معايرة نظام الاختبار بالأمواج فوق الصوتية

معايرة نظام الاختبار بالأمواج فوق الصوتية

يؤدي نظام الاختبار بالأمواج فوق الصوتية الأعمال التالية:

- توليد الأمواج فوق الصوتية.
- استقبال الأمواج فوق الصوتية المنعكسة.
- معالجة إشارات الأمواج فوق الصوتية.
- الكشف عن إشارات الإنقطاعات.
- تحديد بوابات للإشارات غير المقبولة (gating).

تحدد الكودات مزايا وكفاءة أجهزة الاختبار المطلوبة لتنفيذ الاختبارات ويجري لتحقيق ذلك القيام بمعايرة أجهزة الاختبار والتحقق المستمر من صحة أدائها بهدف الحصول على نتائج اختبار صحيحة.

تشتمل معايرة جهاز الاختبار بالأمواج فوق الصوتية على ما يلي:

- التحقق من خصائص ومزايا جهاز الاختبار.
- معايرة مجال المسح.
- تحديد حساسية الاختبار.

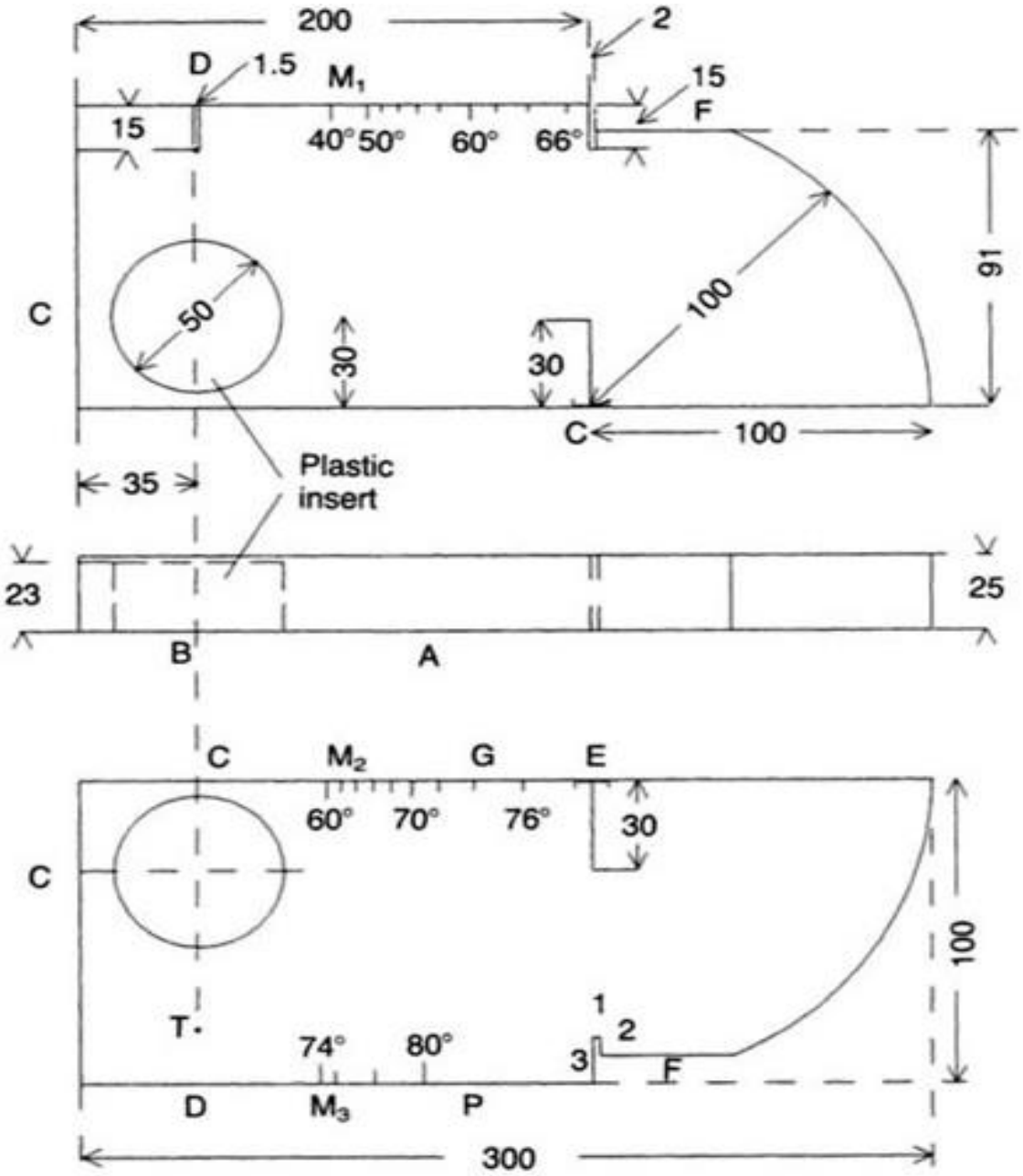
البلوكات المعيارية:

يستخدم في الاختبار بتقنية صدى النبضة بلوكات معيارية تحتوي على خدوش ومجاري وثقوب وذلك بهدف:

- تحديد خصائص عمل جهاز ومسابر الاختبار.
- إيجاد شروط اختبار يمكن تكرارها.
- مقارنة مواقع وارتفاع الأصداء الناتجة عن العيوب في العينة بمواقع وارتفاع أصداء مرجعية.

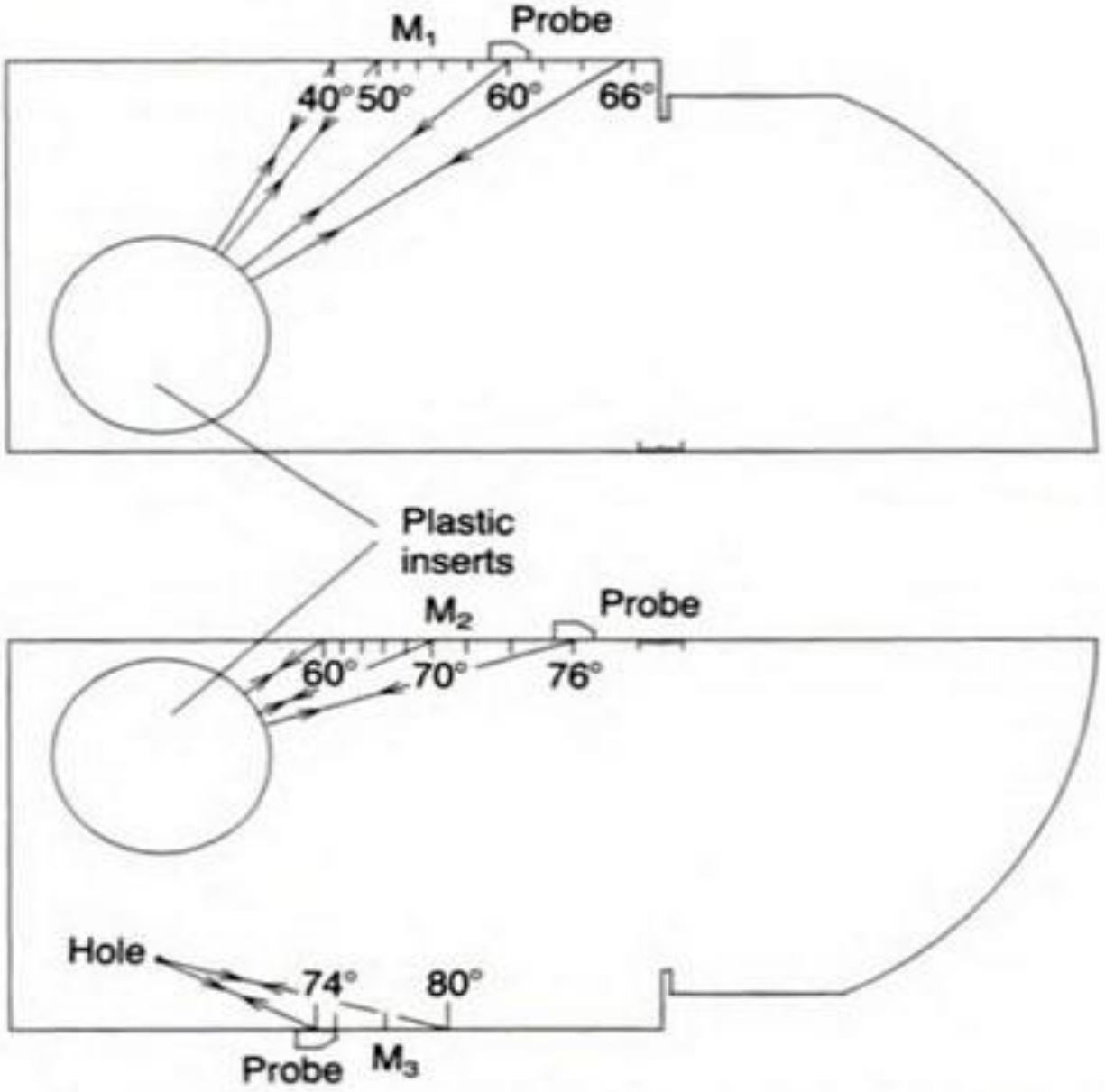
بلوك المعايرة .I.I.W أو V1

يبين الشكل شكلاً للبلوك V1 وأبعاده، ويصنع من الفولاذ المعالج حرارياً بالتطبيع ويستخدم في معايرة جهاز الاختبار عند العمل على مسابر أمواج طولية أو مسابر أمواج مستعرضة.

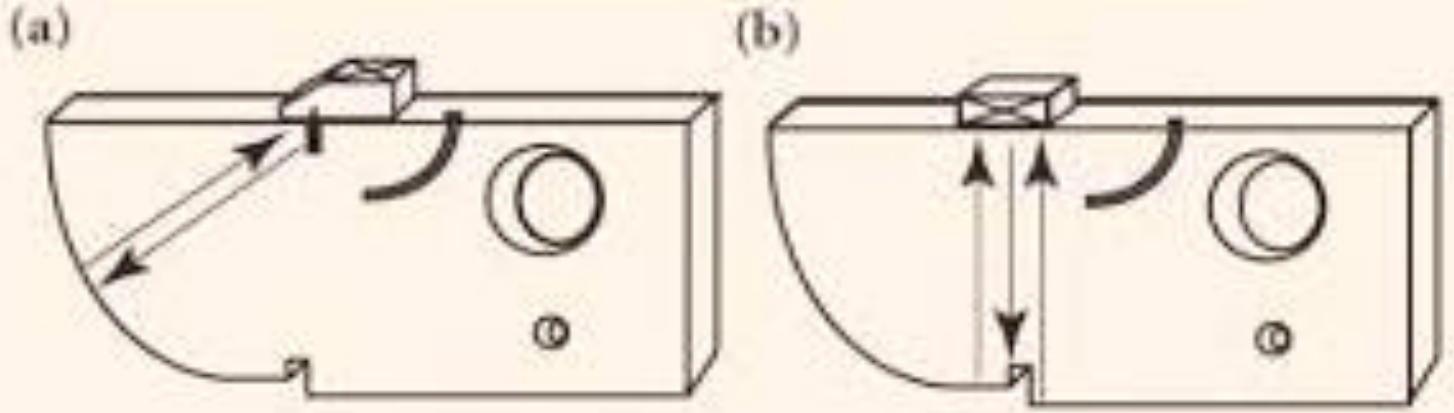

200
2
D
1.5
M1
15
15
F
40° 50° 60° 66°
C
50
30
30
100
91
C
100
35
Plastic
insert
23
25
B
A
C
M2
G
E
60° 70° 76°
30
C
T
74° 80°
1
2
3
F
100
D
M3
P
300

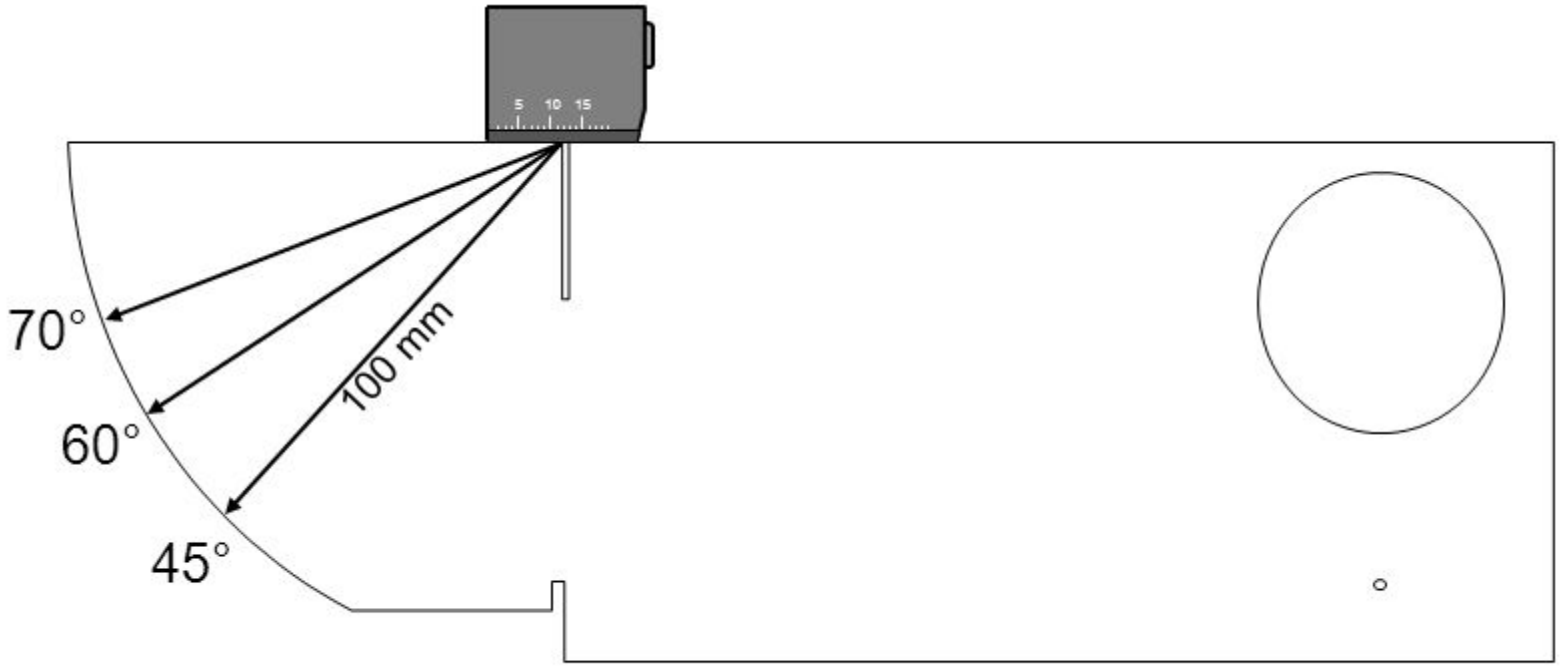
يستخدم البلوك فيما يلي:

- معايرة قاعدة الزمن (Time base) لثخانات من ٢٥ مم إلى ٢٠٠ مم عند العمل على أمواج طولية ولثخانات ١٠٠ مم إلى ٢٠٠ مم عند العمل على الأمواج المستعرضة.
- التحقق من موقع مؤشر المسبار الزاوي (Probe index) باستخدام المسافة ١٠٠ مم.
- التحقق من صحة زاوية المسبار حيث تتغير زاوية المسبار الزاوي بفعل سوء التصنيع و اهتراء حذاء المسبار والاهتزازات نتيجة للاستخدام والتي تغير موضع مؤشر المسبار وزاوية الحزمة.
- التحقق من خصائص الأداء لجهاز الاختبار وبما يتضمن:
  - التحقق من خطية قاعدة الزمن.
  - التحقق من خطية ارتفاع الشاشة.
  - التحقق من خطية ارتفاع الإشارات.
  - التحقق من مقدرة الفصل.
  - التحقق من مقدرة الاختراق.
  - التحقق من مسافة المنطقة الميتة.
  - التحقق من ارتفاع النبضة.
  - تثبيت الحساسية.


M1
Probe
40°
50°
60°
66°
Plastic
inserts
M2
Probe
60°
70°
76°
Hole
74°
80°
Probe
M3

Two uses of the IIW type block include (a) IIW verification of angle beam search unit beam index point and (b) IIW determination of straight beam depth resolution.

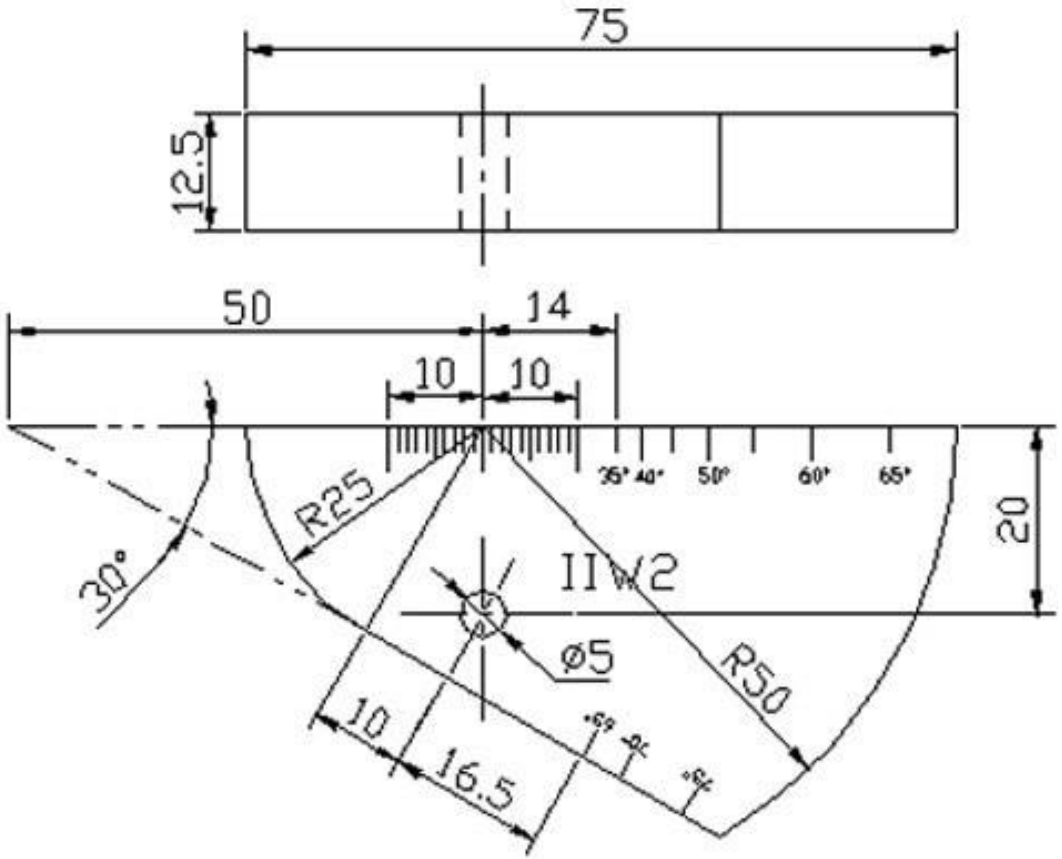



5 10 15
70°
60°
45°
100 mm

بلوك المعايرة V2

هو بلوك معايرة صغير مناسب للعمل الحقلي عند استخدام المسابر الطولية والمستعرضة ذات الأقطار الصغيرة ويبين الشكل أبعاد بلوك المعايرة V2.

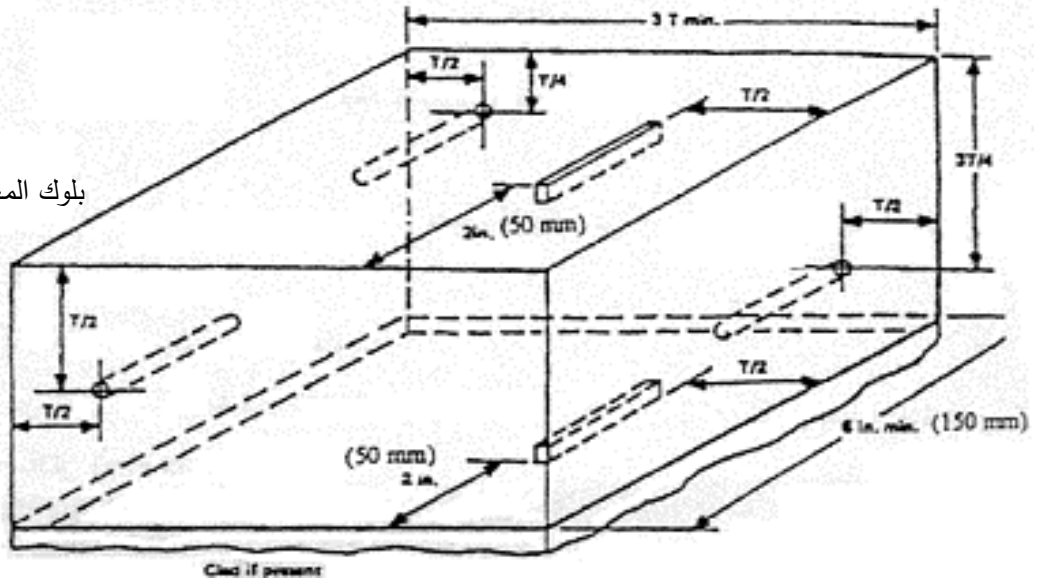
لبلوك المعايرة قوسين في دائرتين مركزهما A الأولى ذات نصف قطر ٢٥ مم والثانية ذات نصف قطر ٥٠ مم ويمكن استخدام هذا البلوك في تنفيذ غالبية الأعمال التي يمكن تنفيذها بواسطة بلوك المعايرة V1.



البلوك المرجعي ASME reference block

يستخدم لرسم منحني تصحيح ارتفاع الإشارات بدلالة المسافة
distance-amplitude-correction curve (DAC)
على شاشة جهاز الاختبار. يصنع هذا البلوك من ذات مادة المواد المختبرة ويتضمن لثقوب جانبية على ارتفاعات مختلفة وتتعلق ثخانة البلوك وأقطار الثقوب فيه بثخانات العينات المختبرة. ويدعى هذا البلوك عند استخدامه في اختبار الملحومات ببلوك المعايرة الأساسي
ASME basic calibration block (BCB)
ويبين الشكل بلوك المعايرة الأساسي ويبين الجدول ثخانة البلوك المرجعي وأقطار ثقوبه من أجل ثخانات عديدة للوصلات اللحامية.

بلوك المعايرة الأساسي



Weld thickness (t)	Basic calibration block thickness T	Hole diameter	Notch size
1 in (25.4 mm) or less	3/4 in (19.0 mm) or t	3/32 in (2.38 mm)	Width = 1/8 in (3.17 mm) to 1/4 in (6.35 mm)
Over 1 in (25.4 mm) through 2 in (50.8 mm)	1-1/2 in (38.1 mm) or t	1/8 in (3.17 mm)	--
Over 2 in (50.8 mm) through 4 in (101.6 mm)	3 in (76.2 mm) or t	3/16 in (4.76 mm)	Depth = 2 % T
Over 4 in (101.6 mm) through 6 in (152.4 mm)	5 in (127.0 mm) or t	1/4 in (6.35 mm)	--
Over 6 in (152.4 mm) through 8 in (203.2 mm)	7 in (177.8 mm) or t	5/16 in (7.94 mm)	Length = 2 in (50.8 mm)
Over 8 in (203.2 mm) through 10 in (254 mm)	9 in (228.6 mm) or t	3/8 in (9.52 mm)	--
Over 10 in (254.0 mm)	--	--	--

ملاحظات:

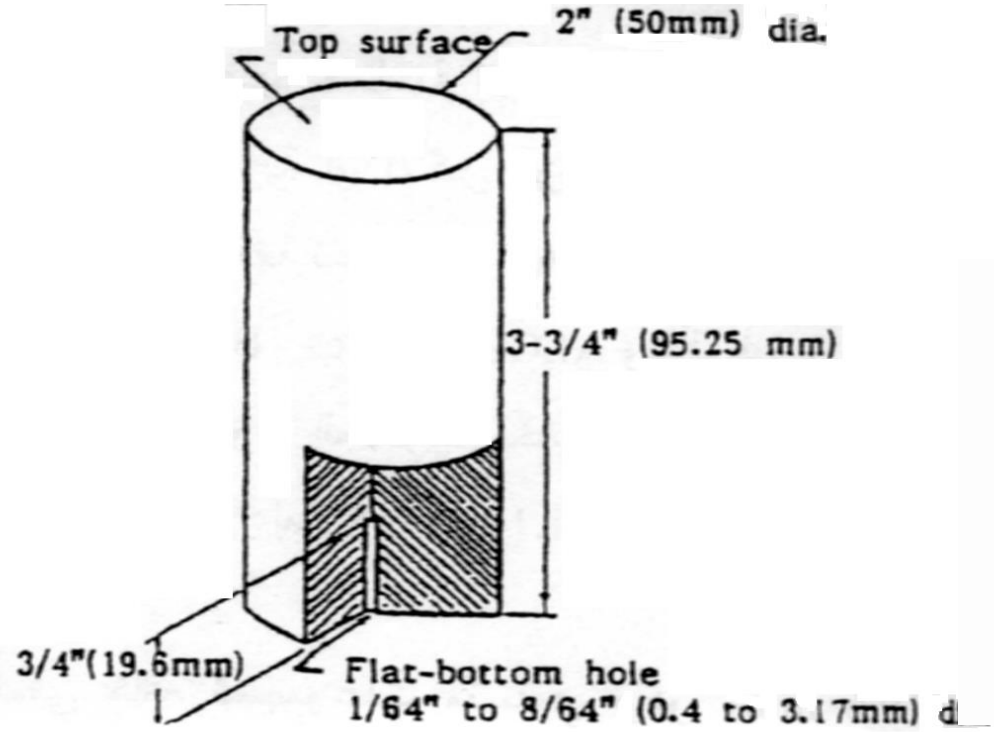
- يجب أن تحفر الثقوب جانبياً بعمق لا يقل عن 1-1/2 in (38.1 mm) وبشكل موازي للسطح المختبر.
- يتم حفر الخدوش وفقاً للمطلوب.
- من أجل كل زيادة في الثخانة مقدارها 2 in (50.8 mm) أو أقل يجب زيادة قطر الثقب بمقدار 1/16 in (1.58 mm).

بلوكات معايرة المساحة بالنسبة للارتفاع Area – amplitude blocks

وهي **ثمانية** بلوكات **تحتوي على ثقوب ذات أقطار مختلفة وبارتفاعات ثابتة.** قطر البلوك (50 mm) وارتفاعه (92.25 mm) وتصنع هذه البلوكات من ذات مادة العينات المختبرة كما هو مبين في الشكل

يحفر في مركز كل بلوك ثقب مستوي القعر (FBH) بارتفاع (19.6 mm) .

يتغير قطر الثقوب من(1/64 in (0.4 mm إلى 8/64 in (3.17 mm)



بلوك معايرة المساحة بالنسبة للارتفاع

يتناسب ارتفاع الصدى لموجة طولية ناتجة عن ثقب مستوي القعر طرداً مع مساحة الثقب

وبالتالي يمكن استخدام هذه البلوكات للتحقق من خطية نظام الاختبار بطريقة صدى النبضة وربط ارتفاع الصدى مع المساحة (أبعاد العيب) حيث يعتبر الثقب مستوي القعر عاكس مثالي بالمقارنة مع العيوب الطبيعية التي تتميز بخواص عكس أقل.

فمثلاً إذا كان ارتفاع إشارة صدى لإنقطاع متواجد في عينة تساوي لـ ٦ تدريجات على المحور الشاقولي وتساوي لارتفاع الإشارة الناتجة عن البلوك ذو الثقب مستوي القعر بقطر 5/64 in (1.98 mm) وعند ذات ثخانة المعدن، وبالتالي يقيم العيب أو الانقطاع على أنه ذو قطر مساوياً على الأقل لـ (1.98 mm).

تستخدم هذه البلوكات لتحديد الحد الأعلى لمطال صدى إشارات العيوب على الشاشة.

بلوكات معايرة المسافة بالنسبة للارتفاع Distance – amplitude blocks

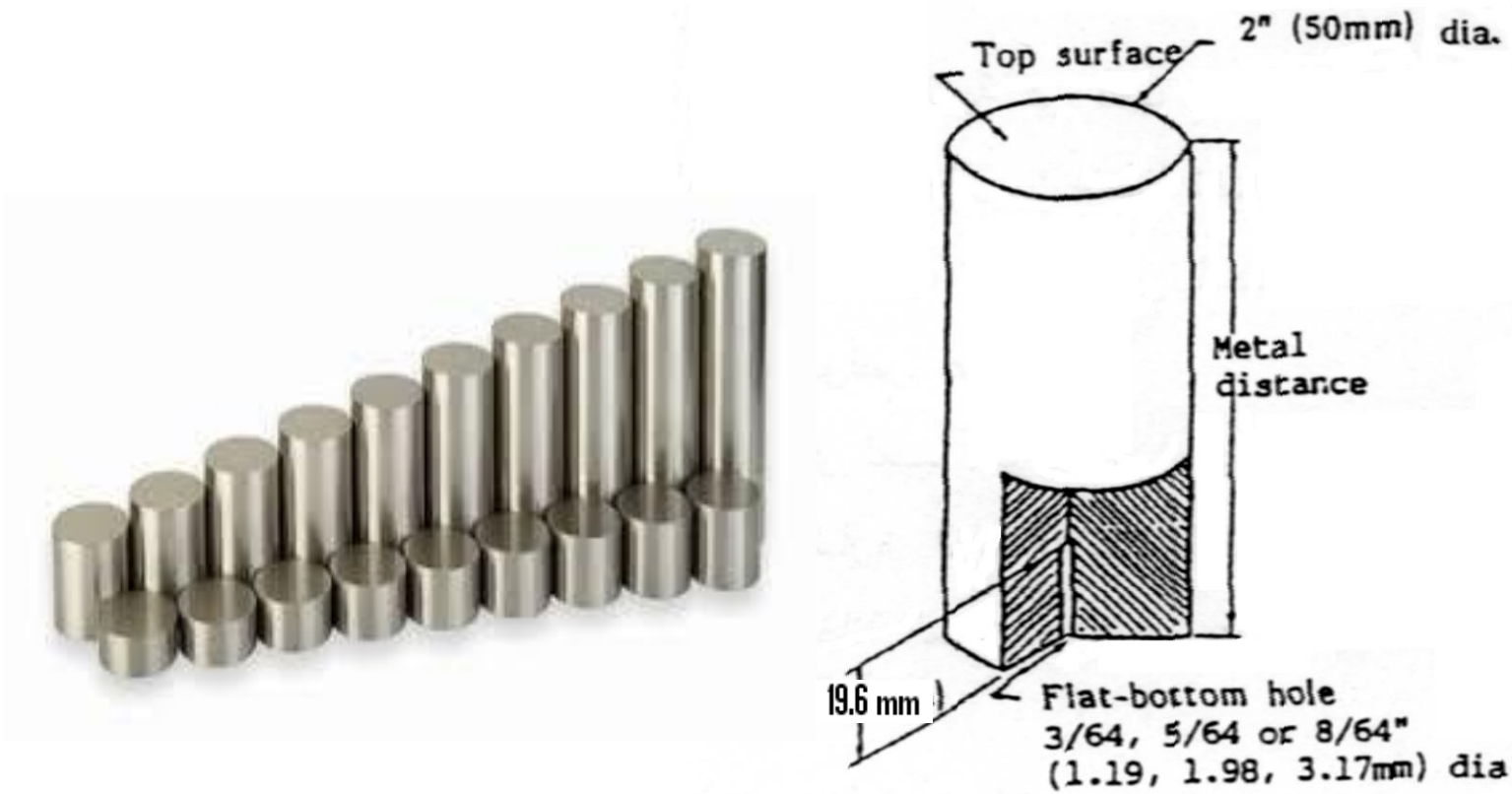
تتألف من ١٩ بلوك ذات أقطار (50 mm) 2 in مصنوعة من ذات المواد المطلوب اختبارها تحوي في مركزها **على ثقوب متساوية القطر يتوضع فوقها ثخانات مختلفة من المعدن.**

وتتضمن كافة البلوكات في المجموعة الواحدة لثقب مركزي ذو قطر إما 3/64 in (1.19 mm) أو 5/64 in (1.98 mm) أو 8/64 in (3.17 mm) .

تستخدم هذه البلوكات للتحقق من تغيرات ارتفاع الصدى بالنسبة للمسافة عند استخدام المسابر الطولية في اختبار المواد.

تستخدم هذه البلوكات أيضاً في تحديد حساسية الاختبار ورسم منحني الـ DAC وبالتالي يتم فقط قراءة العيوب ذات الأصداء المساوية أو الأكبر من تلك المحددة مسبقاً على الشاشة من المنحني حيث تُهمل العيوب ذات الأصداء الأصغر الواقعة تحت الـ DAC .

– إن ارتفاع الثقوب في كافة المجموعات متساوي وهو 3/4 in (19.6 mm) وتتغير ارتفاع البلوكات للحصول على الثخانات المختلفة للمادة فوق الثقب كما هو مبين في الشكل



بلوك معايرة المسافة بالنسبة للارتفاع

بلوكات الـ ASTM

وهي مجموعة مكونة من ٧ بلوكات معايرة المسافة لثقب ثابت القطر والارتفاع بالنسبة لطول البلوك و٣ بلوكات معايرة المساحة لثقب متغير القطر ذو ارتفاع ثابت بالنسبة لطول الصدى.

- **خصائص التجهيزات**

إن خصائص التجهيزات التي يجب التحقق منها هي التالية:

- خطية المحور الأفقي لشاشة الجهاز.
- خطية المحور الشاقولي لشاشة الجهاز.
- خطية التحكم في ارتفاع الصدى.
- مقدرة الفصل.
- مقدرة الاختراق.

الخطية الأفقية Horizontal linearity

الخطية الأفقية أو خطية قاعدة الزمن هي قياس لمقدار الفرق ما بين المسافة الحقيقية والمسافة المقروءة على شاشة جهاز الاختبار. يمكن استخدام البلوك I. I. W. في قياس الخطية الأفقية وذلك بتوليد عدد من الأصداء العكسية لأمواج طولية في المجال المطلوب ويجب أن لا يزيد الخطأ في القياس عن ١%

خطية ارتفاع الشاشة Screen height linearity

خطية ارتفاع الشاشة أو خطية المطال Amplitude linearity هو قياس النسبة مابين إشارة دخل المضخم وإشارة خرجه أو إشارة الصدى على الشاشة.
لمعرفة فيما إذا كان مضخم جهاز الاختبار يعمل على تضخيم الإشارات الصغيرة بذات نسبة تضخيم الإشارات الكبيرة أي بكلمة أخرى معرفة فيما إذا كان المضخم خطياً أم لا .
يتم إجراء ما يلي:
-تعاير قاعدة الزمن على مسافة ٢٥٠ مم على ١٠ أصداء خلفية للثخانة ٢٥ مم لبلوك I. I. W.
-يضبط مطال أحد الأصداء (n) على مطال ٥/٤ من ارتفاع الشاشة.
-يتم تسجيل مطال الأصداء (n+1) و (n+2) و (n+3) وهكذا.
-يتم تخفيض مطال الصدى (n) إلى النصف من قيمته الأولى ويتم تسجيل مطالات الأصداء (n+1) و (n+2) و (n+3) وهكذا. فإذا تم انخفاض مطال كافة الأصداء إلى النصف فهذا يعني أن المضخم خطي وإلا فإن المضخم غير خطي.
-يمكن تحديد الانزياح عن الخطية لأي صدى كنسبة مئوية بالعلاقة التالية:

$$\text{الانزياح} = \frac{\text{الارتفاع الأساسي للصدى} - \text{ضعف ارتفاع الصدى المخفض}}{\text{الارتفاع الأساسي للصدى}} \times 100$$

خطية التحكم بمطال الصدى Amplitude control linearity

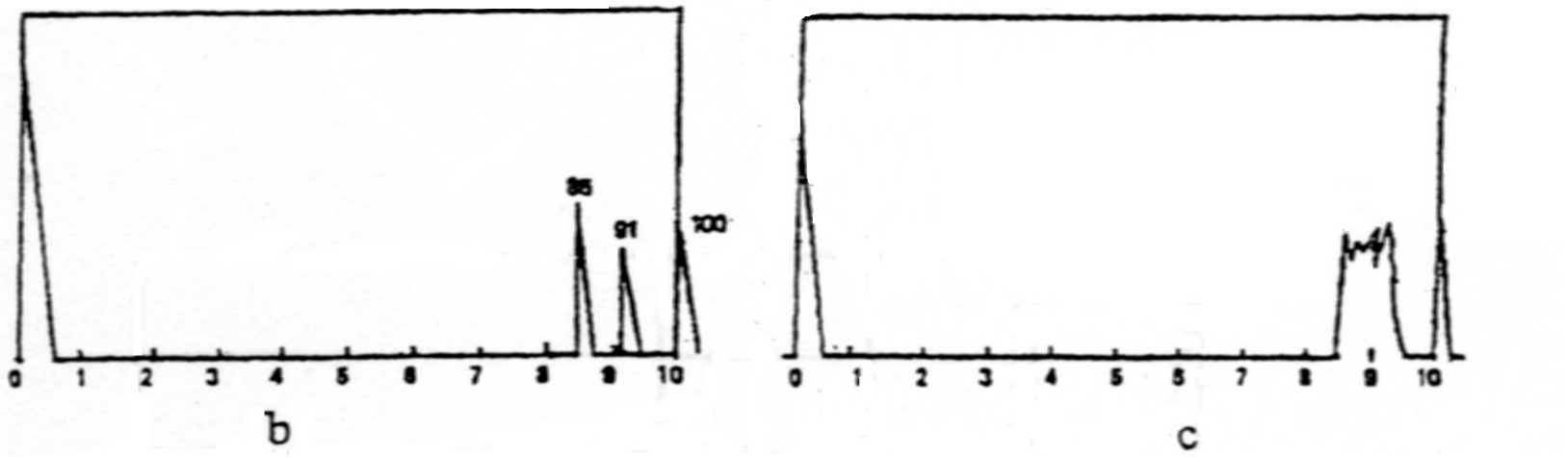
للتحقق من خطية التحكم بمطال الصدى أو الربح يتم معايرة قاعدة الزمن على المجال المرغوب للحصول على إشارة صدى في منتصف الشاشة:

- يتم وضع الإشارة على الارتفاع المطلوب ويتم قراءة قيمة التضخيم.
- نخفض التضخيم إلى 6 dB ونقرأ الانخفاض في مطال الإشارة ونخفض من جديد التضخيم 6 dB ونقرأ انخفاض مطال الإشارة من جديد وهكذا نتابع أربع أو خمس مرات ويتم تسجيل قيمة الانخفاض في كل مرة.
- يكون مفتاح الربح خطياً إن كان الانخفاض في كل مرة يساوي إلى نصف مطال الإشارة.

مقدرة الفصل Resolution

وتعرف بأنها مقدرة الجهاز على الفصل ما بين اختلافات صغيره في المسافة ويتم ذلك باستخدام البلوك .I. I. W أو V1 ومسبار أمواج طولية.

وتحدد درجة الفصل ما بين إشارات العواكس 85 mm و 91 mm و 100 mm مقدرة فصل الجهاز من أجل المسبار المستخدم. يبين الشكل درجة الفصل لجهاز اختبار باستخدام نوعين مختلفين من المسابر الطولية.

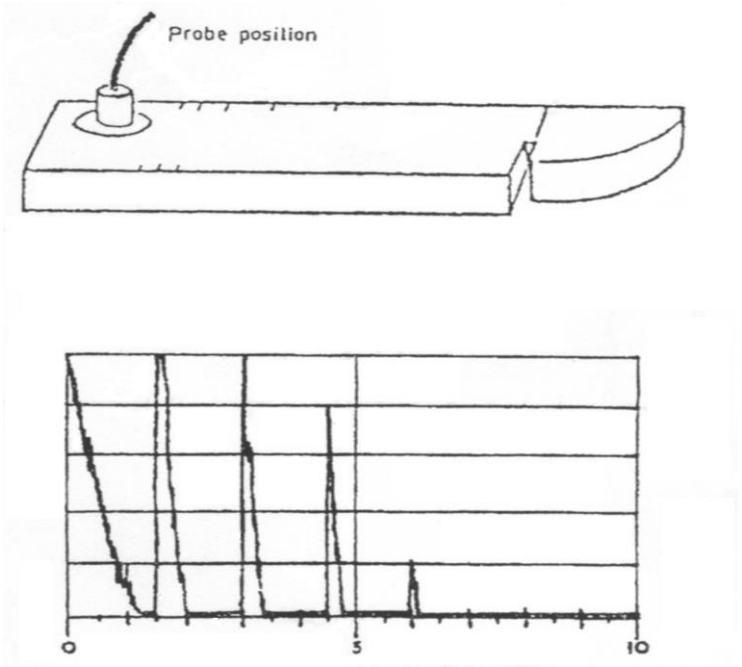


مقدرة فصل جيدة وضعيفة عند استخدام مسبارين مختلفين

طاقة الاختراق العظمى Maximum penetration power

وهو الاختبار الذي تتم فيه المقارنة ما بين طاقة خرج جهاز الاختبار والمسبار مع طاقة خرجه الاسمية أو مع طاقة خرج جهاز آخر مماثل ويتم الاختبار بوضع مسبار الحزمة الطولية على الأسطوانة البلاستيكية في بلوك المعايرة .I. I. W ذات الثخانة 23 mm والتي تعادل ثخانة 50 mm من الفولاذ وبحيث يتم تثبيت مفتاح ربح الجهاز على قيمته العظمى.

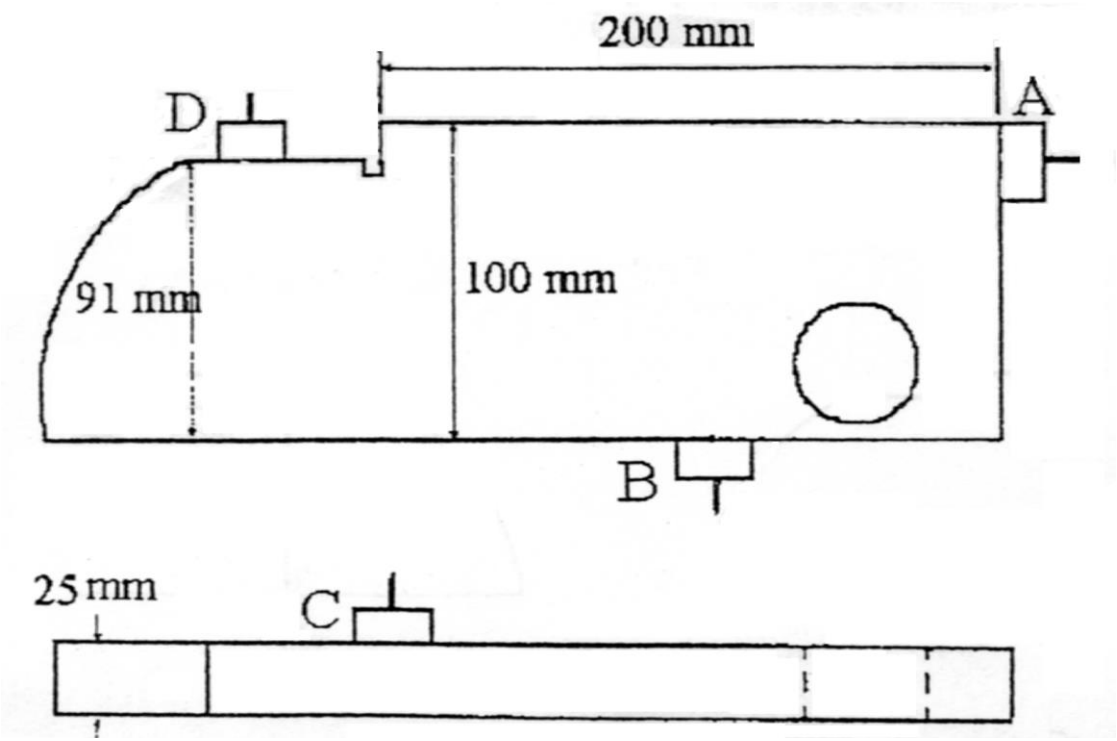
ويدل عدد الأصداء على الشاشة ومطال الصدى الأخير على طاقة الاختراق لمجموعة الجهاز ومسبار الاختبار يبين الشكل وضعية المسبار على بلوك المعايرة .I.I.W لإيجاد طاقة الاختراق العظمى.



إيجاد طاقة الاختراق العظمى لمجموعة الجهاز ومسبار الاختبار

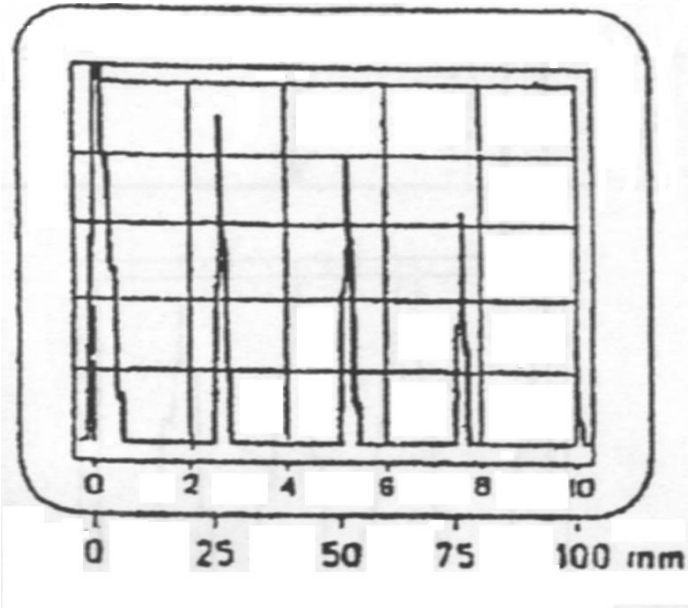
– المعايرة باستخدام المسابر الطولية باستخدام البلوك V_1 والبلوك V_2

يبين الشكل مواضع وضع المسبار على البلوك V_1 والثخانات التي يمكن معايرة الشاشة عليها.



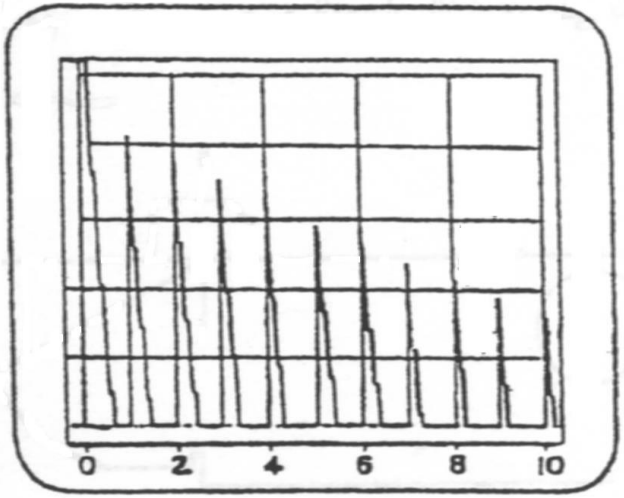
مواضع المسبار الطولي على البلوك V_1

يبين الشكل الشاشة المعايرة على ثخانة 100 mm بدلالة أربع أصداء خلفية ناتجة عن ثخانة 25 mm من البلوك V_1



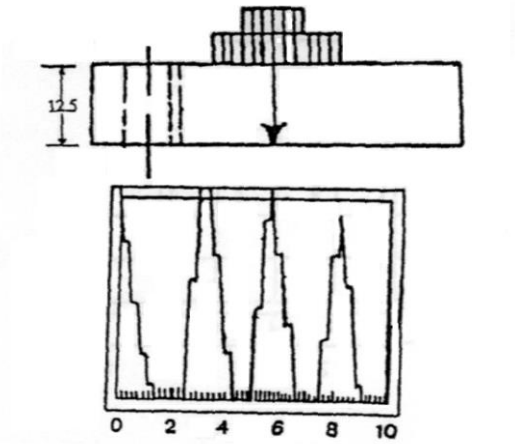
شاشة معايرة على ثخانة 100 mm

يبين الشكل شاشة معايرة على ثخانة 1000 mm بواسطة عشر أصداء خلفية ناتجة عن ثخانة 100 mm من البلوك V_1



شاشة معايرة على ثخانة 1000 mm

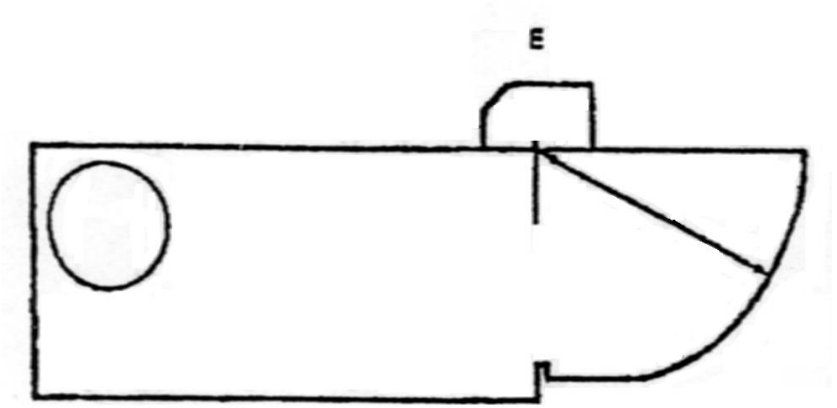
يبين الشكل شاشة معايرة على ثخانة 50 mm بواسطة أربعة أصداء للثخانة 12.5 mm لبلوك المعايرة V_2.



شاشة معايرة على ثخانة 50 mm

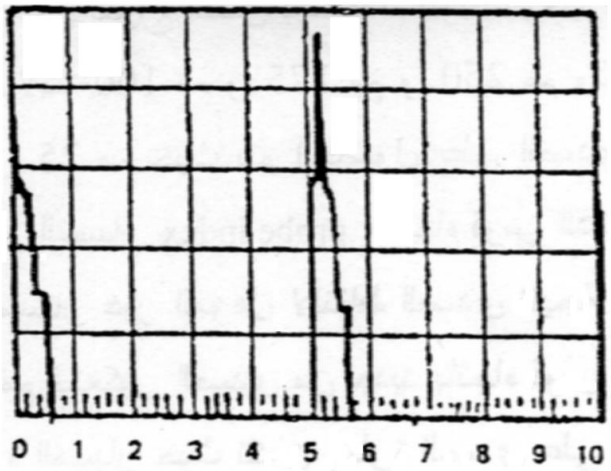
– المعايرة باستخدام المسابر الزاوية باستخدام بلوك المعايرة V_1 و البلوك V_2

يبين الشكل الطريقة المتبعة لمعايرة شاشة جهاز الاختبار على مسابر زاوية باستخدام بلوك المعايرة V_1 لمسافة ١٠٠ مم أو أكبر وموضع المسبار الزاوي على بلوك المعايرة.



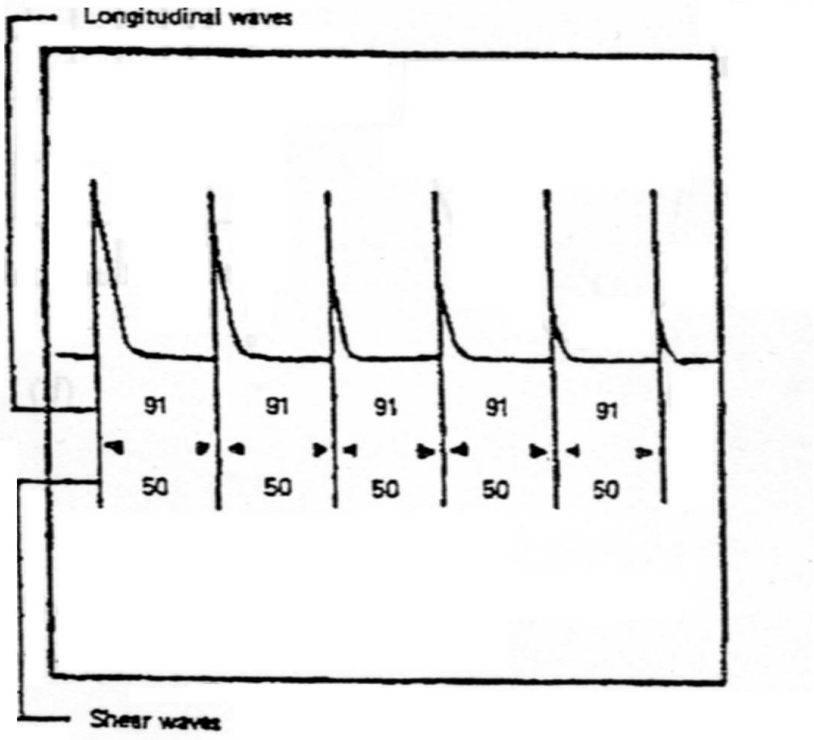
موضع المسبار الزاوي على بلوك المعايرة V_1 لمعايرة الشاشة على ثخانات ١٠٠ مم أو أكبر

يبين الشكل شاشة الجهاز المعايرة على ٢٠٠ مم.



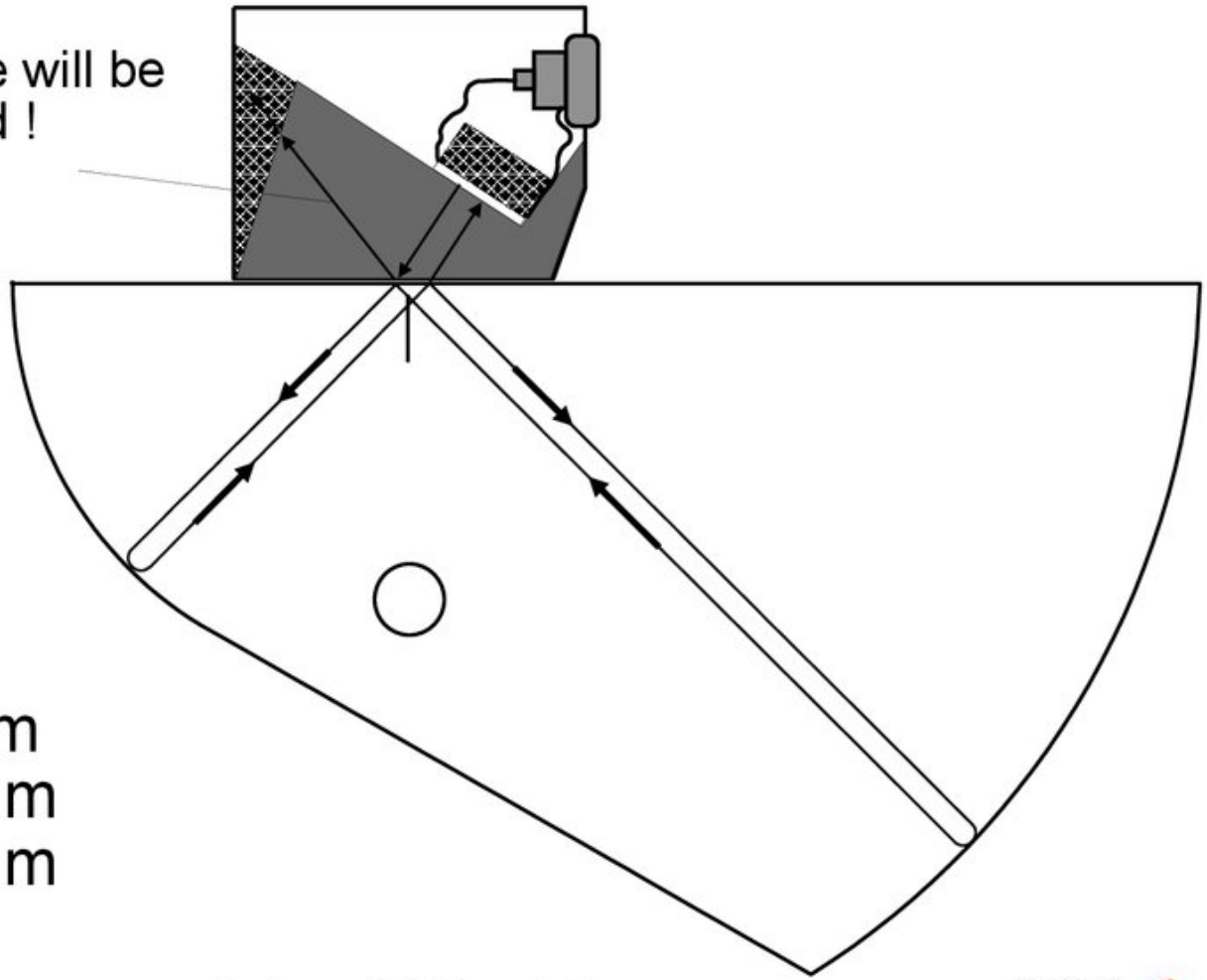
الشكل (١٤): معايرة الشاشة على ثخانة ٢٠٠ مم

يتواجد طريقة أخرى لمعايرة الشاشة للعمل على أمواج القص وذلك باستخدام المسابر الطولية. حيث يعطي المسبار الطولي على البلوك V_1 معايرة لمسافة ٩١mm مم أمواج طولية أو ما يقابلmm ٥٠ مم أمواج قص. يبين الشكل شاشة معايرة لأمواج طولية بثخانة mm ٤٥٥ مم وهي في ذات الوقت شاشة معايرة للعمل على أمواج قص بثخانة ٢٥٠ مم.



الشكل (١٥): شاشة معايرة على ثخانة ٢٥٠ مم أمواج قص

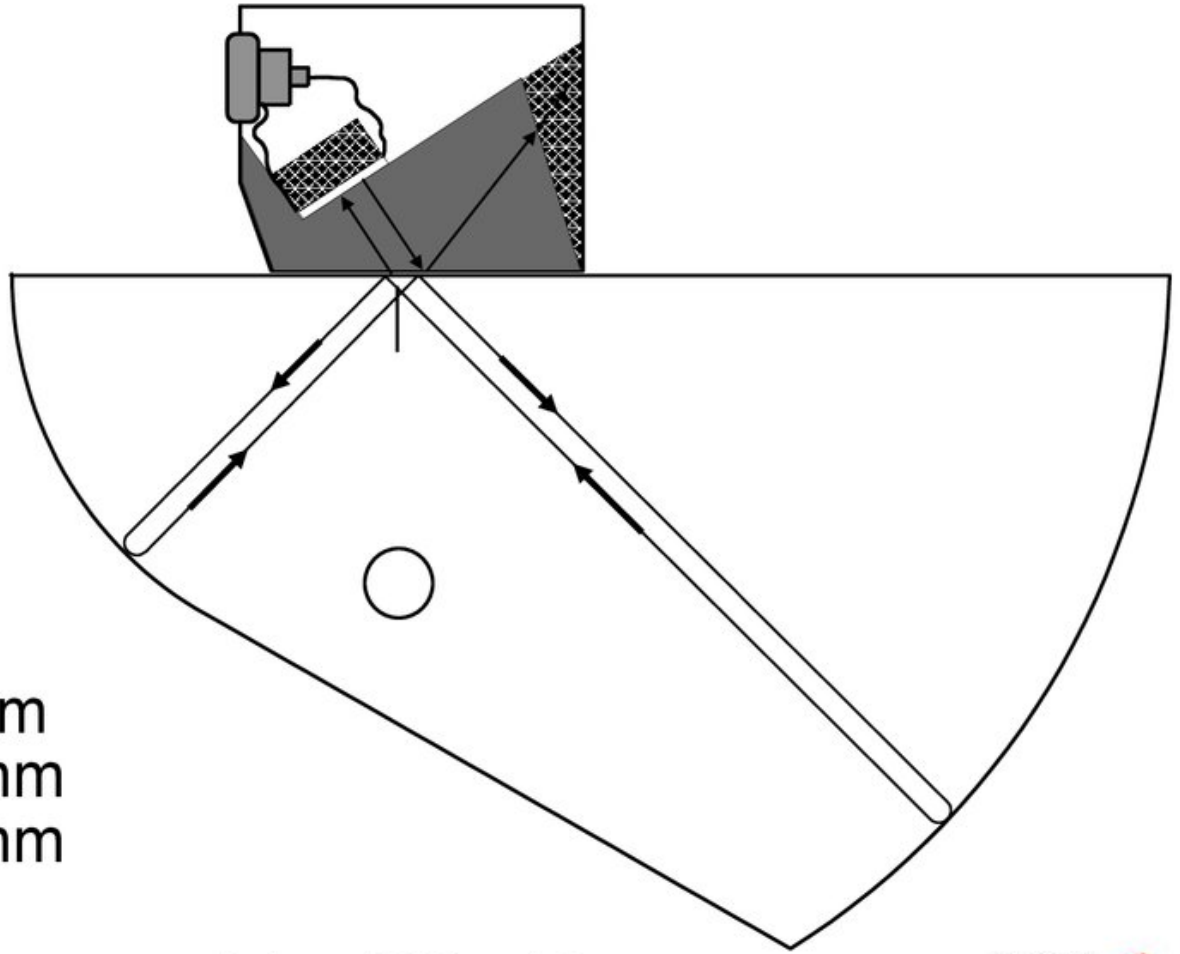
25 mm radius of calibration block 2



s_1 = 25 mm
s_2 = 100 mm
s_3 = 175 mm
etc.

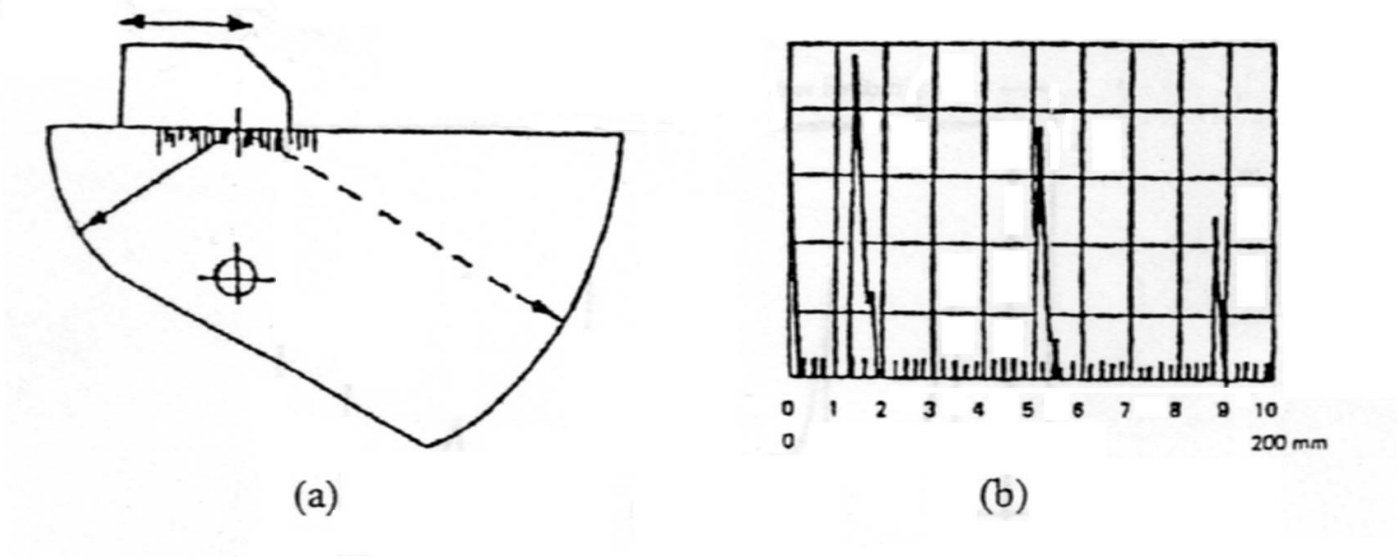
ndt a worldwide response
AGFA

50 mm radius of calibration block 2

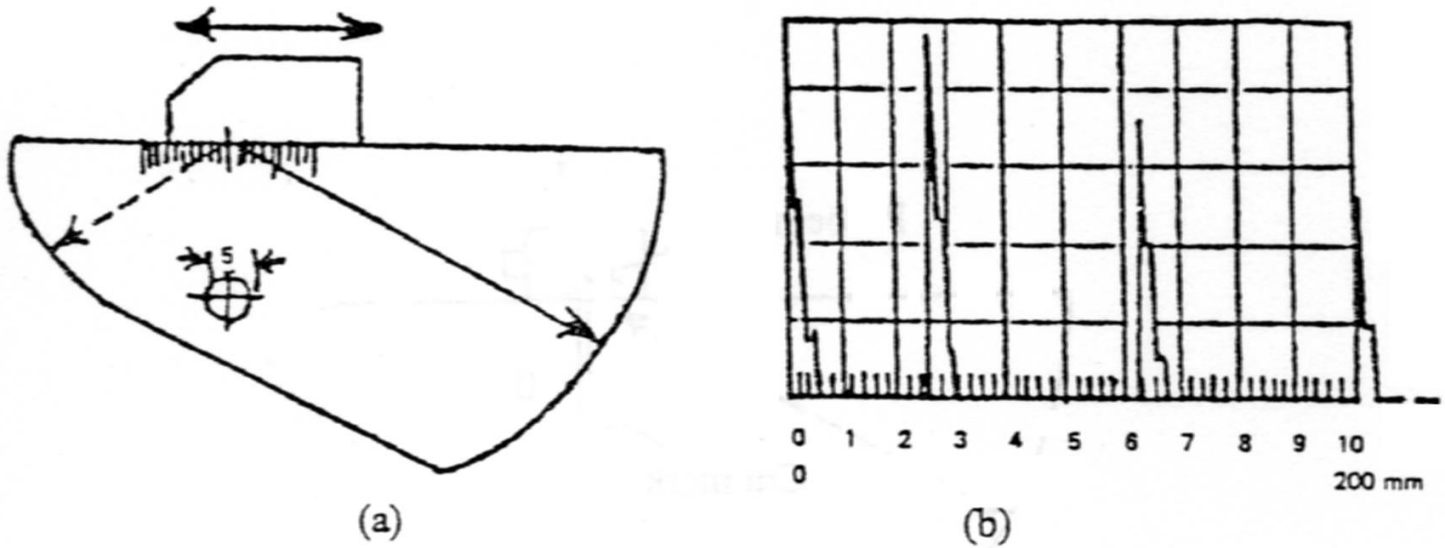


s_1= 50 mm
s_2= 125 mm
s_3= 200 mm
etc.

ndt a worldwide response
AGFA



شاشة معايرة على مسافة ٢٠٠ ملم باستخدام V2 بلوك

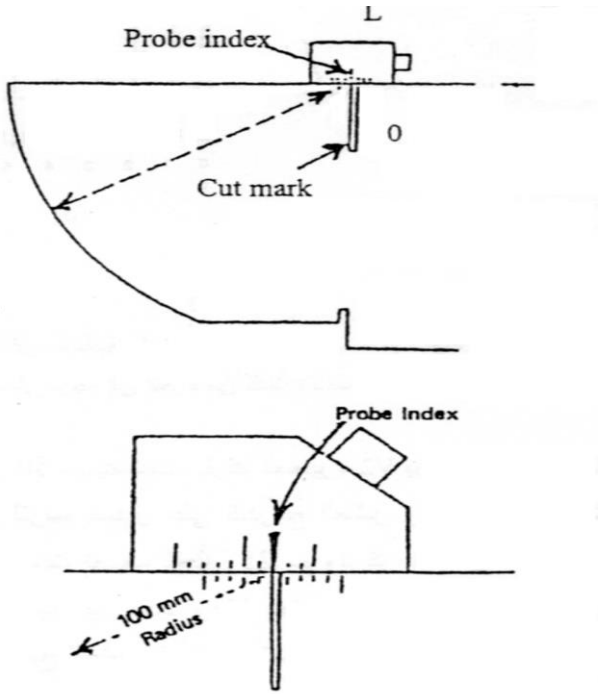


معايرة الشاشة على مجال ٢٠٠ مم باستخدام البلوك V2
ومسبار موجه إلى الجزء من الدائرة ذات نصف قطر ٥٠مم

ويمكن معايرة الشاشة على ٥٠ مم باستخدام بلوك المعايرة V2 بوضع المسبار باتجاه قوس الدائرة ذات نصف القطر ٥٠ مم لترسم صدى على التدريج العاشر والأخير من الشاشة ومن ثم نقلب المسبار باتجاه قوس الدائرة ذات نصف القطر ٢٥ مم ونركز الصدى على التدريج الخامس في منتصف الشاشة ونعكس المسبار من جديد وهكذا حتى ينتج صديين الأول على التدريج العاشر من الشاشة والثاني على التدريج الخامس في منتصف الشاشة.

-تحديد مؤشر المسبار Determination of the probe index

يمكن تحديد مؤشر المسبار باستخدام بلوك المعايرة V1 أو بلوك المعايرة V2 حيث يتم باستخدام بلوك المعايرة V1 بوضع المسبار في الموضع L للحصول على صدى ١٠٠ مم وبتحريك المسبار بنعومة إلى الأمام والى الخلف فيكون مؤشر المسبار عند النقطة (O) من بلوك المعايرة التي يتم عندها الحصول على المطال الأعظمي للصدى كما هو مبين في الشكل



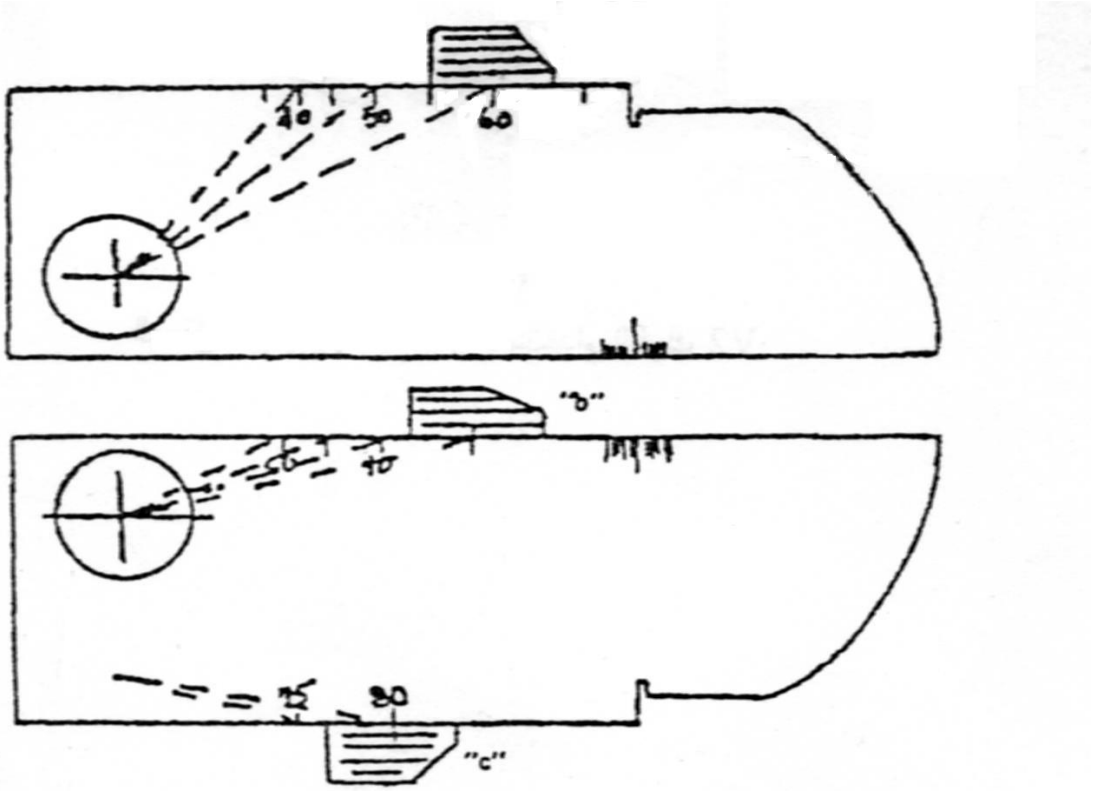
تحديد مؤشر المسبار باستخدام البلوك V1

يمكن أيضاً تحديد مؤشر المسبار باستخدام بلوك المعايرة V2 بوضع المسبار باتجاه قوس الدائرة ذات نصف القطر ٢٥ مم أو باتجاه قوس الدائرة ذات نصف القطر ٥٠ مم وتحريك المسبار للحصول على المطال الأعظمي للصدى حيث يتم تحديد مؤشر المسبار.

تحديد زاوية المسبار

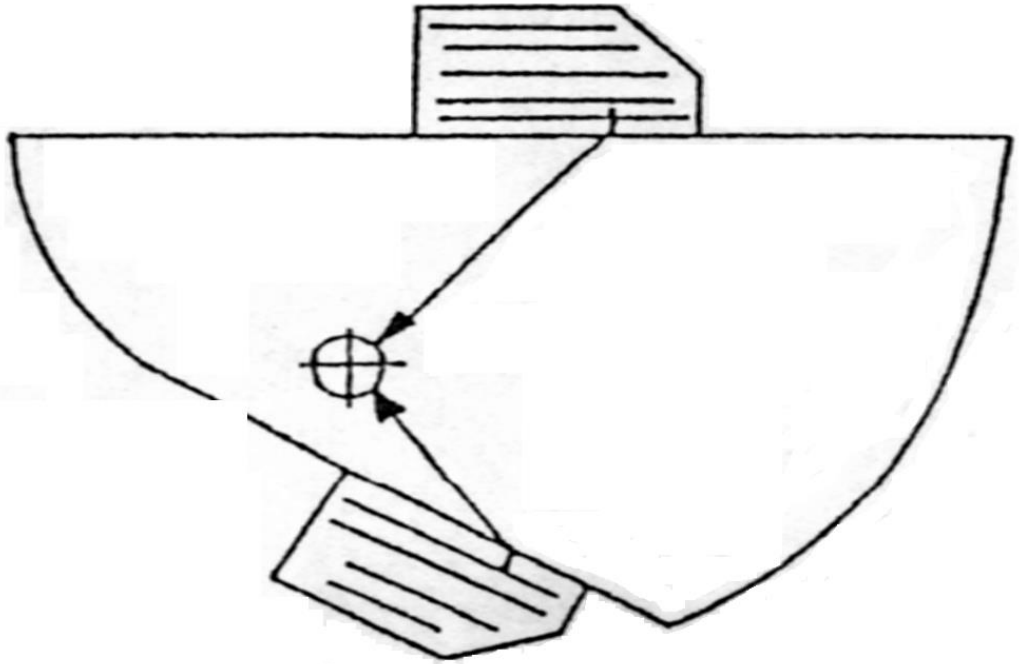
يمكن تحديد زاوية المسبار باستخدام بلوك المعايرة V1 أو بلوك المعايرة V2 .

باستخدام بلوك المعايرة V1 يوضع المسبار على الزاوية المقابلة له لبلوك المعايرة وتحريكه والحصول على إشارة صدى عظمى من أسطوانة البيرسبيكس في البلوك أو من الثقب ذو القطر ١,٥ مم في البلوك فتكون الزاوية الحقيقية للمسبار هي الزاوية التي يتم عندها التقاط الصدى الأعظمي والمسجل على بلوك المعايرة كما هو مبين في الشكل



تحديد زاوية المسبار باستخدام البلوك V1

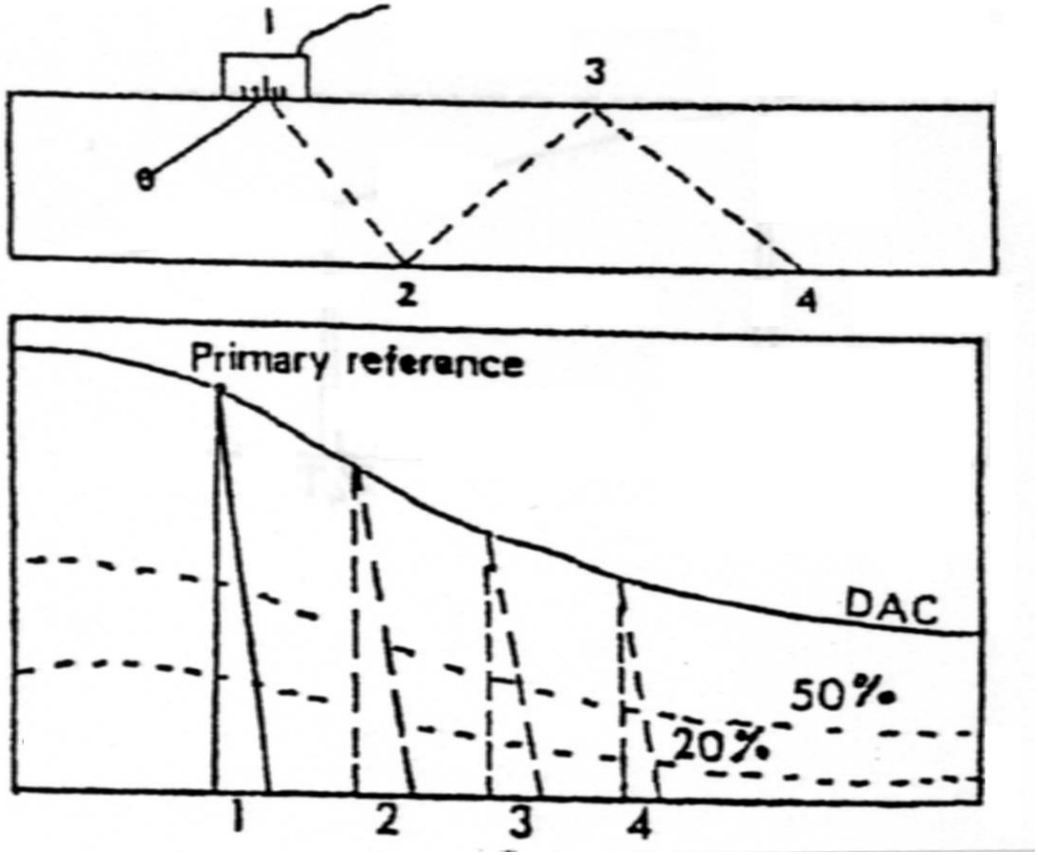
وكذلك يمكن التحقق من زاوية المسبار باستخدام بلوك المعايرة V2 وفقاً لما هو مبين في الشكل حيث يتم توجيه حزمة المسبار وفقاً لزاويته باتجاه الثقب ذو القطر ٥ مم وتحريك المسبار للحصول على إشارة الصدى الأعظمية وعندها يتم قراءة الزاوية الصحيحة لخروج الحزمة.



التحقق من زاوية المسبار باستخدام البلوك V2

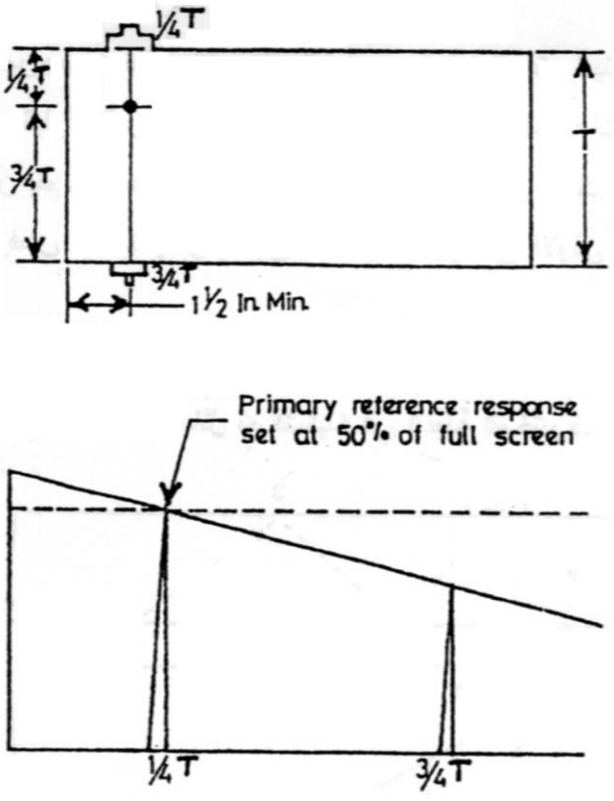
رسم منحني تصحيح مطال النبضة مع المسافة باستخدام البلوكات المرجعية

يمكن رسم منحني تصحيح مطال النبضة مع المسافة (DAC Curve) باستخدام البلوكات المرجعية Reference blocks الحاوية على ثقب جانبي للمعايرة عند استخدام مسابر زاوية وثقوب مستوية القعر على ارتفاعات مختلفة متواجدة على مجموعة من البلوكات عند استخدام مسابر طولية.
يطبق الكود الأمريكي ASME هذه الطريقة لرسم مستوى الحساسية المرجعي الأولي DAC or primary reference level على كامل مسار الحزمة beam path length في الحقل البعيد ولأي عمق في العينة كما ترسم المنحنيات المرجعية المساوية لـ ٥٠% و ٢٠% من مستوى الحساسية المرجعي كما هو مبين في الشكل.
عندما يكون البلوك المرجعي مختلفاً بالنعومة والبنية عن المادة المختبرة يتم حساب ضياعات النقل Transfer loss ما بين البلوك المرجعي والعينة وإضافة قيمة هذه الضياعات على منحني الـ DAC
يتم مسح العينة بعد أن يتم مضاعفة قيمة الحساسية وضياعات النقل وذلك بإضافة 6 dB ويتم تقييم العيوب للقبول أو الرفض بإعادة إشارتها إلى المستوى المرجعي الأولي المضاف إليه ضياعات النقل.



المواضع المختلفة للمسبار الزاوي على بلوك المعايرة المرجعي
لرسم منحنيات ١٠٠% و ٥٠% و ٢٠% من الـDAC

بالنسبة لمسابر الأمواج الطولية يتم رسم منحني الـDAC فقط من أجل العينات ذات الثخانات التي تزيد عن ٥٠مم وذلك بالحصول على المطال الأعظمي للصدى الصادر عن الثقب T/4 ووضعه على ارتفاع ٥٠% من ارتفاع الشاشة ومن ثم نقلب البلوك لنحصل على المطال الأعظمي للصدى الصادر عن 3T/4 كما هو مبين في الشكل ويتم مسح العينة إن كان ممكناً بمضاعفة الحساسية وذلك بإضافة 6dB، ويتم تقييم العيوب بإعادة إشارتها إلى المستوى المرجعي الأولي مضافاً إليه ضياعات النقل.



مواضع المسبار الطولي ومنحني الـDAC الناتج

تأثير مادة الربط على مطال الإشارة:

تستخدم المادة الرابطة لتحسين انتقال الأمواج فوق الصوتية من المسبار إلى العينات المختبرة وذلك بحذف طبقة الهواء المتواجدة فيما بينهما ويستخدم العديد من مواد الربط ويتوجب عند اختيار مادة الربط ملاحظة ما يلي:

١- مستوى نعومة السطح.
٢- درجة حرارة العينات تحت الاختبار.
٣- إمكانية حدوث التفاعل الكيميائي ما بين المادة الرابطة والعينات.
٤- سهولة تنظيف العينات بعد الاختبار.

يستخدم الماء كمادة رابطة عند اختبار السطوح الناعمة ومن المناسب أحياناً إضافة الغليسرين لتحسين اللزوجة، إلا أنه لا ينصح باستخدام الغليسرين في فحص مكونات الطائرات لأنه يتفاعل مع العينات المصنوعة من الألمنيوم ويسبب في إهترائها. وتستخدم الزيوت أو الشحوم عند اختبار العينات الحارة أو السطوح الشاقولية أو المتعرجة الخشنة نسبياً حيث يتوجب ملء التعرجات.