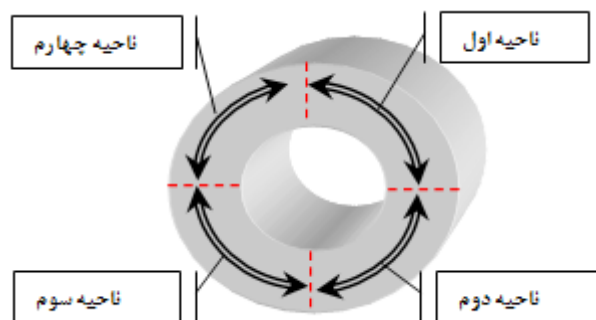
از روش SMAW جوشکاری شده است، نتایج بدست آمده با مقایسه با نتایج حاصل از آزمون پرتونگاری، مورد مطالعه و ارزیابی قرار خواهد گرفت. لازم بذکر است که آزمونهای آرایه فازی انجام شده در این تحقیق بر اساس کد ASME انجام گرفته است.

تجهیزات آزمایشگاهی

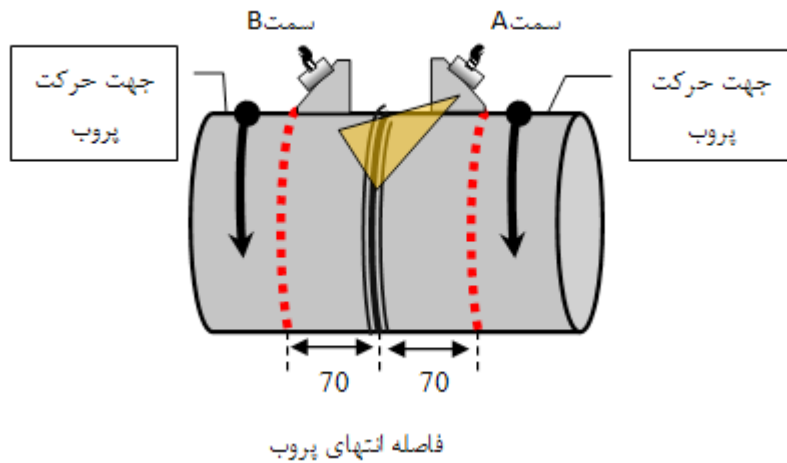
بمنظور انجام تستهای فراصوتی آرایه فازی از یک دستگاه فرستنده و گیرنده آرایه فازی ۳۲ کاناله استفاده شده است. بدین منظور از پروبهای با فرکانس ۵ MHz، که دارای ۳۲ المان فعال با گام ۱ mm و فاصله المانی ۰.۵ mm بهره گرفته شده است. پهنای المانهای پروب برابر ۱۵ mm بوده و برای تولید امواج عرضی از یک کفشک ۳۵° استفاده شده است. همچنین تعیین محل دقیق عیوب با استفاده از نقطه مرجع یک مختصات یاب تک محوره (Encoder) انجام شده است. تستهای آرایه فازی بر روی یک لوله بدون درز ۱۲" با ضخامت ۲۰ mm، مطابق شکل (۱)، دارای یک جوش سربه‌سر با زاویه پخ ۶۰° دارای عیوب مصنوعی قرار داده شده در جوش، که با استفاده از



شکل (۱): لوله انتقال ۱۲ اینچ دارای جوش سر-به-سر و نمایی از دستگاه آرایه فازی



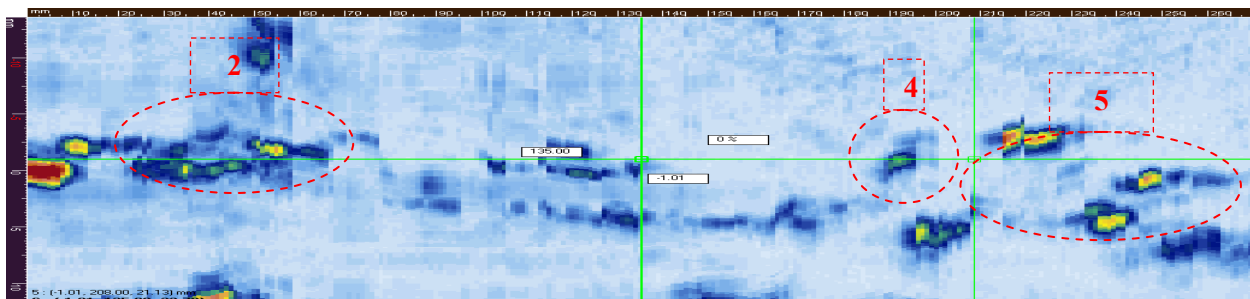
شکل (۲): تقسیم بندی محیط لوله جهت انجام آزمون



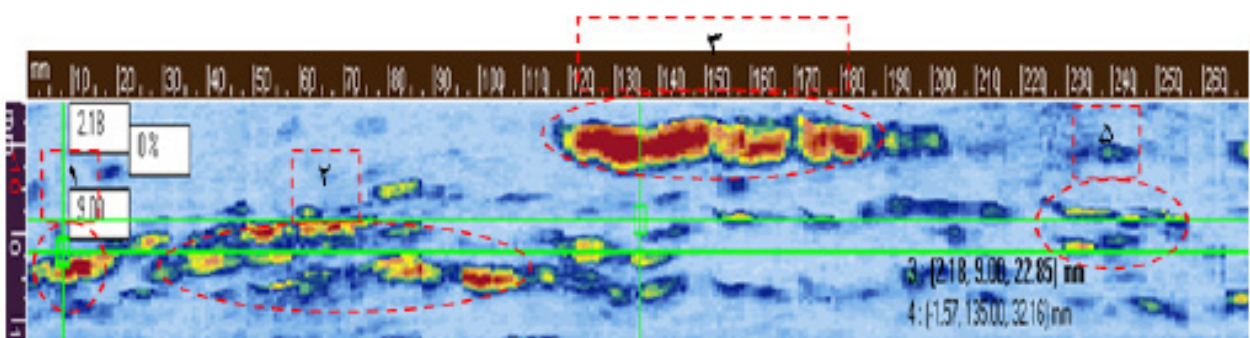
شکل (۳): موقعیت قرارگیری پروب در دو طرف جوش و مسیر حرکت آن

است. در شکل‌های (۴) و (۵) نتایج بدست آمده از نمای بالا (Top view) در این آزمون در بازرسی از سمت A و سمت B جوش نشان داده شده است. همچنین در شکل (۶) تصویر روبش قطاعی (S-Scan) مربوط به این ناحیه از جوش لوله در محل عیوب موجود در جوش نشان داده شده است.

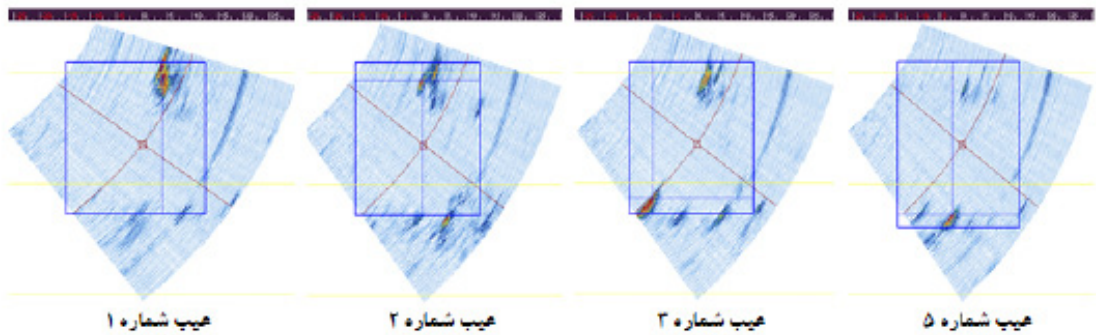
نتایج آزمایشگاهی و نتیجه‌گیری
بمنظور مطالعه نتایج حاصل از آزمون‌های فراصوتی آرایه فازی و پرتونگاری برای بازرسی جوش سر-به-سر نشان داده شده در شکل (۱)، ابتدا با حرکت پروب در ناحیه اول، تست آرایه فازی برای این ناحیه از دو سمت جوش مطابق شکل (۳) انجام شده



شکل (۴): نتایج حاصل از تست آرایه فازی جوش لوله از سمت A در ناحیه اول



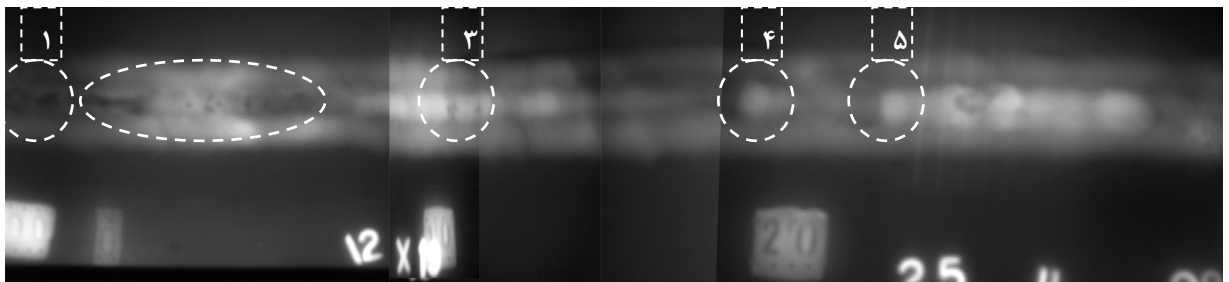
شکل (۵): نتایج حاصل از تست آرایه فازی جوش لوله از سمت B در ناحیه اول



شکل (۶): تصاویر روبش قطاعی از عیوب ۱، ۲، ۳ و ۵ در ناحیه اول

آرایه فازی به سختی قابل تشخیص می‌باشد. همچنین می‌توان مشاهده نمود که عیب شماره ۳ ریشه جوش که در شکل (۴) در تست آرایه فازی از سمت B و تصویر پرتونگاری قابل مشاهده است، در تصویر (۳) از سمت A عملاً قابل مشاهده نخواهد بود.

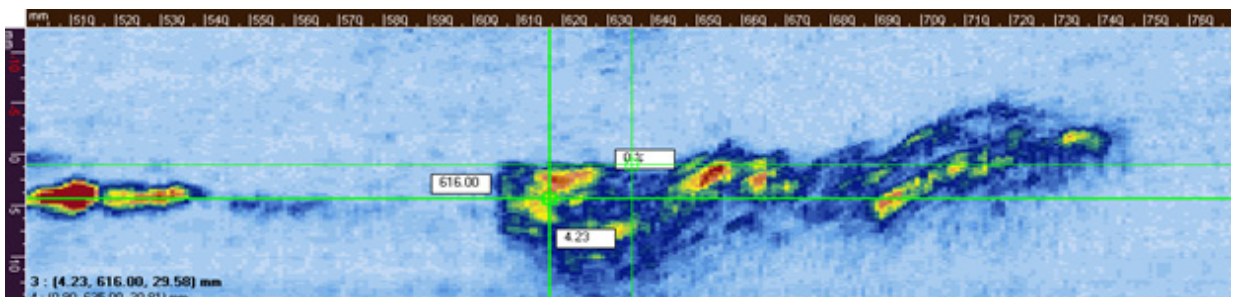
با مقایسه نتایج حاصل از روش آرایه فازی در بازرسی ناحیه اول جوش در شکل‌های (۴)، (۵) و (۶) و تصویر حاصل از آزمون پرتونگاری که در شکل (۷) نشان داده شده است، مشاهده می‌شود که عیب شماره ۴ که در تصویر پرتونگاری قابل مشاهده است، با وجود انجام بازرسی از هر دو سمت جوش در آزمون



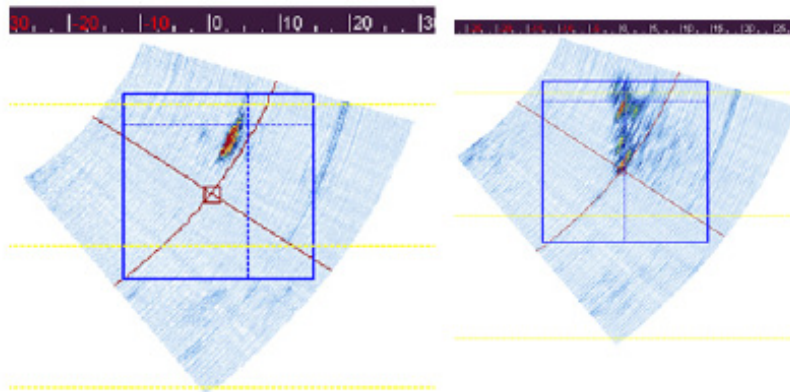
شکل (۷): تصویر پرتونگاری جوش از ناحیه اول

ذوب دیواره و ترک می‌باشد. شکل (۹) را ببینید. همانگونه که ملاحظه می‌شود اگر چه این عیوب در آزمون آرایه فازی به سادگی قابل تشخیص می‌باشند، با این وجود در تصاویر بدست آمده از آزمون پرتونگاری جوش در ناحیه سوم، شکل (۱۰) تشخیص این عیوب بسیار دشوار است.

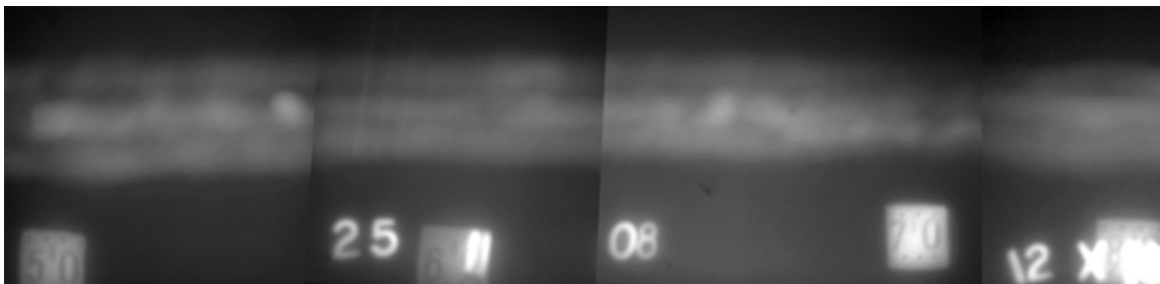
در شکل (۸) نتایج نمای از بالا در آزمون آرایه فازی از ناحیه سوم جوش لوله نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود نتایج حاصل از آزمون آرایه فازی نشان دهنده دو دسته عیب در این ناحیه می‌باشد که بررسی تصویر روبش قطاعی در محل این عیوب، نشان می‌دهد که این علائم مربوط به عدم



شکل (۸): نمای از بالا در آزمون آرایه فازی جوش لوله از سمت A در ناحیه سوم



شکل (۹): روبش قطاعی از عیوب موجود در ناحیه سوم



شکل (۱۰): تصویر پرتونگاری جوش از ناحیه سوم

جمع بندی

بررسی نتایج بدست آمده از آزمایشات انجام شده نشان می‌دهد در جایگزینی روش آرایه فازی در بازرسی غیرمخرب جوشهای سر - به - سر خطوط لوله با آزمون پرتونگاری، اگر چه موجب افزایش سرعت آزمون و کاهش هزینه انجام خواهد گردید، با این وجود این آزمون همانند روشهای سنتی آزمون فراصوتی در بازرسی جوش نیازمند انجام بازرسی از دو طرف جوش خواهد بود. همچنین در آزمون آرایه فازی نیز دسته‌ای از عیوب قابل

تشخیص نبوده و یا به سختی تشخیص داده می‌شوند. این مسئله که با بررسی‌های انجام شده برای روشهای سنتی آزمون فراصوتی نیز مطابقت می‌کند، برای دسته متفاوتی از عیوب در آزمون پرتونگاری نیز قابل بیان است. لذا می‌توان نتیجه گرفت استفاده از روش آرایه فازی اگر چه قابلیت‌های ویژه‌ای در بازرسی جوش خطوط لوله فراهم می‌نماید، با این وجود جایگزینی آن برای آزمون پرتونگاری برای دسته مشخصی از عیوب جوش و با شرایط معین امکان پذیر خواهد بود.

۱. Hellier, Charles, "Handbook of Non-destructive Evaluation", ۲nd edition, McGraw-Hill, ۲۰۰۱.
۲. Introduction to Phased Array Ultrasonic Technology Applications, Olympus NDT, ۲۰۰۷.
۳. Advances in Phased Array Ultrasonic Technology Applications, Olympus NDT, ۲۰۰۷.
۴. Moles, Michael, "Special Phased Array Applications for Pipeline Girth Weld Inspections", ECNDT, Berlin, Germany, ۲۰۰۶.
۵. Moles, Michael, "Developments in Ultrasonic Phased Array Pipeline Weld Inspections", ECNDT, Berlin, Germany, ۲۰۰۶.
۶. Armitt, Tim, "Phased Arrays Not the Answer to Every Application", ECNDT, Berlin, Germany, ۲۰۰۶.