

معرفی التراسونیک Phased Array برای بازرسی جوش و جایگزینی آن با رادیوگرافی صنعتی

نوید مقبولی

شرکت کاوشکاران - info@kawoshkaran.com

چکیده:

در این مقاله روش جدید التراسونیک Phased Array که یکی از جدیدترین متدهای آزمایش التراسونیک است و بسیاری از محدودیت های روش معمول را ندارد معرفی می گردد. پس از اشاره ای مختصر به آزمایش التراسونیک، روش Phased Array مورد بررسی قرار گرفته و در ادامه نحوه عملکرد دستگاه ها و انواع پراب های موجود در این روش بیان می شود. از آنجایی که یکی از عمده ترین کاربردهای این روش بازرسی جوش است نمونه گزارشی از آزمایش انجام شده توسط این روش در ادامه مطلب آورده شده است. همچنین این روش پتانسیل بسیار بالایی برای جایگزینی با روش رادیوگرافی دارد لذا تصاویر بدست آمده از عیوب موجود در نمونه قطعه مورد آزمایش، توسط هر دو روش رادیوگرافی و Phased Array در کنار یکدیگر آورده شده است تا خواننده بتواند مقایسه ایی اجمالی از این دو روش داشته باشد. در پایان جهت آشنایی با استانداردهای مرتبط با Phased Array اشاره ایی مختصر به کد ASME C-2235 نیز می شود.

تامین کننده تجهیزات بازرسی فنی
کنترل کیفیت در ایران

کاوشکاران

www.IR-QC.com

تلفن: ۰۲۱ - ۸۸۶۸ ۵۲۹۷

مقدمه

تست های غیر مخرب (NDT) از روشهای مرسوم و قدیمی بازرسی فنی طی سالیان گذشته بوده و این صنعت با گذشت زمان با پیشرفت های بسیاری روبرو بوده است. این تست ها توسط انجمن تست های غیر مخرب آمریکا (ASNT) به یازده روش مختلف تقسیم شده اند که مهمترین و معمول ترین آنها عبارتند از:

۱. تست التراسونیک (UT)
۲. تست رادیوگرافی صنعتی (RT)
۳. تست جریان گردابی (ET)
۴. تست مایعات نافذ (PT)
۵. تست ذرات مغناطیسی (MT)

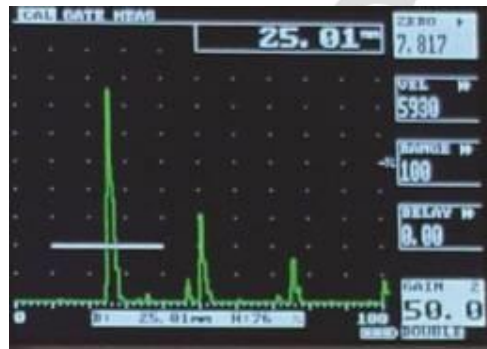
تست التراسونیک از سال ۱۹۴۹ وارد صنعت بازرسی گردیده و طی سالیان گذشته تغییرات گسترده ایی داشته است. از آن جمله می توان به تبدیل دستگاههای عیب یاب التراسونیک آنالوگ به دیجیتال طی ۱۵ سال گذشته اشاره کرد. جدیدترین تکنولوژی عرصه التراسونیک، سیستم التراسونیک Phased Array می باشد. این تکنولوژی در سال ۱۹۹۲ وارد صنعت بازرسی فنی و تست های غیر مخرب (NDT یا NDI) گردید. دستگاههای اولیه در حجم، وزن و ابعاد بزرگ بصورت آزمایشگاهی ساخته شده بود به طوری که استفاده از این تجهیزات در شرایط کارگاهی و عملیاتی میسر نبود. بنابراین نیاز به داشتن دستگاهی قابل حمل که امکان انجام بازرسی در شرایط کارگاهی و بسیار آسان را فراهم نماید احساس شد در همین راستا اولین دستگاه پرتابل Phased Array جهان در سال ۲۰۰۲ با ۳۲ کانال فرستنده و گیرنده ساخته شد و به مرور زمان تنوع و نوع دستگاه ها کاملا افزایش یافت. (تصویر ۱)



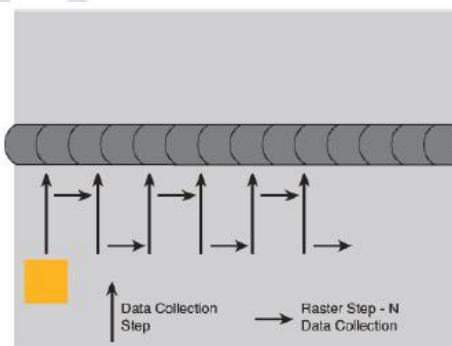
تصویر ۱ - دستگاه پرتابل ساخته شده با سیستم Phased Array (راست) و مقایسه آن با نمونه های اولیه (چپ)

تعریف التراسونیک:

در آزمایش التراسونیک از امواج با فرکانس بالا استفاده می شود که این امواج بوسیله ترانسدیوسر تولید شده و در درون قطعه مورد آزمایش منتشر می شوند. ترانسدیوسر یا پراب شامل قسمت های مختلفی می باشد که مهمترین بخش آن پیزو الکتریک پراب است. با ارسال پالس الکتریکی از طرف دستگاه به پیزو الکتریک، صوت ایجاد می شود و با توجه به تماسی که بین قطعه و پراب وجود دارد (در روش تماسی) صوت تولید شده در داخل قطعه منتشر می گردد. در روش های معمول التراسونیک از یک یا دو پیزوالکتریک و یک دستگاه فرستنده و گیرنده ی تک کاناله استفاده می شود که با توجه به تنوع در شکل قطعات و نوع مواد، پراب هایی با امواج طولی یا عرضی، پراب های نرمال یا زاویه ای، مورد استفاده قرار می گیرند. یکی از مشهورترین الگوهای التراسونیک نمایش A-Scan می باشد. (تصویر ۲) در این الگو امواج برگشتی از یک ناپیوستگی توسط پراب دریافت شده و تبدیل به پالس الکتریکی می شود. پالسهای الکتریکی توسط دستگاه پردازش شده و بصورت اکوهای بر روی صفحه نمایش ظاهر می گردند که در اصطلاح به این اکوها A-Scan گفته می شود. در روش معمول با توجه به استفاده از یک پیزو الکتریک در یک زاویه ثابت امکان پوشش کامل منطقه مورد بازرسی بدون حرکت مکانیکی پراب میسر نمی باشد لذا برای بازرسی کامل کلیه مناطق جوش می بایستی پراب بصورت زیگ زاگ در اطراف جوش حرکت نماید. (تصویر ۳)



تصویر ۲- نمونه اکوهای التراسونیک A-Scan



تصویر ۳- نحوه حرکت پراب در اطراف خط جوش در روش معمول

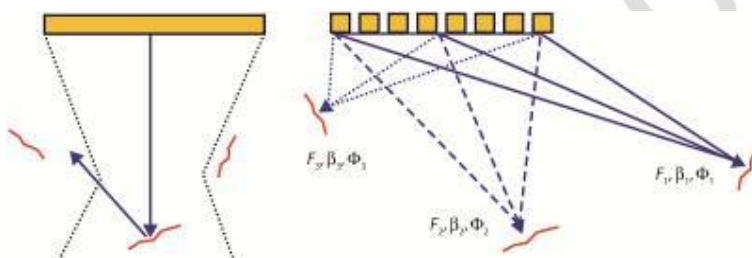
تعریف التراسونیک Phased Array:

مفهوم Phased Array عبارت است از اعمال پالس های الکتریکی مستقل با فازهای متفاوت، به پیزو الکتریک های یک پراب چند المانه.

برای روشن شدن موضوع تصور کنید که هر یک از پیزوالکتریک های موجود در پرابهای تک کریستال به تعداد زیادی المان تقسیم شوند که عرض پیزو الکتریک های جدید بسیار کوچکتر از طول آنها باشد. در این صورت هر یک از این المان ها خود به یک منبع صوتی تبدیل می گردند که بصورت مستقیم به پالسر دستگاه وصل شده و کاملا مجزا و مستقل تحریک می شوند، به عبارت ساده تر به جای استفاده از یک پراب از ۱۶، ۳۲، یا ۱۲۸ پراب کوچک در کنار هم و به جای استفاده از یک دستگاه فرستنده و گیرنده از ۱۶، ۳۲ دستگاه فرستنده و گیرنده استفاده می شود.

با اعمال پالسهای الکتریکی مستقل با تاخیر فازی محاسبه شده و کنترل کامپیوتری این تحریک ها، این امکان فراهم می شود که امواج التراسونیک متمرکز با قابلیت هدایت موج و کنترل پارامترهای صوتی نظیر زاویه، فاصله کانونی، اندازه نقطه کانونی و ... تولید شود. به مجموعه قوانین مرتبط با تاخیرهای فازی قوانین تاخیر یا Delay Law گفته می شود. این قوانین به نوع موج، زاویه بازگشت، عمق کانونی، طول و تعداد المان های فعال بستگی دارد.

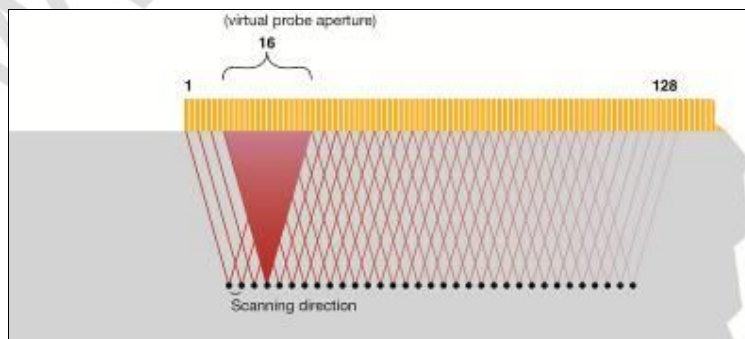
از مزایای مهم کنترل پارامترهای صوتی و تولید امواج التراسونیک متمرکز، تشخیص ترک هایی که در راستای مناسب نسبت به پراب قرار ندارند (Misoriented) می باشد. در حالی که پراب های تک کریستال معمول با محدودیت در حرکت و زاویه، امکان تشخیص چنین ترک هایی را ندارند. (تصویر ۴) [1, 2, 3]



تصویر ۴- تشخیص ترک های غیر هم جهت در پرابهای Phased Array (راست) و پرابهای تک کریستال (چپ)

سه الگوی اصلی کنترل کامپیوتری دسته پرتوها در روش Phased Array به شرح ذیل می باشند:

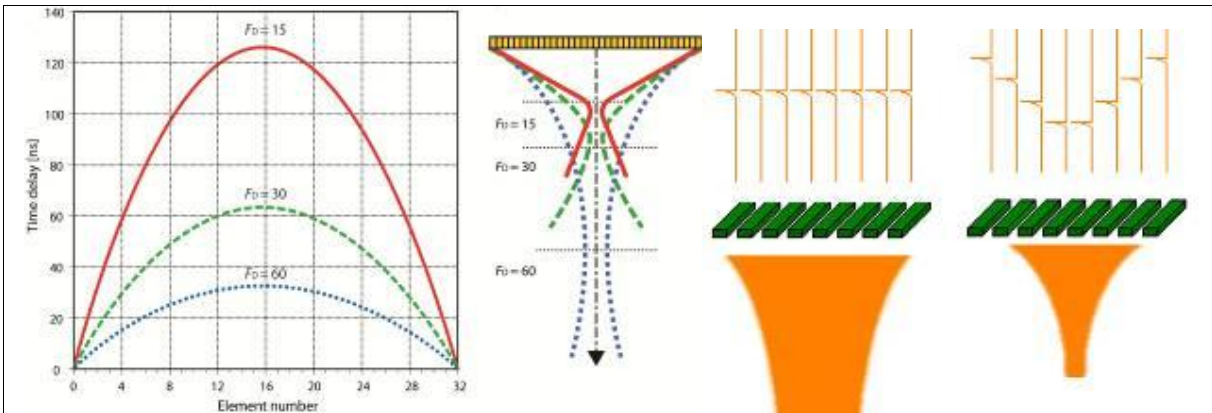
الف) اسکن الکترونیکی (Electronic Scanning): در این الگو، المان های پراب به گروه های مشخصی تقسیم شده و هر گروه بصورت مستقل تحریک می شود به عنوان مثال در یک پراب ۱۲۸ المانه می توان ۱۶ پیزوالکتریک را بصورت همزمان با یک تاخیر مشخص تحریک نمود (تصویر ۵) بنابراین اسکن در یک زاویه ثابت و در طول پراب صورت می گیرد. این تکنیک جایگزین بسیار مناسبی در مقابل حرکت مکانیکی پراب های تک کریستاله می باشد. از مزایای این تکنیک می توان به افزایش سرعت بازرسی در تست خوردگی، بازرسی توسط امواج عرضی و عدم نیاز به حرکت مکانیکی اشاره کرد.



تصویر ۵- اسکن الکترونیکی (Electronic Scanning)

ب) تمرکز دینامیکی عمق (Electronic Focusing / Dynamic Depth Focusing): در این تکنیک قوانین تاخیر متقارن به المان های متفاوت پراب اعمال شده و امواج صوتی در عمق های کانونی مختلف ایجاد می شوند. (تصویر ۶)

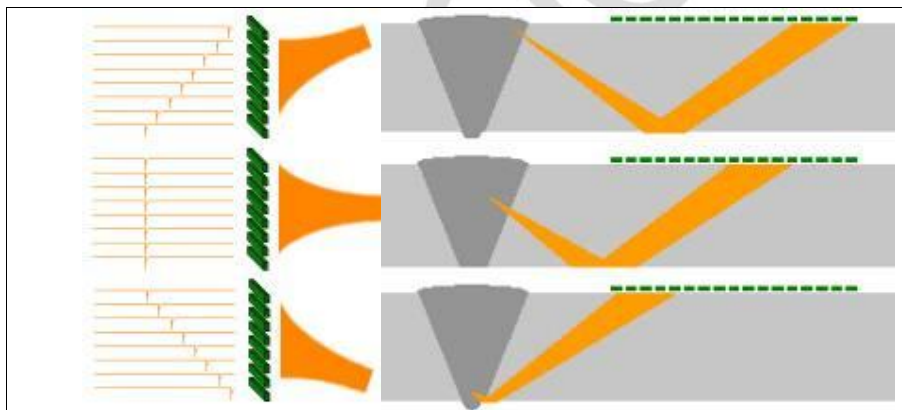
با استفاده از این الگو دیگر نیازی به استفاده از پراب های تک کریستال در ابعاد مختلف نیست.



تصویر ۶- میزان تاخیرهای الکتریکی و رابطه آن با میزان تمرکز عمق

(ج) هدایت الکترونیکی (Electronic Steering):

با اعمال قوانین تاخیر به المان های مختلف پراب می توان امواج را منحرف کرد به عبارتی امکان ایجاد امواج صوتی با زوایای مختلف توسط یک پراب فراهم می شود (تصویر ۷)
از مزایای این تکنیک می توان به بازرسی در زوایای مختلف توسط یک پراب، عدم نیاز به حرکت زیگ زاگ پراب و بازرسی سریع قطعات با شکل هندسی پیچیده اشاره کرد. [1, 2, 3]

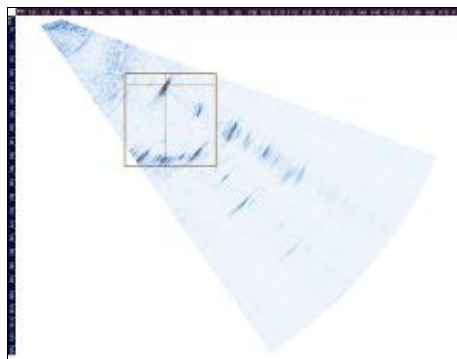


تصویر ۷- هدایت الکترونیکی (Electronic Steering)

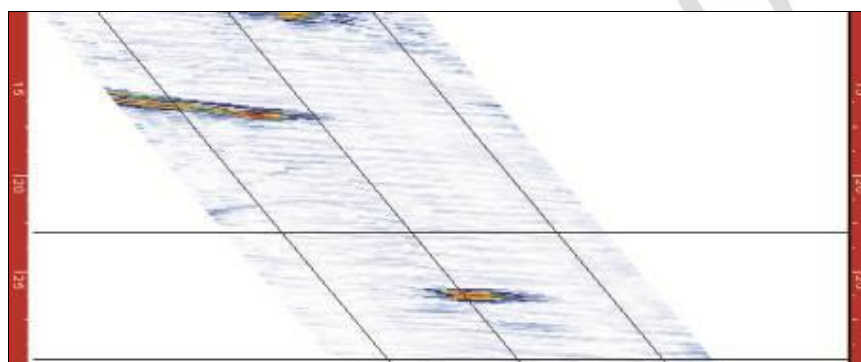
دستگاه های Phased Array:

دستگاه های Phased Array شامل دو بخش سخت افزاری و نرم افزاری می باشند.
به طور اجمالی سخت افزار دستگاه همان فرستنده ها و گیرنده های صوتی می باشند که تعداد واقعی و فیزیکی این فرستنده و گیرنده ها عامل اصلی در تقسیم بندی دستگاه های Phased Array به حساب می آیند. هم اکنون دستگاه های پرتابل ۱۶، ۳۲ یا ۱۲۸ کانال دارند. با افزایش تعداد فیزیکی فرستنده و گیرنده، دقت و قدرت تفکیک بازرسی افزایش یافته و قابلیت انجام بازرسی های متنوع و پیچیده نیز فراهم می شود. توجه به این نکته ضروری است که تعداد واقعی و مجازی کانال های دستگاه با یکدیگر کاملاً متفاوت می باشد. به طوری که دستگاه های موجود در انواع مختلف ۱۶/۱۶، ۳۲/۱۶، ۳۲/۳۲، ۶۴/۳۲ یا ۱۲۸/۳۲ موجود می باشند که عدد اول نشان دهنده تعداد کانال های فیزیکی دستگاه بوده و عدد دوم نماینده تعداد کانال های مجازی می باشد.
مهمترین ویژگی متمایز کننده دستگاه ها، بخش نرم افزاری آنها می باشد که نحوه اعمال قوانین تاخیر بر پالس های الکتریکی ارسالی به پراب و نیز چگونگی پردازش و آنالیزی اکوهای دریافتی از ناپیوستگی ها و نحوه نمایش تصاویر را کنترل می کند. به کمک پردازنده های قوی امکان نمایش چندین تصویر به صورت همزمان در صفحه نمایش میسر شده است به طوری که عمده ترین و مهمترین

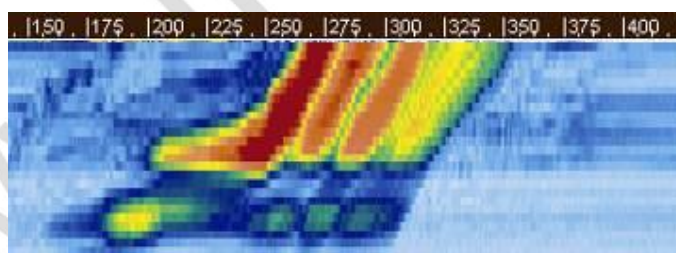
تصویری که در التراسونیک Phased Array مطرح است تصویر S-Scan از قطعه می باشد. این تصویر که به تصویر پای سیب نیز معروف است تصویری دو بعدی و جانبی از قطعه می باشد. (تصویر ۸) با کمک قابلیت های نرم افزاری دستگاه امکان نمایش تصاویر A/B/C/D/L/S Scan (تصاویر ۹ و ۱۰) به همراه تصاویر Top, Side & End View نیز میسر می باشد. (تصویر ۱۱) [3]



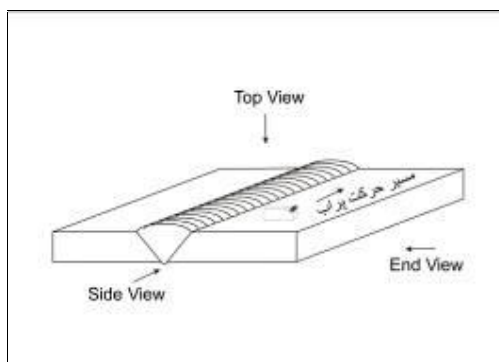
تصویر ۸ - نمونه تصویر S-Scan



تصویر ۹ - نمونه تصویر L-Scan



تصویر ۱۰ - نمونه تصویر C-Scan از چهار سوراخ جانبی SDH در عمق های مختلف

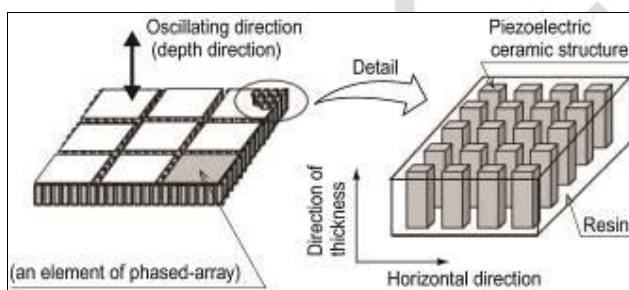


پراب های Phased Array:

برای ساخت پراب های Phased Array از Piezocomposite استفاده می شود. این مواد از میله های نازک سرامیکی که در درون مواد پلیمری مانند رزین قرار گرفته اند، ساخته شده اند که خواص این مواد به خواص سرامیک، پلیمر و ساختار میکروسکوپی Piezocomposite بستگی دارد. ماده پلیمری یا رزین بین پیزوالکتریک ها به عنوان یک میراکننده عمل نموده و مدت استمرار پالس را کاهش داده و باعث بهبود قدرت تفکیک می شود. (تصویر ۱۲)

از ویژگی منحصر به فرد این مواد می توان به مقاومت صوتی کم، بهبود جفت شوندگی، بهبود نسبت سیگنال به نویز و حساسیت بالا اشاره کرد. ساختار این پیزوالکتریک ها به گونه ایی است که از ارتعاش شعاعی جلوگیری کرده، انتشارات غیر قابل استفاده را کاهش داده و خاصیت هدایت شوندگی را بهبود می بخشد همچنین این امکان را فراهم می سازد که پراب های Phased Array با میزان Cross-Coupling کم بین المان ها ساخته شوند.

همچنین این مواد دارای خاصیت انعطاف پذیری بالایی بوده و امکان ساخت پراب های کروی، استوانه ایی و منحنی شکل را جهت استفاده در سطوح غیر مسطح فراهم می سازد، همچنین بالا بودن مقاومت مکانیکی Piezocomposite موجب افزایش مقاومت پراب های Phased Array در برابر شوک های مکانیکی، ارتعاش، محدودیت های دمایی و محدودیت فشار می شود. [4, 5]



تصویر ۱۲ - ساختار Piezocomposite

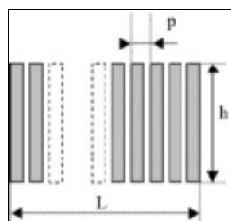
انواع مختلف پرابهای Phased Array به شرح ذیل می باشد:

الف) پراب های خطی: در این پراب ها المان های مستطیلی شکل به صورت خطی در کنار یکدیگر قرار می گیرند. (تصویر ۱۳) پراب های خطی جزو اولین نوع پراب های Phased Array بوده و دارای کاربرد عمومی می باشند این پراب ها عمدتاً با روش پالس اکو یا روش TOFD مورد استفاده قرار می گیرند که از عمده کاربردهای آن می توان به تست جوش، تست خوردگی، بازرسی دیسک های چرخان و ... اشاره کرد.

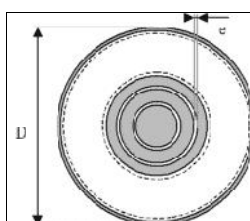
ب) پراب های حلقوی: در این نوع پراب ها که بیشتر برای افزایش کنترل بر میزان تمرکز صوت در عمق کاربرد دارند المان ها به شکل حلقوی بوده و حول یک نقطه در مرکز پراب قرار می گیرند، برخلاف پراب های خطی ابعاد المان ها در پراب های حلقوی یکسان نبوده و با دورتر شدن از مرکز پراب ابعاد المان بزرگتر می شود. (تصویر ۱۴) این پراب ها عمدتاً با روش پالس اکو مورد استفاده قرار گرفته و زمانی استفاده می شوند که تمرکز صوت در فواصل و عمق های مختلف مورد نیاز باشد.

ج) پراب های دایروی: در پراب های دایروی المان ها بصورت ۳۶۰ درجه حول پیرامون پراب چیده شده (تصویر ۱۵) و عمدتاً در روش غوطه وری یا پالس اکو مورد استفاده قرار می گیرند. این نوع پراب ها دارای قابلیت های خاصی بوده و با توجه به نوع آرایش المان ها در درون پراب می توان آنها را در بازرسی لوله های مبدل های حرارتی، تست اتوماتیک لوله ها استفاده کرد.

د) پراب های ماتریسی: در این نوع پراب ها المان ها بصورت ماتریسی در کنار یکدیگر قرار می گیرند. (تصویر ۱۶) از قابلیت های ویژه پراب های ماتریسی کنترل و هدایت سه بعدی دسته پرتو می باشد. [6]



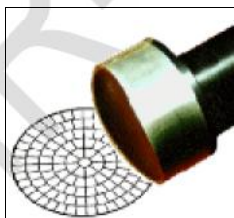
تصویر ۱۳- پراب خطی



تصویر ۱۴ - پراب های حلقوی



تصویر ۱۵ - پراب های دایروی



تصویر ۱۶ - پراب های ماتریسی

مزایای روش Phased Array:

- 1- در اختیار داشتن یک سند دائمی از کلیه مراحل بازرسی و اسکن
- 2- نمایش تصویر همزمان B-Scan, C-Scan در صفحه نمایش
- 3- نمایش سه تصویر Top View, Side View و End View از عیب
- 4- امکان بررسی دقیق عمق و اندازه ناپیوستگی
- 5- افزایش سرعت بازرسی
- 6- افزایش ضریب اطمینان بازرسی
- 7- کاهش حرکت مکانیکی پراب در بازرسی قطعات با حجم بالا
- 8- در این روش دسترسی به دو طرف قطعه کار ضروری نبوده و با دسترسی به یک طرف قطعه کار نیز بازرسی انجام می شود.
- 9- به دلیل قابلیت نفوذ زیاد صوت، امکان بازرسی قطعات ضخیم میسر می باشد. [7]

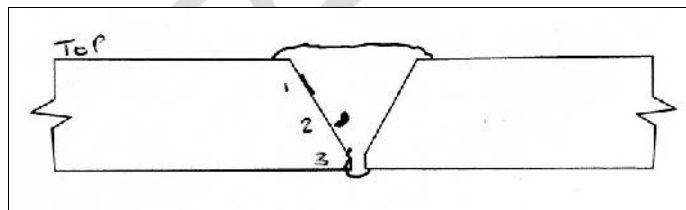
محدودیت های روش Phased Array

- ۱- این روش فقط برای موادی قابل استفاده می باشد که امکان عبور صوت از آنها وجود دارد.
- ۲- از این روش جهت قطعاتی با جوش شیاری (Groove Weld) که ضخامت بیشتر از ۶ میلی متر دارند استفاده می شود.

بازرسی جوش به روش التراسونیک Phased Array

در این بخش از مقاله به آزمایشی عملی از بازرسی یک قطعه جوشکاری شده توسط روش جدید PAUT و بررسی تصاویر و نتایج بدست آمده در این روش می پردازیم. در راستای انجام آزمایشی مستند و بررسی صحت نتایج بدست آمده، از نمونه پلیت جوشکاری شده ایی که عیوب مشخص و معینی با گواهی آزمایش معتبر دارد استفاده شده است. قطعه جوشکاری شده دارای ضخامت ۲۵ میلیمتر و خط جوشی به طول ۳۰۰ میلیمتر از جنس فولاد ساده کربن بوده و دارای عیوب ذکر شده مطابق جدول A می باشد. جهت مشخص شدن محل و نحوه قرار گرفتن عیوب در پلیت جوشکاری شده، نقشه شماتیک قطعه که توسط شرکت سازنده ارائه شده است در تصویر ۱۷ نشان داده می شود.

جدول (A) - نوع و محل قرار گرفتن عیوب			
فاصله عیب از مرجع	طول عیب	نوع عیب	ردیف
64 mm	27 mm	Lack of side wall Fusion (LOF)	عیب ۱
142 mm	30 mm	Slag	عیب ۲
230 mm	24 mm	Root Crack	عیب ۳



تصویر ۱۷- نقشه شماتیک قطعه مورد آزمایش

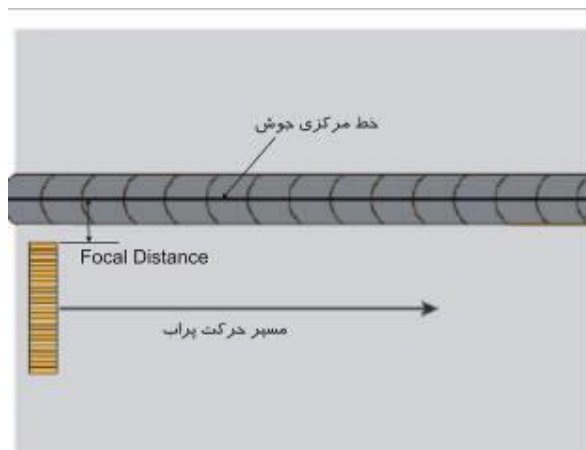
در این آزمایش از دستگاه با کانال فرستنده و گیرنده که امکان نمایش همزمان تصاویر A/B/D/L/S Scan و Top View را فراهم می سازد استفاده شده است. پراب مورد استفاده ۵ مگاهرتز ۳۲ المانه با گام یک میلیمتر، فاصله بین المانهای ۰/۵ میلیمتر و پهنای المان ۱۵ میلیمتری می باشد. برای تولید امواج عرضی گوه (Wedge) ۳۵ درجه مورد استفاده قرار گرفته است. همچنین جهت کالیبراسیون دستگاه از تست بلوک ASME و نیز برای مشخص کردن محل دقیق عیوب از نقطه مرجع از مختصات یاب (Encoder) تک محوره استفاده شده است. در ادامه جهت بررسی و مقایسه اجمالی این روش با رادیوگرافی صنعتی نمونه تصاویر بدست آمده از عیوب موجود در قطعه توسط روش رادیوگرافی در کنار تصاویر بدست آمده از روش PAUT آورده شده است. کلیه مراحل این آزمایش مطابق الزامات کد ASME 2235 می باشد. [8]

مراحل آزمایش:

پس از کنترل صحت عملکرد المان های پراب، دستگاه توسط تست بلوک ASME کالیبره می گردد. مراحل کالیبراسیون شامل سه مرحله می باشد.
الف) کالیبراسیون عمق

ب) کالیبراسیون فاصله پراب از خط مرکزی جوش
ج) کالیبراسیون مختصات یاب (در صورت استفاده)

در مرحله بعد، فاصله پراب از خط جوش که Focal Distance نامیده می شود محاسبه شده و به همراه خط مرکزی جوش بر روی قطعه مورد آزمایش رسم می گردد. پراب به همراه اینکدر بر روی قطعه قرار گرفته و بازرسی با حرکت پراب به موازات خط مرکزی جوش آغاز می شود. (تصویر ۱۸)

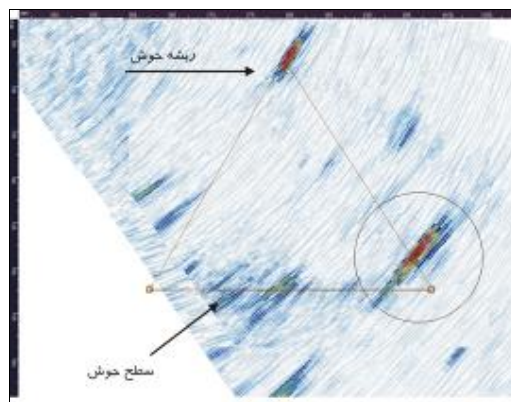


تصویر ۱۸- نحوه حرکت پراب در بازرسی جوش به روش Phased Array

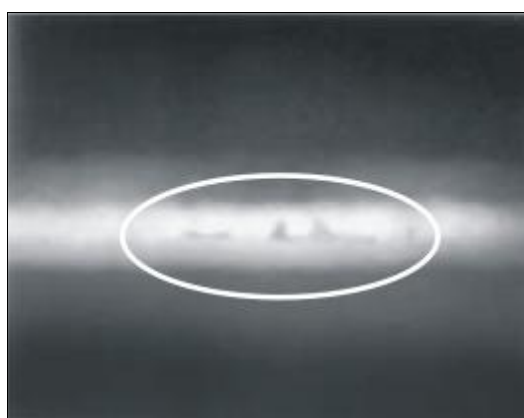
در طول مسیر بازرسی (۳۰۰ میلی متر) تصویر S-Scan بدست آمده از سطح مقطع جوش به صورت همزمان در صفحه نمایش دستگاه دیده می شود. توسط تصویر S-Scan امکان مشخص کردن محدوده دقیق منطقه جوش میسر بوده و می توان توسط خط کش های مجازی دستگاه این محدوده را بر روی صفحه نمایش دستگاه نشان داد. خط کش مجازی عمق ۱ در عمق ضخامت قطعه مورد بازرسی (۲۵ میلی متر) و خط کش مجازی عمق ۲ در عمق دو بار ضخامت قطعه مورد بازرسی (۵۰ میلی متر) قرار می گیرد. همچنین با توجه به اینکه فاصله پراب از خط مرکزی جوش ثابت و مشخص است و نیز پهنای گرده جوش نیز قابل اندازه گیری می باشد، می توان دو خط کش مجازی فاصله پراب از خط مرکزی جوش (خط کش ۳ و ۴) را به ترتیب در فواصل $Focal\ Distance + 1/2\ Cap$ و $Focal\ Distance - 1/2\ Cap$ قرار داد. بدین ترتیب محدوده ایی چهار ضلعی بر روی صفحه نمایش ایجاد می شود که منطقه جوش را به طور کامل در بر می گیرد. (تصویر ۸) بنابراین می بایستی نشانه های بوجود آمده در این منطقه مورد ارزیابی دقیق قرار گیرد. توجه به این نکته نیز مهم است که در این آزمایش بازرسی جوش در Leg 2 صورت گرفته و تصاویر بدست آمده ناشی از امواج التراسونیک در Leg 2 می باشد به همین دلیل تصویر شماتیک جوش در صفحه نمایش برعکس است. [8]

نتایج و تصاویر بدست آمده از آزمایش:

در طی مسیر بازرسی در محدوده ایی که عیبی وجود ندارد تصویر S-Scan منطقه جوش عاری از هرگونه نشانه می باشد با ادامه دادن بازرسی تقریباً در فاصله ۶۰ میلیتری از مرجع، نشانه هایی در قسمت دیواره جوش ظاهر گردیده (تصویر ۱۹) و با حرکت پراب به سمت انتهای مسیر بازرسی این نشانه ها پر رنگ تر می شود لازم به ذکر است با حرکت پراب (به علت وجود عیب) نشانه ها نیز در صفحه نمایش باقی مانده و امکان علامت گذاری محل دقیق بر روی قطعه و در نتیجه اندازه گیری ابعاد عیب به صورت همزمان با آزمایش نیز میسر می باشد. با بررسی تصویر S-Scan مربوطه کاملاً مشخص است عیب در دیواره جوش قرار دارد و با بررسی A-Scan عیب می توان متوجه شد که عیب موجود در قطعه، عیب عدم ذوب دیواره (Lack of side wall Fusion) است.

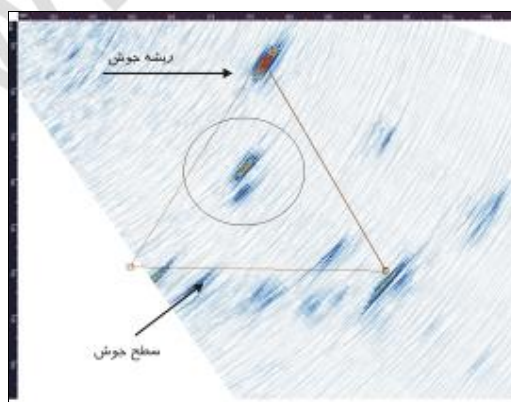


تصویر ۱۹- تصویر S-Scan عیب عدم ذوب دیواره / عیب شماره ۱

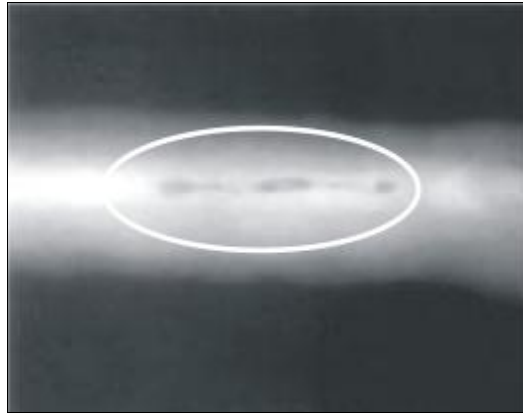


تصویر ۲۰ - تصویر رادیوگرافی عیب عدم ذوب دیواره

با عبور از این منطقه تمام نشانه ها نیز حذف شده و تصویر S-Scan عادی از منطقه جوش در صفحه نمایش دیده می شود. حرکت پراب به سمت نقطه پایان بازرسی ادامه یافته و در فاصله ۱۴۳ میلیمتری از نقطه مرجع نشانه دیگری در محدوده جوش ظاهر می گردد (تصویر ۲۱) همانطور که مشاهده می شود محل دقیق عیب سرباره موجود در جوش (Slag) کاملاً مشخص است.

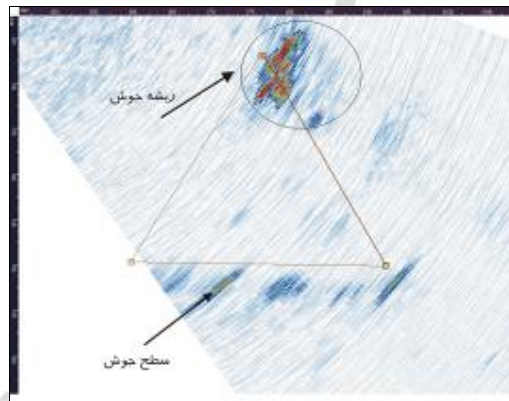


تصویر ۲۱- تصویر S-Scan عیب سرباره وجود در جوش / عیب شماره ۲

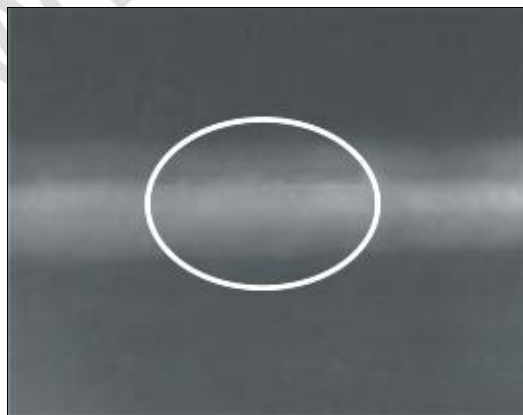


تصویر ۲۲- تصویر رادیوگرافی عیب سرپاره حبس شده در جوش

با ادامه حرکت پراب و در فاصله ۲۲۷ میلیمتری از نقطه مرجع تصویر ناشی از ریشه جوش (تصویر ۲۳) تغییر یافته و این تغییر ناشی از وجود عیب در این منطقه از جوش می باشد. تغییرات بوجود آمده در ریشه با مقایسه تصاویر ۱۹، ۲۱ و ۲۳ با یکدیگر کاملاً محسوس می باشد.



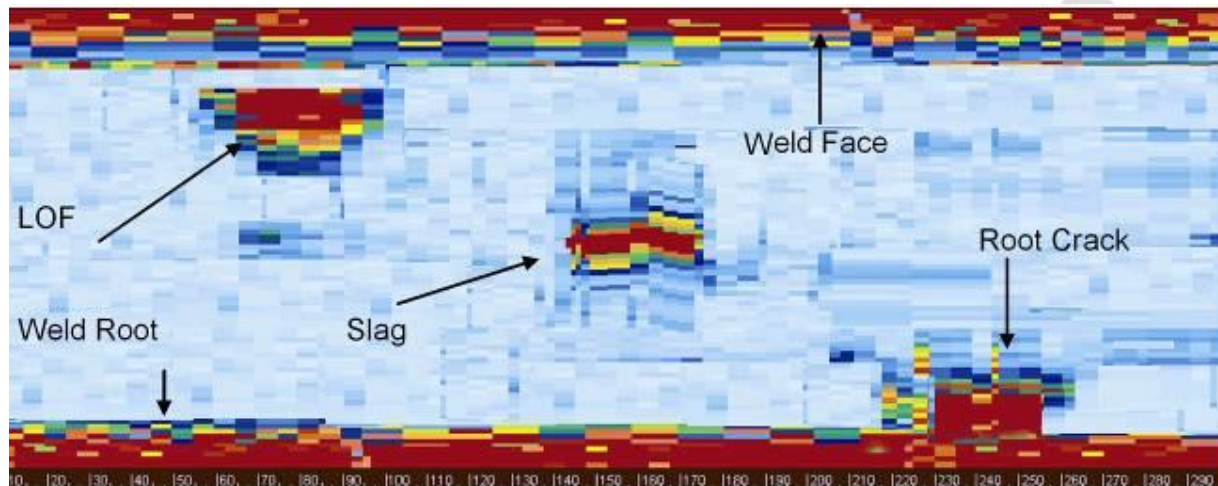
تصویر ۲۳ - تصویر S-Scan ترک ریشه / عیب شماره ۳



تصویر ۲۴ - تصویر ترک ریشه؟

در پایان، نتایج ضبط شده از کلیه مسیر بازرسی که بصورت ویدئو می باشد به رایانه منتقل شده و به کمک نرم افزار آنالیز می گردد. توسط نرم افزار UTStudio علاوه بر تصاویر A/B/C/D/L/S Scan تصاویر Top, Side and End View نیز از سطح مقطع جوش بدست آمده و می توان در گزارش نهایی از آنها استفاده نمود.

یکی از مهمترین تصاویری که توسط نرم افزار حاصل می شود تصویر End View (تصویر ۲۵) می باشد که این تصویر همانند سایر تصاویر بدست آمده توسط این روش به صورت رنگی بوده و امکان محاسبه دقیق ابعاد عیوب و محل قرار گیری آنها از نقطه مرجع را فراهم می سازد. توجه فرمایید تصویر End View از جمله تصاویری است که می تواند جایگزین فیلم رادیوگرافی شود. همچنین در این روش این امکان فراهم می شود که کلیه تصاویر فوق بصورت پرینت و یا به همراه گزارش ویدئویی به شکل دیجیتالی جهت بررسی های مجدد ضبط و ذخیره گردد.



تصویر ۲۵ - تصویر End View از کل محدوده جوش (توسط این تصویر امکان اندازه گیری ابعاد و فاصله عیوب از مرجع فراهم می شود).

استاندارد ASME C2235-9

در دنیای امروز به موازات افزایش دانش فنی و رشد روز افزون تکنولوژی های جدید، استانداردها نیز به روز شده و کدهای جدیدی جهت بازرسی با روش های نوین ارائه می شود.

کد ASME C2235-9 که در ۱۱ اکتبر ۲۰۰۵ توسط کمیته بویلر و مخازن تحت فشار انجمن مهندسين مکانیک آمریکا تایید شده است به طور صریح به مواردی اشاره می کند که آزمایش التراسونیک می تواند جایگزین رادیوگرافی گردد. یکی از عمده ترین تغییرات کد جدید نسبت به کد قبلی اجازه استفاده از S-Scan می باشد در حالی که در کدهای قبلی استفاده از روش التراسونیک Phased Array منوط به استفاده از تصویر L-Scan بود. استفاده از تصویر S-Scan نسبت به تصویر L-Scan ساده تر بوده و امکان بررسی و تفسیر عیوب و ناپیوستگی ها راحت تر می باشد.

کد ASME C2235-9 به شرایط خاصی اشاره می کند که در صورت فراهم بودن این شرایط روش التراسونیک Phased Array می تواند در کلیه جوش های قطعات، با ضخامتی برابر یا بیشتر از 1/2 اینچ در مخازن تحت فشار، لوله ها و بویلرهای نیروگاه ها جایگزین روش رادیوگرافی گردد.

یکی از شرایط ذکر شده در کد به شرح ذیل می باشد:

منطقه تحت بازرسی می بایستی علاوه بر جوش به اندازه ۲ اینچ از اطراف جوش برای قطعات با ضخامت بیشتر از ۸ اینچ در دسترس باشد. برای قطعات با ضخامت کمتر از ۸ اینچ نیز می بایستی علاوه بر محدوده جوش به اندازه ۱ اینچ و یا به اندازه ضخامت ورق از دو طرف جوش در دسترس باشد. در شرایط جایگزین منطقه تحت بازرسی به میزان محدوده تحت تاثیر حرارت (Heat Affected Zone - HAZ) به اضافه 1/4 اینچ قابل کاهش می باشد به شرطی که محدوده HAZ بصورت دقیق محاسبه و در گزارش ثبت گردد. همچنین محل قرار گرفتن پراب و اسکنر می بایستی مشخص و علامت گذاری شود تا از بازرسی کامل منطقه HAZ به علاوه 1/4 اینچ اطمینان حاصل گردد. سایر موارد بصورت کامل و مفصل در کد ذکر شده است.

نتیجه گیری:

سیستم جدید Phased Array بسیاری از مشکلات موجود در صنعت بازرسی را رفع نموده و یکی از قوی ترین ابزارهای بازرسی فنی به روش آزمایش غیرمخرب می باشد. افزایش سرعت بازرسی، افزایش دقت و قدرت تفکیک بازرسی و نیز بررسی جوش توسط چندین تصویر بدست آمده از مقاطع مختلف جوش این روش را به روشی با قابلیت های بسیار بالا و منحصر به فرد تبدیل کرده است. با بررسی نتایج بدست آمده از این روش و تصاویر رادیوگرافی می توان به این نتیجه رسید که روش جایگزینی برای رادیوگرافی وجود دارد که بسیاری از معایب پرتونگاری از جمله خطر مواد پرتوزا، هزینه بسیار بالای فیلم، توقف کار کارگاه و سایت هنگام پرتونگاری، هزینه نگهداری و انبار فیلم و بسیاری از محدودیت های دیگر را ندارد و امکان ثبت و مستند سازی از کلیه مراحل بازرسی را به مراتب بیشتر، راحت و دقیق تر از روش های دیگر آزمایش های غیرمخرب فراهم می سازد.

مراجع:

[1] F. Mainguy, L. Beaulieu-Charbonneau, J. Buttram - Phased Array Inspection of ASME Pressure Vessels - HARFANG Microtechniques, Québec (Canada) – 2006

[2] Dr. Michael Moles - Portable Phased Array Applications - - 3rd MENDT - Middle East Nondestructive Testing Conference & Exhibition - 2005

[3] HARFANG Web Site – www.harfangmicro.com

[4] S. Kawanami, M. Kurokawa, M. Taniguchi, Y. Tada - Development of Phased-Array Ultrasonic Testing Probe - Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. Technical Review Vol.38 No.3 – 2001

[5] J. Pogue, A. Garcia, J. Vazquez, J. Marguet, F. Pichonnat - Phased Array Technology Concepts, Probes and Applications – Imasonic Co. & Tecnom Co. – 2002

[6] Imasonic Web site – www.imasonic.com

[7] سعید رضا دادخواه، امیر دادخواه - تکنولوژی بازرسی جوش - نشر آزاده - ۱۳۸۵ - صفحه ۲۹۵

[8] X-32 User's Manual A Short Guide to Successful Phased Array NDT - HARFANG Microtechniques, Inc. – Oct. 2006