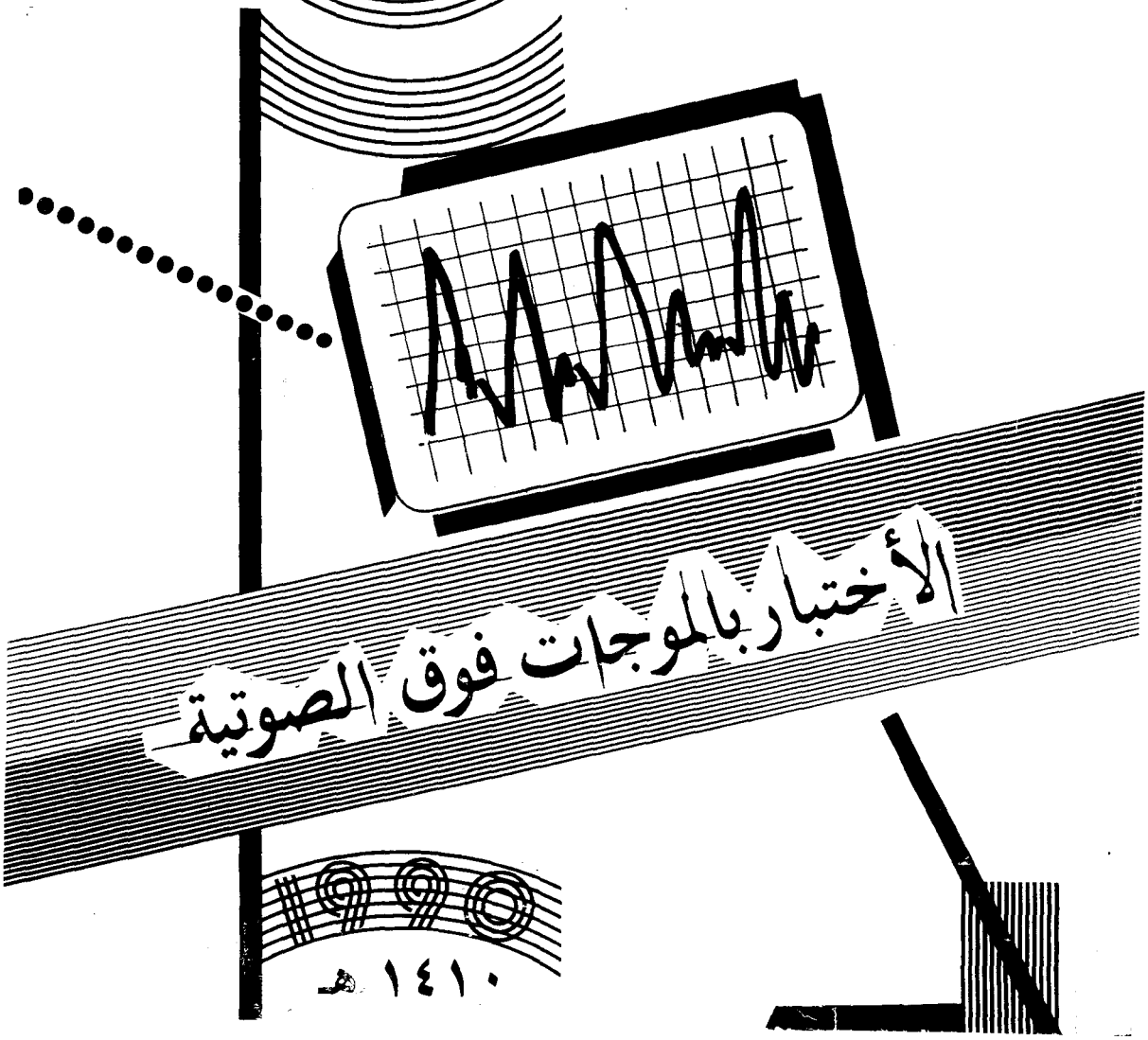
Krautkrämer

[redacted]

مهندس اختبار
الزاكي عبد الله الزاكي



الأختبار بالموجات فوق الصوتية

١٩٩٠

١٤١٠ هـ

تمهيد

□ بسم الله الرحمن الرحيم والصلاة والسلام على خاتم الانبياء والمرسلين و بعد ..

□ ايمانا مني بضرورة تبادل المعلومات بين العاملين في مجال الاختبارات غير الا تلافية و باهمية صقل المواهب و بناء العنصر البشري ذى الكفاءة العالية ولعدم توفر المعلومات عن تقنية الاختبار غير الا تلافي مطبوعة باللغة العربية اتقدم بهذا الاسهام المتواضع آملا أن تكون فيه بعض الفائدة للاخوة المبتدئين في هذا المجال كما أرجو أن تكون هذه فاتحة لشهية من هم اطول مني باعا واغزر علما في هذا المجال وهم كثر في وطننا العربي الكبير .

□ وأود أن أنوه أنه بالإضافة إلى المراجع والرسوم التي استعنت بها في الكتابة والتي ورد ذكرها في مكان آخر من هذه المطبوعة بأن « عشرون بالمائة » من مادة هذه المطبوعة منقولة نصاً من مقررات الدورات التدريبية للمستويين الاساسي والمتقدم للاستاذ مايكل بيركا مدير مركز التدريب بشركة كراوتكرامر بالمانيا الغربية بعد أن قمت بتلخيصها وترجمتها إلى اللغة العربية .

و باللـــه التوفيـــق . .

مهندس اختبار/الزاكي عبدالله الزاكي
عضو الجمعية الامريكية للاختبارات
غيـــر الا تلافيـــة

2794

مقدمة

أ ــ نبذة تاريخية عن الموجات فوق الصوتية :

تبادل المعلومات بالموجات الصوتية (المسموعة) وسيلة عرفتها الكائنات الحية منذ بدء الخليقة واستفادت منها خاصة الانسان الذي قام بتطوير عدة وسائل اتصالات مسموعة .

ب ــ توليد الصوت :

اقرب مثال لاداة توليد أو احداث الصوت هي الحبال الصوتية للإنسان.عندما يتحدث الإنسان يقوم الهواء الخارج من الرئة باحداث ذبذبات أو اهتزازات ميكانيكية في الحبال الصوتية وتنتقل هذه الذبذبات إلى ذرات الهواء الخارجي وبما أن جزيئات الهواء مشدودة إلى بعضها بقوة قابلة للتمدد فأن ذلك يساعد على انتقال هذه الاهتزازات من جزيء إلى آخر على شكل ترددات مضغوطه مبتعدة عن مصدر الصوت بسرعة ٣٣٠ مترا في الثانية وهي سرعة الصوت في الهواء .

ج ــ استقبال الصوت .

تعمل طبلة الاذن كأداة استقبال تستقبل موجات الصوت (الذبذبات الميكانيكية) وتحولها إلى اشارات كهربائية تقوم بارسالها إلى الدماغ الذي يقوم بتحليل هذه الاشارات .

د ــ الصوت المسموع :

تتراوح ترددات الصوت التي نستعملها في التخاطب ما بين ٢٠ إلى ٢٠٠٠٠ ذبذبة في الثانية وهذا ما يعرف بالصوت المسموع ومن المعروف أنه يمكن احداث الصوت بعدة طرق مثل الجرس ، أوتار الآلات الموسيقية أو الحث الكهربائي للمجال المغناطيسى كما في مكبرات الصوت .

هـ ــ انتقال وانعكاس موجات الصوت .

انتقال الصوت في مادة ما يتأثر بخاصية تكوينها ، فسرعة انتقال الصوت في المادة تتأثر أساسا بكثافة المادة وقوة الشد الرابطة لجزيئاتها وعند اصطدام موجات بعائق (الجدار مثلا) فأنها ستنعكس وتنتقل جزئيا أي أن جزء من الصوت سينتقل في الجدار بسرعة تحدد مقدارها نوعية المادة المكونة للجدار بينما ينعكس جزء آخر من الصوت تلتقطه الاذن مرة أخرى (مثل صدى الصوت في المناطق الجبلية) .

اقسام الصوت

ينقسم الصوت إلى ثلاثة اقسام هي :

١ ــ موجات مسموعة وتبلغ ترددتها من ٢٠ إلى ٢٠٠٠٠ هيرتز .

٢ ــ موجات تحت السمعية وتبلغ ترددتها أقل من ٢٠ هيرتز .

٣ ــ موجات فوق الصوتية (السمعية) وتكون ترددتها أكثر من ٢٠٠٠٠ هيرتز وكلا القسمين ٢ و٣ لا يمكن للاذن البشرية التقاطهما .

(هيرتز = عدد الذبذبات أو الترددات في الثانية) .

ولبعض الحيوانات المقدرة على أحداث الموجات فوق الصوتية منها حيوان الدولفين البحري ، والحيتان ، والوطواط الذي يستعمل الذبذبات فوق السمعية لتحديد مساره واصطياد الحشرات في الظلام ويمكن أحداث الموجات فوق الصوتية ميكانيكيا كالصافرات العاملة بالطرد المركزي للبخار وطرق أو شحذ المعادن .

وهناك فواحص خاصة تقوم بتوليد صوت تبلغ ترددا ته ١٠٠ ميجا هيرتز تقريبا (١٠٠,٠٠٠,٠٠٠ ذبذبة في الثانية) وهنالك نوعين من الموجات فوق الصوتية مستعملة حاليا :

١ ــ الموجات فوق الصوتية عالية الطاقة وتبلغ طاقتها من ١ إلى ١٠٠ واط وتستعمل في :

أ ــ نظافة جميع انواع القطع المعدنية .

ب ــ تسخين ولحام المواد مثل البلاستيك والرقائق المعدنية .

٢ ــ الموجات فوق الصوتية منخفضة الطاقة وتبلغ طاقتها من ١ ملي واط إلى ١ واط وتستعمل في .

أ ــ تقنية (السونار) لقياس أعماق البحار وتحديد أماكن تواجد الأسماك تحت الماء وللأغراض العسكرية .

ب ــ التحاليل الطبية .

ج ــ أجهزة التنبيه والعدادات .

هـ ــ الاختبار غير الا تلافي للمواد .

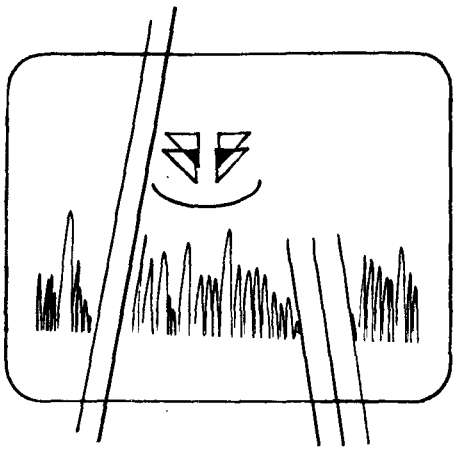
ز ــ تطور اختبار المواد بالموجات فوق الصوتية :

إلى جانب التصو ير بالأشعة تعتبر الموجات فوق الصوتية من أهم وسائل الاختبار غير الا تلافي التي تمكن من أختبار كامل كتلة القطعة المراد فحصها . وقد ظهرت أمكانية استعمال الموجات فوق الصوتية في الاختبار غير الا تلافي عندما اكتشف الأخوين (كورى) عام ١٨٨٠م أمكانية توليد الموجات فوق الصوتية . فبتوصيل تيار كهربائي إلى قطعة من الكريستال (الكوارتز) فأن قطعة الكريستال تصدر ذبذبات ميكانيكية أي أنها تحول الطاقة من كهربائية إلى طاقة ميكانيكية .. وكذلك عند احداث طاقة ميكانيكية على قطعة الكريستال فأن طاقة كهربائية تتولد في هذه القطعة مما يعني أن قطعة الكوارتز هذه يمكن أن تستعمل كأداة لارسال واستقبال الصوت ولكن حتى هذه المرحلة لم يكن ممكنا استعمال

الموجات فوق الصوتية استعمالا فاعلا في الاختبار أذ أنه لابد من وجود جهاز كهربائي يقوم بأمداد تيار كهربائي ذا طاقة منخفضة وترددات عالية .

* * *

ولاول مرة في تاريخ تقنية الاختبارات نجح عالم فيزيائي روسي يدعى « سوخولوف » في اكتشاف عيوب داخلية في بعض الأجزاء المصنوعة من المعدن مستعملا قطعتين من مادة الكريستال واحدة للأرسال والأخرى للاستقبال وكان ذلك في عام ١٩٢٩م أما التقنية المستعملة اليوم للاختبار فهي تعتمد على استعمال قطعة واحدة من الكريستال لتعمل كأداة أرسال واستقبال وتسمى (بالفاحص) وقد طورت هذه التقنية علي يد فايرستون عام ١٩٤٢م . ولم يتم تطوير جهازالاختبار بالموجات فوق الصوتية بصورته المستخدمة في مجال الصناعة حاليا الا بعد الحرب العالمية الثانية عام ١٩٤٥م .



٢ ــ مجالات استخدام الموجات فوق الصوتية لاغراض الاختبار .

قطـــــــاع المواصلات عامة مثل الطيران والسكك الحديدية والبحرية وكافة قطاعات النقل والمواصلات ، والكباري والجسور الخ ..

٢ ــ قطاع صناعة المعادن ومنتجاتها .

٣ ــ بناء السفن والانشاءات المعدنية بأنواعها .

٤ ــ صناعة الماكينات.وصناعة الالكترونيات .

٥ ــ جميع أنواع محطات توليد الطاقة .

٦ ــ الصناعات الكيماوية .

٧ ــ الابحاث العلمية بشقيها الطبي والصناعي .

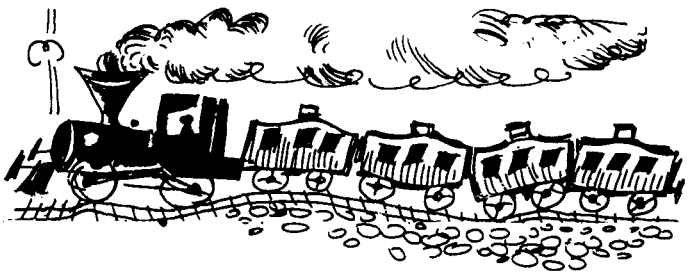
وتتميز هذه الطريقة عن سائر نظم الاختبار الأخرى بما يلي :

١ ــ سرعة ودقة انجاز العمل المطلوب .

٢ ــ عدم الأخطار الصحية .

٣ ــ انخفاض التكلفة لعدم الحاجة لمواد مستهلكة وكذلك عدم الحاجة لاكثر من شخص واحد لأجراء الاختبار .

■■■



مميزات الاختبار بالموجات فوق الصوتية

بالإضافة إلى طرق الاختبار غير الا تلافي لسطوح المعادن وعلى وجه الخصوص للتمييز بين المواد ذات المكونات الناعمة والمواد ذات المكونات الخشنة (طريقة الصبغة المبللة وطريقة البودرة الممغنطة) وحتى بداية الخمسينات كان اختصاصى الاختبار غير الاتلافي يعرف فقط أشعة (أكس) كطريقة للاختبار غير الاتلافي لاختبار دواخل المعادن ولكن بعد الحرب العالمية الثانية أدى العجز في وجود العدد الكافي من الأجهزة بما يفى بمتطلبات الاختبار بأشعة (أكس) أدى إلى البدء في تطوير وانتاج أجهزة الاختبار بالموجات فوق الصوتية وعليه فقد لوحظ أن طريقة أشعة (أكس) وطريقة الموجات فوق الصوتية مختلفان من حيث المقدرة على اكتشاف عيوب معينة نورد فيما يلي بعضا من هذه الاختلافات الهامة بين هاتين الطريقتين اللتين كانتا ولفترة تفتقران إلى امكانية تحديد التجاوزات القياسية أما في الوقت الحاضر فأن المعلومات الفنية متوفرة لكل جهاز قياس بطريقة تمكن من الحصول على نتائج أكثر دقة وبتجاوزات لا تتعدى الحدود المسموح بها .

أ ــ المعادن غير السميكة والشوائب الصغيرة يمكن اكتشافها باستعمال أشعة أكس بسهولة أكثر من الموجات فوق الصوتية .

ب ــ كلما كانت القطعة المراد اختبارها سميكة « وهذه قاعدة » فأن أمكانية اكتشاف العيوب فيها و بدقة باستعمال الموجات فوق الصوتية أكبر منها في حالة استعمال أشعة X لعدم مقدرتها على اختراق المعادن السميكة ذات الكثافة العالية .

ج ــ اكتشاف التصدع في المواد مثل التشقق أو الانفصال (الجيوب الهوائية) صعب جدا أن لم يكن مستحيلا بأستعمال أشعة أكس .

د ــ باستعمال الموجات فوق الصوتية فأن اكتشاف العيوب المشار إليها في الفقرة المتقدمة (ج) سهل جدا .

هـ ــ تكلفة استعمال الموجات فوق الصوتية أقل كثيرا من تكلفة أشعة X .

و ــ على نقيض أشعة أكس فأن استعمال الموجات فوق الصوتية لا يشكل خطرا صحيا على اختصاصي الاختبار .

ز ــ سهولة التشغيل الذاتي (الاوتوماتيكي) للموجات فوق الصوتية .

٤ ــ الغرض من أجزاء الاختبار بالموجات فوق الصوتية .

أضـــــــافة إلى فحص خاصية مختلف المواد فأن المعطيات التالية تمثل ما هو مطلوب .

أ ــ اكتشاف العيوب .

ب ــ تحديد أماكن العيوب .

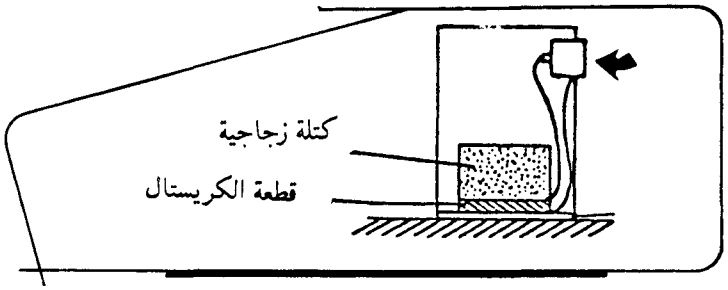
جـ ــ تقدير حجم العيوب .

د ــ تحديد نوعية العيوب .

والعيوب قد تكون عبارة عن ثقب أو شرخ أو تآكل أو عدم انتظام في تكوين المادة نفسها .

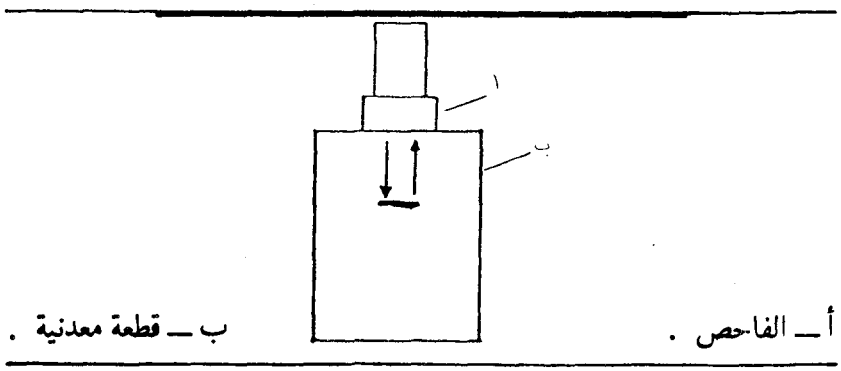
٥ ــ أجـــــراء الاختبـــار :

الاداة المستعملة لاجراء الاختبار هي الفاحص (شكل ١) .



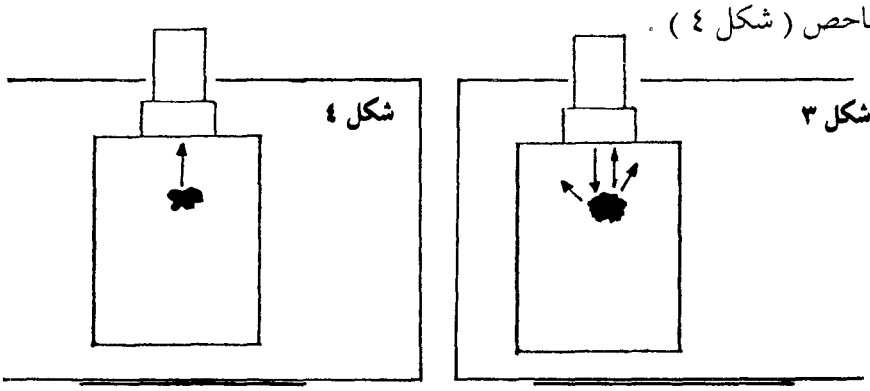
شكل ١

يستعمل الفاحص لمسح سطح القطعة المراد اختبارها وليس الفاحص هو الذي يكتشف العيب بل أن ذلك يتم بواسطة الترددات فوق الصوتية التي يرسلها داخل القطعة المراد اختبارها و يستقبلها مرة أخرى بعد ارتدادها من دخل القطعة (شكل ٢) وللفاحص خاصية اتجاهية محددة أي أن ترددات الصوت تكون مسلطة فقط على المنطقة الواقعة تحت الفاحص من القطعة التي يجري عليها الاختبار .



شكل ٢

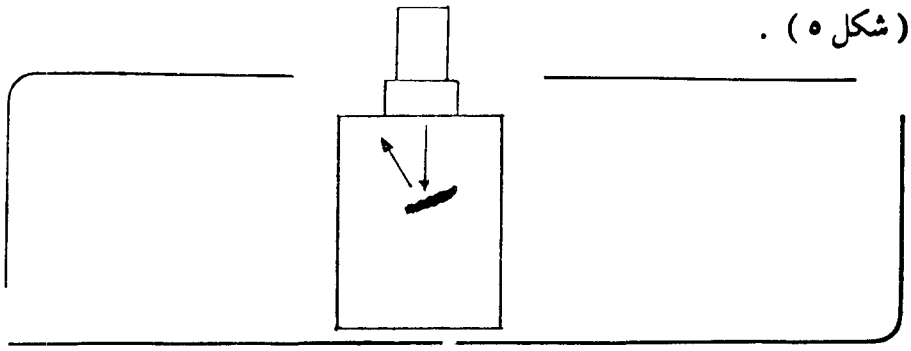
والترددات الصوتية تكون خط مندمجة في حزمة لذا يشار إليها « بحزمة الصوت » ولكن في الرسوم التوضيحية يكتفي برسم مستقيم واحد . علما بأن الشروخ أو الثقوب ذات الابعاد المتعددة تقوم بعكس حزمة الصوت في اتجاهات متعددة (شكل ٣) ويعود جزء من الصوت إلى الفاحص (شكل ٤) .



شكل ٣

شكل ٤

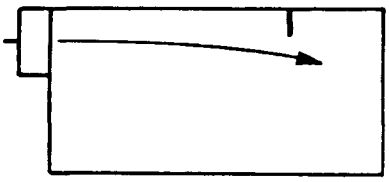
واذا كان الجزء العائد من الصوت إلى الفاحص كافيا لتوليد نبضة فيه فأن اكتشاف العيب يكون سهلا و بعبارة أخرى فأن من يقوم بالاختبار يمكنه اكتشاف أي عيب باختبار القطعة من مختلف جوانبها علما بأن الشقوق تعكس ترددات الصوت في اتجاه واحد ومحدد (شكل ٥) .



شكل ٥

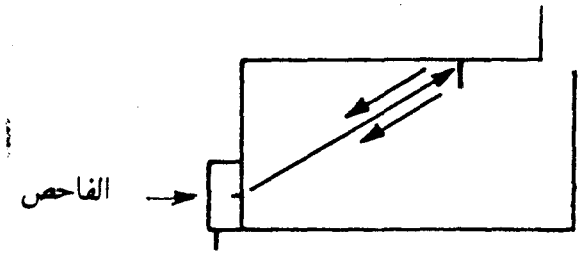
كما هو واضح في الشكل رقم (٥) فأن الجزء المنعكس من الصوت لا يعود إلى الفاحص وعليه فليس من الممكن اكتشاف العيب بل أن ذلك يكون ممكنا عندما يكون الشق متعامدا تماما مع حزمة الصوت (شكل ٢) هذا فيما يختص بالعيوب أو الشروخ المكونة داخل القطعة المختبرة وليست ممتدة إلى سطح القطعة .

أما بالنسبة للشرخ الذي يكون متعامدا مع سطح القطعة فأن تسليط حزمة الصوت عليه بطريقة عامودية لن تؤدي إلى أحراز أي نجاح في الاختبار وهذا عائد إلى الانعكاسات التي تحدث للصوت من جوانب القطعة وتسبب في انحرافه بعيدا عن الهدف (شكل ٦) .



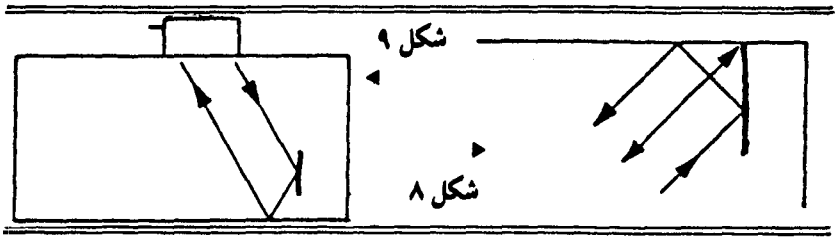
شكل ٦

في مثل هذه الحالة تكون امكانية اكتشاف هذا الشرخ كبيرة جدا اذا استعمل فاحص يقوم بأرسال حزمة الصوت بزاو ية (شكل ٧) .



شكل ٧

عندما يكون الشرخ متعامدا مع سطح القطعة بزاو ية مقدارها ٩٠° فأن الصوت ينعكس من نفس الزاو ية مكونا الزاو ية الظاهرة في الشكل « ٨ » .

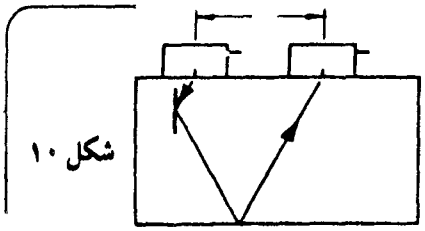


شكل ٩

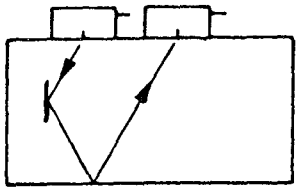
شكل ٨

واستعمال الفاحص ذو الزاو ية ممكن دائما حتي وان كان الشرخ غير ملامس لسطح القطعة ، شكل رقم « ٩ »

في هذه الحالة اذا كان الشرخ قريب من سطح القطعة فان ترددات الصوت المنعكسة منه يمكن استقبالها بنفس الفاحص الذي يقوم بارسالها ، أما اذا كانت القطعة المختبرة سميكة جدا وكان الشرخ في عمقها كما في الشكل رقم « ١٠ » فأن الجزء المنعكس من الصوت قد لا يعود الى الفاحص وفى هذه الحالة يمكن استعمال فاحصين احدهما يقوم بارسال ترددات الصوت والاخر يستقبلها و بتغيير المسافة بين الفاحصين يمكن اختبار اعماق متعددة داخل القطعة كما في الشكل « ١١ » .

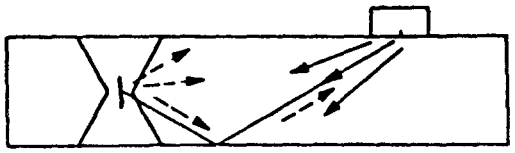


شكل ١٠

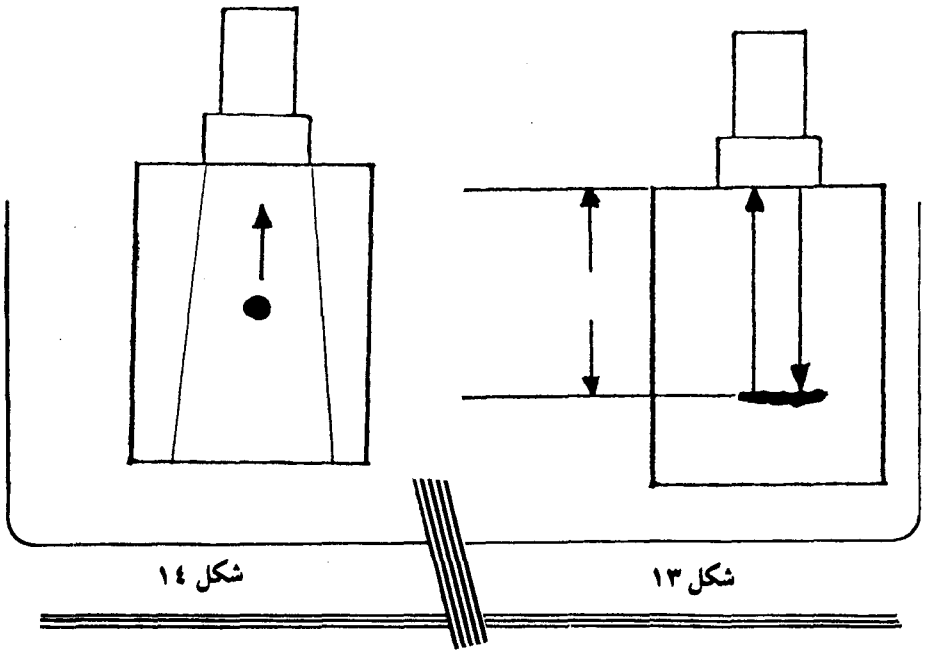


شكل ١١

الشكل رقم « ١٢ » يمثل عملية اختبار وصلات ملحومة سمكها بين ١٠ ــ ٤٠ ملمتر لاحظ أنه يمكن استعمال فاحص واحد اعتمادا على خاصية تشكيل الوصلات الملحومة التي تساعد في عودة جزء من حزمة الصوت الى الفاحص ، لاحظ ايضا أن طبيعة تكوين الشرخ وايضا خشونة سطحه تتسبب في انعكاس الصوت في عدة اتجاهات .



شكل ١٢



شكل ١٣ شكل ١٤

طرق الاختبار وتقنية معداته :

قبل الدخول في تفاصيل الاختبار فأنه لابد من الالمام التام بأكثر الاجهزة شيوعا في عمليات الاختبار بالموجات فوق الصوتية ، عند محاولة اكتشاف عيب في معدن ما فانه يجب ارسال اقصر نبضات صوتية ممكنة داخل المادة المراد اختبارها ويمكننا متابعة نبضة الصوت هذه في طريقها للاصطدام بالعيب والانعكاس منه حيث تعود مرة اخرى إلى الفاحص ويمكننا قياس الزمن الذي قطعت فيه هذه المسافة و بضرب الزمن × سرعة الصوت للمادة المختبرة فان الناتج يكون هو المسافة بين سطح القطعة وموقع العيب فيها شكل رقم « ١٣ » وانعكاس الصوت تسمى « الصدى » ولذا سميت هذه الطريقة بـ (طريقة نبض الصدى) شكل رقم « ١٤ » .

جهاز الاختبار بالموجات فوق الصوتية :

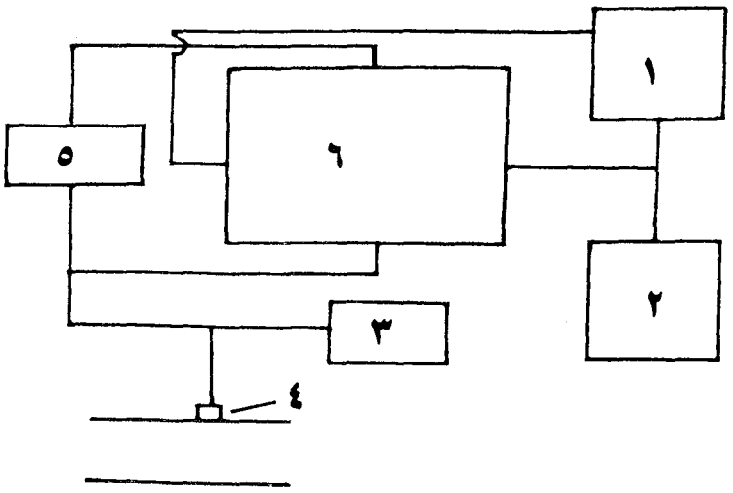
يتكون جهاز الاختبار من الاجزاء التالية حسب تسلسلها في الاداء كما هو مبين في الشكل رقم « ١٥ » .

١ ــ **مولد النبضات :** يقوم بتوليد النبضة الكهربائية و يرسلها إلى (مؤقت الارسال) .

٢ ــ **مؤقت الارسال :** يستقبل النبضة الصادرة من المولد و يتحكم في توقيت ارسالها عند خلو الكابل الموصل بين الفاحص والجهاز من النبضة المرتدة من الفاحص .

٣ ــ **مرسل النبضات :** يستقبل النبضات من مؤقت الارسال و يرسلها إلى الفاحص .

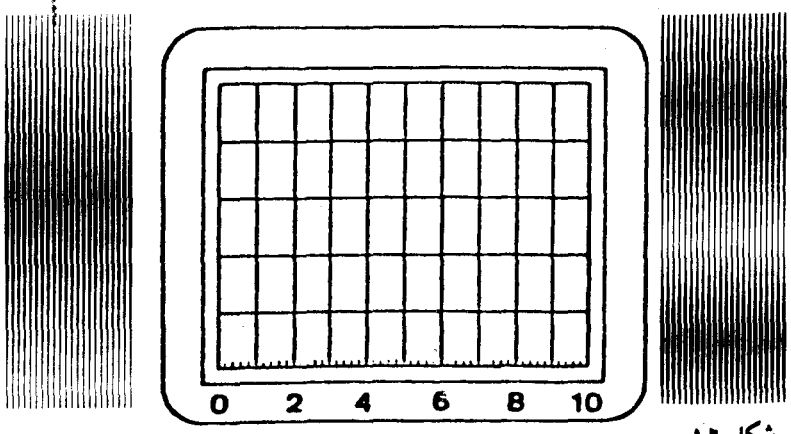
٤ ــ **الفاحص :** يستقبل النبضات الكهربائية ويحولها إلى ترددات أو (اهتزازات ميكانيكية) و يرسلها داخل القطعة المختبرة ومن ثم يقوم باستقبالها مرة أخرى عند انعكاسها من القطعة حيث يحولها إلى نبضة كهربائية و يرسلها إلى مكبر النبضات .



شكل ١٥

٥ ــ **مكبر النبضات :** يقوم باستقبال النبضة الكهربائية وتكبيرها ثم يرسلها إلى الشاشة .

٦ ــ **الشاشة :** بمساعدة الشاشة (المدرجة) المقسمة إلى عشرة أجزاء يمكن الحصول على المعلومات المطلوبة مثل سمك القطعة المختبرة وخلوها أو عدمه من العيوب .



شكل ١٦

بمجرد مغادرة نبضة الصوت للفاحص داخله في القطعة المراد اختبارها تتحرك نقطة ضوء أسفل الشاشة على الخط الاخضر مقتفية أثر الصوت شكل رقم « ١٧ » و« ١٨ » وعند اصطدام الصوت بالحائط الخلفي للقطعة وارتداده إلى الفاحص فأن ذلك يحدث نبضة كهربائية في الفاحص يجعل نقطة الضوء المتحركة أسفل الشاشة في خط مستقيم يجعلها ترتفع في اتجاه رأسي إلى أعلى الشاشة ثم تنخفض مرة أخرى إلى مسارها الطبيعي حيث تمثل المسافة بين صفر والرقم « ٨ » أسفل الشاشة شكل « ١٩ » المسافة بين سطح القطعة الامامي وسطحها الخلفي أي (سمك القطعة) وبما أن نبضة الارسال لا تبتدىء تماما عند سطح القطعة المختبرة بل من قطعة الكريستال داخل الفاحص فأن النقطة المضيئة المتحركة أفقيا على الشاشة لا تبتدىء من الرقم صفر بل قبله بقليل شكل رقم ٢٠ .

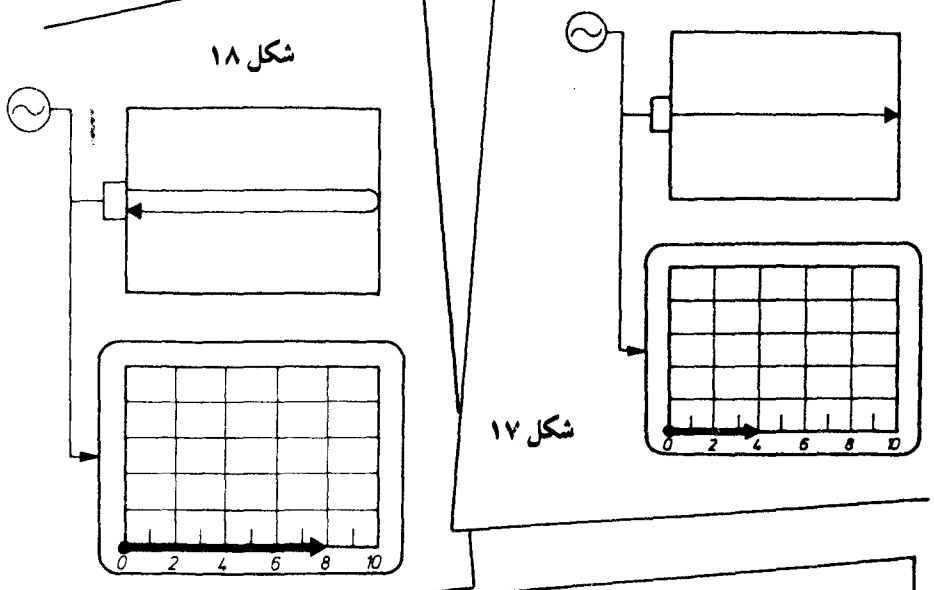
١ ــ الارسال . ٢ ــ الفاحص .

٣ ــ قطعة حديد .

٤ ــ كابل التوصيل .

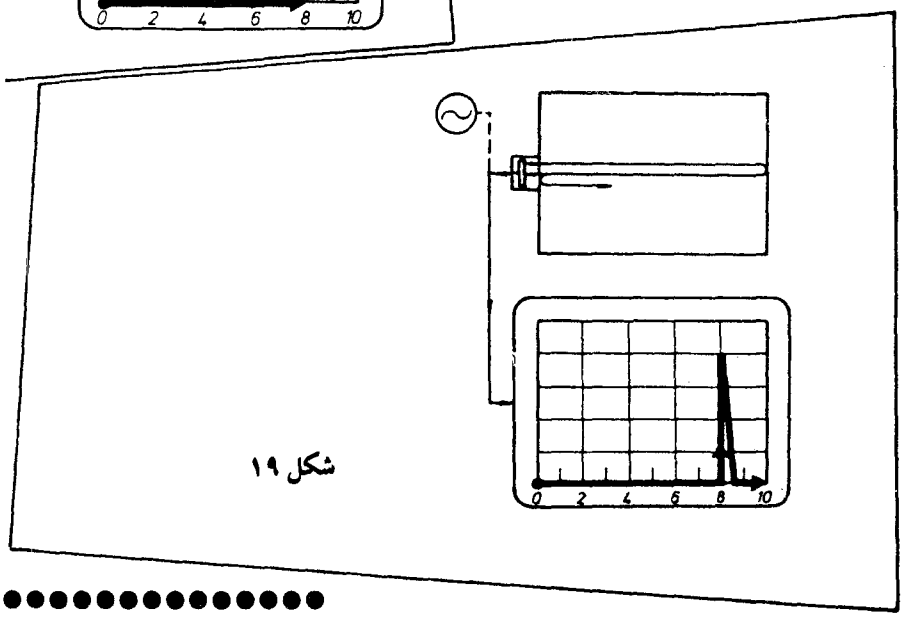
٥ ــ الشاشة .

٦ ــ القطعة المضيئة .



شكل ١٧

شكل ١٨



شكل ١٩

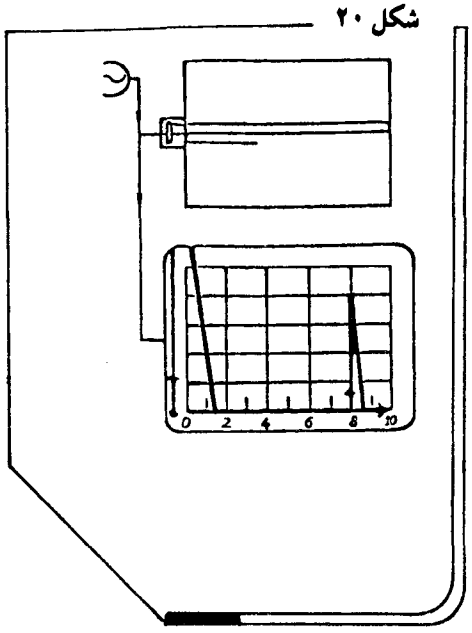
النبضة (أ) العريضة الموجودة على يسار الشاشة في الشكل (٢٠) تسمى نبضة الارسال بينما النبضة (ب) التى على يمين الشاشة تسمى نبضة الارتداد أي ارتداد الصوت من السطح الخلفي للقطعة وتمثل المسافة بين (أ) و(ب) سمك القطعة الظاهرة في الشكل رقم « ٢٠ » .

والقاعدة في تحديد وجود عيب في القطعة المختبرة أنه اذا كان هناك أي عيب فيها (ثقب أو شرخ . الخ ..) فأن النبضة الدالة عليه يجب أن تظهر بين نبضة الارسال (أ) ونبضة الارتداد (ب) كيف يبدو منظر الشاشة اذا افترضنا أن هناك شرخا داخل القطعة الظاهرة في الشكل (٢٠) ؟ للاجابة على هذا السؤال أنظر إلى الشكل رقم (٢١) .

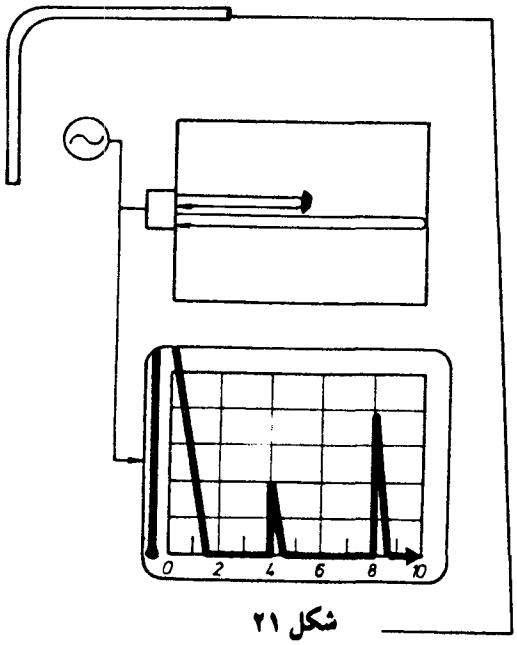
أ ــ نبضة الارسال .

ب ــ نبضة الارتداد (سمك القطعة) .

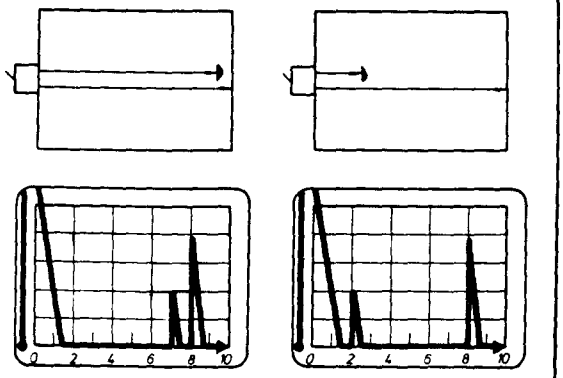
ج ــ النبضة الدالة على وجود الشرخ وموقعه في عمق القطعة .



شكل ٢٠

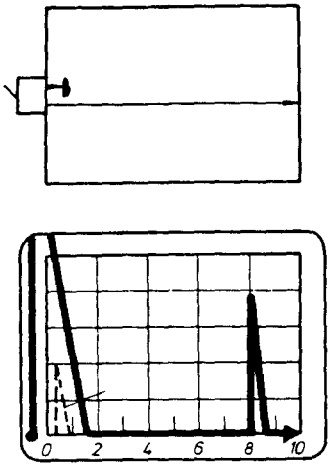


شكل ٢١

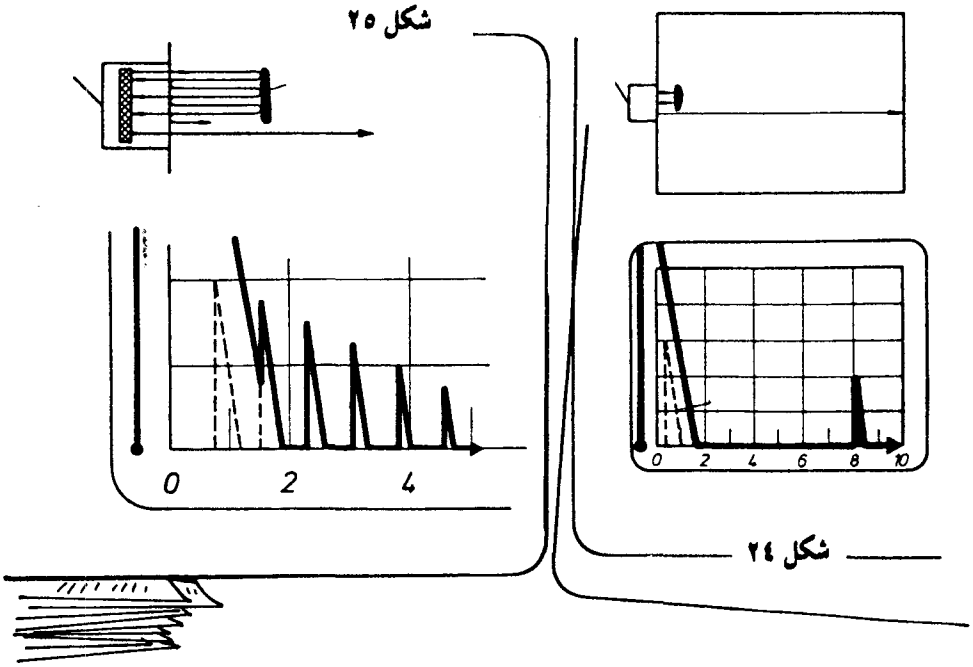


شكل ٢٢

كـما وأن موقع النبضة الدالة على موقع العيب في القطعة المختبرة يتغير على الشاشة تبعا لموقع العيب في القطعة نفسها كما في الشكل رقم (٢٢) .



شكل ٢٣



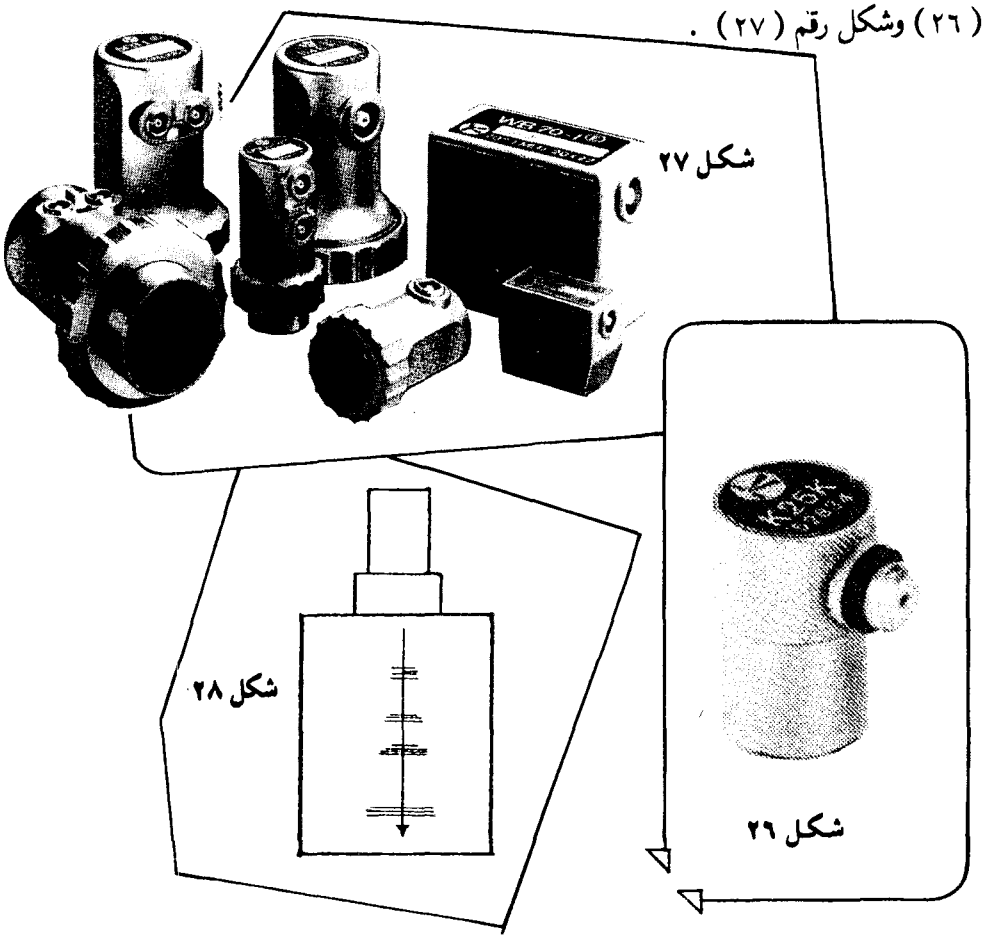
شكل ٢٤ ——— شكل ٢٥

واذا كان هنالك عيب صغير (شرخ مثلا) يقع تحت سطح القطعة المختبرة أمام الفاحص مباشرة فأن النبضة الصادرة من هذا الشرخ ستختفي في نبضة الارسال وقد لا يظهر على الشاشة ما يشير إلى وجود هذا العيب شكل رقم (٢٣) ومن الممكن ايضا أن تكون هناك دلالة على وجوده ، ففي حالة امتصاصه لجزء من حزمة الصوت تكون النبضة الصادرة من ارتداد الصوت من السطح الخلفي للقطعة صغيرا كما في الشكل رقم (٢٤) .

وهنالك علامة أخرى يستدل بها على وجود هذا الشرخ الصغير الواقع تحت السطح مباشرة اذا كان مستقيم الطول وموازيا للسطح ففي هذه الحالة يتكرر ظهور النبضة الصادرة من ذلك الجزء المرتد منه كما في الشكل رقم (٢٥) .

الفواحص

الفواحص العادية :ـ وهي التي ترسل الصوت في خط متعامد مع سطح القطعة ، شكل (٢٦) وشكل رقم (٢٧) .



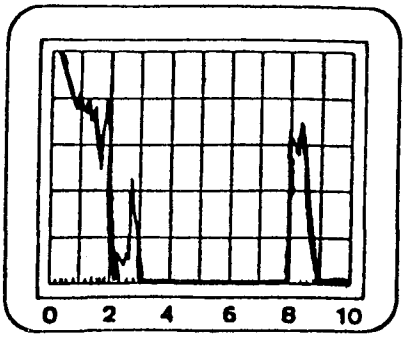
شكل ٢٧

شكل ٢٨

شكل ٢٦

ومعظم الفواحص العادية ترسل وتستقبل الصوت على هيئة موجات مضغوطة يكون اتجاه تغلغلها في المادة هو نفس اتجاه الترددات التي يحدثها الفاحص وهي ما يعرف (بالموجات الطولية) شكل رقم (٢٨) .

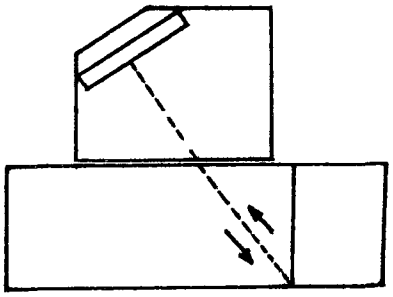
وهناك احجام مختلفة من الفواحص العادية بترددات تتعدد من ٠,٥ ميحا هيرتز إلى ١٥ ميجا هيرتز يمكن باستعمالها اجراء اختبار يبلغ مدى قياسه ٥٠٠٠ ملمتر أو أكثر مما يمكن اختبار قطعة معدنية كبيرة الحجم ومما تقدم تبين لنا أن من أحد عيوب الفواحص العادية هو عدم مقدرتها (نسبيا) على كشف العيوب التي تلي السطح مباشرة لان النبضة الدالة عليها تدخل في نطاق نبضة الارسال ، شكل رقم (٢٩) .



شكل ٢٩

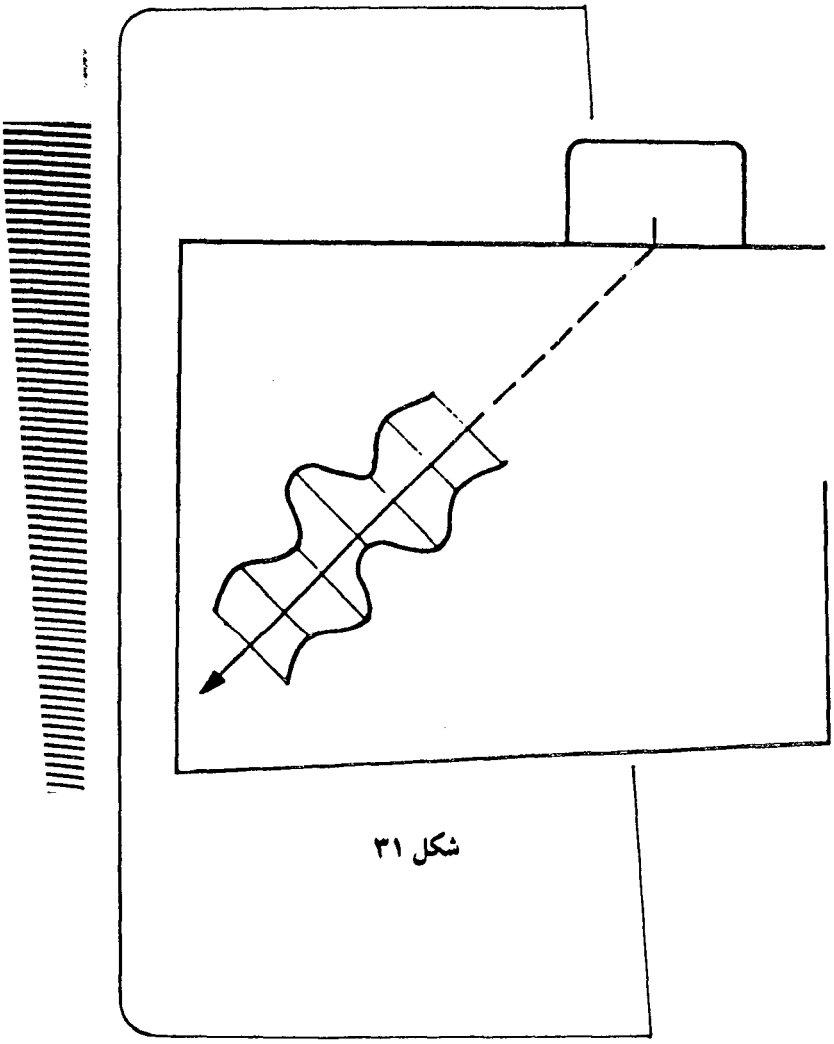
٢ ــ الفواحص ذات الزاوية :

وهي ذلك النوع من الفواحص الذي يقوم بارسال الصوت بزاوية من على سطح القطعة المختبرة ... وشكل رقم (٣٠) .

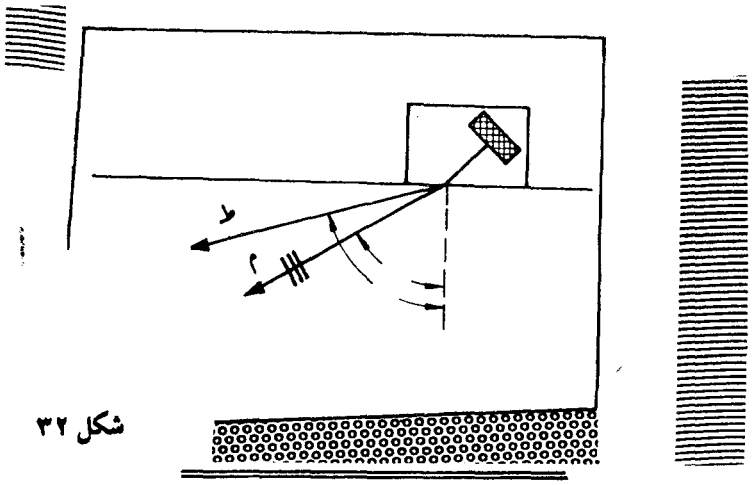


شكل ٣٠

و يكون اتجاه تغلغل الصوت في المادة على هيئة متماوجة كما في الشكل رقم (٣١)
وتعرف بالموجات (المستعرضة) .



شكل ٣١



شكل ٣٢

كيفية احداث الموجات المستعرضة :

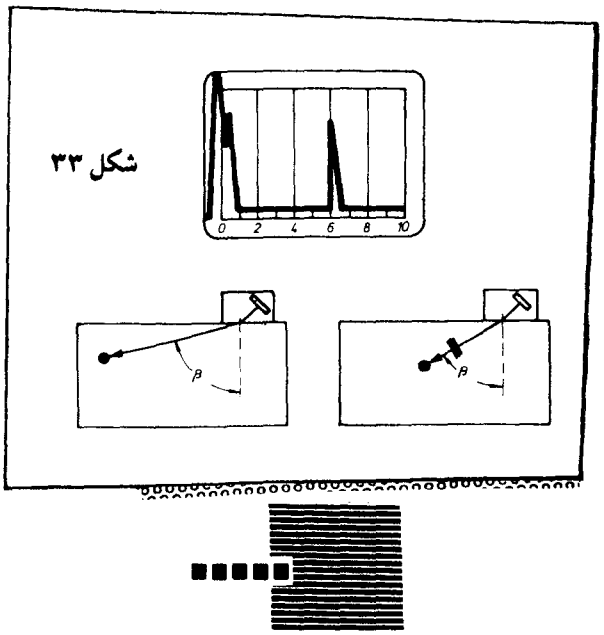
فيما تقدم ذكرنا أن موجات الصوت المستعملة في الاختبار في حالة استعمال الفاحص ذي الزاوية هي موجات مستعرضة ، وهنا يجب أن نضيف ملاحظة هامة وهي أن موجات الصوت الصادرة عن الفاحص هي اصلا موجات طولية وليست موجات مستعرضة ولكنها تتحول إلى موجات مستعرضة عند دخولها في قطعة المعدن المختبرة .. كيف يتم ذلك ؟

الاجابة على هذا السؤال تقودنا للحديث قليلا عن (قانون الانكسار) شكل رقم (٣٢) ، عند سقوط حزمة الصوت على سطح القطعة بزاوية فان هذه الحزمة ينعكس جزء منها في الاتجاه المضاد لاتجاه سقوطها على سطح القطعة على شكل موجات مستعرضة (م) وتكون الموجات الطولية ايضا متواجدة داخل القطعة . وتكون الموجات المستعرضة هي المستعملة فقط في الاختبار .

واذا لم تؤخذ عملية انقسام الصوت هذه في الاعتبار فانه يصبح من غير الممكن وفي حالات كثيرة تحديد مكان العيب وتحليله واحيانا كثيرة يكون اكتشاف العيب نفسه موضع تساؤل . ؟ ؟

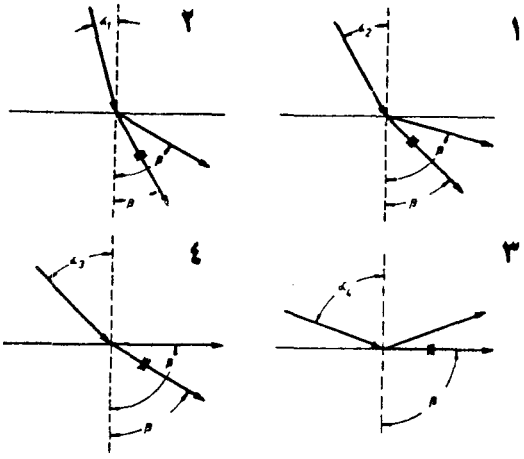
شكل (٣٢) يوضح إلى أي موضع في الشاشة تقودنا النبضة الدالة إلى الثقب في الرسمين أ ، ب في حالة استعمال الموجات الطولية وحالة استعمال الموجات المستعرضة اثناء زمن معين لحركة انتقال النقطة المضيئة على الشاشة (من الصفر وحتى الرقم ٦) فالموجات الطولية تبلغ سرعة رحلتها ضعف رحلة الموجات المستعرضة بنسبة ٢ إلى ١ اضافة إلى أن الموجات الطولية تنتقل بزاوية أكبر من الموجات المستعرضة ... أين اذاً يكون الموقع الحقيقي للثقب في القطعة المختبرة ؟ .

يكون من يقوم بالاختبار متأكدا من ذلك اذا كان نفس العيب يتكرر دائما في نفس الموقع ومن نفس القطعة المختبرة أو اذا كان يعرف اي نوع من الموجات يرسلها الفاحص الذي يستخدمه . و بهذا سنتعرض و بايجاز لقانون الانكسار في الشكل رقم (٣٤) .

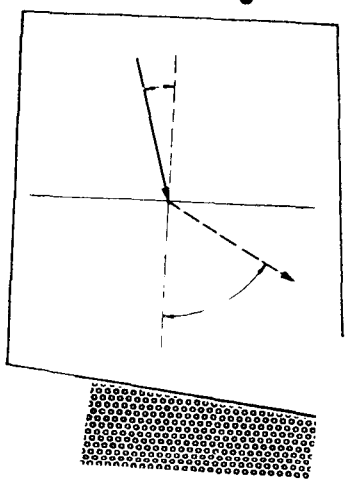


قانون الانكسار

حسب قانون الانكسار : بما أن زاوية الانكسار أكبر من زاوية الحدوث فأن سرعة الصوت س ٢ أكبر مقارنة مع سرعة الصوت س ١ وهذا يقودنا إلى الخلاصة التالية المبينة في الشكل رقم (٣٥) دون اللجوء إلى قانون الانكسار .



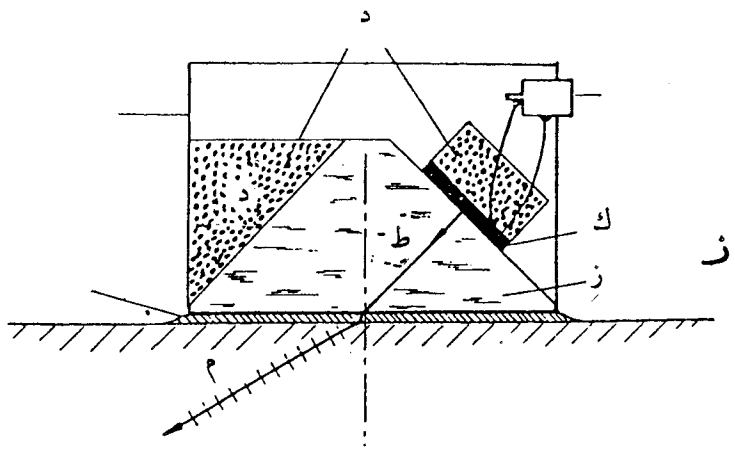
شكل ٣٥



شكل ٣٤

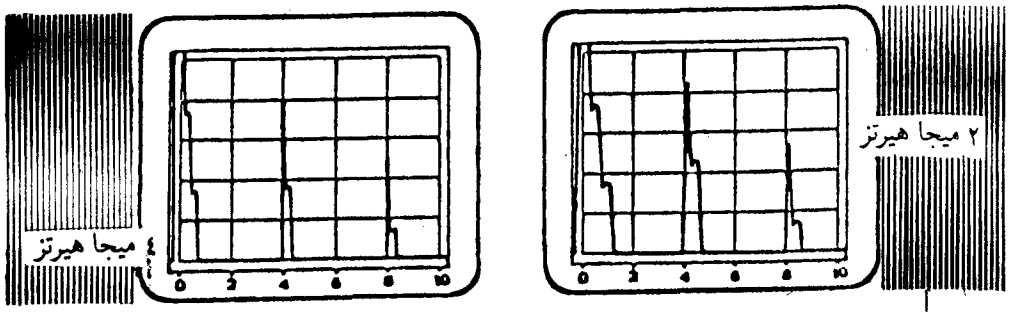
في الوسط رقم ٢ (أي في القطعة المختبرة) فأن انكسار حدوث الموجات الطولية اكبر من زاوية انكسار الموجات المستعرضة وعند مقدار معين لزاوية الحدوث كما هو واضح في الرسوم ١ و٢ و٣ و٤ تختفي الموجات الطولية تماما وتكون الموجات الداخلة إلى القطعة المختبرة موجات مستعرضة وعموما فأن الموجات المستخدمة فعلا في الفواحص ذات الزاوية هي الموجات المستعرضة وليس الموجات الطولية .

وعند الاختبار بفاحص ذو زاوية شكل رقم (٣٦) ينتقل الصوت من اداة توليده في الفاحص وهي قطعة الكريستال ك خلال الكتلة الزجاجية (ز) على هيئة موجات طولية (ط) حيث تنعكس الموجة الطولية من منطقة تقابل سطح الفاحص مع سطح القطعة المختبرة عائدة



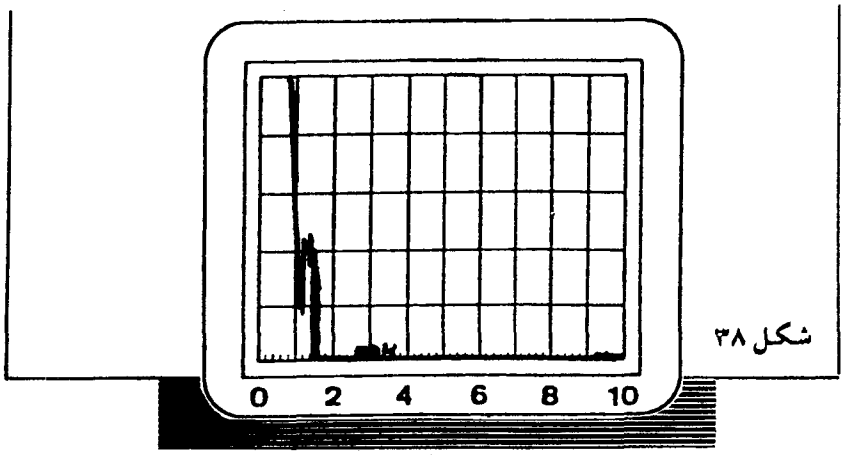
شكل ٣٦

إلى كتلة من المادة الماصة للصوت (د) وتتلاشى نهائيا بينما تستمر الموجات المستعرضة (م) في التغلغل داخل القطعة لاتمام عملية الاختبار ، وكل فاحص موضح عليه مقدار زاو يته وهذه الفواحص متوفرة من ٣٥ درجة ، ٤٥ درجة ، ٦٠ و٧٠ درجة ومثلها مثل الفواحص العادية فان الفواحص ذات الزاو ية لها أحجام وترددات مختلفة علما بان درجة وضوح نتيجة الاختبار على شاشة الجهاز تتناسب عكسيا مع مقدار ترددات الفاحص ، أي أنه كلما كانت الترددات منخفضة كلما كانت درجة الوضوح عالية ، وكقاعدة فأنه عند اختبار مواد ذات مكونات (جزيئات) خشنة أو كبيرة فانه يجب استعمال فاحص (ذو ترددات منخفضة) والشكل رقم (٣٧) يبين درجة وضوح نتيجة اختبار قطعة من الحديد الكربوني عند استعمال فاحص تردداته ٢ ميجا هيرتز (٢,٠٠٠,٠٠٠ ذبذبة/ ثانية) رقم (١) وعند استعمال فاحص آخر تردداته ٤ ميجا هيرتز رقم (٢) وبالامكان اكتشاف عيوب قطرها من ٢ إلى ٣ ملمترات من مسافة ٧٠٠ ملمتر باستخدام فاحص ذي زاوية بترددات قدرها ٢ ميجا هيرتز .



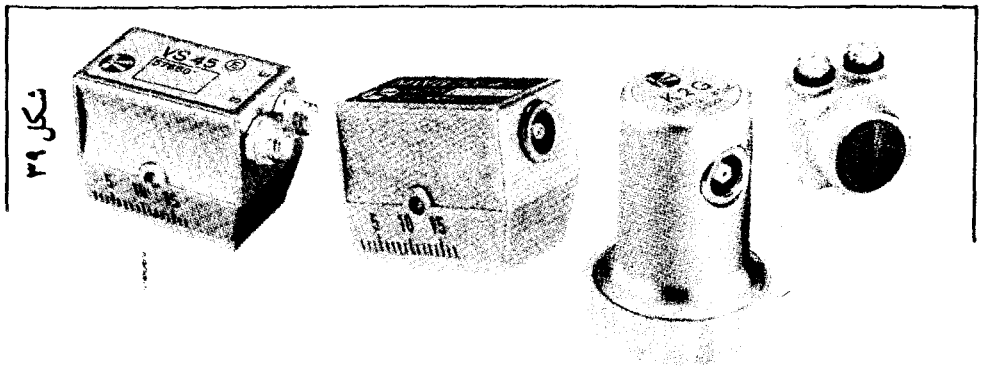
شكل ٣٧

عند محاولة كشف عيوب قريبة جدا إلى السطح فأن الفواحص ذات الزاو ية تواجهها نفس الصعوبات التي تعترض الفواحص العادية شكل رقم (٣٨) وهذه يمكن تفاديها .



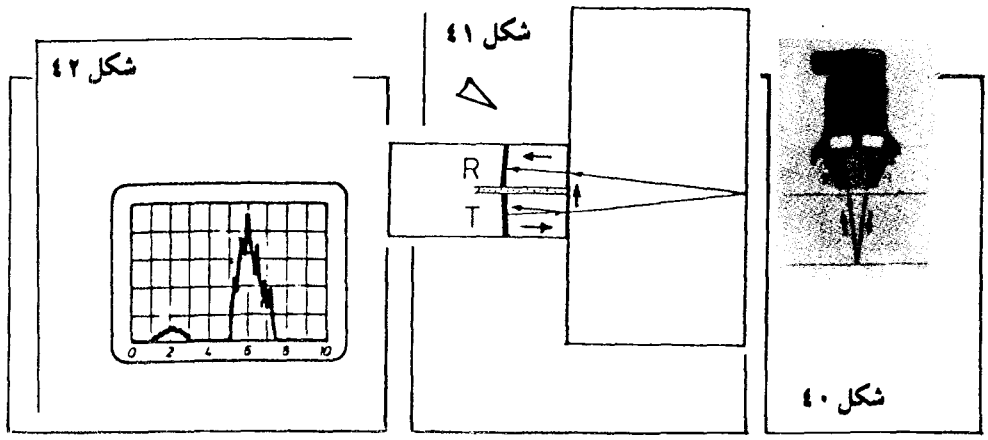
شكل ٣٨

باستعمال فاحص ذو قطعتي كريستال ، واحدة ترسل والاخري تستقبل ومن المعروف أن هنالك انواع فواحص عادية ولها قطعة كريستال واحدة للارسال والاستقبال وفواحص لها قطعتي كريستال ، والفواحص ذات الزاو ية وهي متوافرة بنوعين ، نوع له قطعة كريستال واحدة ، ونوع آخر له قطعتي كريستال شكل رقم (٣٩) .



شكل ٣٩

وهذه الخاصية تتيح وضع قطعتي الكريستال بعيداً عن سطح القطعة المختبرة باستعمال كتلة زجاجية شكل رقم (٤٠) مما يتسبب في تأخير نبضة الارسال وعدم ظهورها على الشاشة وتظهر على الشاشة نبضة صغيرة ناتجة عن جزء يسير من الصوت يتسلل إلى قطعة الكريستال المستقبلة من القطعة المرسلة عبر سطح قطعة المعدن التي يجري عليها الاختبار شكل رقم (٤١) علما بأن هذه النبضة ليس لها أي تأثير علي نتائج الاختبار شكل رقم (٤٢) .

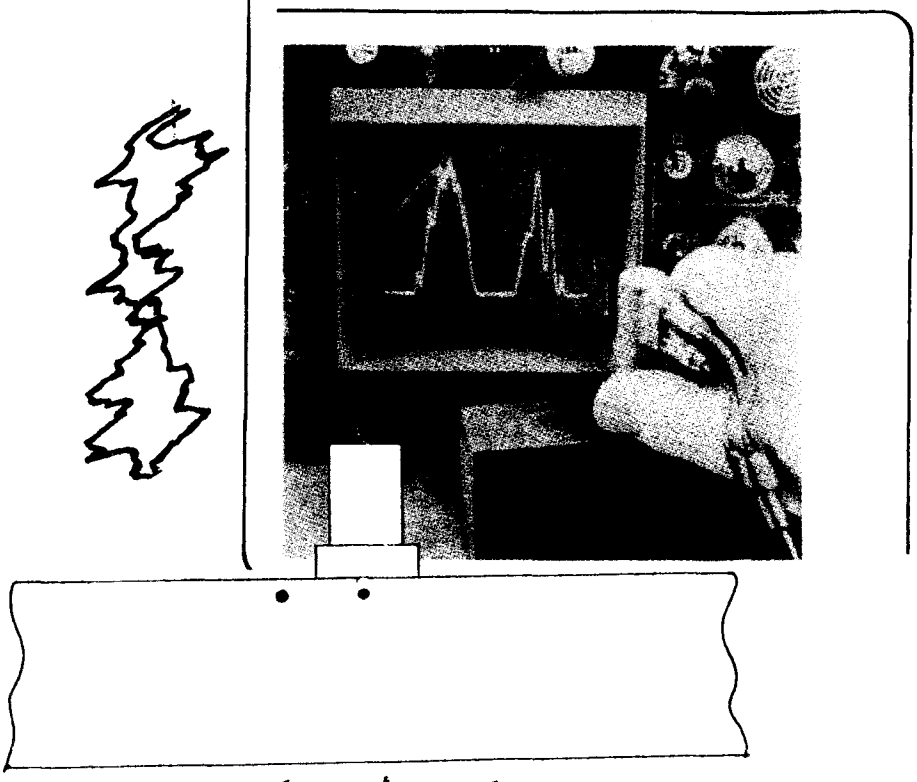


شكل ٤٠

شكل ٤١

شكل ٤٢

شكل رقم (٤٣)

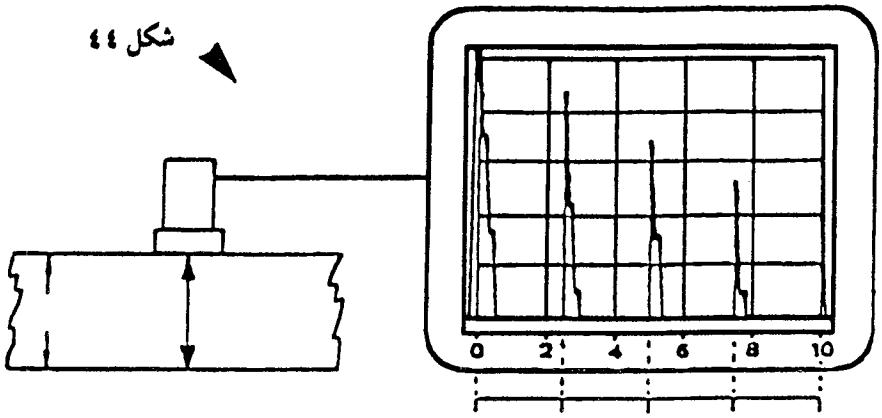


وعليه فان الفواحص التي لها قطعتي كريستال أي التي تكون اداة الاستقبال فيها منفصلة عن اداة الارسال صممت خصيصاً لكشف وتحديد العيوب الصغيرة القريبة من السطح والتي لا يمكن اكتشافها بالفواحص التي لها قطعة كريستال واحدة شكل رقم (٤٣) ومثلما للفواحص من هذا النوع محاسن في اكتشاف العيوب القريبة للسطح فان لها عيباً وهو محدودية مدى الاختبار .

تحديد مواقع العيوب :

يمكن بسهولة تحديد مكان العيب بواسطة النبضة الناشئة عن ارتداد الصوت منه والتي تظهر على الشاشة وذلك اذا كان مدى الاختبار المطلوب مضبوط على الشاشة بدقة ولتحقيق ذلك لابد من ظهور (نبضتين) على الاقل من عينة معايرة مناسبة من نفس نوع المادة المزمع اختبارها وتسمى هذه العملية (المعايرة) لمعايرة الفواحص العادية تستعمل قطعة مستوية السطحين الامامي والخلفي على أن تكون من نفس المادة التي سيتم اختبارها ومنها يستقبل الفاحص النبضة المرتدة من السطح الخلفي والتي تمثل المسافة بينها و بين نبضة الارسال سمك قطعة المعايرة شكل رقم (٤٤) .

شكل ٤٤



ولمعايرة وضبط الجهاز لمدى اختبار (قياس) معين لابد من اكتمال العناصر الاتية .

١ ــ معرفة نوعية المعدن الذي سيجرى عليه الاختبار .

٢ ــ تحديد مدى الاختبار (القياس) المطلوب ، مثلا فإذا كان سمك القطعة التي سيجري عليها الاختبار ٨٠ ملمترا ، فمن المستحسن أن تتم المعايرة لمدى اختبار ١٠٠ ملمتر ، وهذا لا يمنع أن يكون مدى الاختبار مساو لسمك القطعة المزمع اختبارها .

٣ ــ وجود كتلة معايرة من نفس نوعية المعدن المصنوعة منه القطعة المختبرة وان يكون سمك كتلة المعايرة معروفا .

٤ ــ اختبار عامل الضرب المطلوب ، أي معرفة عدد الملمترات التي يمثلها الجزء الواحد من اجزاء الشاشة المرقمة من ١ إلى ١٠ .

٥ ــ تحديد موقع كل نبضة من النبضات المستعملة في المعايرة على الخطوط المرقمة في واجهة الشاشة .

مثال (١) : مطلوب معايرة الجهاز لاختبار قطعة من الحديد باستعمال الفاحص MB4F ؟

الحل :

مدى (القياس) الاختبار = ١٠٠ ملمتر ــ حديد .

نوع الجهاز المستعمل = USK7

نوع الفاحص = MB4F

كتلة المعايرة = V2 سمكها ٢٥ ملمتر .

$$\text{عدد النبضات المطلوبة للمعايرة} = \frac{\text{مدى القياس}}{\text{سمك كتلة المعايرة}}$$

$$= \frac{\text{١٠٠ ملتمر}}{\text{٢٥ ملمتر}}$$

= ٤ نبضات

$$\text{عامل الضرب} = \frac{\text{مدى (القياس) الاختبار}}{\text{عدد اقسام شاشة الجهاز}}$$

$$= \frac{\text{١٠٠ ملمتر}}{\text{١٠ اقسام}}$$

= ١٠ ملمترات في كل قسم .

وبما أن المسافة بين كل نبضة وأخرى تمثل سمك كتلة المعايرة وهو ٢٥ ملمتراً فان النبضة الاولى تعادل سمك ٢٥ ملمتراً والثانية ٥٠ ملمتراً والثالثة ٧٥ ملمتراً والرابعة ١٠٠ ملمتر وعملية المعايرة تستوجب وضع كل نبضة من النبضات الاربع في موقعها الصحيح على الشاشة وعليه فان :

$$\text{موقع النبضة الاولى} = \frac{\text{السمك الذي تمثله النبضة}}{\text{عامل الضرب}}$$

$$= \frac{\text{٢٥ ملمتر}}{\text{١٠ ملمتر}} = \text{القسم رقم ٢,٥ على الشاشة}$$

$$\text{موقع النبضة الثانية} = \frac{\text{٥٠ ملمتر}}{\text{١٠ ملمتر}}$$

= القسم رقم ٥ على الشاشة

$$\text{موقع النبضة الثالثة} = \frac{\text{٧٥ ملمتر}}{\text{١٠ ملمتر}}$$

= القسم رقم ٧,٥ على الشاشة

$$\text{موقع النبضة الرابعة} = \frac{\text{١٠٠ ملمتر}}{\text{١٠ ملمتر}}$$

= القسم رقم ١٠ على الشاشة

وفيما يلي الخطوات العملية لعملية المعايرة .

بعد وضع الجهاز في وضع التشغيل وتوصيل الفاحص إليه بالكابل المناسب .

١ ــ ضع الفاحص على كتلة المعايرة .

٢ ــ باستعمال مفتاحي التحكم المخصصين لعميلة المعايرة نفذ الخطوات الاربعة التالية على شاشة الجهاز المقسم اسفلها بالتدريج من ٠ إلى ١٠ .

١ـ ضع النبضة الاولى على القسم ٢,٥ .
٢ـ ضع النبضة الثانية على القسم ٥ .
٣ـ ضع النبضة الثالثة على القسم ٧,٥ .
ضع النبضة الرابعة على القسم ١٠ .

وعندما يكون وضع النبضات الاربع كما في الشكل رقم (٤٤) تكون عملية المعايرة قد تمت بصورة دقيقة و يكون جهاز الاختبار جاهزا للعمل على مدى (قياس) اختبار اقصاه ١٠٠ ملمتر في الحديد .

مثال رقم (٢) : بعد أن تمت معايرة الجهاز لمدى أختبار قدره ١٠٠ ملمتر المطلوب اختبار قطعتي الحديد الظاهرتين في الشكلين رقمي (٤٥) و(٤٦) لقياس سمكهما والتأكد من خلوهما من أي عيوب تمنع الاستفادة منهما ؟ .

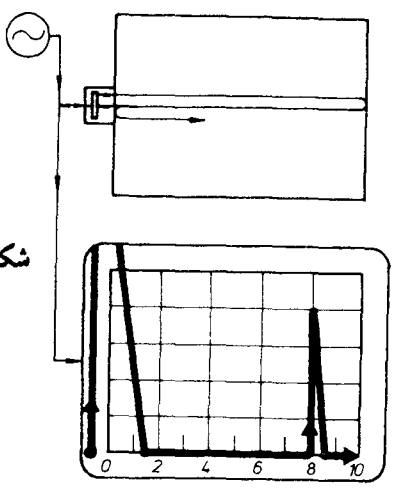
الحل :

أ ـ عند وضع الفاحص على قطع الحديد الاولى كانت معطيات الاختبار كما يلي وكما هو ظاهر في الشكل رقم (٤٥) :

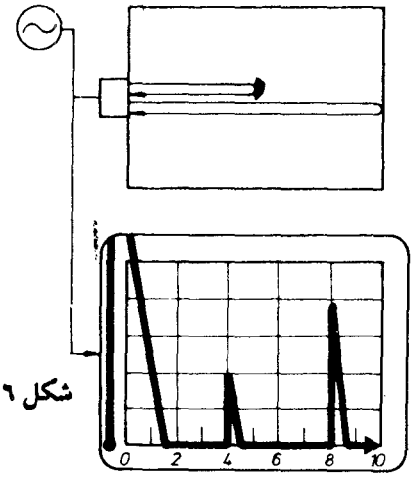
بالاضافة إلى نبضة الارسال الظاهرة على يسار الشاشة قبل الصفر بقليل ظهرت نبضة أخرى في القسم الايسر منها على القسم رقم ٨ من أقسام الشاشة والمسافة بين نبضة الارسال والنبضة الثانية هي المسافة بين سطحي القطعة أي « سمكها » ولا توجد أي نبضة أو نبضات اخرى بين هذين النبضتين مما يدل على خلو القطعة من أية عيوب . كيف يتم احتساب سمك قطعة الحديد ؟ .

سمك قطعة الحديد = القراءة الرقمية لموضع النبضة على الشاشة × عامل الضرب =

٨ × ١٠ = ٨٠ ملمتر



شكل ٤٥



شكل ٤٦

ب ــ عند وضع الفاحص على القطعة الثانية (شكل رقم ٤٦) كانت معطيات الاختبار كما يلي :

بالاضافة إلى نبضة الارسال ظهرت نبضتين اخريتين احداهما على القسم رقم ٤ على الشاشة والثانية على القسم رقم ٨ وهى أطول من النبضة الاولى : النبضة الاولى تبين أن هناك عيبا (ثقب أو شرخ) والمسافة بينه و بين نبضة الارسال هي المسافة بينه و بين سطح القطعة .

بينما النبضة الثانية وهي الاكبر وتمثل سمك قطعة الحديد وتساوي المسافة بينها و بين نبضة الارسال المسافة بين سطحي قطعة الحديد اي (سمكها) ولاستخلاص النتائج تجري العملية الحاسبية التالية :

موقع العيب في عمق قطعة الحديد =

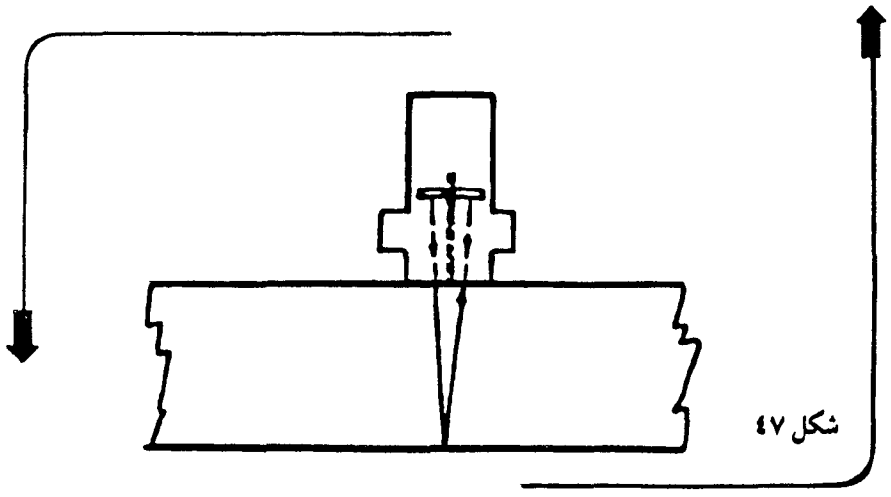
القراءة الرقمية للشاشة × عامل الضرب = ٤ × ١٠ = ٤٠ ملمتر

سمك قطعة الحديد = ٨ × ١٠ = ٨٠ ملمتر

معايرة الفواحص طراز TR

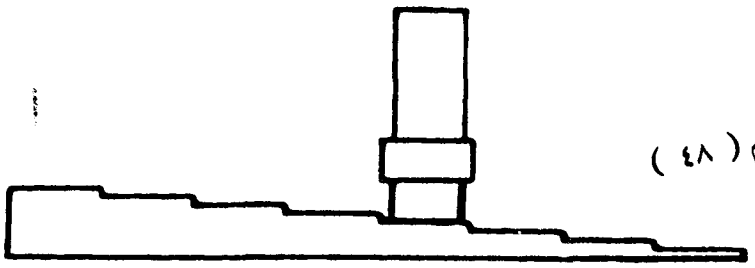
معايرة الفواحص التي لها قطعتي كريستال للارسال والاستقبال (و يسمى هذا النوع من الفواحص بنوع TR) :

لمعايرة الفواحص من النوع TR تستعمل كتلة معايرة لها سمكين معروفين حيث أن كتلة المعايرة ذات السمك الواحد غير مناسبة في هذه الحالة نسبة لوجود زاو ية صغيرة بين حزمة الصوت المنبعثة من الفاحص والحزمة المرتدة إليه على هيئة (٧) شكل رقم (٤٧) وتتفاوت قيمة هذه الزاو ية بين ٠ و١٢ درجة حسب حجم الفاحص .



شكل ٤٧

وعليه يجب استعمال كتلة معايرة لها سمكين مختلفين يمثلان ادني وأعلى مدى اختبار (قياس) للعمق المتوقع وجود عيب فيه ، ٤ و٨ ملمتر مثلا شكل رقم (٤٨) .

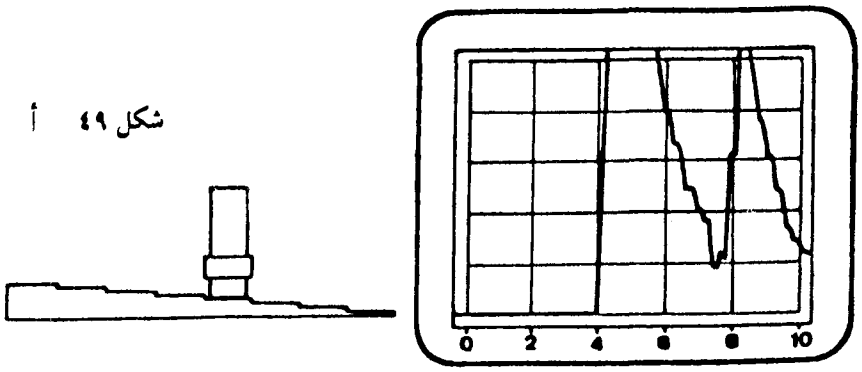


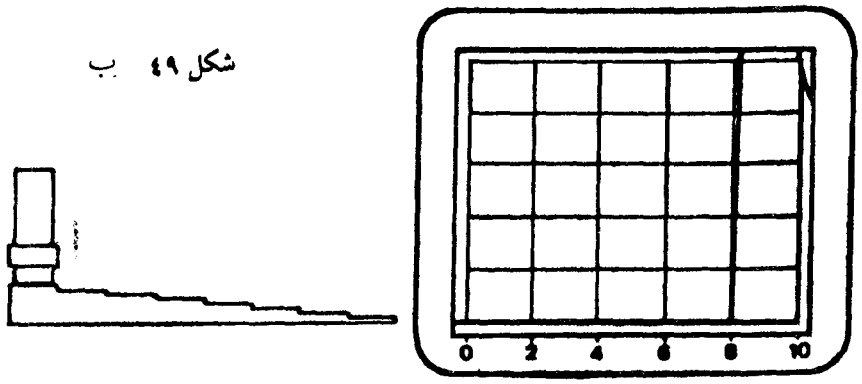
شكل رقم (٤٨)

مثال :ـ مطلوب معايرة الفاحص لمدى اختبار (قياس) ١٠ ملمترات مستعملا كتلة المعايرة VW المدرجة من ١ إلى ٨ ملمترات .

استعمل الدرجة التي سمكها ٤ ملمترات والدرجة التي سمكها ٨ ملمترات شكل رقم (٤٩) أ ،ب متبعا الخطوات التالية :

شكل ٤٩ أ





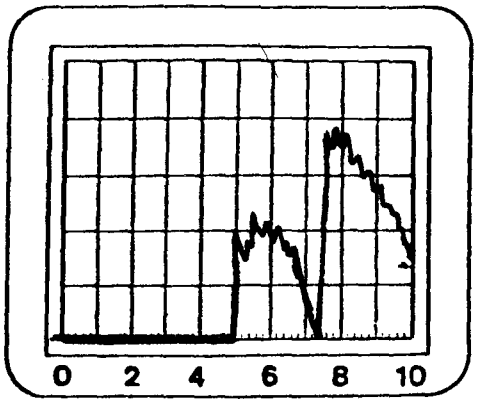
شكل ٤٩ ب

١ ــ ضع الفاحص على الدرجة التي سمكها ٤ ملمترات ، مستعملا مفتاح المعايرة في الجهاز احكم وضع النبضة الاولى الظاهرة في الشكل ٤٩ أ على الرقم ٤ الظاهر على أسفل الشاشة .

٢ ــ أنقل الفاحص وضعه على درجة التي سمكها ٨ ملمترات ثم أحكم وضع النبضة على الرقم ٨ في الشاشة كما في شكل ٤٩ ب .

٣ ــ كرر الخطوات ١ و٢ حتي تكون القراءة مضبوطة عند وضع الفاحص على الدرجة ذات الاربع ملمترات وعلى الدرجة ذات الثمانية ملمترات .

الشكل رقم ٥٠ يمثل ما يكون عليه شكل الشاشة عند اكتشاف عيب على بعد ٥ ملمترات من سطح قطعة معدنية أو يمثل سمك قطعة معدنية جرى اختبارها لتحديد سمكها .



شكل ٥٠

معايرة الفواحص ذات الزاوية

هناك كتلتين تستعملان لمعايرة الفواحص ذات الزاوية .

كتلة رقم ١ (شكل رقم ٥١) وتستعمل لمعاير الفواحص الكبيرة .

وكتلة رقم ٢ (شكل ٥٢) وتستعمل لمعايرة الفواحص الصغيرة .

وتعمل الاطراف المقوسة في الكتلتين كعواكس للصوت ، ومن مزايا هذا النوع من كتل المعايرة أنه عند وضع الفاحص على القطعة المحددة للمعايرة فان المسافة بين الفاحص والقطعة التي ينعكس من الصوت واحدة في جميع الفواحص بالرغم من اختلاف قيمة الزوايا في الفواحص .

١ ــ الكتلة رقم (١) (شكل رقم ٥١) .

تستعمل هذه الكتلة الاتي :ــ

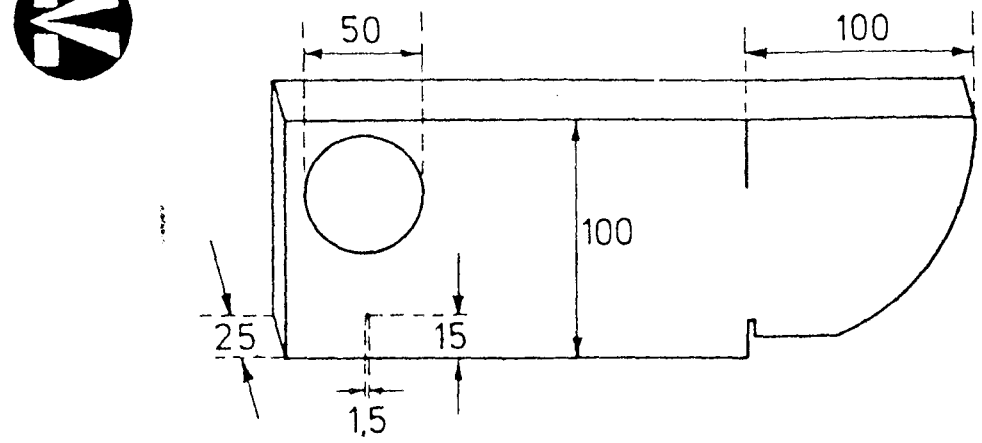
أ ــ معايرة الفواحص الكبيرة .

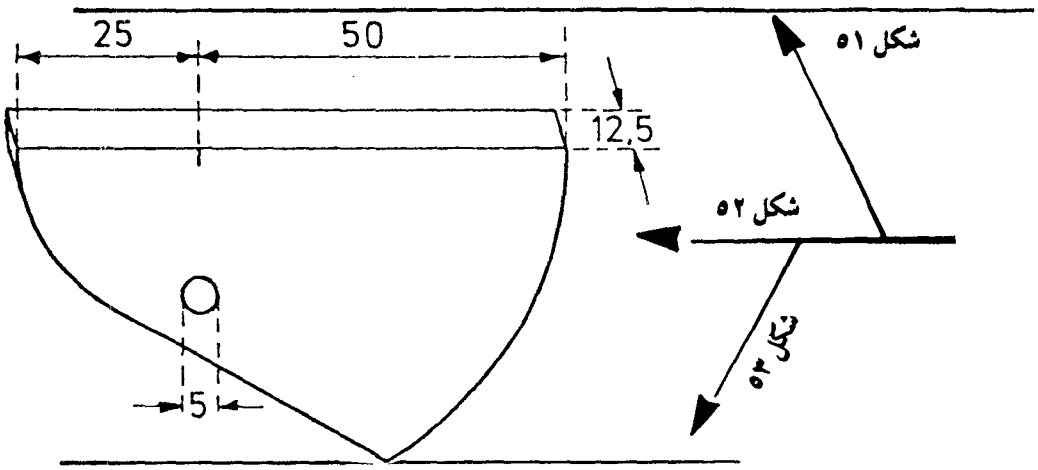
ب ــ معرفة مقدار زاوية الفواحص .

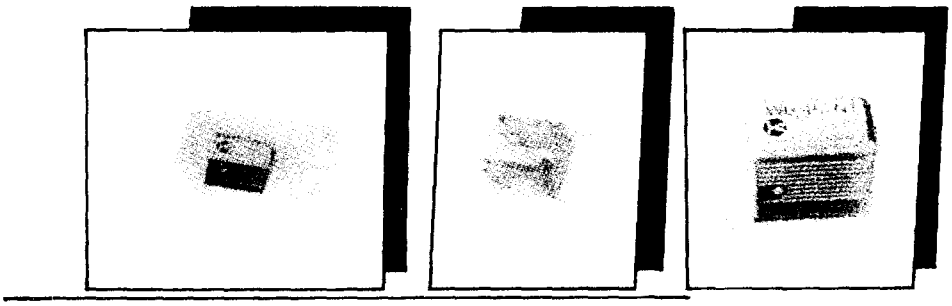
جـ ــ تحديد النقطة التي تخرج منها حزمة الصوت .

٢ ــ الكتلة رقم (٢) .

تستعمل هذه الكتلة للاتي :ــ


50
100
100
25
15
1,5


25
50
12,5
5
شکل ۵۱
شکل ۵۲
شکل ۵۳



أ ــ معايرة الفواحص الصغيرة .

ب ــ معرفة مقدار زاو ية الفواحص .

وللكتلتين ١ ، ٢ استعمالات أخرى ور ذكرها تفصيلا في مناهج التدريب للمستو يات المتقدمة .

المعايرة بالكتلة رقم ٢ :

أ ــ عند وضع الفاحص على الكتلة رقم ٢ كما في (الشكل ٥٤) تظهر على الشاشة ٣ نبضات دالة على تكرار انعكاس الصوت من جانبي القطعة المقوسين وتكون المسافة التي انعكس منها الصوت والفاحص لكل نبضة كما يلي :

النبضة الاولى ٢٥ ملمتر .

النبضة الثانية ١٠٠ ملمتر .

النبضة الثالثة ١٧٥ ملمتر .

مثال :ــ معايرة الفاحص لمدى اختبار ١٠٠ ملمتر ــ حديد

$$\text{عامل الضرب} = \frac{\text{مدى الاختبار}}{\text{عدد اقسام الشاشة}}$$

$$= \frac{\text{١٠٠ ملمتر}}{\text{١٠ اقسام}} = \text{١٠ ملمتر في كل قسم}$$

موقع النبضة الاولى في الشاشة

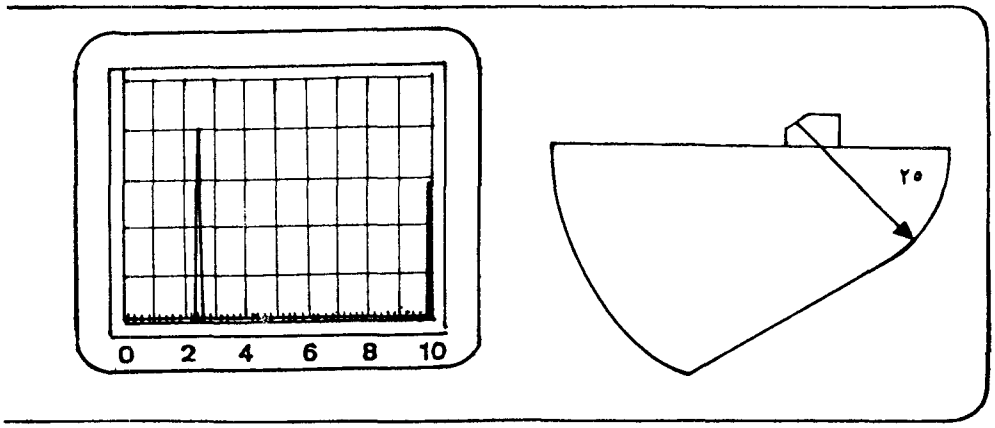
$$= \frac{\text{المسافة بين العاكس والفاحص}}{\text{عامل الضرب}}$$

$$= \frac{\text{٢٥ ملمتر}}{\text{١٠ ملمتر}} = \text{القسم رقم ٢,٥}$$

موقع النبضة الثانية في الشاشة = $\frac{\text{١٠٠ ملمتر}}{\text{١٠ ملمتر}}$ = القسم رقم ١٠

بعد اجراء العملية الحسابية المتقدمة قم بمعايرة الجهاز متبعاً الخطوات التالية بعد توصيل الفاحص بالجهاز ووضعه على كتلة المعايرة :ـ

مستعملا المفاتيح الخاصة بالمعايرة في الجهاز ضع النبضة الاولى على الرقم ٢,٥ والنبضة الثانية على الرقم ١٠ كما في شكل (٥٤)



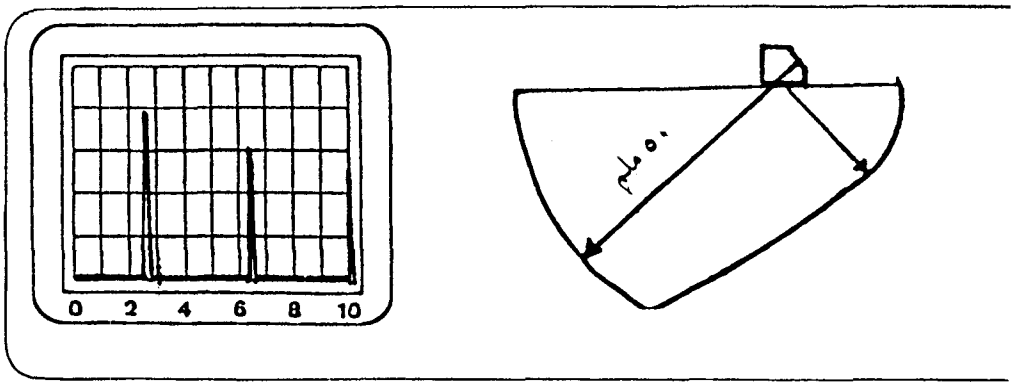
شكل ٥٤

ب ـ عند وضع الفاحص على الكتلة كما في الشكل (٥٤) تكون المسافة بين عواكس النبضات المشار إليها في الفقرة (أ) كما يلي :

النبضة الاولى ٥٠ ملمتر

النبضة الثانية ١٢٥ ملمتر

النبضة الثالثة ٢٠٠ ملمتر



شكل ٥٥

في حالة معايرة الفاحص لمدى الاختبار ٢٠٠ ملمتر كما في الشكل رقم (٥٥)

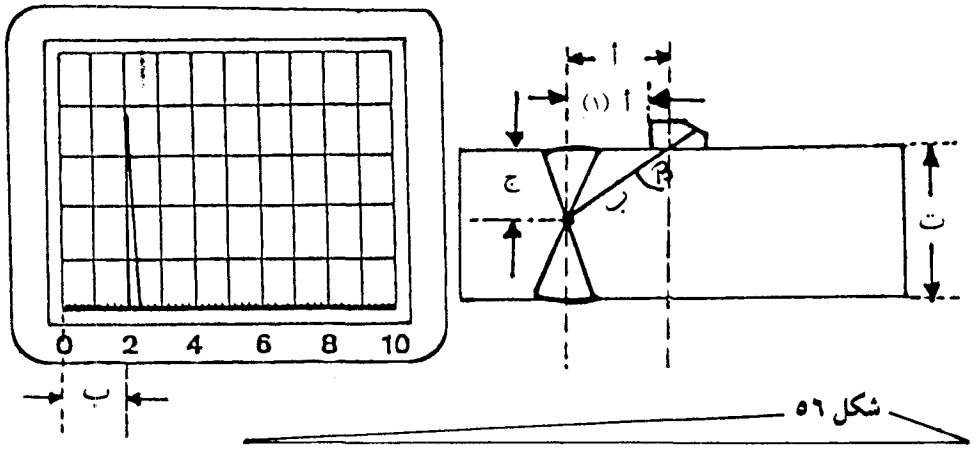
$$\text{عامل الضرب} = \frac{\text{٢٠٠ ملمتر}}{\text{١٠ اقسام}} = \text{٢٠ ملمتر/قسم}$$

$$\text{موقع النبضة الاولي} = \frac{\text{٥٠ ملمتر}}{\text{٢٠ ملمتر}} = \text{القسم رقم ٢,٥}$$

$$\text{موقع النبضة الثانية} = \frac{\text{١٢٥ ملمتر}}{\text{٢٠ ملمتر}} = \text{القسم رقم ٦,٢٥}$$

$$\text{موقع النبضة الثالثة} = \frac{\text{٢٠٠ ملمتر}}{\text{١٠ ملمتر}} = \text{القسم رقم ١٠}$$

عند اجراء الاختبار فان النبضة الصادرة عن أي عيب لا تعطي معلومات فورية عن العيب بل يتم ذلك بضرب المسافة بين الفاحص والعيب الذي صدرت منه هذه النبضة (ب) في جيب زاو ية الفاحص راجع اختبار اللحام الموضح في شكل رقم (٥٦) .



شكل ٥٦

ج = ب × جا

أ = ب × جتا

د = أ ــ أ (١)

حيث ج = المسافة بين العيب وسطح القطعة الملحومة (العمق) .

أ = المسافة بين نقطة خروج الصوت من الفاحص والنقطة الموازية للعيب على سطح القطعة .

= زاو ية الفاحص

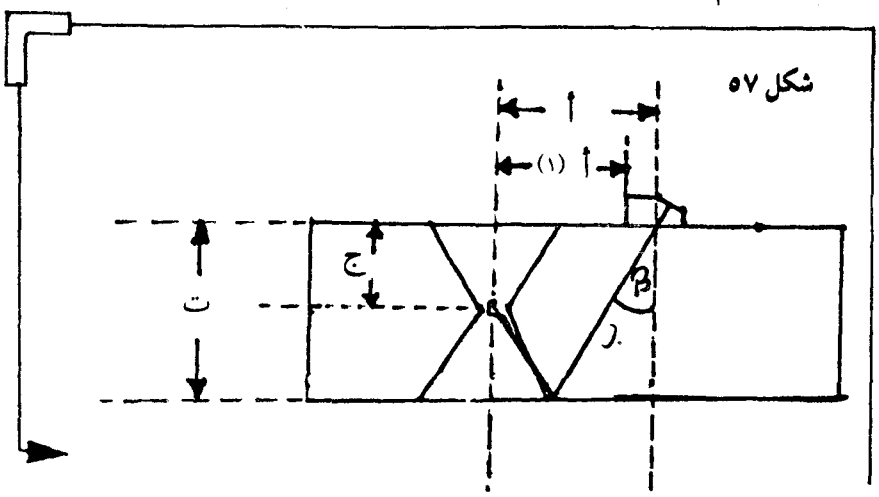
أ (١): المسافة بين حافة الفاحص والنقطة الموازية للعيب على سطح القطعة .

د = المسافة بين نقطة خروج الصوت وحافة الفاحص .

طريقة الاختبار الموضحة في هذا الشكل تسمى طريقة الفحص المباشر حيث يخرج الصوت من الفاحص و يصطدم بالعيب مباشرة و ينعكس منه دون أن يمر بعاكس آخر وفي هذه الحالة يمكن تحديد موقع العيب بضرب الضلع ب في جيب زاو ية الفاحص .

أما الطريقة الموضحة في الشكل رقم (٥٧) فتسمى طريقة الفحص غير المباشر أذ أن الصوت وكما هو موضح في الشكل المشار إليه يصطدم أولا بالسطح الاسفل للقطعة ثم ينعكس منه و يصطدم بالعيب و يرتد منه إلى الفاحص مرة أخرى مارا بالسطح الاسفل وفي هذه الحالة فأن موقع العيب من سطح القطعة تكون مسافته أكبر من سمك القطعة نفسها عند اجراء العملية الحسابية المتقدم ذكرها .

شكل ٥٧



ج (ن) = طول الضلع (ب) في حالة الفحص غير المباشر .

ج = البعد الحقيقي بين العيب وسطح القطعة .

ت = سمك القطعة .

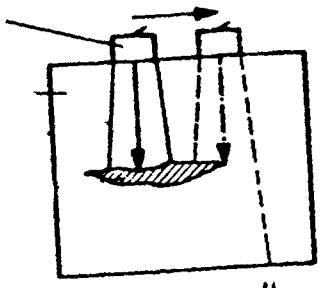
ويمكن اجراء عملية المعايرة باستخدام الضلع أ ، أ(١) بدلا من ب .

تقديـــــــــــــر

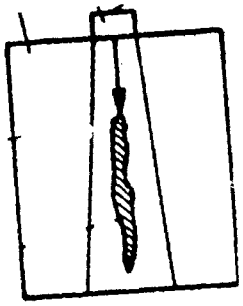
حجـــــــــــــم

العيـــــــــــــب

شكل ٥٨



شكل ٥٩

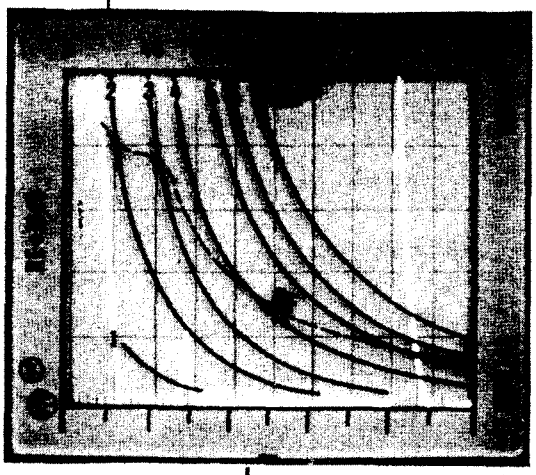


تقدير حجم العيب :

شكل رقم (٥٨) ، اذا كان حجم العيب أكثر من قطر حزمة الصوت فأنه بتحريك الفاحص على طول موقعه يمكن تقدير امتداده ولكن اذا كان طول العيب اصغر من قطر حزمة الصوت (شكل رقم ٥٩) فأنه من الصعوبة تقدير حجم العيب بهذه الطريقة .

وهنالك رسوم نسبيه على بلاستيك شفاف تركيب على شاشة الجهاز وتعطي معلومات أكثر دقة عن حجم العيب شكل رقم (٦٠)

مقياس العمق : بدلاً من إجراء عملية حسابية لمعرفة موقع العيب داخل القطعة المختبرة وذلك لاعطاء قراءة رقمية مباشرة ولرسم مقياس العمق إتبع الخطوات التالية :



شكل ٦٠

١ ــ قم بمعايرة الفاحص لمدى الاختبار المطلوب (١٠٠ ملمتر) على سبيل المثال في شكل (٥٤) .

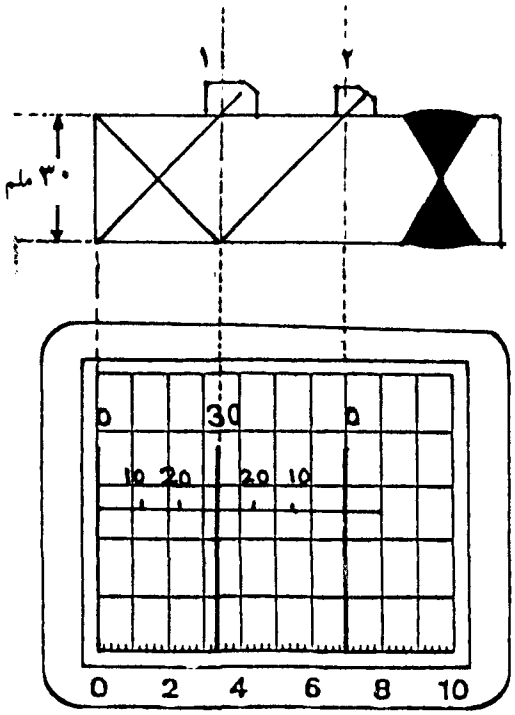
٢ ــ ضع الفاحص على حافة القطعة رقم بتحريك الفاحص ببطء مبتعدا عن الحافة ، وعند اصطدام الصوت بالركن الاسفل (أ) يرتد إلى الفاحص ستظهر نبضة على الشاشة .

٣ ــ قم برسم خط رأسي على الشاشة في نفس موقع النبضة واكتب عنده سمك القطعة ٣٠ ملمتر .

٤ ــ استمر في تحريك الفاحص مبتعدا أكثر من الحافة وعند إنعكاس الصوت من السطح الاسفل للقطعة واصطدامه بالركن العلوي للقطعة ستظهر نبضة أخرى على الشاشة .

٥ ــ قم برسم خط رأسي في موقع هذه النبضة .

٦ ــ أرسم خطا أفقيا يتقاطع مع الخطين الرأسيين واكتب عليه المقاسات بالتدريج كما في الشكل والان يمكنك قرأءة النتائج مباشرة دون اللجوء للعملية الحسابية لمعرفة المسافة بين موقع العيب وسطح القطعة .

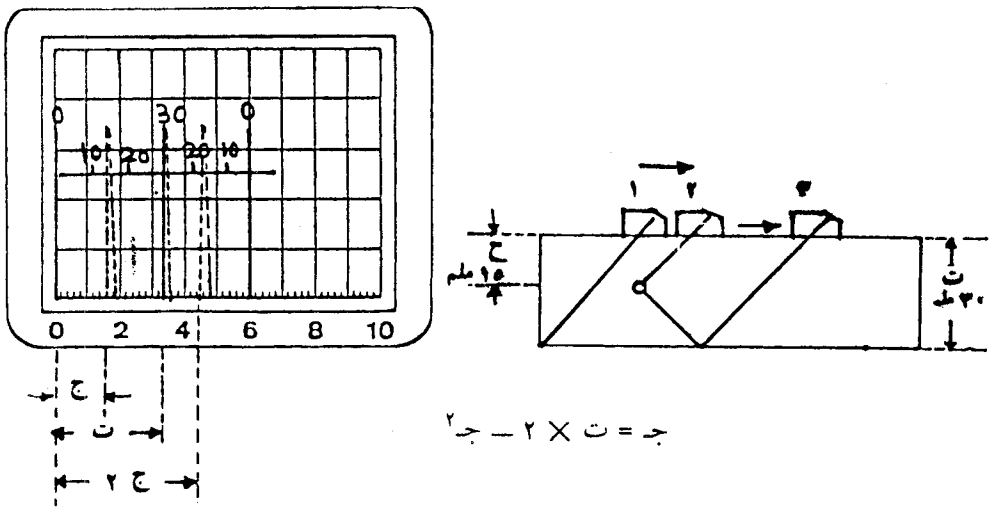


شكل ٦١

مثال :ــ بعد رسم مقياس العمق متبعين الخطوات المبينة اعلاه شكل (٦١) .

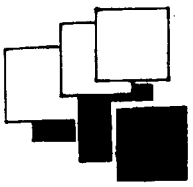
١ ــ عند تسليط حزمة الصوت على الركن الاسفل (١) ظهرت نبضة عند الرقم ٣٠ ملمتر وهذا يعني أن سمك القطعة ٣٠ ملمتر (شكل رقم ٦٢) .

٢ ــ عند تسليط حزمة الصوت على الثقب (٢) ظهرت النبضة على الرقم ١٥ ملمتر وهو عمق الثقب في القطعة أي المسافة بينه بين السطح وظهور النبضة إلى يسار الخط الرأسي (١) يعني أن الثقب تم اكتشافه بطريقة الفحص المباشر .



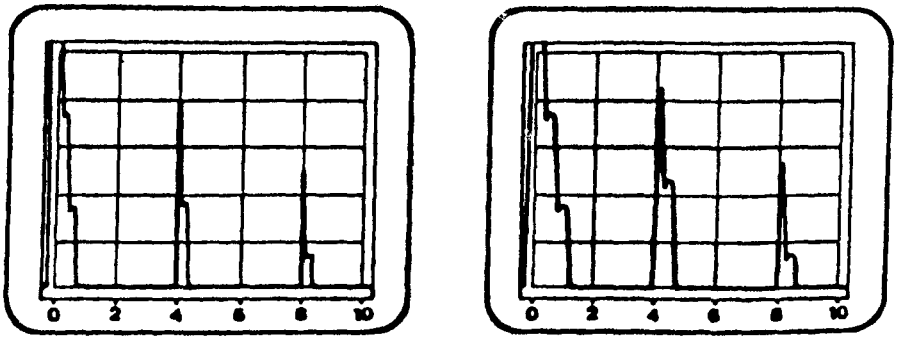
شكل ٦٢

٣ ـ عند تحريك الفاحص مرة أخرى (٣) ظهرت النبضة الصادرة عن إنعكاس الصوت عند الرقم ١٥ ملمتر ولكن إلى يمين الخط مما يدل على أن الثقب قد تم تسليط الصوت عليه بطريقة غير مباشرة .



ارشـــادات عامـــة

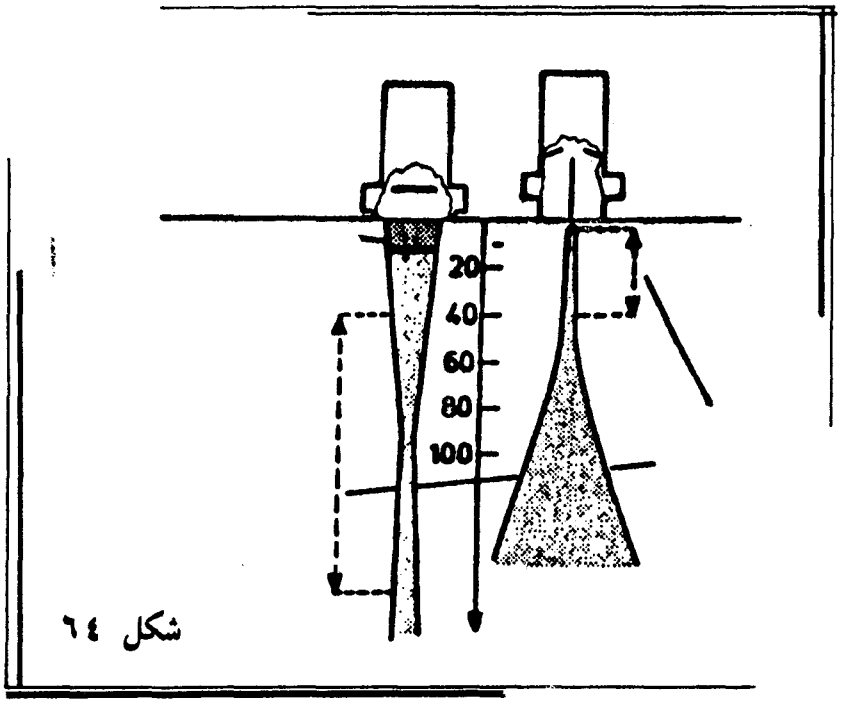
كلما كانت ترددات الفاحص عالية فان درجة وضوح الاختبار تكون منخفضة وعليه فمن المهم استعمال فواحص ذات ترددات منخفضة عند اختبار مواد ذات مكونات خشنة والشكل رقم (٦٣) يمثل درجة الوضوح على الشاشة عند استعمال فاحصين أحدهما ذي ترددات عالية والاخر ذا ترددات منخفضة .



ترددات عالية — ترددات منخفضة

شكل ٦٣

٢ ــ لاختبار القطع الغير سميكة مثل الانابيب أوالصفائح الفولاذية أو للكشف عن عيوب قريبة الى السطح فانه يجب استعمال فاحص له قطعتي كريستال والشكل رقم (٦٤) يبين المناطق الاكثر حساسية في نوعين من الفواحص ، الفاحص الذي الى يمين الشكل له قطعتي كريستال والذي على اليسار له قطعة كريستال واحدة لاحظ أن المنطقة الاكثر حاسية في الفاحص الذي إلى اليمين تبدىء من حوالي ١ ملمتر إلى ٤٠ ملمتر والفاحص الذي إلى اليسار



شكل ٦٤

تبتدىء فيه المنطقة الاكثر حساسية من ٤٠ فما فوق ، وعموما فان المنطقة الاكثر حساسية تختلف باختلاف حجم الفاحص .

٣ ــ من الضروري وضع كمية قليلة من الزيت على سطح القطعة المراد اختبارها قبل وضع الفاحص عليها وذلك لطرد اية فقاقيع هوائية تمنع مرور الصوت فيها .

٤ ــ اذا كان السطح خشنا جدا لدرجة تمنع التصاق الفاحص بالسطح فانه تجب نظافة السطح باستعمال فرشاة من السلك أو ورق الصنفرة .

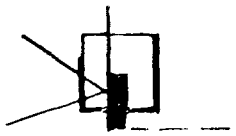
٥ ــ القطع المستعملة للمعايرة يجب ان تكون من نفس نوع المادة المزمع اختبارها والا فستكون جميع نتائج الاختبار ليست ذات قيمة ولا يعتمد عليها . ■

الكثافة وسرعة الصوت في بعض المواد

المـــــادة	الكثافة كجم/ متر مكعب	سرعة الصوت/ متر/ ثانية	
		موجات طولية	موجات مستعرضة
المونيوم	٢٧٠٠	٦٣٢٠	٣١٣٠
أوكسيد الالومنيوم	٣٦٠٠	٩٠٠٠	٥٥٠٠
نحاس اصفر	٨١٠٠	٤٤٣٠	٢١٢٠
نحاس	٨٩٠٠	٤٧٠٠	٢٢٦٠
زجاج	٣٦٠٠	٤٢٦٠	٢٥٦٠
جلسرين	١٣٠٠٠	١٩٢٠	ـــــ
ذهب	١٩٣٠٠	٣٢٤٠	١٢٠٠
رصاص	١١٤٠٠	٢١٦٠	٧٠٠
ماغنيزيوم	١٧٠٠	٥٧٧٠	٣٠٥٠
زيت مكائن	٨٧٠	١٧٤٠	ـــــ
نيكل	٨٨٠٠	٥٦٣٠	٢٩٦٠
بلاتين	٢١٤٠٠	٣٩٦٠	١٦٧٠
نايلون	١١٠٠	٢٦٢٠	١٠٨٠
بولى ابنيلين	٩٤٠	٢٣٤٠	٩٢٥
بلاستك مقوى	٢٣٩٥	١٤٠٠	١٠٦٠
خزف	٢٤٠٠	٥٦٠٠	٣٥٠٠
كوارتز	٢٦٥٠	٥٧٦٠	٣٥٠٠
زجاج الكوارتز	٢٦٠٠	٥٥٧٠	٣٥١٥
فضة	١٠٥٠٠	٣٦٠٠	١٥٩٠
حديد (مخلوط)	٧٨٥٠	٥٩٤٠	٣٢٥٠

الكثافة وسرعة الصوت في بعض المواد

المـــــادة	الكثافة كجم/ متر مكعب	سرعة الصوت/ متر/ ثانية	
		موجات طولية	موجات مستعرضة
حـــديد	٧٨٥٠	٦٣٢٠	٣١٥٠
صفيـــح	٧٣٠٠	٣٣٢٠	١٦٧٠
تيتانيوم	٤٥٤٠	٦٢٣٠	٣١٨٠
بورانيوم	١٨٧٠٠	٣٢٠٠	ـــــ
ماء (٢٠ درجة مئوية)	١٠٠٠	١٤٨٠	ـــــ
زنـــك		٤١٧٠	٢٤١٠



TECHNICAL TERMS AND NAMES	المصطلحات الفنية والأسماء
NONDESTRUCTIVE TEST	اختبار غير اتلافي
MOLECULE	جزيىء
OSCILLATION	ذبذبة
FREQUENCY	ترددات
SOUND VELOCITY	سرعة الصوت
REELECTION	انعكاس
REERACTION	انكسار
PROBE	فاحص
COARSE GRAIN MATERIAL	مادة ذات مكونات خشنة
FINE GRAIN MATERIAL	مادة ذات مكونات ناعمة
SOUND - BEAM	حزمة الصوت
STRAIGHT - BEAM PROBE	فاحص عادي
ANGLE BEAM PROBE	فاحص ذو زاو ية
INCIDENCE ANGLE	زاو ية الحدوث
REFLECTION ANGLE	زاو ية الانعكاس
REFRACTION ANGLE	زاو ية الانكسار
CATHODE RAY TUBE (CRT)	شاشة
PULSE	نبضة
PULS GENERATOR	مولد نبضات
CLOCK GENERATOR	مؤقت

PULSER	مرسل نبضات
AMPLIFIER	مكبر
TEST-PIECE	قطعة اختبار
ECHO	صدى
INITIAL PULSE-TRANSMITTED PULSE	نبضة الارسال
BACK WALL ECHO	نبضة الارتداد
DEFECET	عيب (شرخ ، ثقب ، تآكل .. الخ)
TWIN CRYSTAL PROBE	فاحص ذي قطعتي كريستال
COMPRESSED INAVE	موجة مضغوطة
LONGITUDINAL WAVE	موجة طولية
TRANSVERSAL WAVE	موجة مستعرضة
FLAW = DEFECT	عيب
REFLECTOR	عاكس
DIRECTION OF OSCILLATION	اتجاه الذبذبة
BACKWALL	سطح خلفي
DIRECTION OF PROPAGATION	اتجاه تغلغل الصوت
CALIBRATION	معايرة
CALIBRATION BLOCK	كتلة معايرة
TEST RANGE	مدى اختبار (قياس)
SCALE FACTOR (K)	عامل ضرب
THICKNESS	سمك
BEAM PATH	ممر حزمة الصوت

SCREEN DIVISION	قسم الشاشة
DIRECT SCANNING	فحص مباشر
SKIP DISTANCE	فحص غير مباشر
X VALUE	المسافة بين نقطة الخروج وحافة الفاحص
SIN.	جيب الزاوية
COSINE	جيب التمام
TANGENT	ظل الزاوية

تصويب

رقم الصفحة	رقم السطر	الخطأ	الصواب
٩	٧	مختلفان	مختلفتان
١٠	٧	أجزاء	إجراء
١١	٧	برسم مستقيم	برسم خط مستقيم
١٨	٢	القطعة	النقطة
٣٩	٩	الحاسبية	الحسابية
٤٧	٧	الشكل ٥٤	الشكل ٥٥
٤٩	١٠	زاوية الفاحص	جا و جتا = لزاوية الفاحص
٥١	١	أكثر	أكبر
٥١	٤	تركيب	تركب
٦٠	٨	REERACTION	REFRACTION
٦٠	٢٠	PULS	PULSE
٦١	٩	INAVE	WAVE

2294

المراجـــع

(١) منهج دبلوم المستوى الاساسي
الاختبار بالموجات فوق الصوتية
للاستاذ / مايكل بيركا ـــ مدرسة كراوتكرامر ـــ المانيا الغربية
(٢) منهج دبلوم المستوى المتقدم
الاختبار بالموجات فوق الصوتية
للاستاذ / مايكل بيركا ـــ مدرسة كراوتكرامر ـــ المانيا الغربية