

طرق عرض البيانات في الإختبار بالأموح فوق الصوتية

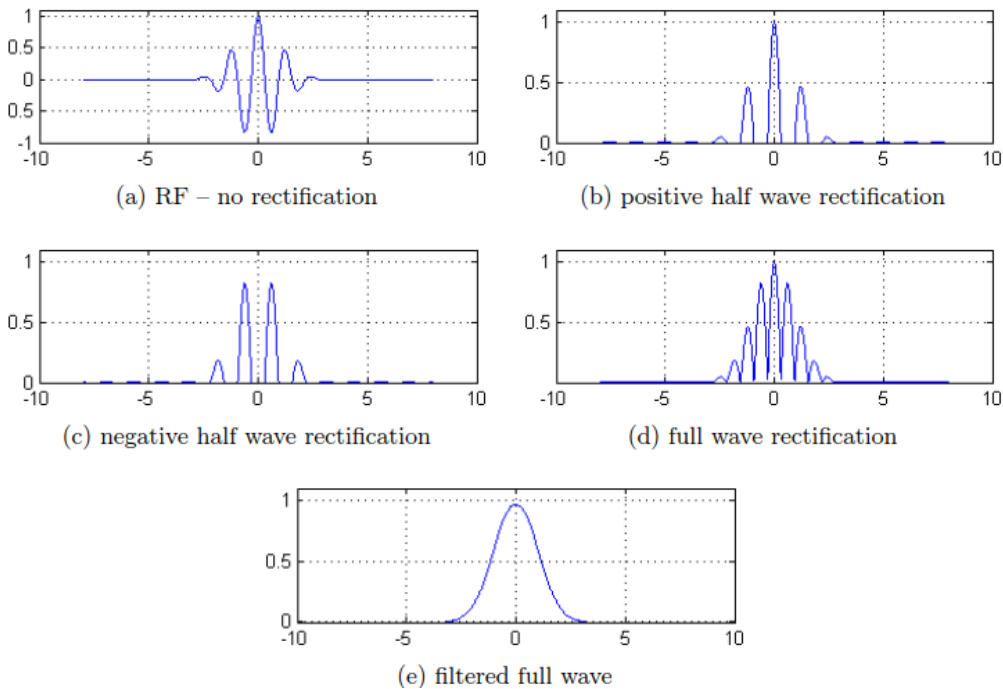
يمكن جمع البيانات فوق الصوتية وعرضها في عدد من التنسيقات المختلفة. تُعرف التنسيقات الثلاثة الأكثر شيوعاً في عالم ال-NDT كعروض تقديمية A-scan و B-scan و C-scan . يوفّر كل وضع عرض تقديمي طريقة مختلفة للنظر إلى منطقة في المادة التي يتم فحصها وتقييمها. يمكن لأنظمة المسح بالأموح فوق الصوتية المُحوسبة الحديثة عرض البيانات في جميع أشكال العروض التقديمية الثلاثة في وقت واحد.

1. عرض الصدى و تقويم الإشارة

هناك عامل مهم أثناء تفسير عمليات المسح بالموجات فوق الصوتية ، وهو وضع عرض الصدى (والنقاط). فإشارة الجهد الخام ، التي ينتجها المسبار أثناء استقبال نبضات الموجات فوق الصوتية، غير ملائمة لأغراض العرض على شاشة نظام فوق صوتي. لهذا السبب ، يجب معالجة هذه الفولتية بواسطة مضخم الصوت والإلكترونيات المرتبطة به قبل أن يتم عرضها بتنسيق مفيد. يتم تنفيذ العمليات المطلوبة بواسطة جهاز الاستقبال الإلكتروني ، وتتمثل أهم وظائفه في تضخيم الفولتية.

تتم معالجة الصدى الخام مبدئياً كأشكال موجية RF ، والتي تمثل الفولتية الموجبة والسالبة المرتبطة بالضغوط الإيجابية والسلبية للموجات الصوتية. إحدى عمليات المعالجة هي التقويم (rectification)، حيث يتم تحويل الفولتية السالبة إلى قيم موجبة ، ثم يتم تنعيم شكل موجة ال-RF المصححة باستخدام فلتر تمرير منخفض (low-pass filter)، مما ينتج عنه غلاف الإشارة (signal envelope). (انظر الشكل 1):

(a) كلتا الموجتين النصفيتين غير مصححتين RF ، (b) موجة نصف موجية ، (c) نصف موجة سالبة ، (d) موجة كاملة - مصححة وغير مفلترة ، (e) موجة كاملة - مقومة و مفلترة.



الشكل (1) شكل التردد الراديوي الطبيعي كإشارة (RF) و أوضاع عرض الصدى

يعد وضع عرض التردد الـ RF مفيداً عند العمل بقطع اختبار رقيقة جداً. يُظهر التقويم الموجب بنصف الموجة القمم الموجبة فقط ، بينما يُظهر التقويم نصف الموجي السليبي القمم السلبية فقط مقلوبة إلى الجانب الإيجابي من خط الأساس (baseline). يعرض تصحيح الموجة الكاملة كلاً من قمم الصدى الموجبة والسالبة معاً على الجانب الإيجابي من خط الأساس. يجب أن يتم اختيار طريقة عرض تصحيح الإشارة بعناية.

2. اظهر عروض الأمواج فوق الصوتية

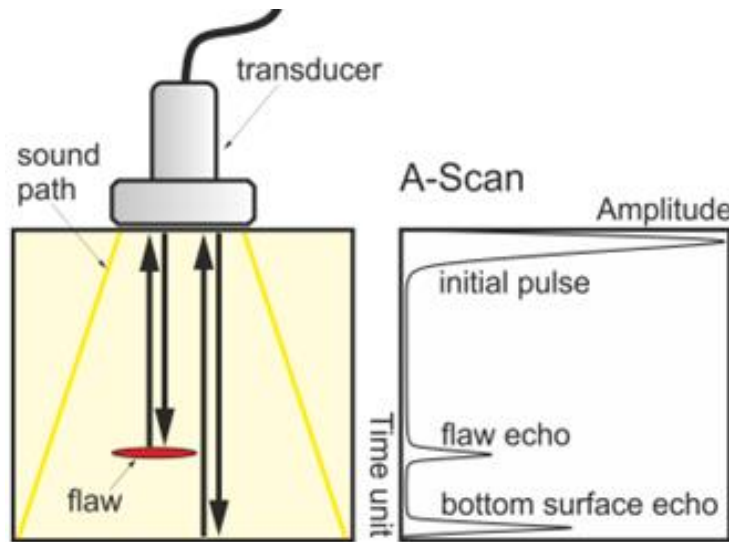
هنالك متغيران أساسيان لطاقة الأمواج فوق الصوتية المستلمة هما:

- المقدار النسبي (المطال) ،
 - موضع حدوثه في المجال الزمني بالنسبة لنقطة الصفر (زمن الرحلة – ToF) .
- يبدأ قياس الزمن بنبض الإرسال الكهربائي (أي النبضة الأولية أو مؤشر السطح الأمامي). تنتقل النبضة عبر مادة الاختبار وتتأثر بانقطاع و / أو الجدار الخلفي وتعود مرة أخرى إلى المسبار. يتم تحويل التذبذبات المستقبلية إلى نبضة كهربائية و يتوقف قياس الزمن.

1.2. طريقة العرض التقديمي A-Scan

يعرض A-Scan إشارة أحادية البعد ، وهي مقدار الطاقة فوق الصوتية المستلمة كتابع للزمن الشكل (2). يتم رسم المقدار النسبي للطاقة المستلمة على طول المحور الرأسي والزمن المُنقضي (الذي يكون مرتبطاً بوقت انتقال الطاقة الصوتية داخل المادة) يُعرض على طول المحور الأفقي. تسمح معظم الأجهزة المزودة بشاشة A-scan بعرض الإشارة في شكل التردد الراديوي الطبيعي كإشارة RF مصححة بالكامل ، أو كنصف إشارة التردد الموجب أو السالب. في العرض التقديمي للمسح A ، يمكن تقدير حجم الانقطاع النسبي عن طريق مقارنة مطال الإشارة التي تم الحصول عليها من عاكس غير معروف بتلك الموجودة في عاكس معروف.

يمكن تحديد عمق العاكس من خلال موضع الإشارة على محور المسح الأفقي.



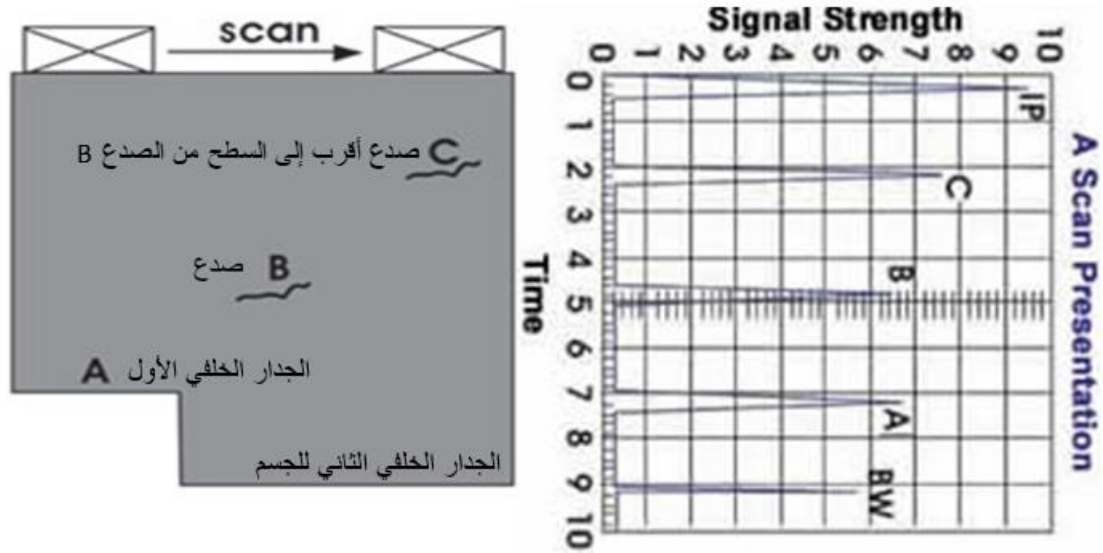
بعد أن عُرفت سرعة الصوت C بالمادة (م/ثا) و زمن رحلة نبضة الصوت المحسوبة (ToF من المسبار إلى الانقطاع و عودته) t (μs) ، من الممكن تحديد عمق العيب S (mm) بواسطة الصيغة البسيطة التالية:

$$S=ct/2$$

الشكل (2) A-scan

في العرض A-Scan ، تكون النبضة الأولية (initial pulse) IP هي الإشارة الأولى والأكبر. والعاكس C في مثالنا، يكون الصدى الأقرب للسطح و أقصر من النبضة الأولية و يحدث لاحقاً في الوقت المناسب.

تجدر الإشارة إلى أنه عندما تأتي الموجة فوق الصوتية عبر الانقطاع ، فإن الصدى من السطح السفلي سيكون له مطال أقل مما في الحالة عندما لا يكون هناك انقطاع. علاوة على ذلك ، إذا كان الانقطاع كبيراً بدرجة كافية ، فقد يختفي الصدى من السطح السفلي.



الشكل (3) العرض A-Scan

يبين الشكل (3) المؤشرات من العواكس A و B ذات ارتفاعات متشابهة تقريباً (كلاهما أقصر من المؤشر C)، ولكن A تظهر في وقت لاحق من B .

مؤشر الجدار الخلفي (Backwall) BW هو النبضة الأخيرة والأصغر.

يتم تمثيل النبضة الأولية الناتجة عن المسبار على يسار الشاشة بواسطة الإشارة IP ، و هي تقترب من الصفر. أثناء تحريك المسبار على طول سطح الجسم ، ستظهر أربع إشارات أخرى في أزمنة مختلفة على الشاشة.

عندما يكون المسبار في موضعه الأيسر البعيد ، ستظهر فقط إشارة IP و بعدها إشارة A ، أي طاقة الصوت المنعكسة من السطح A .

أثناء تحريك المسبار إلى اليمين ، ستظهر إشارة من الجدار الخلفي BW في وقت لاحق ، مما يدل على أن الصوت قد انتقل إلى مسافة أبعد للوصول إلى هذا السطح.

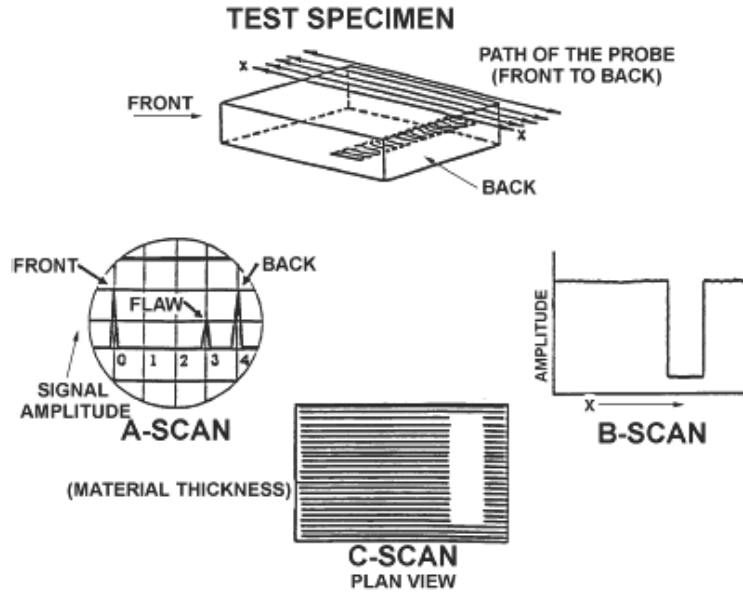
عندما يتجاوز المسبار العاكس B ، ستظهر الإشارة B عند نقطة على مقياس الزمن تكون في منتصف المسافة تقريباً بين إشارة IP وإشارة BW .

نظراً لأن إشارة IP تتوافق مع السطح الأمامي للمادة ، فإن هذا يشير إلى أن العاكس B يقع في منتصف الطريق تقريباً بين السطحين الأمامي والخلفي للعينة.

عندما يتم تحريك المسبار فوق العاكس C ، ستظهر الإشارة C في وقت مبكر نظراً لأن مسار انتقال الصوت أقصر وستختفي الإشارة B نظراً لأن الصوت لن ينعكس منه.

2.2. العرض التقديمي B-Scan

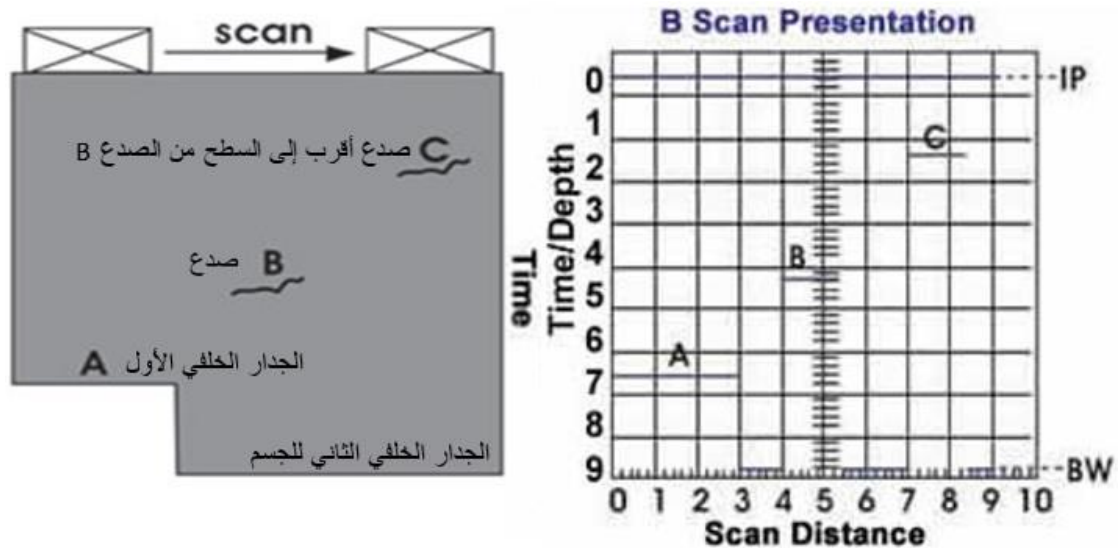
العرض B-scan عبارة عن عرض جانبي (مقطعي) لعينة الاختبار. يتم عرض زمن الرحلة (وقت الانتقال) للطاقة الصوتية على طول المحور الرأسي ويتم عرض الموضع الخطي للمسبار على طول المحور الأفقي.



الشكل (4) العرض B-Scan

من خلال المسح B ، يمكن تحديد عمق العاكس وأبعاده التقريبية الخطية في اتجاه المسح. عادةً ما يتم إنتاج B-scan عن طريق إنشاء بوابة التتبع على المسح A . يُقدّم B-Scan خريطة ثنائية الأبعاد ، تعكس المقطع العرضي للجسم الذي تم فحصه (الشكل 4)، والذي يتم الحصول عليه عن طريق دمج عمليات المسح - A التي تم الحصول عليها على طول مسار المسبار.

عندما تكون شدة الإشارة كبيرة بما يكفي لتشغيل البوابة ، يتم إنتاج نقطة في المسح B. يتم تشغيل البوابة بواسطة الصوت المنعكس من الجدار الخلفي للعينة وبواسطة عواكس أصغر داخل المادة. في الشكل (5) ، يتم إنتاج السطر A عندما يتم مسح المسبار على الجزء ذي السماكة المخفضة للعينة. وعندما يتحرك المسبار إلى يمين هذا القسم ، يتم إنتاج خط الجدار الخلفي BW. عندما يكون المسبار فوق العواكس B و C ، يتم رسم الخطوط التي تشبه طول العيوب وفي أعماق مماثلة داخل المادة . وتجدر الإشارة إلى أن أحد القيود على تقنية العرض هذه هو أنه يمكن إخفاء العواكس بواسطة عواكس أكبر بالقرب من السطح.



الشكل (5) العرض B-Scan

3.2. العرض C-Scan

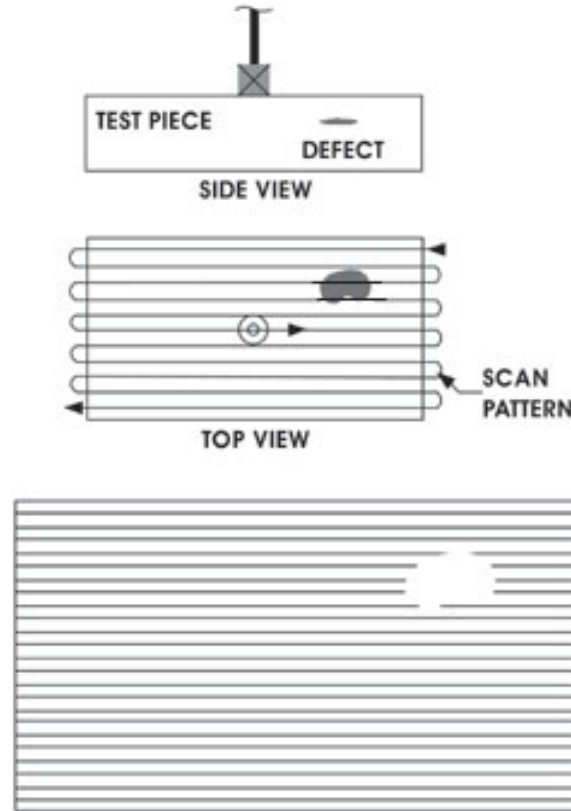
هو خريطة ثنائية الأبعاد، تعرض التغير في المقطع المستوي لعنصر الاختبار (الشكل 6) ، ويتم الحصول عليها عن طريق استخراج بعض المعلومات المحدودة من جميع عمليات المسح - B . بالنسبة إلى نقطة معينة على الخريطة ، يحمل مطال الـ C-Scan المعلومات عن القيمة القصوى لمطال الإشارة المكتسبة في هذه النقطة ويمثل الـ C-Scan قيمة زمن الرحلة الـ ToF للإشارة بأعلى سعة ، والتي تتوافق عادةً مع موقع العيب الأقرب إلى سطح الجسم الذي تم فحصه.

تسمح المعالجة والتحليل المناسبان لعمليات المسح بالأمواج فوق الصوتية بالكشف عن العيب و موقعه و نوعه. و عن طريق التعرف على العيب في "الخلفية" (أي المناطق الصحية لبنية

الاختبار) المرئية في الـ C-Scan ، من الممكن حساب مدى الضرر.

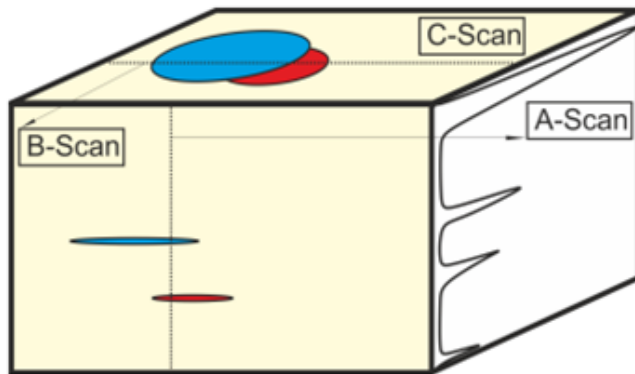
الـ C-Scan هو حركة مسبار المسح على سطح العينة لخلق رسماً ثنائي الأبعاد للشدة الصوتية. يوفّر العرض الـ C-scan عرضاً من النوع المستوي لموقع وحجم مميزات عينة الاختبار. يتوازي مستوى الصورة مع نمط مسح المسبار.

يتم انتاج العروض التقديمية للمسح C باستخدام نظام آلي للحصول على البيانات ، مثل نظام المسح الغاطس الذي يتم التحكم فيه بواسطة الكمبيوتر. عادةً ، يتم انشاء بوابة جمع البيانات من المسح A ويتم تسجيل الزمن أو وقت الرحلة للإشارة على فترات منتظمة حيث يتم مسح المسبار فوق قطعة الاختبار. يتم عرض السعة النسبية للإشارة أو وقت الرحلة كظل رمادي أو لون ما لكل موقع من المواضع التي تم فيها تسجيل البيانات.

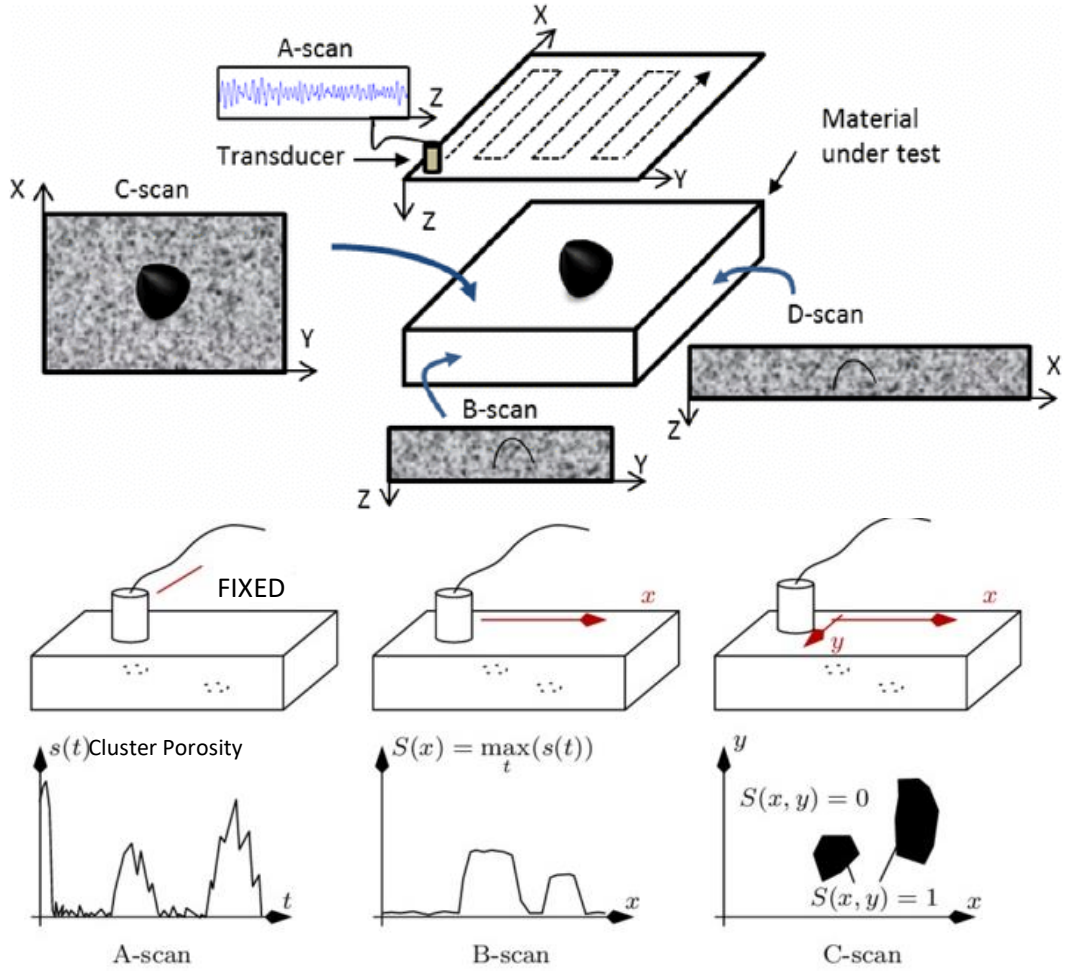


الشكل (6) العرض C-Scan

يوفّر العرض التقديمي C-Scan صورة للميزات التي تعكس وتشتت الصوت داخل وعلى أسطح قطعة الاختبار.



الشكل (7) العرض A-B-C Scan



الشكل (8) العرض A-B-C Scan

يمكن أن تنتج عمليات المسح عالية الدقة صوراً مفصلة للغاية. في الشكل (9) صورتان للمسح C بالموجات فوق الصوتية لربع دولار. تم إنتاج كلتا الصورتين باستخدام تقنية صدى النبضة مع مسح مسبار على جانب الرأس في نظام المسح الغاطس. بالنسبة لصورة C-scan على اليسار ، تم اعداد البوابة لالتقاط سعة الصوت المنعكس من السطح الأمامي للربع. تشير المناطق المضيئة في الصورة إلى المناطق التي تعكس قدرأ أكبر من الطاقة إلى المسبار. في صورة C-scan على اليمين ، تم تحريك البوابة لتسجيل شدة الصوت المنعكس من السطح الخلفي للعملة. التفاصيل الموجودة على السطح الخلفي مرئية بوضوح ولكن ميزات السطح الأمامي لا تزال مرئية أيضاً نظراً لأن طاقة الصوت تتأثر بهذه الميزات أثناء انتقالها عبر السطح الأمامي للعملة المعدنية.



الشكل (9) العرض C-Scan



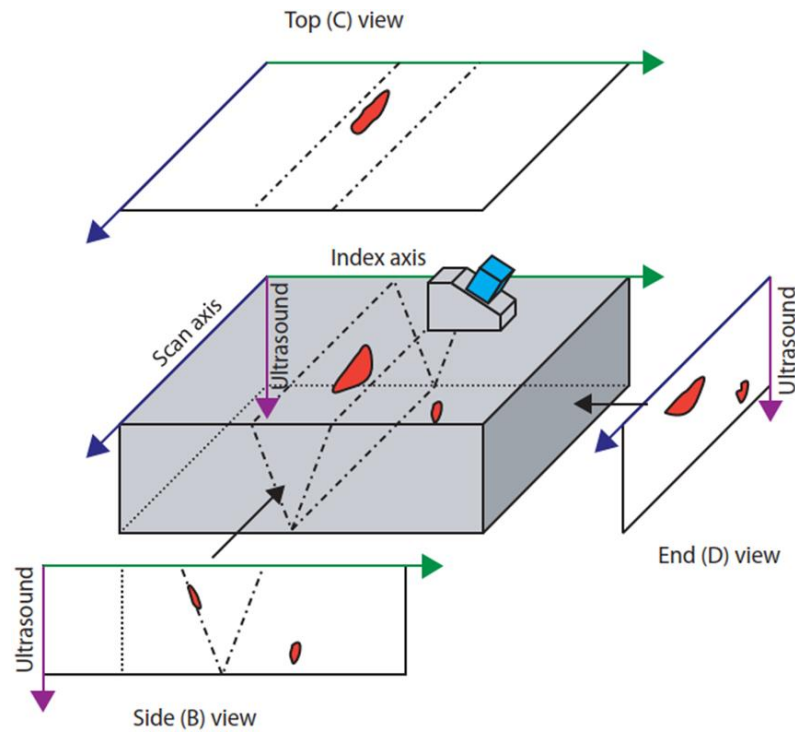
ومع ذلك ، يجب أن يؤخذ عدم اليقين في القياس في الاعتبار عند تفسير نتائج الـ UT ، والتي تتبع عوامل مختلفة .

تتضمن العوامل الرئيسية التي تؤثر على اكتشاف العيوب وتقييم حجمها متغيرات عدة : كمادة الاختبار نفسها (على سبيل المثال المقاومة الصوتية ، والتوهين ، وخصائص العيب ، واختيار متغيرات التشغيل ، مثل طريقة المسح وخصائص المسبار (النوع ، التردد ، قطر العنصر). علاوة على ذلك ، فإن عدم اليقين في تقييم حجم العيب يحدث بسبب طرق معالجة الإشارة أو الصور المطبقة على عمليات المسح بالموجات فوق الصوتية التي تم الحصول عليها ، والتي قد تعطي نتائج غير صحيحة.

4.2. عرض مسابر الأمواج فوق الصوتية ذات الصفيح الطوري:

هو صور تُعرَف بأشكال إظهار مُستوية مختلفة بين مسار الأمواج فوق الصوتية ومعطيات المسح. أكثر الأشكال المُظهرة هي ببعدين 2D للمخططات التقنية مُمثلة بالشكل أدناه. هذه الإظهارات هي مُنتج من تجميع طرق مسح C-scans, and D-scans, B-scans, والعرض "End views و "top, side,

إذا كانت الزاوية 0° أو 180° كانحراف للمسبار فالمنظر الجانبي يكون (B-scan) ويصبح بالنهاية من زاوية رؤية أخرى للمشهد (D-scan) والعكس بالعكس. يُعرَف الـ B-scan بالبعدين العمق ومحور حركة المسبار . يُعرَف الـ D-scan بالبعدين العمق و محور المسح الإلكتروني. و نماذج مسح أخرى:

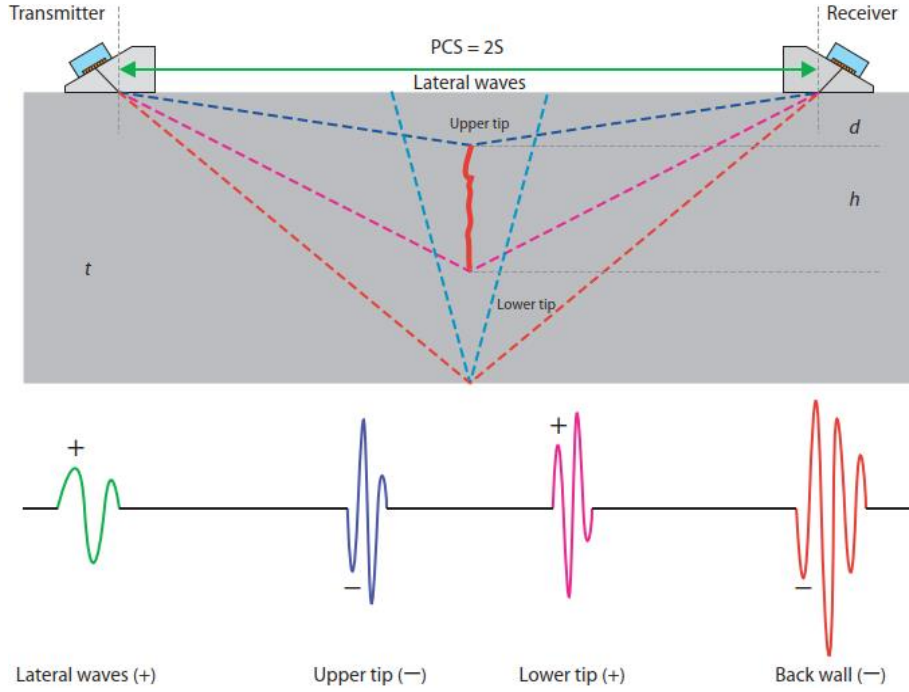


- S-scan
- Polar view
- مخطط الشريط (المطال و / أو الموضع)
- عرض TOFD (تطبيق خاص بمقياس رمادي للمسح B)

الشكل 10 عروض بالأمواج فوق الصوتية (B-scan و C-scan و D-scan). زاوية انحراف المسبار هي 270° . أرجواني يشير إلى محور الأمواج فوق الصوتية. الأزرق ، محور المؤشر الميكانيكي ؛ والأخضر محور المسح الإلكتروني للمسح الخطي.

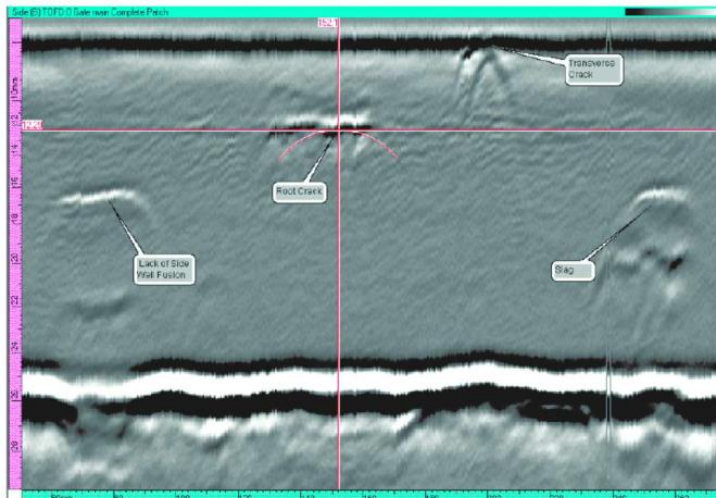
5.2 TOFD (Time-of-Flight Diffraction)

يعتبر نظام TOFD قوياً ويسمح بتحديد حجم العيوب بدقة حيث أن تحديد الحجم يتم بالإعتماد على زمن وصول الصدى من العيب وليس على المطال وهنا يمكن قياس زمن الوصول بدقة. كما ويقدم هذا النظام معلومات جيدة عن POD (Probability of detection of defects) امكانية النقاط العيوب عند منتصف الثخانة حتى عندما يكون توضع العيوب بشكل غير مناسب.



الشكل 11 مبدأ TOFD و إشارة الطور لأربع إشارات رئيسية. وهو يفترض أن العيب يقع بشكل متماثل بين المسابر.

تقع المنطقتين المينتين قرب الموجة الأمامية والإنعكاس من الجدار الخلفي. للحصول على تغطية كاملة للثخانة يجب دمج الـ TOFD مع تقنية النبضة التقليدية المعروفة Pulse-Echo (PE). إذ يمكن للـ TOFD أن يُغطّي حوالي 90% من ثخانة الجدار والـ 10% المتبقية تذهب في المنطقتين المينتين عند الجدار الداخلي والخارجي للجسم المفحوص ولكن المنظر الفعلي يعتمد على مميزات الـ TOFD كالتردد والتخميد.



الشكل 12 شاشة TOFD القياسية ، باستخدام المسح - B ذو المقياس الرمادي من الموجة الجانبية إلى موجة الجدار الخلفي الطولية .backwall