



# کاربرد روش التراسونیک *Phased Array* در بازرسی خطوط لوله

محل ضرب مهرهای تحت کنترل - منسوخ							۰۳
							۰۲
							۰۱
			امیر ساعدی	وحید پاچیده	آریا شریفیان	کاربرد روش التراسونیک <i>phased Array</i> در بازرسی خطوط لوله	۰۰
	تاریخ انتشار	تصویب	تأیید	بررسی	تهیه	شرح	REV

<b>کاربرد روش التراسونیک <i>phased Array</i> در بازرسی خطوط لوله</b>									
صفحه: ۲	<i>DEP</i>	<i>PRJ</i>	<i>CAT</i>	<i>DIS</i>	<i>TYP</i>	<i>SEQ</i>	<i>REV</i>	پروژه:	
مرداد ۹۴							۰۱		

## فهرست مطالب

۳	۱-مقدمه
۴	۲-معرفی روش <i>PAUT</i> و نحوه عملکرد
۸	۳-تجهیزات مورد استفاده در روش <i>Phased array</i>
۹	۴-مزایا و محدودیت های <i>Phased array</i>
۱۲	۵-کاربردهای <i>Phased Array UT</i>
۱۴	۶-استاندارد <i>ASME C2235-9</i>
۱۴	۷-نتیجه گیری

<b>کاربرد روش التراسونیک <i>phased Array</i> در بازرسی خطوط لوله</b>									
صفحه: ۳		<i>DEP</i>	<i>PRJ</i>	<i>CAT</i>	<i>DIS</i>	<i>TYP</i>	<i>SEQ</i>		پروژه:
مرداد ۹۴									۰۱


## ۱- مقدمه

ایجاد نقائص مختلف در ماده یا قطعه در حین فرآیند ساخت، امری اجتناب ناپذیر بوده و شرایط کاربری آتی قطعه به ماهیت و اندازه دقیق نقص بستگی خواهد داشت. نقص های دیگری نیز مانند ترک های ناشی از خستگی یا خوردگی، در حین سرویس در قطعه به وجود می آیند. بنابراین، برای آشکارسازی نقص ها در مرحله ساخت و همچنین برای آشکارسازی و مشاهده نرخ رشد آن ها در حین عمر کاری هر قطعه یا مجموعه، باید وسایل قابل اعتمادی در اختیار باشد. در این راستا، با استفاده از اصول محرز فیزیکی، شماری از سیستم های بازرسی بوجود آمده اند که بدون تغییر یا تخریب قطعات و مجموعه های مورد آزمون، دانسته های لازم جهت ارزیابی کیفیت ماده یا قطعه را به دست می دهند؛ این آزمون ها، بازرسی غیر مخرب نام گذاری شده اند. در واقع نقش بازرسی غیر مخرب تضمین قابل قبولی برای عدم حضور عیوبی در حد بحرانی بر اساس طراحی بارگذاری قطعات در حین کار است.

آزمون های غیر مخرب توسط انجمن تست های غیر مخرب امریکا (*ASNT*) به یازده روش مختلف تقسیم شده اند. از مهمترین و پرکاربردترین این روش ها، روش بازرسی با امواج ماوراء صوت (*Ultrasonic Testing-UT*) می باشد که کاربرد گسترده ای در تشخیص عیوب (از جمله ترک ها، عیوب ناشی از جوشکاری و ...) دارد. در این روش امواج صوتی با فرکانس بالا (در محدوده بسامدی ۰٫۱-۲۵ *MHz*) توسط مواد پیزوالکتریک تولید شده و به درون ماده ارسال می شوند. امواج برگشت داده شده حاصل از برخورد به عیوب درونی و سطحی ماده نیز توسط پیزوالکتریک های دیگری دریافت شده و در آنالیزورهای خاصی با توجه به کاهش انرژی امواج تحلیل و نتایج تحت سیستم های مختلف بر روی صفحه نمایش نشان داده می شوند.

در طی انجام این سیستم آزمون، پراب ها (اجزایی که مواد پیزوالکتریک جهت ارسال و دریافت امواج ماوراء صوت درون آن ها قرار دارند) را باید در ناحیه اطراف موضع جوش تحت شرایط خاصی حرکت داد. استفاده از پراب های زاویه ای در روش بازتاب یا عبوری، روشی مطمئن برای آشکارسازی نقص ها در قطعات مختلف از جمله لوله ها و تعیین موقعیت دقیق آن ها را به وجود آورده است. اما تعیین ماهیت دقیق نقص نسبتاً مشکل بوده و غالباً به مهارت و تجربه فرد بستگی دارد.

علاوه بر روش *UT* در بازرسی خطوط لوله، روش آزمون رادیوگرافی (*Radiographic Testing-RT*) نیز به طور گسترده ای در این صنعت مورد استفاده قرار می گیرد به طوری که 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

کاربرد روش التراسونیک <i>phased Array</i> در بازرسی خطوط لوله									
صفحه: ۴	DEP	PRJ	CAT	DIS	TYP	SEQ	REV	پروژه:	
مرداد ۹۴							۰۱		

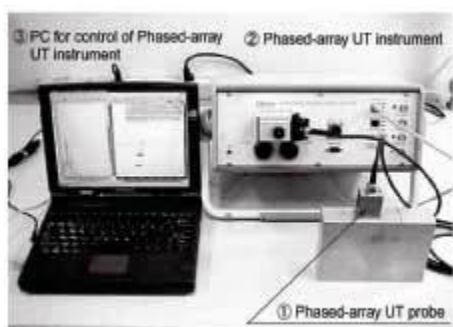
بیشتری برای استفاده از روشهای جدید بازرسی غیر مخرب ایجاد کرده است که به دلیل برتری نسبت به سایر روشها در کاربردهای مربوطه، می تواند جایگزین روشهای متعارف فعلی گردیده و اثر قابل توجهی در کاهش زمان، هزینه و افزایش کیفیت بازرسی در صنایع مختلف داشته باشند. از جمله این روشها، روش *Phased Array Ultrasonic* 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 UT* ضمن کاهش زمان بازرسی، جایگزین اسکن مکانیکی در روش *UT* می شود. پراب های مورد استفاده در این روش بجای یک یا دو جزء پیزوالکتریک، حاوی تعداد بیشتری (اصولاً 16 تا 256) جزء کوچک پیزوالکتریک می باشند که با ارسال دریافت امواج بصورت مجزا توانایی نمایش عیوب با جزییات 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 جزییات بیشتر نشان می دهد)، نوع بازرسی و حرکت پراب در این روش *UT* بوده و بازرسی جوش های محیطی خطوط لوله را تسهیل می کند.

اولین بار در سال 1992 از تکنولوژی *Phased array* در *UT* استفاده شده است و اولین دستگاه پرتابل *Phased array* نیز در سال 2002 ساخته شد؛ اما قبل از آن ترنسدیوسرهای چند جزیبی در پزشکی مورد استفاده بوده است.

## ۲- معرفی روش *PAUT* و نحوه عملکرد

روش آلتراسونیک *Phased Array* از جدیدترین متدهای بازرسی به روش آلتراسونیک می باشد. نخستین دستگاه های ساخته شده با این سیستم به صورت آزمایشگاهی در حجم و ابعاد بزرگ بود به طوری که استفاده از این تجهیزات در شرایط کارگاهی و عملیاتی میسر نبود. اولین دستگاه پرتابل *Phased Array* جهان در سال 2002 با 32 کانال فرستنده و گیرنده توسط یکی از شرکت های پیشرو در این زمینه با نام X-۳۲ ساخته شد (شکل ۱).

کاربرد روش التراسونیک <i>phased Array</i> در بازرسی خطوط لوله									گروه مهندسين دانشگاه
صفحه: ۵	DEP	PRJ	CAT	DIS	TYP	SEQ	REV	پروژه:	
مرداد ۹۴							۰۱		



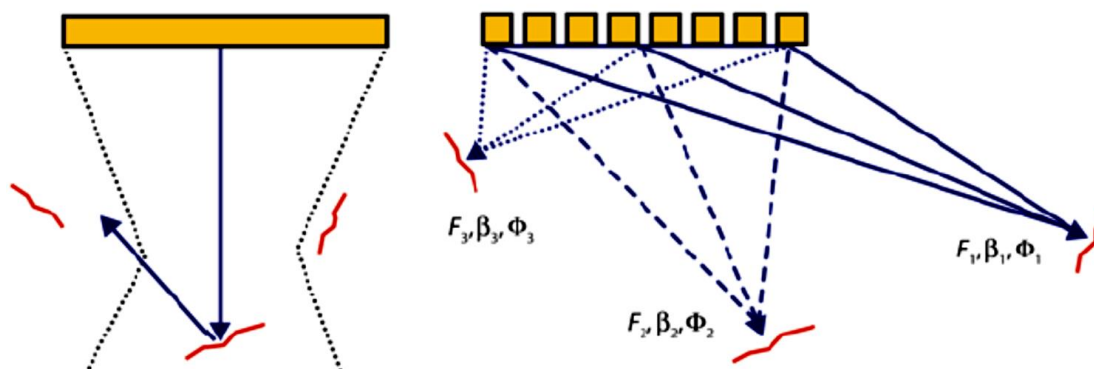
شکل ۱: اولین دستگاه پرتابل ساخته شده با سیستم *Phased Array* (راست) و مقایسه آن با نمونه های اولیه (چپ)

مفهوم *Phased Array* به پراب های چند المانه مربوط می شود. در این سیستم هر یک از پیزوالکتریک های موجود در پراب های تک کریستال به تعداد زیادی المان تقسیم می شوند که عرض هر یک بسیار کوچکتر از طول آن ها می باشد. هر یک از این المان ها خود به یک منبع صوتی تبدیل می گردند و به صورت مستقیم به پالسر دستگاه وصل شده و کاملاً مجزا و مستقل تحریک می شوند، به عبارت ساده تر به جای استفاده از یک پراب در روش معمول از تعداد بیشتری پراب (از 16 تا 1024 پراب) کنار هم استفاده می شود.

با اعمال تاخیر در فاز، زمان و دامنه ارسال پالس به هر یک از المان ها و کنترل کامپیوتری تحریک ها امکان ایجاد امواج التراسونیک متمرکز با قابلیت هدایت موج و کنترل پارامترهای صوتی مانند زاویه، فاصله کانونی، اندازه نقطه کانونی و ... فراهم می شود که تنظیمات مرتبط با این تاخیرها قوانین تاخیر (*Delay Law*) نامیده می شود. میزان تاخیرهای الکتریکی به نوع موج، زاویه بازگشت، عمق کانونی و طول المان های فعال بستگی دارد.

کنترل پارامترهای صوتی امکان تشخیص ترک هایی که در جهت مناسب نسبت به پراب قرار ندارند (*Misoriented*) را فراهم می سازد، در حالیکه پراب های تک کریستال معمول با محدودیت در حرکت و زاویه، امکان تشخیص چنین ترک هایی را ندارند (شکل ۲).

کاربرد روش التراسونیک <i>phased Array</i> در بازرسی خطوط لوله									گروه مهندسين DMS	
صفحه: ۶		DEP	PRJ	CAT	DIS	TYP	SEQ	REV		پروژه:
مرداد ۹۴								۰۱		




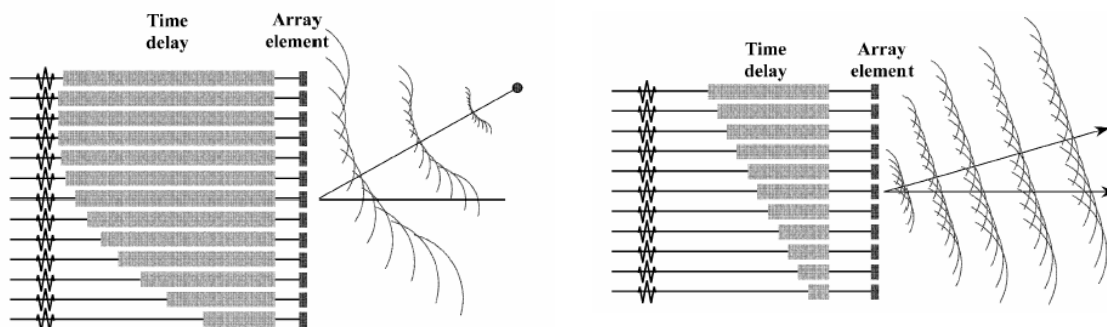
شکل ۲: تشخیص ترک های غیرهم جهت در پراب های تک کریستال (چپ) و پراب های *Phased Array* (راست)

در این روش امکان هدایت امواج با توجه به هندسه و شکل المانهای پیزوالکتریک در محدوده  $\pm 25$  درجه برای پرابهای تماسی و  $30-75$  درجه برای امواج برشی (عرضی) وجود دارد. همچنین امکان تمرکز امواج در هر منطقه دلخواه داخل و یا بر روی سطح قطعه ایجاد شده است، به طوریکه با تمرکز امواج بر روی سطح میتوان عمق منطقه نزدیک (*Near-field*) را بسیار کم کرد.

همچنین تفکیک پذیری و کنتراست به واسطه افزایش فرکانس و استفاده از تعداد بیشتری از المان های پیزوالکتریک، افزایش خواهد یافت. استفاده از فرکانس های بسیار بالا باعث میراثی (تضعیف) سریع تر امواج خواهد شد.

در شکل 3 به طور شماتیک نحوه هدایت و تمرکز امواج توسط سیستم *Phased Array* نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود همه عناصر پراب (*array elements*) توسط یک پالس الکتریکی یکسان و به صورت تاخیری تهییج می شوند. با کنترل زمان تاخیر، می توان نقطه تمرکز و همچ نین زاویه هدایت امواج را کنترل کرد.

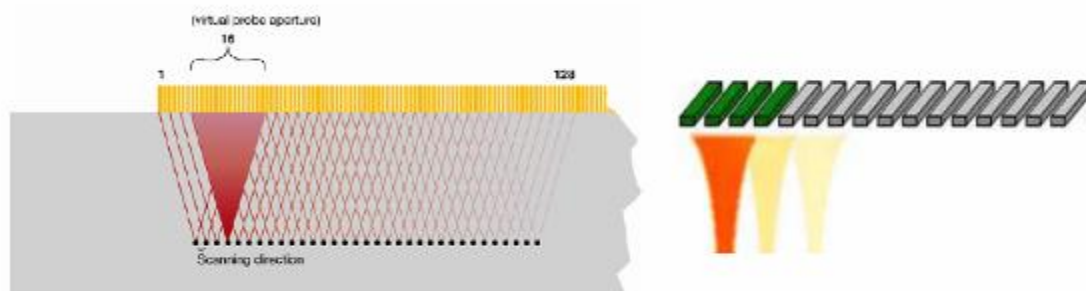
<b>کاربرد روش التراسونیک phased Array در بازرسی خطوط لوله</b>										
صفحه: ۷		DEP	PRJ	CAT	DIS	TYP	SEQ	REV		پروژه:
مرداد ۹۴								۰۱		



شکل ۳: الگوی امواج التراسونیک، هدایت کردن (تصویر راست)، هدایت کردن و تمرکز توسط سیستم *Phased Array* (تصویر چپ)


دقت تصاویر حاصله به فاکتورهای متعددی بستگی دارد که از مهمترین آنها می توان به تداوم پالس ها ( *pulse duration*) اشاره داشت. سه الگو و تکنیک اصلی کنترل کامپیوتری دسته پرتوها در روش *Phased array* تعریف شده است که به شرح ذیل می باشد:

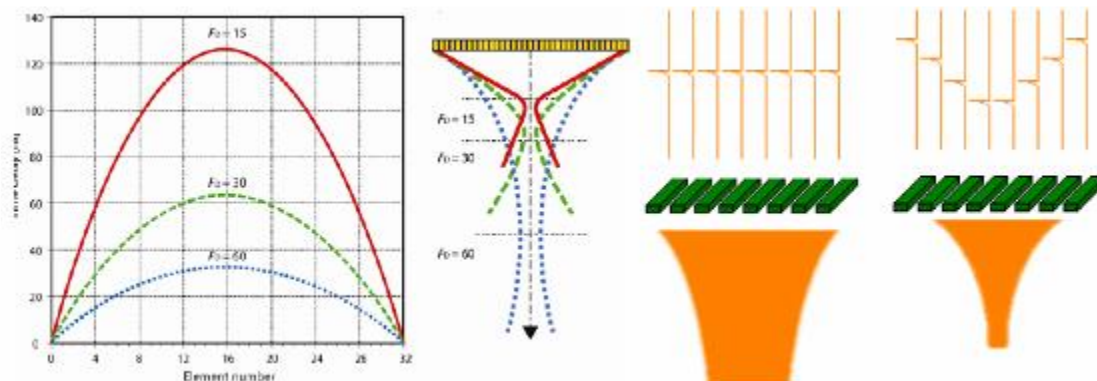
الف) اسکن الکترونیکی (*Electronic Scanning*): در این روش اسکن، تاخیرها بر روی گروهی از المان های فعال پراب تقسیم می شوند و اسکن در یک زاویه ثابت و در طول پراب صورت می گیرد. این تکنیک جایگزینی بسیار مناسب برای حرکت مکانیکی پراب های تک کریستال می باشد. از مزایای این تکنیک می توان به افزایش سرعت تست خوردگی، بازرسی توسط امواج عرضی و عدم نیاز به حرکت مکانیکی اشاره داشت (شکل ۴).



شکل ۴: اسکن الکترونیکی (*Electronic Scanning*)

ب) تمرکز دینامیکی عمق (*Electronic Focusing / Dynamic depth Focus*): در این تکنیک با اعمال قوانین تاخیر متقارن به المان های متفاوت، امواج صوتی در عمق های کانونی مختلف در طول محور موج هدایت می شوند. این تکنیک جایگزین مناسب برای استفاده از پراب های مختلف تک کریستال از نظر ابعاد جهت تمرکز در عمق های مختلف می باشد (شکل ۵).

<b>کاربرد روش التراسونیک phased Array در بازرسی خطوط لوله</b>										
صفحه: ۸		DEP	PRJ	CAT	DIS	TYP	SEQ	REV		پروژه:
مرداد ۹۴								۰۱		



شکل ۵: 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 فراهم می شود. این تکنیک جایگزین استفاده از پراب های تک کریستال با زوایای متفاوت می باشد. از مزایای این تکنیک می توان به بازرسی در زوایای مختلف توسط یک پراب و بازرسی سریع قطعات با شکل هندسی پیچیده اشاره کرد (شکل ۶).




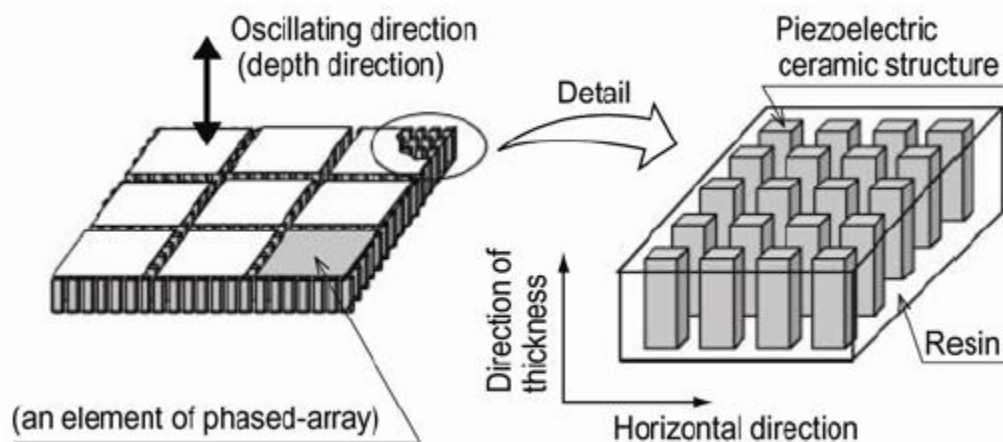
شکل ۶: هدایت الکترونیکی (*Electronic Steering*)

### ۳- تجهیزات مورد استفاده در روش *Phased array*

این تجهیزات عبارتند از: دستگاه آنالیز کننده و تولید کننده امواج التراسونیک، پراب، مایع کوپلنت و مختصات یاب (*Encoder*). 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 می شوند 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 (شکل ۷).



کاربرد روش التراسونیک <i>phased Array</i> در بازرسی خطوط لوله									
صفحه: ۹	<i>DEP</i>	<i>PRJ</i>	<i>CAT</i>	<i>DIS</i>	<i>TYP</i>	<i>SEQ</i>	<i>REV</i>		پروژه:
مرداد ۹۴							۰۱		




شکل ۷: ساختار *Piezocomposite*

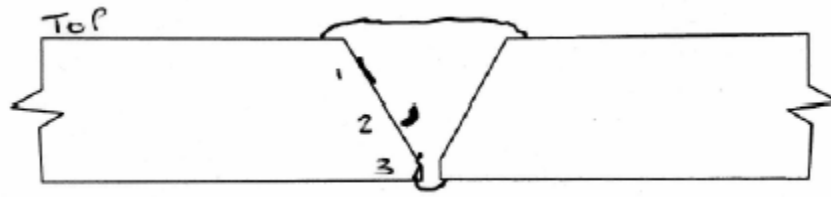
انواع مختلف پرآب های *Phased array* به شرح ذیل می باشد:

- پرآب های خطی
- پرآب های حلقوی
- پرآب های دایروی
- پرآب های ماتریسی

#### ۴- مزایا و محدودیت های *Phased array*

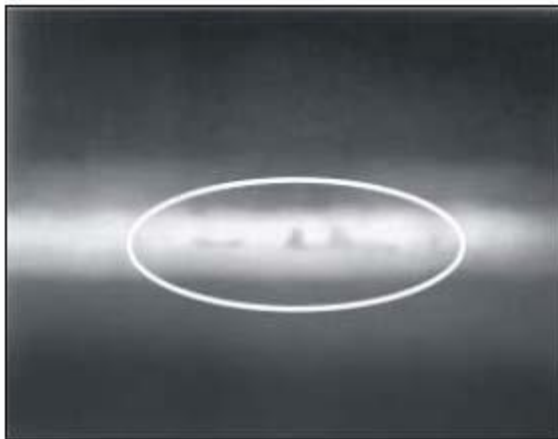
همانطور که اشاره شد، در حال حاضر استفاده از روش *RT* نسبت به دیگر روش های غیر مخرب ترجیح داده می شود. ولی با توجه به خصوصیات و مزایای روش *Phased array* می توان نتیجه گرفت که مزیت هایی که بازرسی به روش *RT* را توجیه پذیر می کند، همه با قابلیت های بسیار بالاتر در روش *Phased array* نیز وجود دارد. به عبارت دیگر، روش *Phased array* علاوه بر مزیت های *RT*، دارای خصوصیات دیگری نیز می باشد که باعث برتری آن به *RT* شده است. به عنوان مثال می توان به مقایسه نتایج بازرسی به روش های *RT* و *Phased array* که در اشکال 8 تا 15 نشان داده شده اند، اشاره نمود. همانطور که مشاهده می شود 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.

کاربرد روش التراسونیک <i>phased Array</i> در بازرسی خطوط لوله										
صفحه: ۱۰		DEP	PRJ	CAT	DIS	TYP	SEQ	REV		پروژه:
مرداد ۹۴								۰۱		

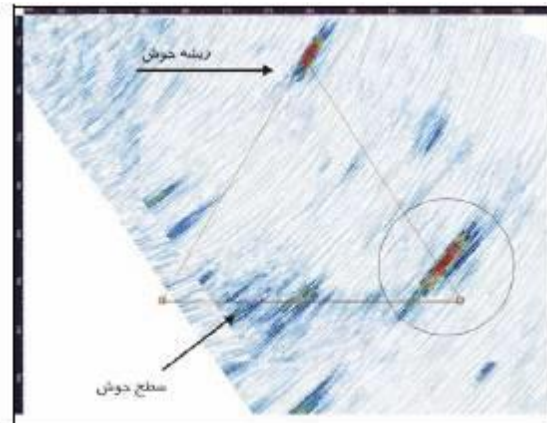


فاصله عیب از مرجع	طول عیب	نوع عیب	عیب شماره
64 mm	27 mm	Lack Of side wall Fusion (LOF)	۱
142 mm	30 mm	Slag	۲
230 mm	24 mm	Root Crack	۳

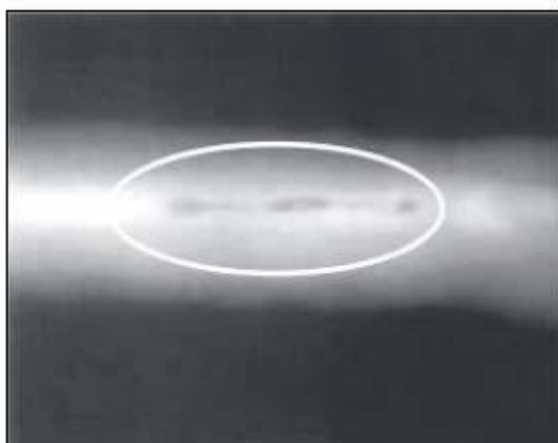
شکل ۸: شماتیک قطعه مورد آزمایش و نوع و موقعیت عیوب در آن



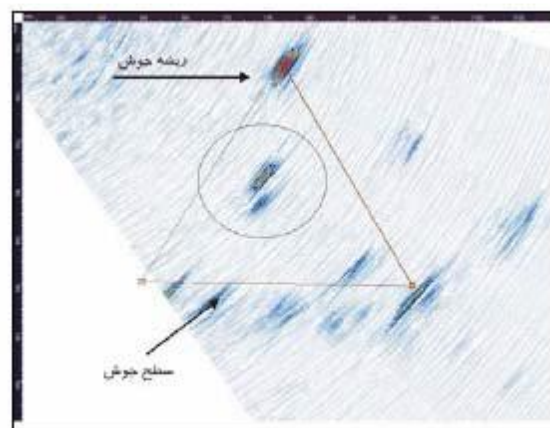
شکل ۱۰: تصویر رادیوگرافی عیب شماره ۱



شکل ۹: تصویر S-Scan عیب شماره ۱

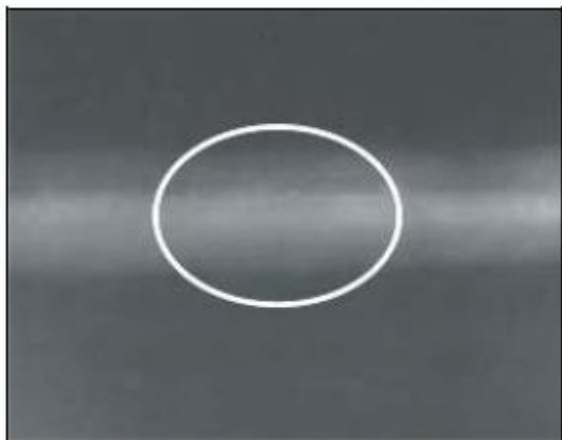


شکل ۱۲: تصویر رادیوگرافی عیب شماره ۲

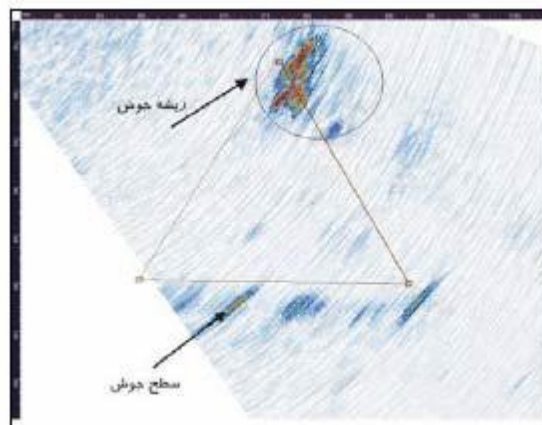


شکل ۱۱: تصویر S-Scan عیب شماره ۲

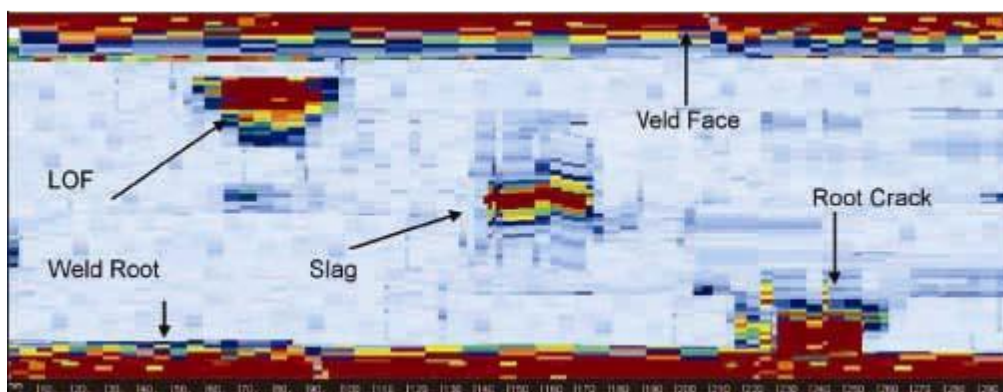
کاربرد روش التراسونیک <i>phased Array</i> در بازرسی خطوط لوله									گروه مهندسين دانا	
صفحه: ۱۱		DEP	PRJ	CAT	DIS	TYP	SEQ	REV		پروژه:
مرداد ۹۴								۰۱		



شکل ۱۴: تصویر رادیوگرافی عیب شماره ۳



شکل ۱۳: تصویر *S-Scan* عیب شماره ۳



شکل ۱۵: تصویر *End View* از کل محدوده جوش (توسط این تصویر امکان اندازه گیری ابعاد و فاصله عیوب از مرجع فراهم می شود)

در یک نتیجه گیری کلی، مزایای روش *Phased array* را می توان به صورت زیر عنوان نمود:

- مکان 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

کاربرد روش التراسونیک <i>phased Array</i> در بازرسی خطوط لوله									 گروه مهندسیین ISNDT	
صفحه: ۱۲		DEP	PRJ	CAT	DIS	TYP	SEQ	REV		پروژه:
مرداد ۹۴								۰۱		


- افزایش ضریب اطمینان بازرسی
  - کاهش حرکت مکانیکی پراب در بازرسی قطعات با حجم بالا
  - ضرورت نداشتن 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

## ۵- کاربردهای *Phased Array UT*

سیستم *PAUT* دارای کاربردهای متنوع و مختلفی در صنعت بازرسی می باشد. آزمون *PAUT* را می توان برای تشخیص ترک، تورق، حفرات انقباضی، تخلخل، ناخالصی های سرباره ای، ذوب ناقص، نفوذ ناکافی اتصال و دیگر ناپیوستگی ها در قطعات به کار برد. از این تکنولوژی می توان به طور موفقیت آمیزی جهت شناسایی عیوب در بازرسی جوش مخازن تحت فشار، بازرسی قطعات حساس نیروگاه ها (مانند پره های توربین و ...)، بازرسی اتوماتیک و حین تولید خطوط لوله (مانند بازرسی جوش و بدنه لوله های نفت و گاز و ...) و بسیاری کاربردهای دیگر در طول تحقیق و توسعه و تولید، در حین تولید، در حین کار و در سرویس استفاده کرد. در اینجا به کاربرد این روش در بازرسی خطوط لوله اشاره می شود.

رویکرد به *PAUT* در بازرسی خطوط لوله منجر به صرف زمان و هزینه کمتر و بسیاری مزیت های دیگر می شود. در صورت استفاده از روش های اتوماتیک *PAUT*، بازرسی کیلومترها خطوط جوش دایره ای خطوط لوله بسیار تسهیل خواهد شد. توسط روش *PAUT* عیوب مشخص شده و اندازه و محل قرارگیری آن ها به

کاربرد روش التراسونیک <i>phased Array</i> در بازرسی خطوط لوله										
صفحه: ۱۳		DEP	PRJ	CAT	DIS	TYP	SEQ	REV		پروژه:
مرداد ۹۴								۰۱		

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 (شکل ۱۶).




شکل ۱۶: استفاده از PAUT در بازرسی جوش لوله ها

اصولاً برای بازرسی خطوط لوله از امواج برشی (عرضی) که گستره ای در محدوده ۳۰-۷۵ درجه را تحت پوشش قرار می دهند استفاده می شود . با استفاده از اسکن سطحی (*Sectional Scan*) با تمرکز بر روی خط مرکزی جوش، امکان بازرسی حجم زیادی از جوش وجود خواهد داشت . اما برای بازرسی کل حجم جوش ایجاد شده باید از *Second leg* استفاده کرد . در بازرسی لوله ها بدلیل ضخامت کم مقاطع مورد بازرسی، می توان از پرابهایی با فرکانس بالا استفاده نمود که در اینصورت دقت و سرعت بازرسی بیشتر خواهد شد .

در بازرسی لوله ها به روش آلتراسونیک معمول، منطقه تحت بازرسی می بایستی با حرکت مکانیکی پراب کاملاً اسکن شود . حال اگر منطقه تحت بازرسی دارای برخی بخش های غیر قابل دسترس باشد که امکان حرکت پراب در آنها وجود ندارد یا حرکت پراب به نوعی محدود می شود ، ناگزیر چنین بخش هایی از پروسه بازرسی که توسط آلتراسونیک انجام می شوند حذف می گردند . این در حالی است که با سیستم آلتراسونیک *Phased Array* و اسکن الکترونیکی می توان چنین محدودیت هایی را برطرف ساخت .

همچنین جهت بازرسی لوله هایی از جنس مواد با قدرت میرایی ص و ت بالا مثل فولاد ضد زنگ (*Stainless Steel*) از این سیستم می توان استفاده کرد . کریستال های دانه درشتی (*Coarse grain crystals*) که در این

کاربرد روش التراسونیک <i>Phased Array</i> در بازرسی خطوط لوله										
صفحه: ۱۴		<i>DEP</i>	<i>PRJ</i>	<i>CAT</i>	<i>DIS</i>	<i>TYP</i>	<i>SEQ</i>	<i>REV</i>		پروژه:
مرداد ۹۴								۰۱		

مواد وجود دارند امواج آلتراسونیک را پراکنده و منحرف می سازند و همچنین باعث کاهش میزان انتشار صوت در داخل قطعه می شوند به طوری که امکان گرفتن اکوی برگشتی از پشت قطعه بسیار مشکل بوده و یا نویزهای زیادی روی صفحه نمایش پدیدار می شود. با استفاده از پراب های *Phased Array* و تمرکز صوت در این قطعات ارتفاع اکوی دریافتی از عیوب واضح تر شده و مقدار نسبت سیگنال به نویز افزایش می یابد.

## ۶- استاندارد *ASME C2235-9*

در دنیای امروز به موازات افزایش دانش فنی و رشد روزافزون تکنولوژی های جدید، استانداردها نیز به روز شده و کدهای جدیدی جهت بازرسی با روش های نو ارائه می شود. کد *ASME C2235-9* که در ۱۱ اکتبر ۲۰۰۵ توسط کمیته بویلر و مخازن تحت فشار انجمن مهندسين مکانیک آمریکا تائید شده است، به طور صریح به مواردی اشاره می کند که آزمایش آلتراسونیک 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 آلتراسونیک *Phased Array* منوط به استفاده از تصاویر *L-Scan* بود. استفاده از تصویر *S-Scan* نسبت به تصویر *L-Scan* اده 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 آلتراسونیک *Phased Array* می تواند در کلیه جوش های قطعات، با ضخامتی برابر یا بیشتر از ۱/۲ اینچ در مخازن تحت فشار، لوله ها و بویلرهای نیروگاه ها جایگزین روش رادیوگرافی گردد.

## ۷- نتیجه گیری

سیستم *Phased Array* یکی از قویترین ابزارهای بازرسی فنی در بازرسی خطوط لوله می باشد که استفاده از این روش ضمن کاهش مشکلات موجود در صنعت بازرسی منجر به صرف زمان و هزینه کمتر و بسیاری مزیت های دیگر می شود. 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 تقریباً جایگزین کامل رادیوگرافی صنعتی خواهد شد.