

بسمه تعالی
تدابیر حفاظتی و روشهای مناسب جهت جایگزینی آزمون رادیوگرافی در جوشکاری
خطوط انتقال گاز

بهنام دیناری

امور HSEQ شرکت مهندسی و توسعه گاز ایران

تهران، خیابان سپهبد قمری کوچه امانی پلاک ۲

تلفن: ۸۹۱۵۵۵۱ فکس: ۸۱۳۱۳۲۰۱

dinari@nigceng.ir

چکیده:

رادیوگرافی یکی از آزمون های غیر مخرب می باشد که در ارتباط با بررسی صحت جوش در اجرای خطوط انتقال گاز بکار برده می شود. با توجه به استفاده پرتوهای یونیزان در رادیوگرافی، لازم است در خصوص حفاظت کارکنان در برابر تابش پرتوهای مزبور تدابیر ویژه ای اتخاذ گردد. در این راستا می بایست ابتدا پیش از انجام رادیوگرافی در ارتباط با ضرورتها و توجیات مربوطه، تدابیر حفاظتی و هزینه های مترتب بر آن و امکان رعایت حدود مجاز دز در مواجهه افراد در محیط کار بررسی ها صورت گرفته و در صورت جواب مثبت باید با استفاده از تکنیک های حفاظتی شامل ۱- افزایش فاصله ۲- کاهش زمان مواجهه و ۳- کاربرد تجهیزات حفاظتی، رادیوگرافی انجام و از مواجهه افراد با دز های غیر مجاز جلوگیری گردد. از سوی دیگر نیز با کمک گرفتن از تجهیزات مناسب جهت رادیوگرافی همچون دستگاه کرولر میزان مواجهه را کم و یا با کاربرد روشهای جایگزین مانند **Phased Array Ultrasonic (PAUT)** منبع تابش را حذف نمود.

مقدمه

در حال حاضر بیش از بیست هزار پرتوکار در بخش های مختلف صنعت، کشاورزی و پزشکی با پرتوها و مواد پرتوزا سر و کار داشته و افراد بیشتری نیز به طور غیر مستقیم متأثر از این شرایط می باشند. در این میان در صنعت گاز عملیات اجرا و ساخت تاسیسات و خطوط انتقال گاز یکی از مراحل بسیار مهم در فرآیند پالایش، انتقال، توزیع و مصرف گاز طبیعی می باشد. در راستای ارزیابی کیفی تاسیسات مزبور، در خلال و پس از اتمام عملیات اجرایی، آزمون های مخرب و غیر مخرب مختلف و متعددی صورت می پذیرد. از این جمله آزمون رادیوگرافی است که در سطح گسترده ای در پروژه ها با استفاده از پرتوهای یونیزان (**ionizing radiation**) صورت می گیرد. آزمون مزبور به منظور تشخیص عیوب جوش همچون منافذ، ترکهای سطح جوش، عدم نفوذ و وجود ناخالصی در جوش بکار برده می شود. با توجه به نوع پرتوهای استفاده شده (ایکس و گاما) و همچنین عدم وجود مکانیزمی در بدن جهت شناسایی پرتوها، آثار زیانبار ناشی از تابش بر روی بدن زمانی ظهور می کند که هیچ راهکار موثری برای درمان وجود ندارد. علاوه بر آن به دلیل استفاده از مواد شیمیایی همچون داروهای ظهور و ثبوت و فیلم های رادیوگرافی تبعات منفی زیست محیطی نیز در پی خواهد داشت. فلذا با توجه به آثار مخرب فوق و اینکه عوامل اجرایی در پروژه ها بطور عام اطلاعات کافی در این خصوص ندارند و همچنین عدم نظارت صحیح بر روند اجرایی عملیات رادیوگرافی، سطور پیش رو در راستای شناسایی و ارائه راهکارهای حفاظتی، کنترلی و پیشگیرانه تهیه و تدوین گردیده است.

اصول حفاظتی در برابر پرتوهای یونساز

پرتوگیری انسان از عناصر پرتوزای موجود در محیط، اعم از محیط کار یا محیط زیست به دو صورت پرتوگیری خارجی و داخلی بدن امکان پذیر می باشد. بدین معنی که تا زمانی که عنصر پرتوزا در حالت پوشش دار (بسته) باشد، تنها راه پرتوگیری بدن، پرتوگیری خارجی می باشد. ولی چنانچه عنصر پرتوزا بدون پوشش یا باز باشد و یا به عبارت دیگر قابل انتشار در محیط باشد، علاوه بر پرتوگیری خارجی، امکان پرتوگیری داخلی و ورود ماده پرتوزا به بدن نیز وجود خواهد داشت. از آنجایی که تابش پرتو در رادیوگرافی منحصراً از نوع خارجی می باشد، در این مبحث از توضیح بیشتر در زمینه ی تابش داخلی خودداری شده است.

حفاظت در برابر تابش خارجی :

حفاظت در برابر تابش جنبه ی خاصی از کنترل خطرات بهداشتی در محیط است که با استفاده از امکانات فنی انجام می شود. در محیط صنعتی، معمولاً سعی می شود که کانون خطر را به کلی از میان بردارند. همان طور که ابتدا به جای بنزین از کربن تتراکلرید و سپس به جای کربن تتراکلرید از تری کلرواتیلن به عنوان حلال در روغن زدایی از قطعات ماشین استفاده گردید. در صورتیکه حذف کانون خطر عملی نباشد، سعی می شود آن را محصور نموده و بدین ترتیب از آسیب رساندن به افراد جلوگیری می گردد. چنانچه هیچیک از این دو راهکار عملی نباشد، آنگاه افراد با استفاده لوازم حفاظت فردی از خطر دور نگه داشته می شوند.

سیستم حفاظت رادیولوژیکی

این سیستم بر سه اصل استوار است :

الف. توجیه نمودن فعالیت پرتونگاری: هر گونه فعالیت در رابطه با منبع پرتو قابل توجیه باشد. به عبارتی دیگر سود حاصل از فعالیت پرتونگاری برای جامعه بیش از ضرر آن باشد.

ب. بهینه نمودن حفاظت در برابر اشعه: احتمال پرتوگیری از منابع پرتوزا به کمترین مقدار ممکن برسد و انجام اقدامات حفاظتی در برابر هزینه صرف شده و با در نظر گرفتن موازین اقتصادی و اجتماعی موجه و امکان پذیر باشد. این مفهوم واژه ی ALARA(As Low As is Reasonably Achievable) است.

اصل ALARA (حداقل مواجه شدن با منابع پرتوزا)

این اصل به مفهوم هرچه کمتر مواجه شدن با اشعه می باشد، عبارت دیگر می بایست میزان دز دریافتی موجه بوده و به حداقل ممکن کاهش یابد. در این راستا قبل از شروع به فعالیت با پرتو، برآورد سود و زیان ناشی از کار با آن ضروریست. بدین معنی که کار با پرتو زمانی قابل توجیه است که سود آن بیشتر از مضرات آن باشد. این در حالی است که برآورد سود و زیان با در نظر گرفتن کلیه موازین و عوامل اقتصادی و اجتماعی صورت می پذیرد. پس از توجیه کار با پرتو در رابطه با کاهش مضرات آن، انجام اقدامات حفاظتی ضروریست. بدیهی است که انجام هر گونه اقدام حفاظتی هزینه ای نیز در بر دارد و لذا بهینه سازی این اقدامات مد نظر قرار می گیرند. در نهایت و پس از توجیهات ضروری و بهینه سازی متعارف اقدامات حفاظتی، لازم است حدود پرتوگیری استاندارد حفظ شود. به عبارتی دیگر می بایست پرتوگیری افراد پایین تر از حدود تعیین شده ملی قرار گیرد.

ج. رعایت حدود مجاز دز: پرتوگیری افراد از منابع پرتوزا قابل کنترل با رعایت حدود مجاز دز و کنترل خطرات ناشی از پرتوگیری های بالقوه آن باشد.

تکنیک های حفاظت در برابر تابش خارجی :

تابش خارجی، تابشی است که از دستگاههای پرتو ایکس، گاما و دیگر تجهیزاتی که مشخصاً برای تولید تابش طراحی شده اند یا دستگاه هایی مانند میکروسکوپ الکترونی که تولید پرتو ایکس از اثرات جانبی آن است، سرچشمه می گیرد. اگر خنثی سازی و از

بین بردن چشمه ی تابش عملی نباشد آنگاه با بکار بردن منفرد یا همزمان تکنیک های سه گانه زیر می توان پرتوگیری افراد را در برابر تابش خارجی تحت کنترل قرار داد.

۱- به حداقل رساندن زمان پرتوگیری

۲- به حداکثر رساندن فاصله از چشمه ی تابش

۳- حفاظ گذاری پیرامون چشمه ی تابش

زمان :

اگرچه بسیاری از اثرات زیست شناختی تابش به آهنگ دز بستگی دارد ، ولی در موارد مربوط به کنترل محیط می توان رابطه ی متقابل زیر را معتبر دانست.

دز کل = زمان پرتوگیری * آهنگ دز

بنابراین اگر لازم باشد که در میدان تابش نسبتاً شدید کار کنیم، مانند وقتی که یک چشمه ی پرتو نگاری را دستکاری می کنیم، با محدود کردن زمان پرتوگیری می توان کار مورد نظر را طبق موازین ایمنی تابش انجام داد. بعنوان مثال در مورد شخصی که حرفه اش پرتو نگاری (با پرتو ایکس و گاما) است و باید ۵ روز در هفته در میدان تابش 0.25msv/h کار کند، با محدود کردن کارهای روزانه ی این شخص به ۴۸ دقیقه می توان از پرتوگیری بیش از حد مجاز جلوگیری کرد. در این صورت کل دز روزانه ی او فقط در حدود 0.2 msv خواهد شد. اگر حجم کار مستلزم پرتوگیری طولانی تر باشد، یا باید یک پرتونگار دیگر استخدام کرد یا اینکه با تغییر عملیات شدت میدان تابش را کاهش داد.

با توجه به این که آثار پرتو به صورت تجمعی است و فرد پرتوکار از ۱۸ سالگی مجاز به پرتوگیری سالانه حداکثر ۵ رم است ، می توان میزان دز مجاز را برای n سالگی پرتوکار را از رابطه ی زیر بدست آورد :

$$D = 5 (N - 18)$$

فاصله :

بدیهی است که با افزایش فاصله از یک چشمه ی تابش ، میزان پرتوگیری تابشی کاهش می یابد. این نکته هنگامی که به صورت کمی بیان شود، به ابزار نیرومندی در خدمت ایمنی تابش مبدل می شود. در زیر چشمه ی تابشی را به سه شکل نقطه ای، خطی و صفحه ای در نظر گرفته و میزان دز حاصل از تابش نقطه ای ا برحسب فاصله محاسبه می شود.

برای یک چشمه ی نقطه ای تغییرات آهنگ دز برحسب فاصله به صورت ذیل بیان می شود

$$I_0 d_0^2 = I_1 d_1^2$$

به عنوان مثال چنانچه فرد رادیوگرافی که در فاصله ی ۵ متری چشمه رادیوگرافی قرار دارد به فاصله ی ۱۵ متری نقل مکان کند، شدت تابش در فاصله ۱۵ متری بر اساس رابطه فوق برابر با $0.11 I_0$ می شود. بنابراین می توان فاصله را عامل مهمی در کاهش شدت پرتوگیری دانست.

حفاظ گذاری :

هدف از حفاظ گذاری کاهش پرتوگیری افرادی است که در مجاورت چشمه ی پرتوزا و یا دستگاه پرتوساز، فعالیت دارند. در محاسبات حفاظ، تعیین ضخامت و جنس حفاظ جهت کاهش شدت پرتوها در نقاط مورد نظر ضروری می باشد.

لایه های نیمه کننده (HVL) و یک دهم کننده (TVL)

ضخامتی از هر ماده ی معین است که سطح انرژی تابیده شده را نصف و یا به یک دهم کاهش می هد HVL و TVL تعدادی از مواد در جدول ذیل ارائه شده است.

Shielding Layer Examples

Radioisotope	Gamma (MeV)	Half-Value Layer (cm)			Tenth-Value Layer (cm)		
		Concrete	Steel	Lead	Concrete	Steel	Lead
Cesium-137	0.66	4.8	1.6	0.7	15.7	5.3	2.1
Cobalt-60	1.17, 1.33	6.6	2.1	1.2	20.8	6.9	4.0

میزان انرژی جذب شده را می توان از رابطه ی زیر بدست آورد:

$$R_a = R_0 \left[1 - \left(\frac{1}{2} \right)^n \right]$$

برای مثال اگر یک فوت ضخامت آب با $HVL=9.25$ برای حفاظ گذاری در مقابل پرتوهای نوترون با انرژی ۶۰ میلی الکترون ولت تعبیه شده باشد، میزان انرژی جذب شده به صورت زیر محاسبه می شود.

$$1 \text{ ft} = 30.48 \text{ cm} \Rightarrow n = \frac{30.48}{9.25} = 3/3$$

$$R_a = 60 \left[1 - \left(\frac{1}{2} \right)^{3/3} \right] = 53.98$$

شدت یک دسته پرتوی (x, γ) تک انرژی به طور نمایی در عبور از یک مانع کاهش می یابد.

$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

در این رابطه μ ضریب کاهش خطی و X ضخامت ماده می باشد.

رادیوگرافی صنعتی (Industrial Radiography)

تست های غیر مخرب، در فرایند بازرسی فنی، جایگاه ویژه ای دارند. این آزمونها توسط انجمن آزمون های غیرمخرب آمریکا (ASNT) به یازده روش مختلف زیر تقسیم شده اند که در ادامه منحصر در ارتباط با رادیوگرافی مباحث ارائه گردیده است.

- آزمون چشمی (VT)

- آزمون مایعات نافذ (PT)

- آزمون ذرات مغناطیسی (MT)
- آزمون رادیوگرافی (RT)
- آزمون اولتراسونیک (UT)
- آزمون جریان‌های گردابی (ET)

اصول رادیوگرافی صنعتی (RT):

آزمون رادیوگرافی در صنعت با استفاده از اشعه X یا گاما صورت می‌گیرد. در این آزمایش به جز در برخی موارد همچون لوله های با قطر کم، فیلم رادیوگرافی در یک طرف نمونه و منبع تابش (source) در طرف دیگر قرار گرفته و اشعه X گسیل شده از چشمه، پس از عبور از نمونه بر روی فیلم که دارای مواد حساس به اشعه می‌باشد، اثر می‌گذارد. اصول این روش بر اختلاف دانسیته X عیب و فلز اصلی بوده و در نتیجه در فیلم به دلیل اختلاف در اشعه X عبوری یک اختلاف رنگ (contrast) به وجود می‌آید. به عنوان مثال قسمت های کم دانسیته مانند سرباره، به دلیل عبور بیشتر اشعه، در موقع تفسیر تیره دیده می‌شوند. مزیت و خصوصیت بارز رادیوگرافی، تشخیص عیوب سطحی و عمقی می‌باشد.



تجهیزات رادیوگرافی صنعتی (RT):

- انواع دستگاههای رادیوگرافی با ایزوتوپیهای همچون $Ir\ 192$, $Co\ 60$, $Se\ 75$ و دستگاههای اشعه X در قدرتهای متفاوت
- انواع هلدرهای تکاپس و گامامت و گاماوالت.
- انواع دستگاههای فلوروسکوپی صنعتی
- فیلمهای رادیوگرافی صنعتی و مواد ظهور و ثبوت پودر مایع.
- تجهیزات تاریکخانه: انواع هنگر، تایمر، هیتر، تانکهای ظهور و ثبوت، انواع IQI در سایزهای مختلف، Safe Light، حروف سربی، مترهای سربی

کاربردهای رادیوگرافی صنعتی (RT)

ویژگیهایی از قطعات و سازه ها را که منشأ تغییر در ضخامت یا چگالی می‌باشند میتوان به کمک رادیوگرافی آشکارسازی و تعیین نمود. هر چه این تغییرات بیشتر باشد آشکارسازی آنها ساده تر خواهد بود. تخلخل، حفره ها، ناخالصی ها و همچنین ناپیوستگی های

خطی همچون عدم نفوذ، عدم ذوب و ترکها به شرط آنکه چگالی آنها متفاوت با ماده اصلی باشد از جمله اصلی ترین عیوب قابل تشخیص با رادیوگرافی به شمار میروند.

عموماً بهترین نتایج بازرسی هنگامی حاصل خواهد شد که ضخامت عیب موجود در قطعه و در امتداد پرتوها، قابل ملاحظه باشد. عیوب مسطح از قبیل ترک ها، به سادگی قابل تشخیص نبوده و امکان آشکارسازی آنها بستگی به امتدادشان نسبت به امتداد تابش پرتوها خواهد داشت. هر چند که حساسیت قابل حصول در رادیوگرافی به عوامل گوناگونی بستگی پیدا میکند ولی در حالت کلی اگر ویژگی مورد نظر تفاوت میزان جذب ۲٪ یا بیشتر نسبت به محیط مجاور را به همراه داشته باشد، قابل تشخیص خواهد بود.

رادیوگرافی و آزمون فراصوتی (Ultrasonic) روش هایی هستند که معمولاً برای آشکارسازی موفقیت آمیز عیوب درونی و زیرسطحی مورد استفاده قرار میگیرند. البته باید توجه داشت که کاربرد آنها به همین موارد محدود نمی گردد. این دو روش را می توان مکمل یکدیگر دانست، زیرا در حالیکه رادیوگرافی برای عیوب غیر مسطح مؤثرتر می باشد روش فراصوتی نقایص مسطح را راحت تر تشخیص می دهد.

تکنیکهای رادیوگرافی غالباً برای بازرسی جوش و قطعات ریختگری مورد استفاده قرار می گیرد و در بسیاری از موارد از جمله مقاطع جوش و قطعات ریختگری شده با ضخامت بالا در سیستمهای فشار قوی، رادیوگرافی توصیه میشود. همچنین میتوان وضعیت استقرار و جاگذاری صحیح قطعات مونتاژ شده سازه ها را به کمک رادیوگرافی مشخص نمود. یکی از کاربردهای این روش، بازرسی مجموعه های الکتریکی و الکترونیکی برای پیدا کردن ترک، سیمهای پاره شده، قطعات اشتباه جاسازی شده یا گم شده و اتصالات لحیم نشده است.

هر چند رادیوگرافی را میتوان برای بازرسی اغلب مواد جامد به کار برد ولی آزمایش مواد کم چگالی و یا با چگالی بالا میتواند با مشکلاتی همراه باشد. مواد غیر فلزی و همچنین فلزاتی همچون آهن و آلیاژهای آن در محدوده وسیعی از ضخامت را میتوان با این تکنیک بررسی نمود. حساسیت روشهای رادیوگرافی به پارامترهای چندی از جمله نوع، جنس، شکل و ضخامت قطعه، نوع پرتو مورد استفاده و عیوب مورد نظر بستگی دارد.

محدودیت های رادیوگرافی صنعتی (RT)

هر چند روش رادیوگرافی تکنیکی بسیار مفید برای آزمون مواد به حساب می آید ولی دارای محدودیتهای و معایبی نیز هست. هزینه های مربوط به رادیوگرافی در مقایسه با دیگر روشهای غیر مخرب بالا میباشد. میزان سرمایه گذاری ثابت برای خرید تجهیزات اشعه X زیاد بوده و به علاوه فضای قابل ملاحظه ای برای آزمایشگاه که تاریکخانه نیز بخشی از آن است مورد نیاز میباشد. زمان آماده کردن و

تنظیم دستگاه‌ها معمولاً طولانی بوده و ممکن است بیش از نصف کل زمان عملیات را در بر گیرد. رادیوگرافی قطعات و سازه‌ها در محل استفاده ممکن است فرایندی طولانی باشد زیرا تجهیزات قابل جابه‌جایی اشعه X دارای پرتوهای کم انرژی بوده و چشمه‌های قابل جابه‌جایی اشعه گاما با انرژی مورد نیاز احتیاج به حفاظ‌های سنگین داشته و بنابراین عملاً قابل انتقال نخواهند بود. با توجه به این عوامل رادیوگرافی در این شرایط به ضخامت‌های تا ۷۵ میلیمتر فولاد یا معادل آن محدود می‌گردد. در این حال نیز آزمایش مقاطع ضخیم بسته به نوع منبع تابش ممکن است تا چند ساعت طول بکشد. در اینگونه موارد ممکن است پرسنل حاضر در محیط کار برای مدت طولانی مجبور به ترک محل و همچنین تعطیلی کارگاه گردد که این مورد را نیز باید در زمره معایب این تکنیک بازرسی به حساب آورد.

یکی دیگر از جنبه‌های هزینه‌های رادیوگرافی لزوم حفاظت پرسنل از اثرات سوء پرتوها می‌باشد. در این خصوص باید تمهیدات ایمنی مورد لزوم به طور کامل برای پرسنل مرتبط با عملیات رادیوگرافی و همچنین افرادی که در اطراف محل رادیوگرافی حضور دارند مورد توجه قرار گیرد.

اقدامات کنترلی در مواجهه با ریسک پرتوهای یونساز در رادیوگرافی صنعتی

یکی از مهمترین ریسک‌ها در احداث خطوط لوله، مواجهه‌ی بیش از حد مجاز با پرتوهای یونساز در حین رادیوگرافی می‌باشد. در این زمینه، اقدامات کنترلی زیر قابل انجام می‌باشد

الف - کنترل‌های مهندسی :

- حذف منبع
- جایگزینی منبع
- محصور کردن منبع
- جداسازی منبع

ب - کنترل‌های مدیریتی :

- فاصله‌ی زمانی در مواجهه با منبع
- فاصله‌ی مکانی در مواجهه با منبع
- آموزش روش‌های حفاظتی و ایمنی

ج - کنترل‌های پزشکی :

- معاینات قبل از استخدام
- معاینات دوره‌ای
- معاینات ویژه شامل:
- معاینات در هنگام تغییر شغل
- معاینات در هنگام برگشت به کار پس از بیماری یا حادثه و ...

د - تجهیزات حفاظت فردی (PPE) :

روپوش سرپی، عینک و دستکش سرپی، انبر چشمه گیر، کیسه سرپی و کانتینرهای حمل مواقع اضطراری، دزیمر و ...



نمونه هایی از تجهیزات حفاظت فردی در رادیوگرافی

❖ اقدامات کنترلی مذکور به تفصیل در مقررات صدور پروانه ی پرتونگاری و آیین نامه و مقررات حفاظت در مقابل خطر پرتوهای یونساز ذکر شده است. لکن در ادامه مطالبی درخصوص معرفی روشهای مناسب به عنوان جایگزین رادیوگرافی و بهبود شرایط رادیوگرافی ارائه می گردد.

روش های جایگزین و بهبود دهنده

۱- رادیوگرافی دیجیتال (DRT) :

امروزه استفاده از رایانه و کمک گرفتن از روش های جدید پردازش تصویر و بینایی ماشین می تواند تا حدود زیادی به ایجاد وضوح کیفی در فیلم ها کمک کند و امکان انجام عملیات رادیوگرافی بدون نیاز به فیلم و پروسه ی ظهور و ثبوت با شدت پرتو و زمان پرتودهی کمتر را فراهم می سازد. استفاده از تصاویر دیجیتال در رادیوگرافی با امکان پردازش و کمی سازی اطلاعات و بدون نیاز به استفاده از مواد شیمیایی ظهور و ثبوت بسیار مفید می باشد.

۲- روش (PAUT) Phased Array Ultrasonic :

علی رغم راحتی و کم هزینه بودن روش UT نسبت به RT، رویکرد بیشتری به RT وجود دارد. اما محدودیت های موجود در روش RT، پتانسیل بیشتری برای استفاده از روشهای جدید را ایجاد کرده است که به دلیل برتری نسبت به سایر روشها در

کاربردهای مربوطه، می تواند جایگزین روشهای متعارف فعلی گردیده و اثر قابل توجهی در کاهش زمان ، هزینه و افزایش کیفیت بازرسی و مهمتر از آن ایمنی بالا در صنایع مختلف داشته باشند. از جمله این روشها، روش Phased Array Ultrasonic می باشد که اصول آن همانند روش UT است و تفاوت اصلی آنها در نوع پراب های مورد استفاده می باشد. بعلاوه استفاده از اسکن الکترونیکی در روش Phased Array ضمن کاهش زمان بازرسی، جایگزین اسکن مکانیکی در روش UT می شود. پراب های اجزایی که مواد پیزوالکتریک جهت ارسال و دریافت امواج ماوراء صوت درون آن ها قرار دارند) مورد استفاده در این روش بجای یک یا دو جزء پیزوالکتریک، حاوی تعداد بیشتری (اصولاً ۱۶ تا ۲۵۶) جزء کوچک پیزوالکتریک می باشند که با ارسال و دریافت امواج بصورت مجزا توانایی نمایش عیوب با جزئیات بیشتری را دارند. همچنین با توجه به ماهیت ارسال و دریافت امواج و نحوه متفاوت نمایش اطلاعات (که عیوب قطعه را بصورت اشکالی دو بعدی و با جزئیات بیشتر نشان می دهد)، نوع بازرسی و حرکت پراب در این روش متفاوت از روش معمول UT بوده و بازرسی جوش های محیطی خطوط لوله را تسهیل می کند.

مزایا و محدودیت های Phased array

همانطور که اشاره شد، در حال حاضر استفاده از روش RT نسبت به دیگر روش های غیر مخرب ترجیح داده می شود. ولی با توجه به خصوصیات و مزایای روش Phased array می توان نتیجه گرفت که مزیت هایی که بازرسی به روش RT را توجیه پذیر می کند، همه با قابلیت های بسیار بالاتر در روش Phased array نیز وجود دارد. به عبارت دیگر، روش Phased array علاوه بر مزیت های RT، دارای خصوصیات دیگری نیز می باشد که باعث برتری آن به RT شده است. در روش PAUT علاوه بر تعیین دقیق تر ماهیت و محل عیب، امکان پردازش تصاویر Side view، Top view و End view از محل جوش توسط نرم افزارهای خاص، وجود دارد. در یک نتیجه گیری کلی، مزایای روش Phased array را می توان به صورت زیر عنوان نمود:

- عدم نیاز به استفاده از پرتوهای یونیزان
 - امکان ایجاد پالس های صوتی با زوایای مختلف توسط یک پراب و در نتیجه تحت پوشش قرار دادن حجم بیشتری از قطعه
 - در اختیار داشتن یک سند دائمی از کلیه مراحل بازرسی و اسکن
 - نمایش تصویر همزمان C-Scan و B-Scan در صفحه نمایش
 - نمایش سه تصویر Side View، Top View و End View از عیب
 - امکان بازرسی دقیق عمق و اندازه ناپیوستگی
 - ایجاد تصاویر با امکان تفسیر سریع تر و ساده تر
 - افزایش سرعت بازرسی
 - افزایش ضریب اطمینان بازرسی
 - کاهش حرکت مکانیکی پراب در بازرسی قطعات با حجم بالا
 - عدم نیاز دسترسی به دو طرف قطعه کار
 - امکان بازرسی قطعات ضخیم به دلیل قابلیت زیاد نفوذ صوت در فلزات
- البته این روش نیز مانند دیگر آزمون های غیر مخرب دارای محدودیت هایی است که می توان به موارد زیر اشاره کرد:
- این روش فقط برای موادی قابل استفاده می باشد که امکان عبور صوت از آن ها وجود دارد، بنابراین قابل استفاده برای همه مواد نمی باشد.
 - استفاده از این روش جهت قطعات جوشکاری شده به صورت جوش شیاری (Groove Weld) با ضخامت کمتر از 6 میلیمتر ممکن نمی باشد. (مانند روش اولتراسونیک)

- آمادگی سطح اطراف جوش برای انجام آزمایش

در صورت استفاده از روش های اتوماتیک PAUT بازرسی کیلومترها خطوط جوش محیطی خطوط لوله بسیار تسهیل خواهد شد. توسط روش PAUT عیوب مشخص شده و اندازه و محل قرارگیری آن ها به درستی تشخیص داده می شود. البته باید در نظر داشت که نوع پراب و زاویه ارسال امواج عامل برتری این روش نسبت به روش های دیگر در بازرسی خطوط لوله بوده است. همچنین پیش بینی می گردد که در سالهای آتی با پیشرفت این روش و به روز شدن استانداردها و با توجه به محدودیت ها و خطرات بالای روش رادیوگرافی تقریبا جایگزین کامل رادیوگرافی صنعتی خواهد شد.

استفاده از روش PAUT در بازرسی پوش لوله ها



۳- رادیوگرافی با استفاده از کرولر (crawler)

یکی از روش های مناسب تر در اجرای عملیات رادیوگرافی ، استفاده از کرولر (crawler) است که کاربرد آن به هنگام سری کاری ، مرسوم است . در این روش ، کرولر از طریق سیستم کنترل از راه دور ، وارد لوله شده و در لوله حرکت می کند و بدین طریق ، عملیات رادیوگرافی را انجام می دهد . از جمله مزایای این روش ، حذف انسان از قسمت عمده و خطرناک عملیات و در نتیجه حل شدن مشکل مواجهه ی فرد با پرتو زیان آور ناشی از عملیات است .



نتیجه گیری:

با توجه به اینکه در آزمون رادیوگرافی در بهترین شرایط کنترلی و حفاظت شده باز هم افراد در محیط کار در معرض مقدار کمی تشعشع یونیزان خواهند بود و عبارت دیگر پرتوگیری را نمی توان به صفر تقلیل داد و همچنین با عنایت به مزایا و ویژگیهای برتر روش PAUT، استفاده از این روش کاربردی بوده و توصیه می شود.

منابع و مآخذ:

Paper: Ultrasonic testing using phased arrays-
Paul A. Meyer, J.W. Anderson, Krautkramer Branson- Lewistown, PA USA

www.olympus-ims.com
Inspecting pipeline girth welds, both for onshore and for offshore use

www.nde.com
What are Ultrasonic Phased Arrays?

www.epa.gov/radiation/understand/gamma

آیین نامه و مقررات حفاظت و در مقابل خطر پرتوهای یونساز

انتشارات موسسه کار و تامین اجتماعی سال ۱۳۸۷

مقررات صدور پروانه رادیوگرافی شرکت ملی گاز- ویرایش صفر ۱۳۸۸

کلیات بهداشت حرفه ای

نوشته: دکتر علیرضا چوبینه - فرید امیرزاده - شیرازه ارقامی

انتشارات دانشگاه علوم پزشکی شیراز - چاپ سوم

بهداشت حرفه ای

نوشته: دکتر آرام تیرگر - علیرضا کوهپایی - تیمور الهیاری - ایرج علیمحمدی

انتشارات اندیشه رفیع - چاپ دوم