

تاریخچه آزمونهای پیشرفته آلتراسونیک اتوماتیک (AUT)

Phased Array (PA) و Time of Flight Diffraction (TOFD)

آزمون پیشرفته آلتراسونیک Phased Array (PA)

علیرغم آنکه در ۴۰ سال گذشته توسعه زیادی در زمینه آلتراسونیک بروش Phased Array (PA) و تصویر برداری همزمان صورت گرفته، توسعه و کاربرد آزمون آلتراسونیک (PA) بعنوان یک فن آوری مستقل در اوایل قرن بیست و یکم به شرایط بلوغ خود رسید و سرعت در حال پیشرفت می باشد.

این فن آوری در آغاز دهه ۸۰ میلادی از حوزه پزشکی به بخش صنعت راه پیدا کرد و در آغاز دهه ۹۰ میلادی بعنوان یک روش نوین NDT به کتابهای مرجع و همچنین آموزشی آلتراسونیک راه پیدا کرد. بین سالهای ۱۹۸۵ تا ۱۹۹۲ مهمترین کاربردهای آن به مخازن تحت فشار هسته ای، محورهای بزرگ فورج شده و قطعات فشار پایین توربین ها محدود می شد. پیشرفتهایی که در فن آوری Piezocomposite ها، ماشین کاری میکرو، ریزپردازنده ها و تواناییهای رایانه ای (شامل نرم افزارهای شبیه ساز طراحی پروب و برهم کنش قطعه و شعاع صوتی و توسعه نرم افزارهای کاربردی) بوجود آمد، همه و همه به انقلابی در توسعه فن آوری PA در اواخر دهه ۱۹۹۰ میلادی انجامیده. ساخت اولین دستگاه قابل حمل و نقل PA توسط شرکت R/D Tech بنام TomoScan در سال ۱۹۹۷ نقطه عطفی در توسعه این فن آوری بحساب می آید. استفاده از این دستگاه توسط یک اپراتور و با توان تحلیل آنی نتایج در سایت ممکن می باشد. ساخت دستگاه قابل حمل OmniScan که با باتری بسیار قوی کار می کند، جهش بعدی در توسعه این فن آوری بحساب می آید. این وسیله PA را به ابزاری که قادر به انجام آزمونهای روز مره آلتراسونیک همچون بازرسی جوش، تهیه نقشه خوردگی، تعیین اندازه سریع ترک و دیگر کاربردهای ویژه می باشد تبدیل کرده است. طراحی و ساخت پروبهای مناسب برای کاربردهای ویژه مکمل پیشرفتهای اخیر بوده و امکان استاندارد سازی دستورالعملهای اجرایی آزمون را تسهیل نموده است.



PA نسبت به دیگر روشهای معمول NDT سریعتر، کامل تر، در اغلب مواقع کم هزینه تر بوده و امکان ثبت کامل اطلاعات تست در آن صورت گرفته و از بازدهی بیشتری در تست قطعات حجیم (ضخامت بالا) برخوردار است.

آزمون پیشرفته آلتراسونیک به روش (TOFD) Time of Flight Diffraction

آغاز بکار گیری دیگر روش پیشرفته آلتراسونیک TOFD به دهه ۱۹۷۰ میلادی باز می گردد. زمانیکه تعیین اندازه و ارزیابی دقیق عیوب در تجهیزات نیروگاههای هسته ای و مخازن تحت فشار به نیاز مبرمی جهت تعیین وضعیت کاری (FFS) آنها تبدیل گردید. توسعه این روش آنرا به یکی از بهترین ابزارهای عیب یابی علاوه بر توانایی اندازه گیری دقیق تبدیل نموده است و بکارگیری TOFD به همراه PA اکنون بعنوان روشی جایگزین بهینه نسبت به رادیوگرافی جوشها خصوصاً در قطعات ضخیم تر از ۱۲.۵ میلی متر شناخته می شود. این آزمونها چه در صنایع ساخت و نصب و چه در بازرسی های دوره ای حین سرویس مخازن تحت فشار و شبکه های خطوط لوله و لوله کشی کاربرد دارند.

قابلیت اطمینان به (AUT) Automated Ultrasonic Test

AUT همچون دیگر تکنیکهای بازرسی نیازمند آن است که به روشی سازمان یافته و سریع اعمال گردد، تا به اهداف تئوریک پیش بینی شده ای چون احتمال یافتن بالا (Probability of Detection (POD)، نرخ پایین خطا (False Call Rate (FCR)، اندازه گیری دقیق و اطمینان از آزمون جامع و نهایتاً نتایج مطمئن دست یابد. بموازات پیشرفت های فنی در زمینه AUT و پیدایش توجیه اقتصادی برای استفاده از روشهای مختلف آن (PA و TOFD) خصوصاً بعنوان روش جایگزین رادیوگرافی در جوشها، تعیین میزان قابلیت اطمینان به نتایج این روشها و قوانین و چهارچوبهای مورد نیاز اجرائی آنها بترتیبی که صحت، دقت و تکرار پذیری نتایج بدست آمده تضمین گردد، ضروری است.

پروژه ها و اقدامات متعددی توسط تمامی ذینفعان در راستای دستیابی به مقاصد فوق صورت پذیرفته که در ادامه به مواردی از آن اشاره خواهد شد.

در شکل زیر نتایج یک پروژه تحقیقاتی که POD و FCR و قابلیت اطمینان روشهای مختلف NDT معمول و پیشرفته را مقایسه میکند، ارائه گردیده است.

همانگونه که در شکل مشخص است افزایش تدریجی قابلیت اطمینان از تستهای عمومی و جنرال به طرف روشهای

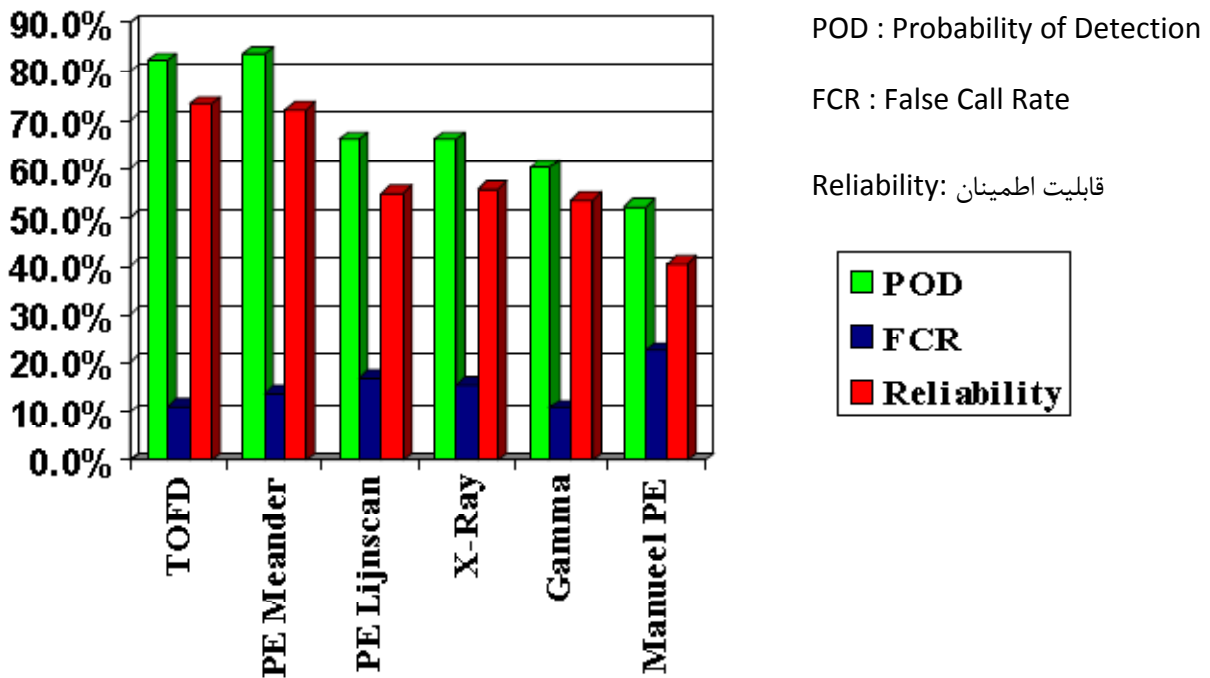


FIGURE 1 POD, FCR, RELIABILITY

اتوماتیک و پیشرفته تر وجود دارد، نکته قابل توجه کاهش گزارش غلط عیوب (FCR) متناسب با افزایش قابلیت اطمینان می باشد. بدین معنی که گزارش غلط عیوب از عدم یافتن آنها مسئله سازتر است.

از آنجائیکه فرآیند ارزیابی و تأیید هر یک از روشهای آزمون توسط موسسات و مراکز ملی و بین المللی تهیه استاندارد طولانی بوده و ممکن است سالها بطول بیانجامد، بسیاری از شرکتهای نیازمند بکارگیری سریعتر فن آوریهای نوین و یا کارفرماییانی که علاقه مند به استفاده از مزایای این فن آوریها هستند خود به ارزیابی و استفاده از آنها می پردازند.

بعنوان نمونه می توان از دستگاه اتوماتیک PipeWizard ساخت شرکت R/D Tech (این شرکت بعد ها توسط شرکت Olympus خریداری شد) نام برد که جهت آزمون اتوماتیک جوش خطوط لوله طراحی و ساخته شده و از احراز تواناییهای آن توسط صاحبان و مجریان و دست اندرکاران ساخت و نصب خطوط لوله انتقال مواد نفتی، بعنوان جایگزین رادیوگرافی، جهت تست جوش هزاران کیلومتر خطوط لوله مورد استفاده قرار گرفته است . لیست سمت چپ سالها پیش در کاتالوگهای دستگاه PipeWizard بعنوان مرجع ارائه می گردید.

Company	Location	Length	Bevel	Comments
Qnspec/OIS	Canada	~200 km	CRC	Both PA and conventional
Fernas	Turkey	300 km	J-type	Onshore
Saipem	Congo	63 km	J-type	Offshore S-bay
Saipem	Angola	22 km	J-type	Offshore S-bay
Saipem	Ivory Coast	19 km	J-type	Offshore S-bay
OIS	Scotland	4 km	J-type	Onshore pool base
OIS	China	60 km	V-type	Onshore
Saipem	Black Sea	640 km	Presto and Passo J-types	Offshore J-bay
Saipem	Turkey	640 km	Passo & subarc	Onshore double jointing station
OIS	UK	80 km	CRC	Onshore
OIS	USA	8 km		Onshore catenary risers
Qnspec	Canada	10 km	CRC	Onshore construction
OIS	North Sea	35 km	J-type	Offshore pipelay
Solus	Gulf of Mexico	70 welds	Manual V welds	Offshore risers
WEPP	China	4000 km	CFPOC	Onshore
OOOEC	China Sea	105 km		Offshore
OOOEC	China Sea	3 km		Offshore
Oceanering OIS	United Kingdom	70 km	CRC	Transco
Saipem	Libya, China, Ecuador	178 km	Various	Offshore

Summary of PipeWZARD Deployment

- PipeWZARD phased array systems are used in the largest onshore and offshore pipeline construction projects throughout the world.
- More than a million welds have already been inspected with PipeWZARD systems.
- Major oil and gas companies have already qualified the PipeWZARD systems for pipeline construction projects:
 - Exxon Mobil
 - Shell
 - TO T&L
 - B P
 - Chevron
 - Eni
 - Petrobras
 - Gazprom
- Hundreds of operators in the world are already trained on PipeWZARD systems.



در کاتالوگهای این دستگاه که توسط شرکت Olympus ارائه می گردد، بجای جدول فوق لیست شرکتیهای چند ملیتی که این دستگاه را ارزیابی و تایید کرده و در پروژه های اجرایی خود بکار می برند ارائه می گردد. (سمت راست)

بدیهی است اکنون که مراجع استاندارد فرآوانی روشهای AUT را مجاز می دانند، دیگر برای اثبات ضرورت جایگزین و بکارگیری این روش ها نیازی به نام بردن از پروژه ها و یا شرکتیهای معتبر بکارگیرنده آنها نمی باشد.

همانگونه که برای اثبات اشتباه رادیوگرافی یا آلتراسونیک جنرال به پروژه هایی که این روشها مورد استفاده قرار می گیرند، اشاره ای نمی شود.

مروری بر استانداردهای موجود در زمینه روشهای AUT

تمامی فن آوریهای نوین جهت تضمین عیت یابی معقول و قابل اطمینان بایستی از یکسری فرآیندها، قواعد یا قوانین پیروی نمایند. بدون تردید اولین سازمان جهانی که در تعیین قوانین و استانداردها برای ساخت مخازن تحت فشار ASME (انجمن مهندسين مکانیک امریکا) می باشد. ASME Section V در زمینه تدوین Code ها و Code Case ها برای تست جوش های جدید حین ساخت مخازن تحت فشار و لوله ها، خصوصاً برای روش PA بسیار فعال بوده است. در زیر به بررسی اجمالی Code های جدید PA در استانداردهای ASME، ASTM، API و AWS می پردازیم.

American Society of Mechanical Engineers (ASME)

بدون تردید ASME پیشتاز تعیین قواعد ساخت مخازن تحت فشار در یکصد سال گذشته بوده و هست. ASME دارای بخشهای مختلفی می باشد که SEC.V آن (ASME Section V) مربوط به روشهای NDT بوده و Article 4 در این بخش مربوط به تست آلتراسونیک جوشها می باشد. موارد جدید در ابتدا به صورت Case Code در این Article معرفی می شوند و ضوابط اجباری و یا اختیاری به پایان آن اضافه می گردد. ASME Section V در سالهای اخیر قواعد جدید مربوط به TOFD و PA را به Article 4 اضافه نموده که این دو روش بدون شک مهمترین پیشرفتهای در زمینه بازرسی جوش در دهه های اخیر بوده اند. روش معمول برای تغییر و یا توسعه یک Code در ASME از طریق بحث و بررسی فنی و اسنادی در گروه کاری مربوطه می باشد. پیش نویس تهیه شده، سپس به کمیته اصلی جهت کنترل و اصلاح و نهایتاً چاپ ارجاع می گردد. این فرایند در هر سه سال تکرار می شود. از وقتیکه PA تایید فنی و مقبولیت تجاری یافت، ASME به سرعت جهت قوانین و دستورالعمل های مناسب شروع بکار کرد. سریعتر مسیر تهیه Code Case ها به همراه ضوابط اجباری آنها ارائه شد. که با تهیه و تدوین سه Code Case (۲۵۵۸ و ۲۵۵۷ و ۲۵۴۱) مربوط به PA دستی و دو Code Case (۲۶۰۰ و ۲۵۵۹) مربوط به

روش اسکن خطی با انکودر به انجام رسید. معیارهای رد و قبول در ASME B-31 code case 181-1 استاندارد مکمل دیگر استانداردهای منتشر شده می باشد.

American Petroleum Institute (API)

تجربه و کوشش موفقیت توسط مؤسسه API و بر اساس دستور العمل QUTE انجام گرفته است. بر اساس نتایج حاصل از آن هیچ مشکلی در استفاده از PA مطابق یا دستورالعمل UT2 موسسه API وجود ندارد و به راحتی میتوان از آن برای API 1104 و RP2X استفاده نمود. API 1104 از سال ۱۹۹۹ استفاده از AUT را با تأیید کارفرما مجاز دانسته و در اجرای آن بسیار منعطف می باشد.

American Welding Society (AWS)

در مورد AWS وضعیت متفاوت است و کاملاً به AWS D1.1 – 2006 با انعطاف کم پایبند مانده است. برای استفاده از روش AUT تأیید مهندسی آن بر اساس Annex S ضروریست.

American Society for Testing and Materials (ASTM)

روش ASTM توصیه ای خود برای بکارگیری PA دستی به شماره E2491-06 را در سال ۲۰۰۶ ارائه نموده است و در حال تهیه پیش نویس استاندارد خود در بکارگیری PA دستی و Encode خود می باشد. همچنین استاندارد E-1961-98 که در سال ۲۰۰۳ تأیید مجدد گردیده با موضوع زیر:

Standard Practice for Mechanized Ultrasonic Examination of Girth Welds Using Zonal Discrimination with Focused Search Units

توسط این انجمن انتشار یافته است که در پیوند با استاندارد API 1104 الزامات استاندارد DNV-OS-F101 نیز تأمین میگردد.

American Society for Non-Destructive Testing (ASNT)

این انجمن در آخرین تجدید نظر مدرک (2011) SNT-TC-1A و استاندارد CP-189 خود سر فصل و مدت زمان آموزش پرسنل جهت روشهای PA و TOFD را بصورت مستقل ارائه نموده است.

European Standards

- **BS 7706 (national) December 1993**
Guide to calibration and setting-up of the ultrasonic TOFD-technique for the detection, location and sizing of flaws

- **ENV 583-6** (European pre-standard) January 1997
TOFD as a method for defect detection and sizing
- **CEN/TS 14751** (CEN Technical specification) November 2004
Welding – Use of TOFD for examination of welds