مقاله

معاینهٔ رادیوگرافی لوله‌ها

علی شیرافکن*
کارشناس ارشد مهندسی مکانیک
alishirafkan63@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۵/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۹/۲۴

چکیده

لوله‌های دارای جوش قوسی غوطه‌ور طولی[1] مورد استفاده در انتقال نفت و گاز در معرض شدیدترین مشکلات ایمنی قرار دارند. به‌منظور ارتقاء فرایند تست غیرمخرب، یوروپایپ[2] به‌عنوان تولیدکنندهٔ لوله‌هایی با قطر بزرگ برای صنایع نفت و گاز به سرمایه‌گذاری در فناوری معاینهٔ دیجیتال با پرتوی ایکس پرداخته است که به‌موجب آن، این روش جایگزین فیلم‌های پرتوی ایکس خواهد شد. سیستم جدید شامل دو محفظهٔ پرتوی ایکس مجزاست تا با جریان محصول در لوله منطبق شود. در هر محفظه دو آرایه از گیرنده‌های دیجیتال و دو لامپ پرتوی ایکس نصب شده است. این سیستم جایگزین سیستم قدیمی متشکل از سه محفظهٔ پرتوی ایکس با دوازده لامپ پرتوی ایکس شده است. این سیستم نتیجهٔ تحقیقات و آزمایش‌های درازمدت در زمینهٔ معاینه با پرتوی ایکس می‌باشد و از جمله نخستین نمونه‌های اجراشده از این فناوری در یک شرکت تولید انبوه لوله‌های بزرگ به‌صورت خودکار است.

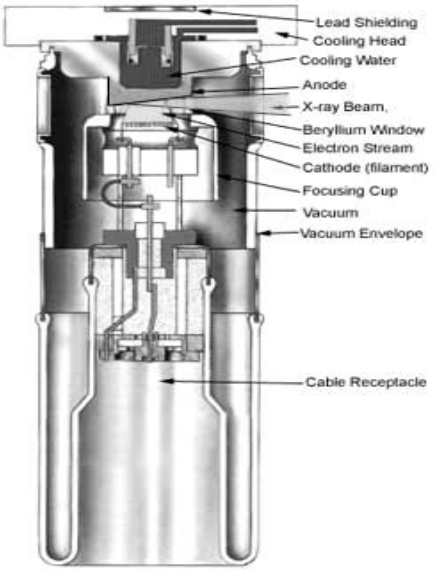
واژگان کلیدی: آزمون رادیوگرافی، جوش قوسی غوطه‌ور طولی، دیجیتال

۱. مقدمه

به استفاده از امواج گاما و ایکس برای بررسی مواد و تشخیص عیوب محصولات اصطلاحاً آزمون رادیوگرافی گفته می‌شود. در این روش اشعهٔ ایکس یا رادیواکتیو، که قابلیت نفوذ در بسیاری از مواد را دارد، به‌سمت قطعه هدایت می‌شود و پس از عبور از آن روی فیلم منعکس می‌شود (شکل ۱). ضخامت و مشخصه‌های داخلی سبب می‌شود نقاطی در فیلم تاریکتر یا روشن‌تر دیده شوند. امواج گاما و ایکس تابش‌های الکترومغناطیسی با طول موج کوتاه می‌باشند که می‌توانند در مواد نفوذ کنند. این تابش‌ها در عبور از ماده جذب یا میرا می‌شوند که میزان آن به ضخامت، عدد اتمی و چگالی ماده بستگی دارد.

یک تصویر رادیوگرافی معمولاً از جوش، از طریق گذراندن اشعهٔ ایکس یا گاما از درون قسمت جوش شده و برخورد این اشعه با یک فیلم رادیوگرافی ایجاد می‌شود. صفحه‌های رادیوگرافی تصاویر نگاتیوی تولید می‌کنند که معمولاً توسط بازرسان ذیصلاح و با استفاده از یک دستگاه بازبینی مورد بازرسی قرار می‌گیرد. در این روش از قطعات و قسمت‌های نازک‌تر، تابش بیشتری عبور می‌کند پس روی

فیلم عکاسی (شکل ۲) تاریکتر می‌شوند. این عکس با مقایسه با یک طرح معین از آن شئ مورد نظر و مشاهده تشابه‌ها و تفاوت‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد [۱].



شکل ۱. دستگاه آزمون رادیوگرافی

شکل ۲. فیلم رادیوگرافی

سازه‌های جوش‌شده اغلب باید به‌صورت غیرمخرب آزمایش شوند. آزمایش رادیوگرافی یکی از روش‌های متداول ارزیابی غیرمخرب در بازرسی کیفیت اتصالات جوشی است. امروزه سیستم‌های رادیوگرافی فوری (رادیوسکوپی) در اختیارند که داده‌های دیجیتال را مستقیماً فراهم می‌کنند و امکان تفسیر تصاویر در حالت دینامیکی و در همان حالی‌که تشعشع از درون شیء عبور داده می‌شود را ایجاد می‌کنند [۴].

بزرگترین خط تولید (خط ۱۸ متری) شرکت یوروپایپ در مولهایم در ناحیهٔ روهر آلمان واقع شده است. در این محل روزانه تا بیش از ۱۰۰۰۰ متر لولهٔ خطی تولید می‌شود. کارخانهٔ مولهایم به‌منظور پیشبرد بیشتر جایگاه پیشتاز خود به سرمایه‌گذاری در زمینهٔ فناوری معاینهٔ دیجیتال با پرتوی ایکس مبادرت نموده و آن را کاملاً جایگزین روش استفاده از فیلم پرتوی ایکس کرده است. طرح فرضی این سیستم باعنوان ایی. فلوراد[۳] (پرتونگاری بدون فیلم پس از انبساط) توسط یوروپایپ و با همکاری مؤسسهٔ تحقیقاتی اس. زد. ام. اف.[۴] تهیه شد.

۲. اهداف تغییر سیستم از پرتونگاری با فیلم به پرتونگاری دیجیتال

اهداف ذیل برای انتقال از سیستم پرتونگاری با فیلم به پرتونگاری دیجیتال تعریف شده‌اند:

۱. اجتناب از عکس‌های تکراری لازم مثلاً به‌علت خراش روی فیلم
۲. اجتناب از مواد شیمیایی لازم برای تهطهٔ عکس‌ها و هزینه‌های مربوط به ارائهٔ مناسب آنها
۳. تمامی اسناد مربوط به لوله‌ها باید به‌صورت دیجیتال و در تمام قسمت‌های کارخانه در دسترس باشند
۴. پیشبرد کلی عملیات تست غیرمخرب از طریق مدیریت دیجیتال تمامی اسناد در مرحلهٔ ترخیص لوله‌ها
۵. بایگانی طولانی‌مدت و خودکار تمامی اسناد شامل تصاویر پرتوی ایکس
۶. کاهش تعداد لامپ‌های پرتوی ایکس (چهار لامپ در دو محفظه به‌جای دوازده لامپ در سه محفظه)
۷. افزایش اعتبار ارزیابی با بهینه‌شدن شرایط بازدید و به‌کمک ارزیابی خودکار

پیچیدگی این اهداف آشکار می‌سازد که رسیدن به آنها تنها از طریق اصلاح چیدمان محفظه‌های پرتوی ایکس غیرممکن بوده است. کل عملیات تست غیرمخرب بایستی از نو مورد ملاحظه و تنظیم قرار می‌گرفت.

۳. ملزومات معاینه با پرتوی ایکس در یک کارخانهٔ نورد لوله

۳-۱. ملزومات کلی

چون لوله‌های دارای جوش قوسی غوطه‌ور طولی معمولاً برای انتقال مواد قابل اشتعال استفاده می‌شوند، ملزومات و مقررات آنها در مورد تست غیرمخرب بسیار سختگیرانه است. درز جوش کامل، معمولاً با یک سیستم معاینهٔ فراصوتی خودکار مورد بازرسی قرار می‌گیرد. هر علامت یافت‌شده توسط سیستم UT باید با معاینه توسط پرتوی ایکس بررسی شود. همچنین هر دو سر لوله نیز باید همواره با پرتوی ایکس مورد معاینه قرار گیرند.

۳-۲. ابعاد لوله

لوله‌های تولیدشده در کارخانهٔ مولهایم در بازهٔ ابعادی جدول ۱ می‌باشند.

جدول ۱. مشخصات ابعادی لوله [۲]

طول	قطر بیرونی	ضخامت دیواره
۹ تا ۱۸/۳ متر	۶۱۰ تا ۱۵۲۴ میلی‌متر	۸ تا ۵۰ میلی‌متر

۴. شرح فنی سیستم ایی. فلوراد

۴-۱. گیرنده، لامپ پرتوی ایکس و هندسهٔ سیستم

مشخصات گیرنده (ردیاب)، لامپ پرتوی ایکس و هندسهٔ سیستم در جدول ۲ ذکر شده است [۳].

۴-۲. چیدمان محفظه‌های پرتوی ایکس و روش معاینه

طرح کلی محفظهٔ پرتوی ایکس در شکل ۳ نمایش داده شده است. لوله - که روی یک تیرک یک‌سر گیردار قرار گرفته است - توسط یک میز چرخدار به‌درون محفظه برده می‌شود. درب محفظه (در شکل نمایش داده نشده است) بسته می‌شود و انتهای آزاد تیرک مهار می‌شود (در شکل نمایش داده نشده است) تا از ارتعاش آن جلوگیری شود. لوله به موقعیت ساعت ۱۲ گردانده می‌شود. ردیاب‌هایی درون تیرک نصب شده‌اند و لامپ‌های اشعهٔ ایکس به‌طور خودکار به محل‌های معاینه حرکت می‌کنند و تصاویر حاصل از آنها ثبت می‌شود. وقتی عملیات معاینه به انتها می‌رسد، لوله از محفظه بیرون آورده می‌شود. این عملیات به‌طور خودکار انجام می‌گیرد. برای هر تصویر ثبت‌شده، یک فایل پیوست ایجاد می‌شود که کل فرایند معاینه شامل تمامی پارامترهای اشعهٔ ایکس و داده‌های مربوط به لوله را ثبت می‌کند.

در شکل ۴ تصویری از یک محفظهٔ اشعهٔ ایکس همراه با یک لوله، یک تیرک و دو حامل لامپ‌های اشعهٔ ایکس بر بالای لوله نمایش داده شده است. وقتی نوبت به معاینهٔ انتهای لوله برسد، ورقه‌های سربی به‌صورت پنوماتیک به دو سر لوله متصل می‌شوند تا از گیرنده‌ها محافظت کنند.

۴-۳. سیستم اطلاعات پرودیس[۵]

پرودیس یک سیستم اطلاعاتی است که در یوروپایپ استفاده می‌شود و مسیر هر لوله را در تمام طول خط تولید کنترل و پیگیری می‌کند. بنابراین با تغییر کاربرد از گیرنده‌های فیلمی به گیرنده‌های دیجیتال، امکانات جدید مدیریت اسناد دیجیتال به پرودیس اضافه شدند.

۴-۳-۱. پرودیس و عملیات معاینه

وقتی لوله به مقابل محفظهٔ اشعهٔ ایکس می‌رسد، پرودیس تمام اطلاعات مورد نیاز برای عملیات معاینه را به سیستم ایی. فلوراد ارسال می‌کند که این عملیات را به‌کمک یک کنترلر منطقی برنامه‌پذیر[۶] انجام می‌دهد. اصل تصاویر و فایل‌های پیوست آنها در سیستم ذخیرهٔ گروه رایانه‌های ایی. فلوراد ذخیره می‌شوند.

۴-۳-۲. پرودیس، ایی. فلوراد و فرایند ارزیابی تصویر

پرودیس همواره فهرستی از تمام تصاویر ثبت‌شده را نگه می‌دارد. واحد ارزیابی در پایانهٔ پرودیس خود، لوله‌ای را

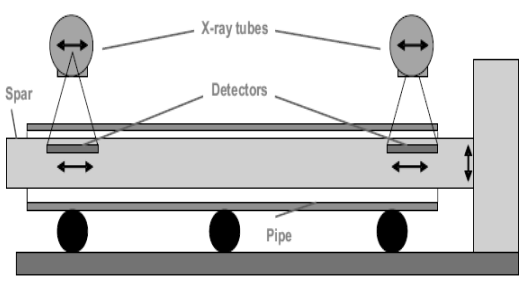
انتخاب می‌کنند و بلافاصله قادرند فهرستی از تصاویر آماده برای ارزیابی را مشاهده کنند. آنها در پایانهٔ خود تصویری را انتخاب می‌کنند و آن تصویر به‌طور خودکار روی پایگاه ارزیابی تصاویر همراه با ایی. فلوراد نمایش داده می‌شود.

۵. سیستم رایانه‌ای ایی. فلوراد

سیستم رایانه‌ای ایی. فلوراد یک گروه کاملاً اضافی از سرورهای قابل اطمینان اوپن وی. ام. اس.[۷] است که تمامی آنها به صورت اضافی به یک سیستم مشترک ذخیرهٔ کارآمد RAID-1 با کانال فیبری متصل می‌شوند. ایی. فلوراد از طریق تی. سی. پی. آی. پی.[۸] به پرودیس، به پی. ال. سی. های کنترل دستگاه‌های محفظه‌های اشعهٔ ایکس و به سیستم بایگانی درازمدت دوکاس[۹] متصل می‌شود. به‌علاوه، تعداد نامحدودی پایانه‌های ارزیابی تصاویر می‌توانند از طریق تی. سی. پی. آی. پی. به سیستم ایی. فلوراد وصل شوند. بنابراین، کارشناسان ارزیابی تصاویر، مهندس مسئول تست غیرمخرب، بازرسان خارج از شرکت یا هر فردی در داخل کارخانه که حق مشاهدهٔ تصاویر اشعهٔ ایکس را دارد می‌تواند تحت مقرراتی تصاویر دسترسی داشته باشد.

٦. سیستم بایگانی دوکاس

ایی. فلوراد این ظرفیت را دارد که تمامی تصاویر را برای چند ماه در محل خود ذخیره کند. تصاویر برای ذخیرهٔ درازمدت به یک سیستم بایگانی مازاد به نام دوکاس فرستاده می‌شوند. این سیستم از دو سیستم مشابه تشکیل شده است که به دستگاه‌های خودکار ذخیرهٔ نواری مجهز شده‌اند و در نقشهٔ اولیهٔ مولهایم در دو ساختمان متفاوت قرار داده شده‌اند تا بیشترین حد ایمنی در برابر حوادث تأمین شده باشد. کل فرایند ذخیره‌سازی نیز به‌صورت کاملاً خودکار صورت می‌گیرد. صحت اطلاعات با استفاده از معیاری مقایسه‌ای، که به‌طور مستقل روی پرودیس و دوکاس ذخیره می‌شود، تأمین می‌شود. اگر تصاویری به‌صورت برون‌خطی مورد نیاز باشند، به‌طور خودکار از دوکاس روی ایی. فلوراد ذخیره می‌شوند.



شکل ۳. طرح اولیهٔ دستگاه [۳]

۷. نتیجه‌گیری

این دستگاه به‌طور عادی تمامی ملزومات تعریف‌شده برای فیلم‌های اشعهٔ ایکس را برآورده می‌کند. ایی. فلوراد با امتیاز قابلیت دسترسی مستقیم به تصاویر دیجیتال، کل عملیات تست غیرمخرب را بهبود می‌بخشد. تمامی گزارش‌های مربوط به لوله نظیر گزارش ایستایی و تصاویر اشعهٔ ایکس مستقیماً از طریق شبکه قابل دستیابی می‌باشند که این امر امکان ارتباط آسان میان بازرسان درجهٔ سوم و واحد تست غیرمخرب را فراهم می‌سازد. تمامی اطلاعات حداقل برای دوازده سال ذخیره می‌شوند و ظرف چند دقیقه قابل دستیابی می‌باشند. تغییر روش به پرتونگاری بدون فیلم برای یوروپایپ موفقیتی بزرگ بوده است. در هزینه‌های سالانهٔ قابل توجه مربوط به فیلم‌ها صرفه‌جویی شده است. تعداد تکرار عکسبرداری‌ها به نصف کاهش یافته است. دیگر نیازی به قراردادهای نگه‌داری دستگاه‌های ظهور فیلم و مواد شیمیایی زیانبار نیست. عملیات نابودسازی جلد فیلم‌ها و بایگانی‌سازی پرهزینهٔ فیلم‌ها منسوخ شده است.

شکل ۴. تصویری از یک محفظهٔ اشعهٔ ایکس همراه با یک لوله [۳]

جدول ۲. مشخصات گیرنده (ردیاب)، لامپ پرتوی ایکس و هندسهٔ سیستم

نوع گیرنده	Varian Paxscan 2520 بایک صفحهٔ مولد جرقهٔ Gadox
ابعاد گیرنده	۳۲۸×۲۶۷ میلی‌متر
ابعاد قسمت پیکسلی	۲۴۴×۱۹۴ میلی‌متر
فاصلهٔ پیکسلی	۱۲۷ میکرومتر
وضوح حد خاکستری	۱۲ بیت
انرژی گیرنده	۱۵۰ کیلو الکترون ولت
حداکثر انرژی لامپ پرتوی ایکس	۳۲۰ کیلو الکترون ولت
حداکثر توان تولیدی با نقطهٔ کانونی کوچک	۹۶۰ وات
خطای هندسی مونتاژ دستگاه	کمتر از ۰/۲۵ میلی‌متر

۸. مآخذ

[۱] ریاحی، محمد، محمد فرجی. *معرفی اصول آزمون‌های غیرمخرب*، تهران: مرکز انتشارات دانشگاه علم و صنعت، ۱۳۸۴.

[2] APISpec5L:2007Specificationforlinepipe 44th edition.

[3] Kersting. Thomas, SchOnartz. Norbert, Oesterlein. Ludwig, Liessem. Andreas, High end inspection by filmless radiography on LSAW large diameter pipes, Elsevier Ltd, 2009.

[4] Warren liao.T, Li. Yueming,An automated radiographic NDT system for weld inspection, Elsevier Ltd, 1998.

پی‌نوشت

1. Longitudinally submerged arc welded
2. EUROPIPE
3. E-FLORAD
4. SZMF
5. PRODIS
6. programmable logic controller

۷. این وی. ام. اس. (OpenVMS) یا سامانهٔ حافظهٔ مجازی باز، که در گذشته با نام VAX-11/VMS، VAX/VMS یا (با نام غیررسمی) VMS نیز شناخته می‌شد یک سیستم عامل سرور است که روی رایانه‌های وکس مجموعه دستور، آلفا و خانوادهٔ مبتنی بر ایتانیوم اجرا می‌شود. با اینکه نام آن دارای پیشوند باز است، اما کد آن نرم‌افزار متن‌باز نیست و با پرداخت کد آن به‌صورت متن‌باز در اختیار مشتری قرار می‌گیرد. برخلاف سایر سیستم عامل‌های رایانه‌های بزرگ این سیستم عامل واسط گرافیکی کاربر دارد که به‌صورت کامل گرافیک را پشتیبانی می‌کند [ویراستار].

8. TCP/IP
9. DOKAS

هیئت تحریریهٔ مجلهٔ *مهندسی مکانیک* از تمامی پژوهشگران، استادان، دانشجویان و صنعتگران ساعی دعوت می‌کند تا دست‌نوشته‌ها و مقاله‌های علمی و گزارش‌های تخصصی خود را به دبیرخانهٔ مجلهٔ علمی ترویجی *مهندسی مکانیک* ارسال کنند و این مجلهٔ کهن را در مسیر رشد و شکوفایی بیش از پیش یاری فرمایند.