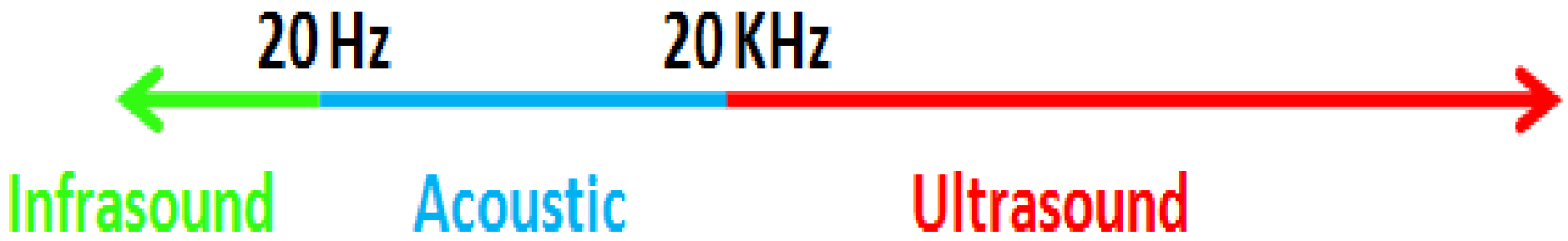
المبادى الفيزيائية بالأمواج فوق الصوتية

الفيزيائي :حميد الذياب

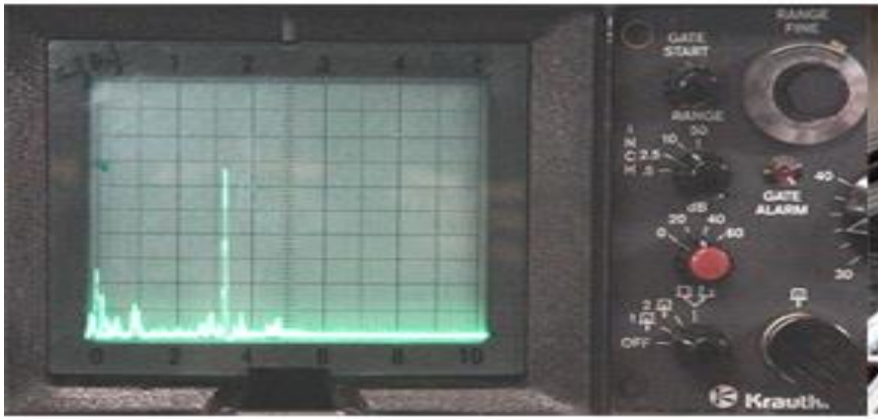
الفحص بتقنية الأمواج فوق الصوتية

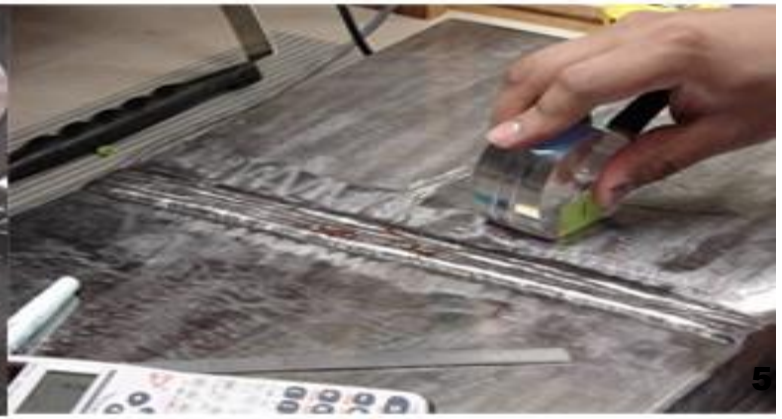
- الأمواج فوق الصوتية : هي إحدى تقنيات الفحوصات اللاإتلافية و التي تستخدم أمواج ميكانيكية ذات طاقة منخفضة لسبر المادة


20 Hz
20 KHz
Infrasound
Acoustic
Ultrasound

مبدأ الفحص بالأمواج فوق الصوتية:

يتألف نظام الفحص بالأمواج فوق الصوتية من:

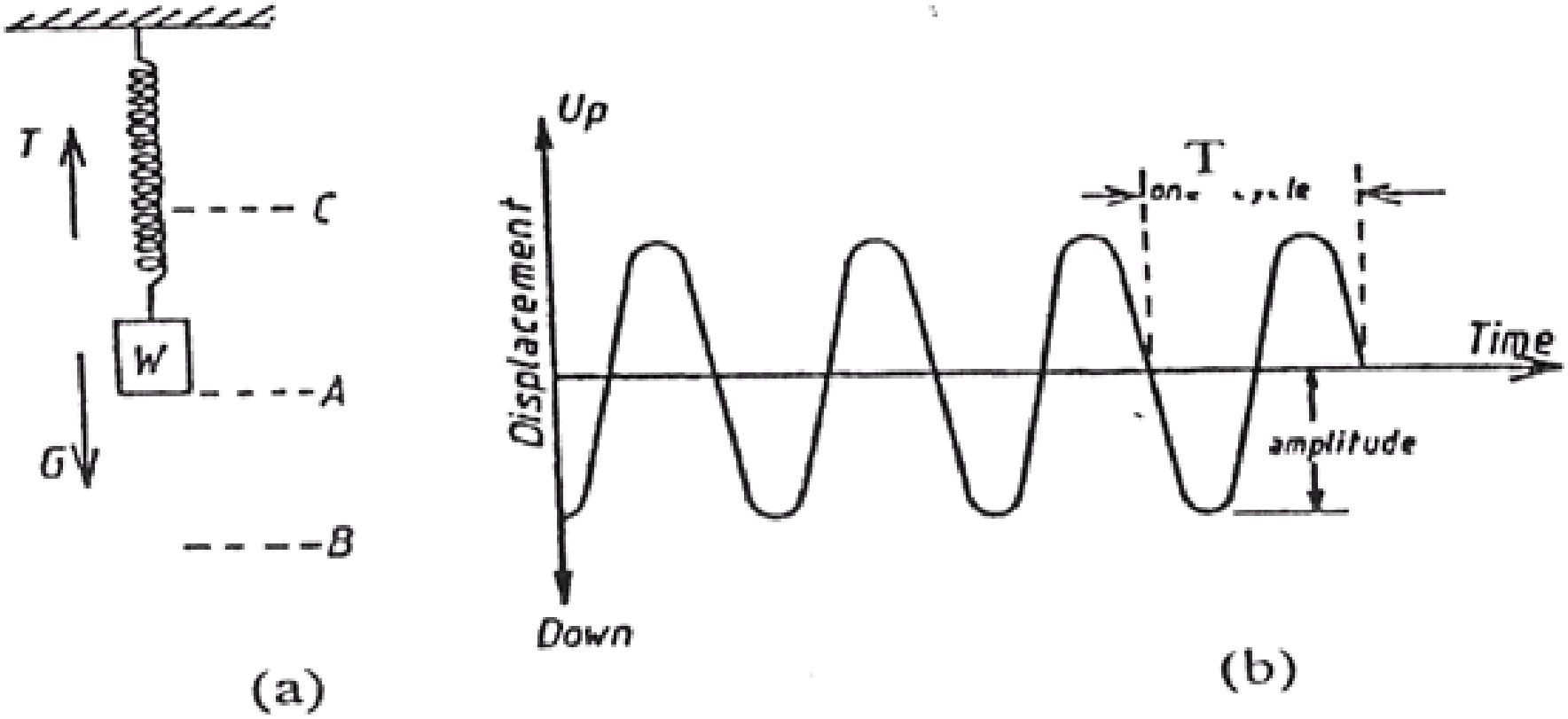

GATE START
RANGE FINE
RANGE
GATE ALARM
OFF
Krautk.



طبيعة الأمواج فوق الصوتية

الأمواج فوق الصوتية هي أمواج ميكانيكية أي :

حركة دورية للجزيئات (الذرات أو الجزيئات)حول موضع التـــوازن الوســـط الذي تنتشر فيه الموجة



خصائص الأمواج

a- الدور:

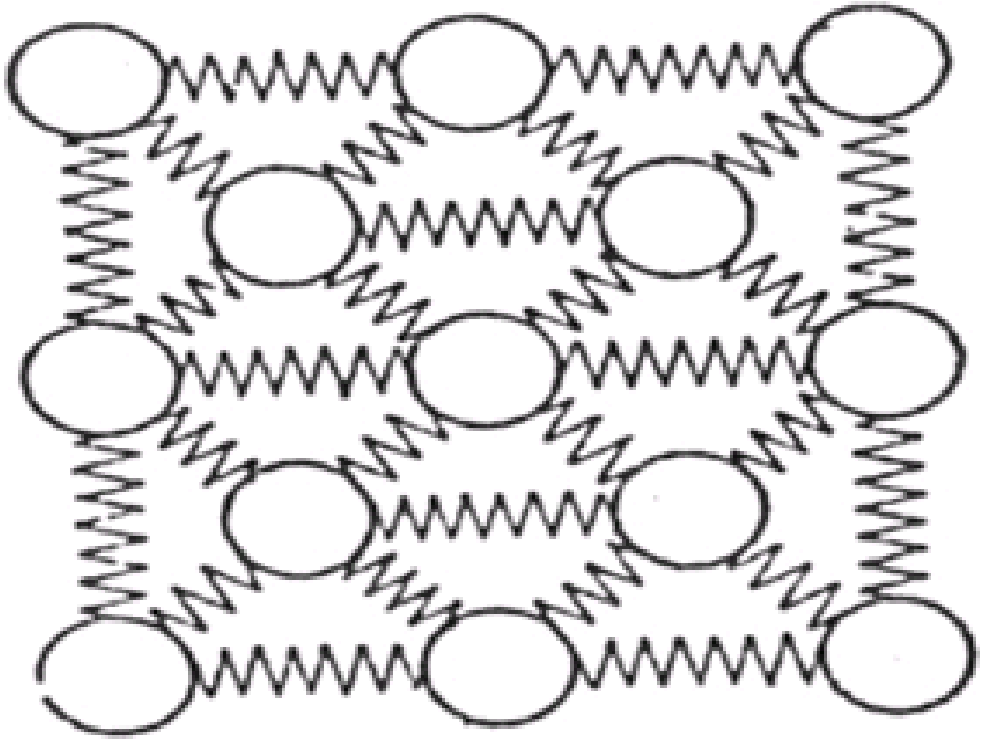
b- التردد:

c- المطال:

طول الموجة:

سرعة الموجة:

الشكل المرن للمادة



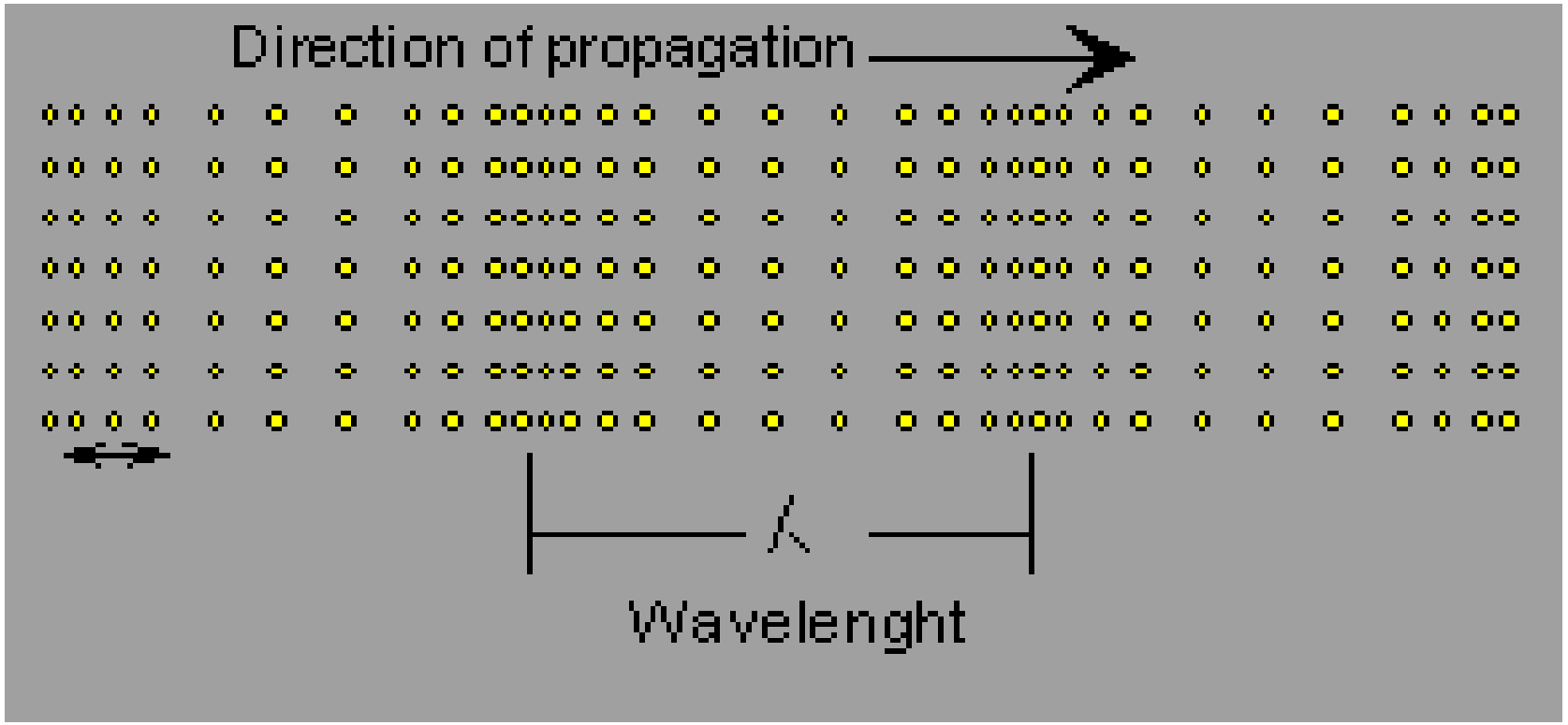
أسباب استخدام الأمواج فوق الصوتية في كشف الانقطاعات

خصائص انتشار الأمواج فوق الصوتية:

ب- الضغط الصوتي:

جـ- الطاقة الصوتية:

أنواع الأمواج فوق الصوتية:



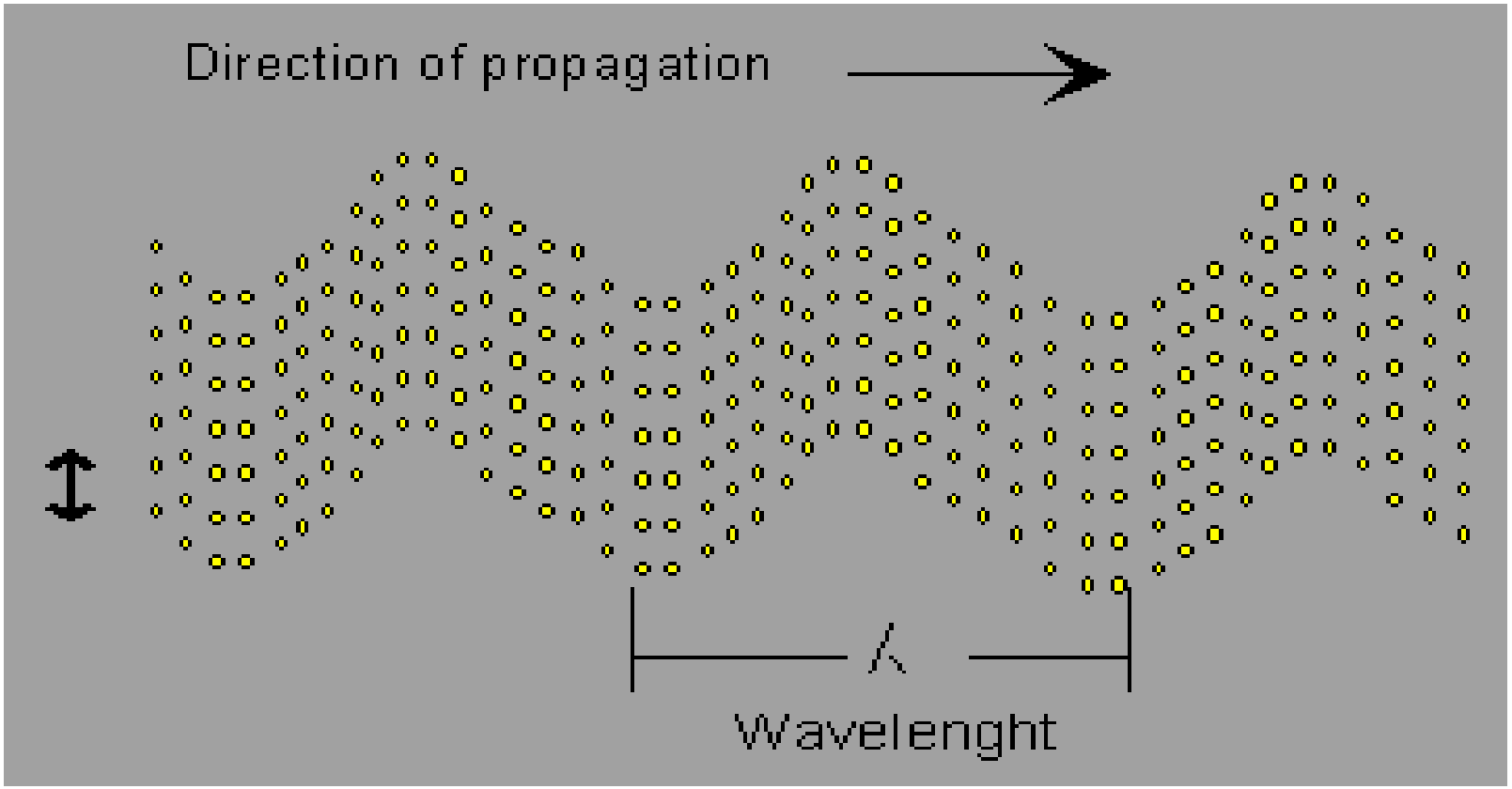
انتشار الموجة الطولية

طولية اختصار إلـى lnk.

وتعطى سرعة انتشار الأمواج فوق الصوتية الطولية بالعلاقة التالية:

حيث

الأمواج العرضية (أو القص) ويرمز لها بـ (S)(Shear waves):



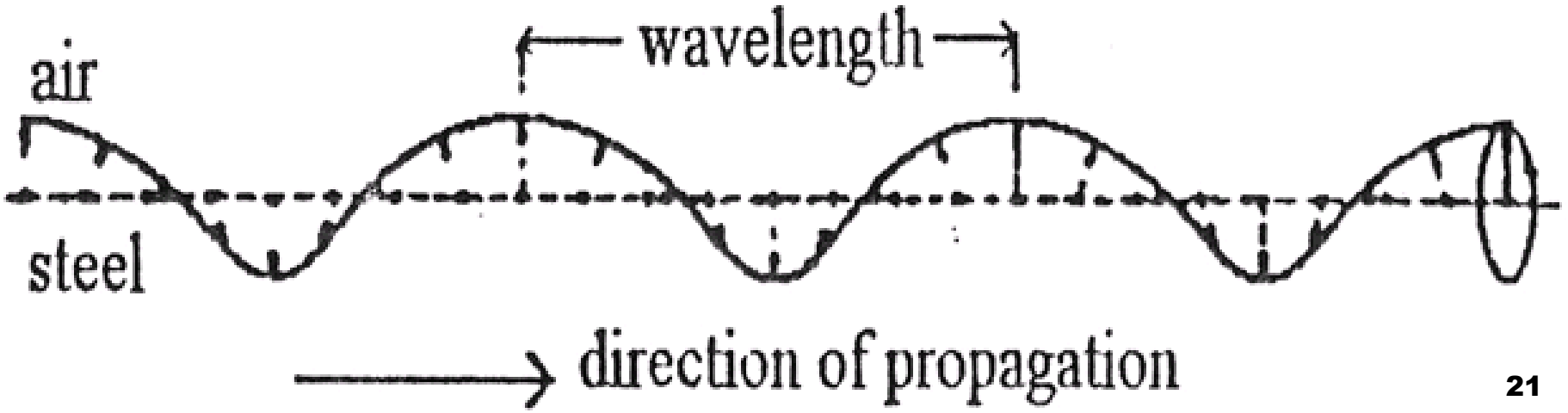
lnk.عرضية اختصار إلى

وهي تنتشر في الأجسام الصلبة فقط، إذ يحتاج انتشارها إلى وجود ترابط متين و مرن بين جزيئات الوسط، وتعطى سرعة انتشار الأمواج فوق الصوتية العرضية بالعلاقة التالية:

حيث:

وبالنسبة للفولاذ:

الأمواج السطحية (Suface waves or Rayleigh waves):

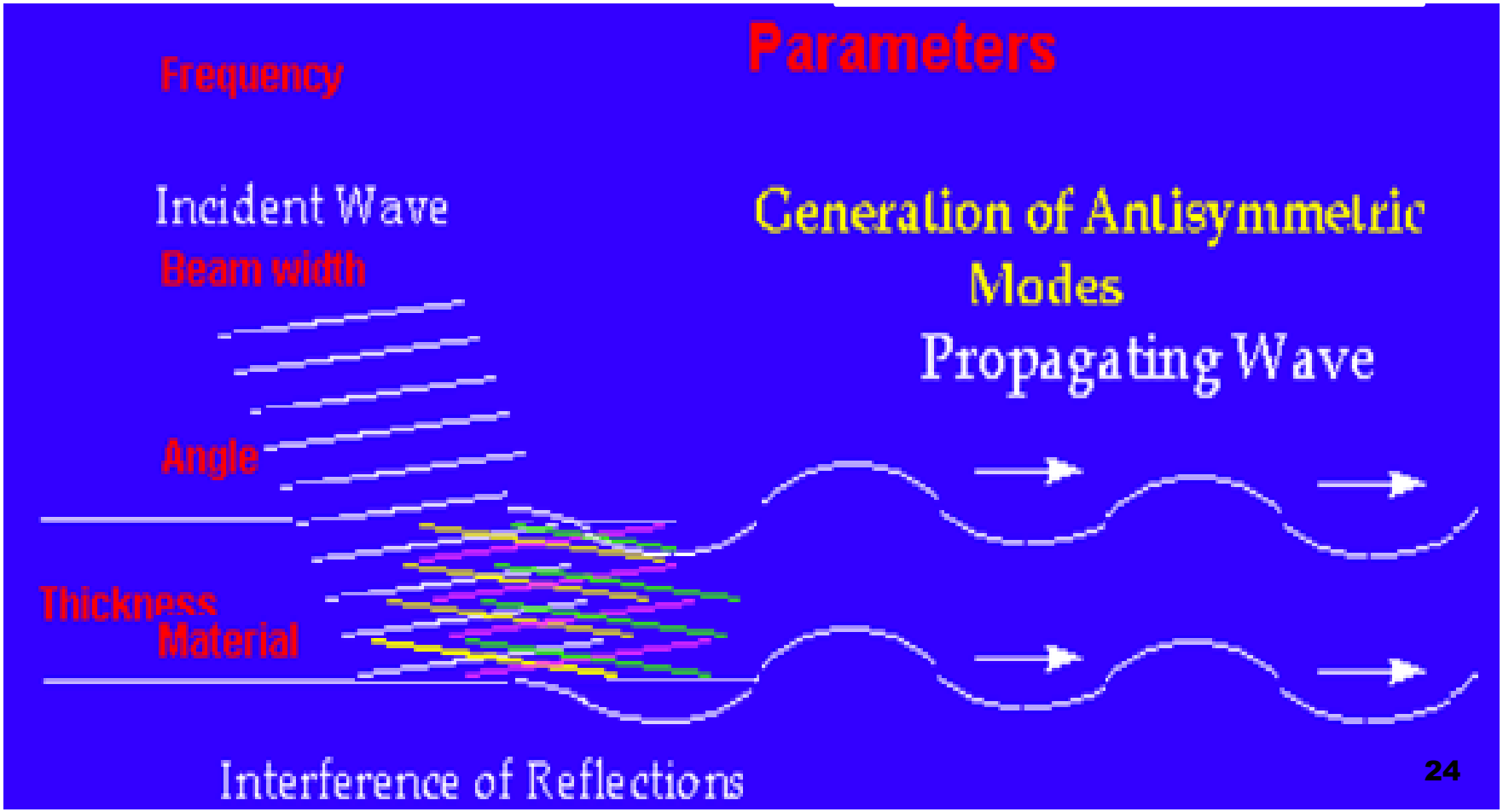


سطحية اختصار إلى .lnk

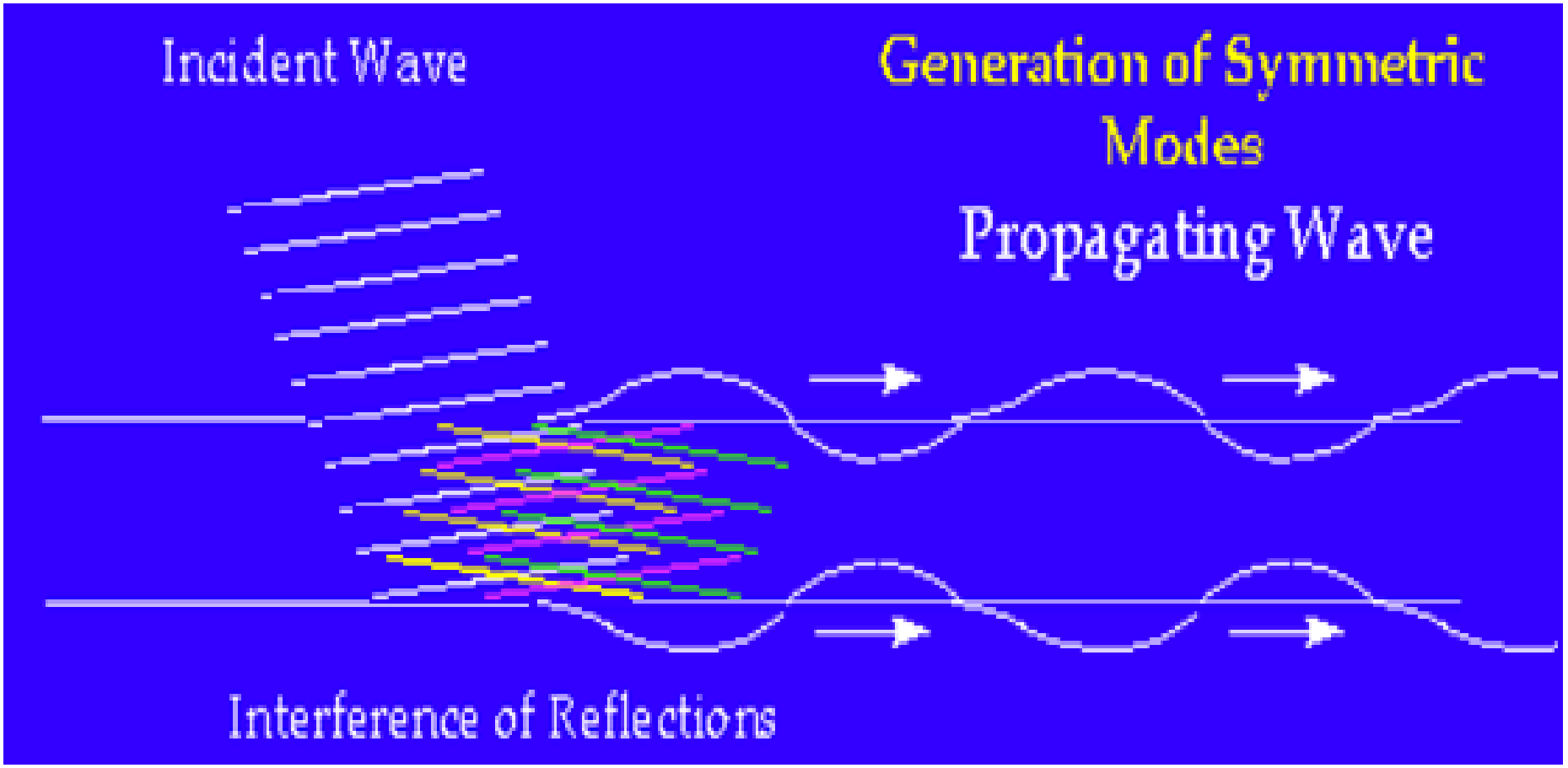
وتعطى سرعة انتشار الأمواج فوق الصوتية السطحية بالعلاقة التالية:

$$V_s = 0.9 \times V_t$$

الأمواج الصفائحية (Lamb or Plate waves):



- وأمواج صفائحية غير متماثلة.

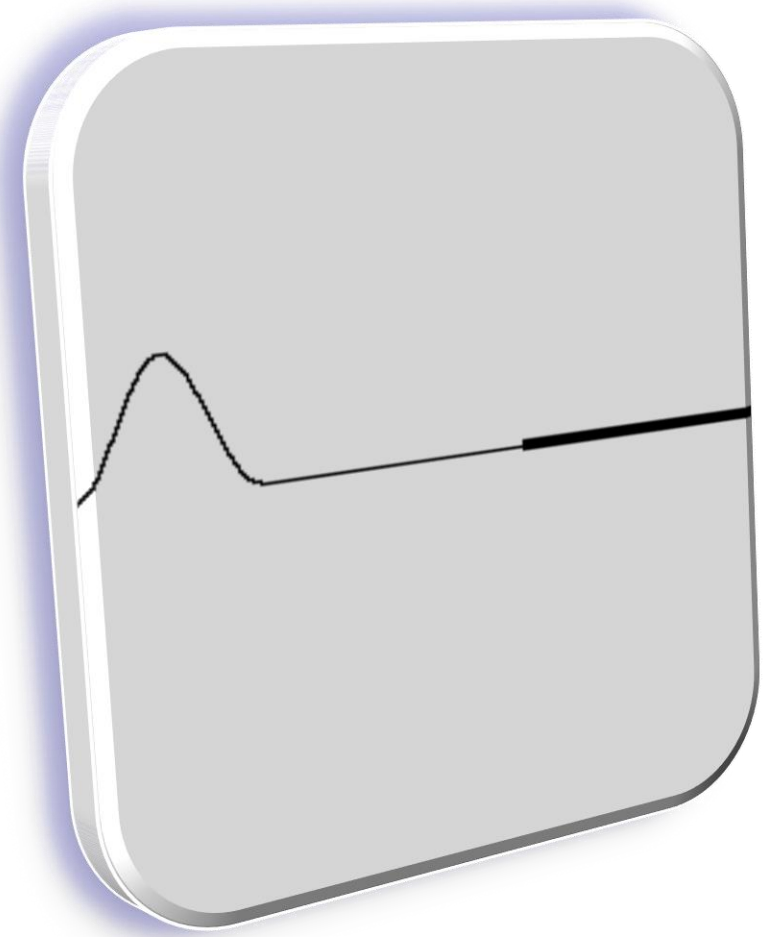


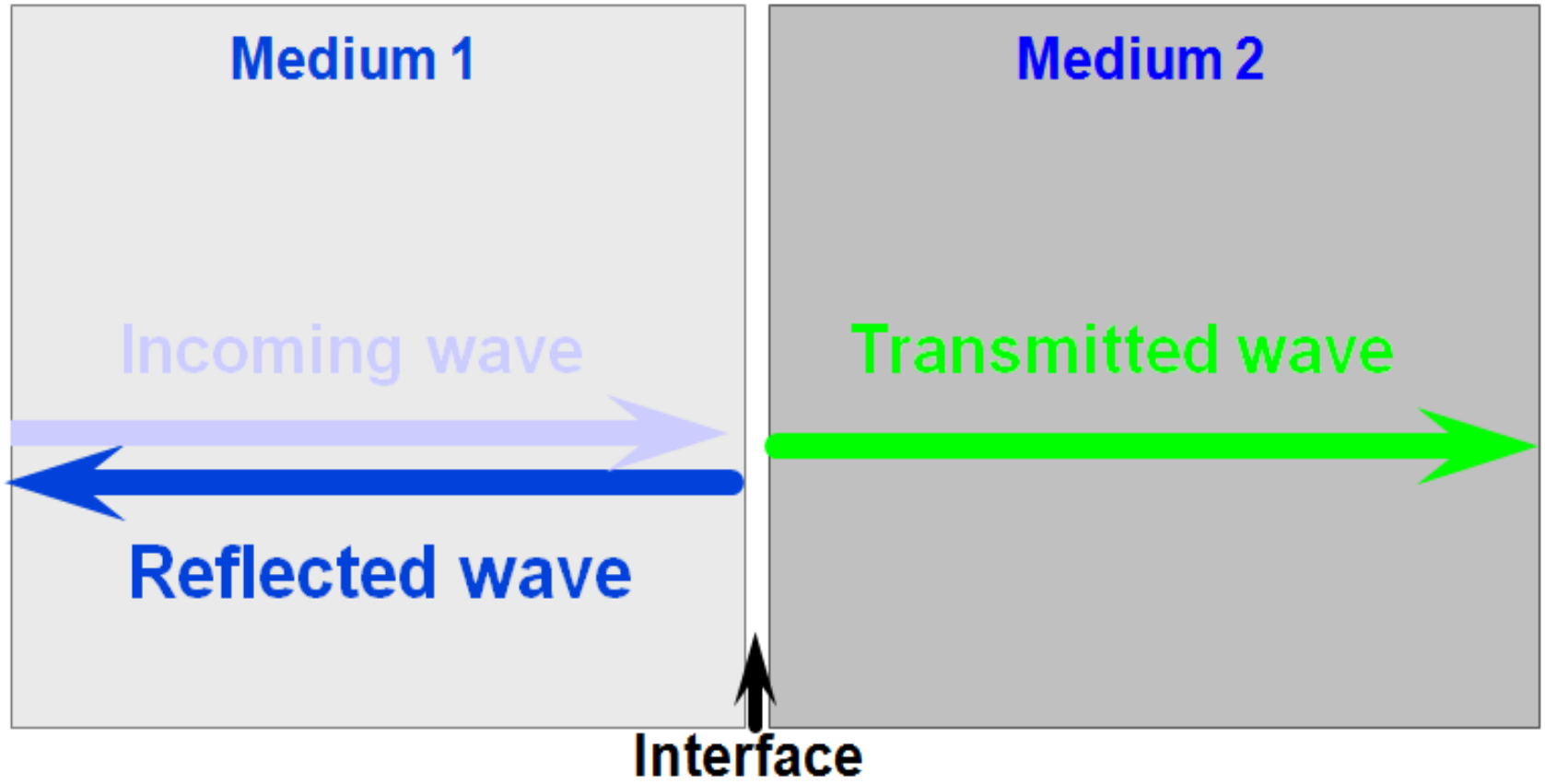
ويبين الجدول كلاً من الكثافة والسرعة الصوتية والممانعة الصوتية لبعض المواد شائعة الاستعمال:

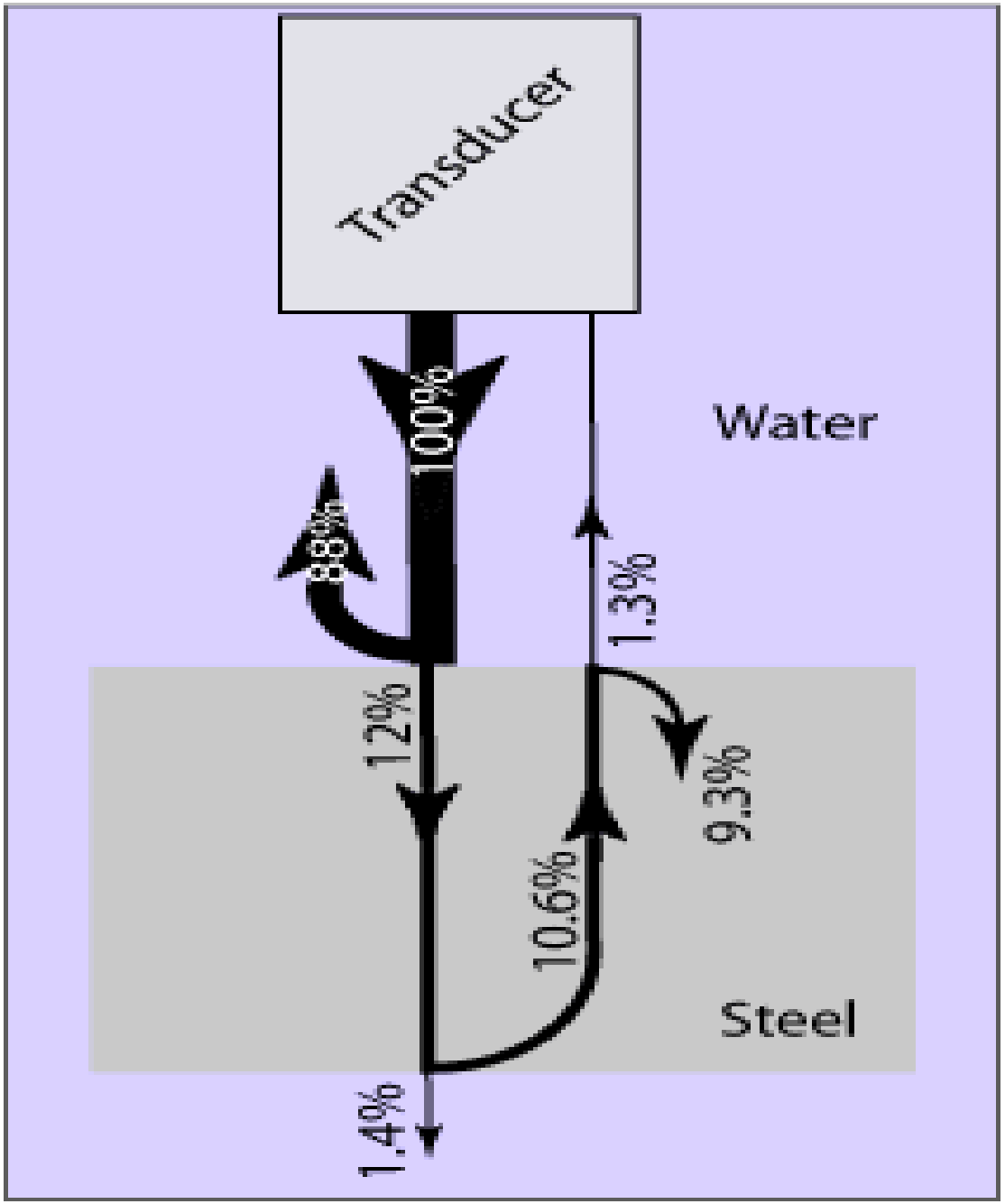
MATERIAL	DENSITY (g/cm^2)	LONGITUDINAL WAVES (m/s)	SHEAR WAVES (m/s)	Z* 10^3 kg/m^2 /s
ALUMINIUM	2.69	6300	3130	17064
STEEL	7.85	5940	3250	46620
PERSPEX	1.18	2730	1120	3221
WATER	1.00	1500	CAN NOT TRAVEL IN LIQUIDS AND GASES	1500
OIL	0.95	11625		1544
AIR	0.0012	0.0033		0.430

انعكاس و انتقال الأمواج فوق الصوتية :

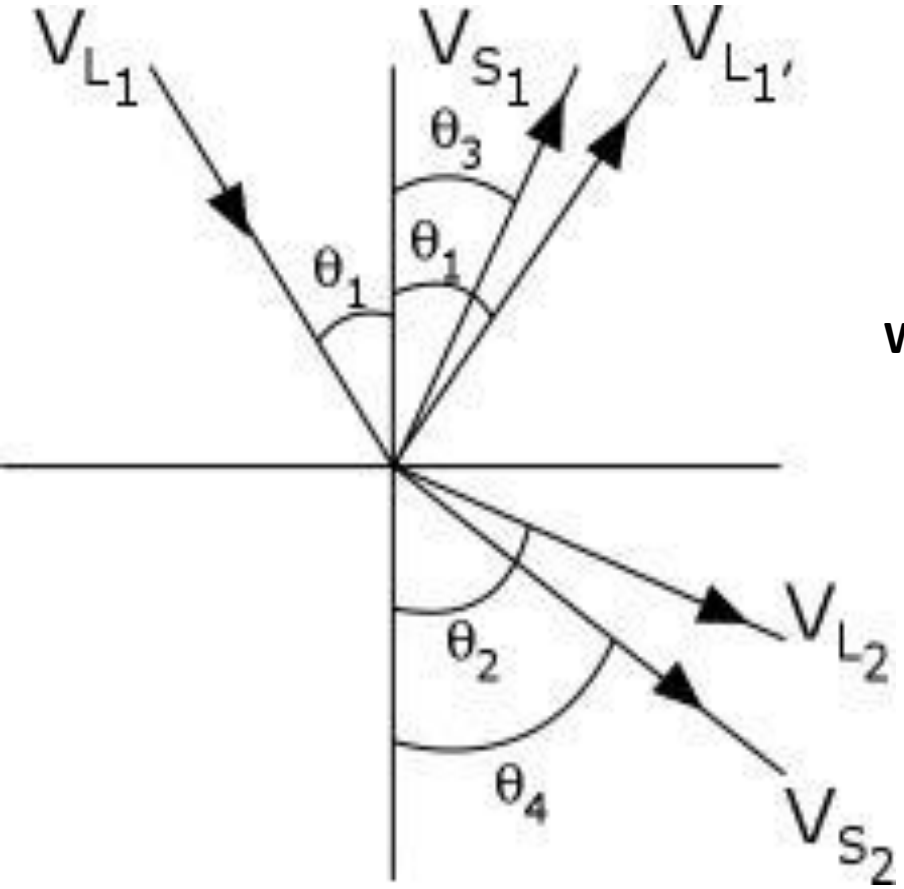
- عند الورود العمودي (الناظمي):




Medium 1
Medium 2
Incoming wave
Transmitted wave
Reflected wave
Interface


Transducer
100%
88%
Water
1.3%
12%
9.3%
10.6%
Steel
1.4%

الورود المائل



$$\frac{\sin\theta_1}{V_{L_1}} = \frac{\sin\theta_2}{V_{L_2}} = \frac{\sin\theta_3}{V_{S_1}} = \frac{\sin\theta_4}{V_{S_2}}$$

Where:

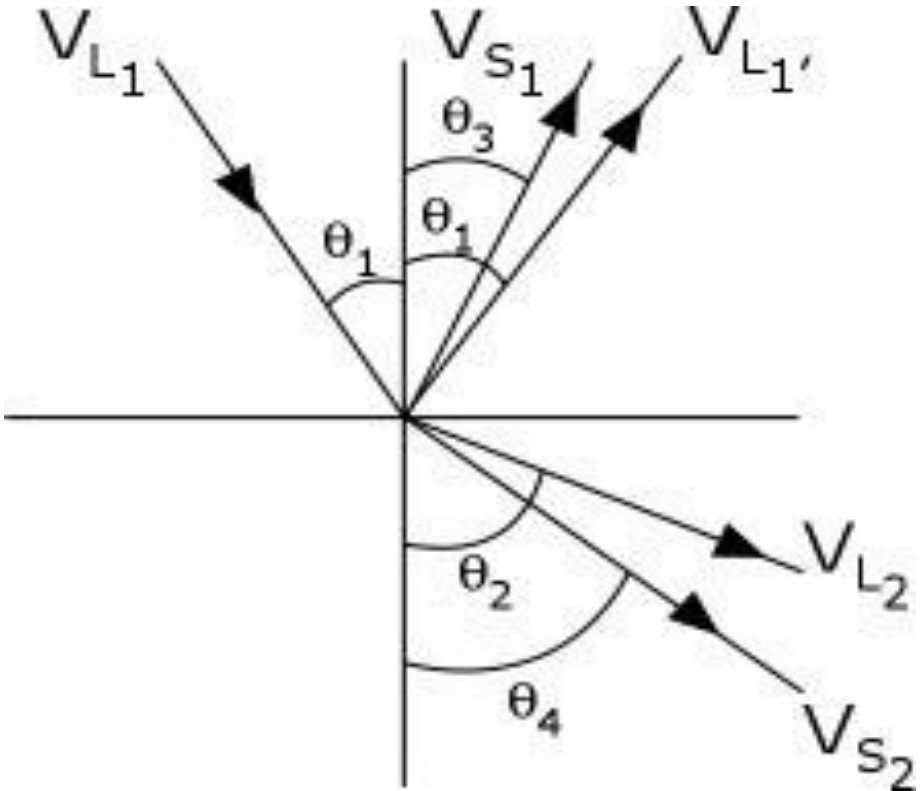
V_{L1} is the longitudinal wave velocity in material 1.

V_{L2} is the longitudinal wave velocity in material 2.

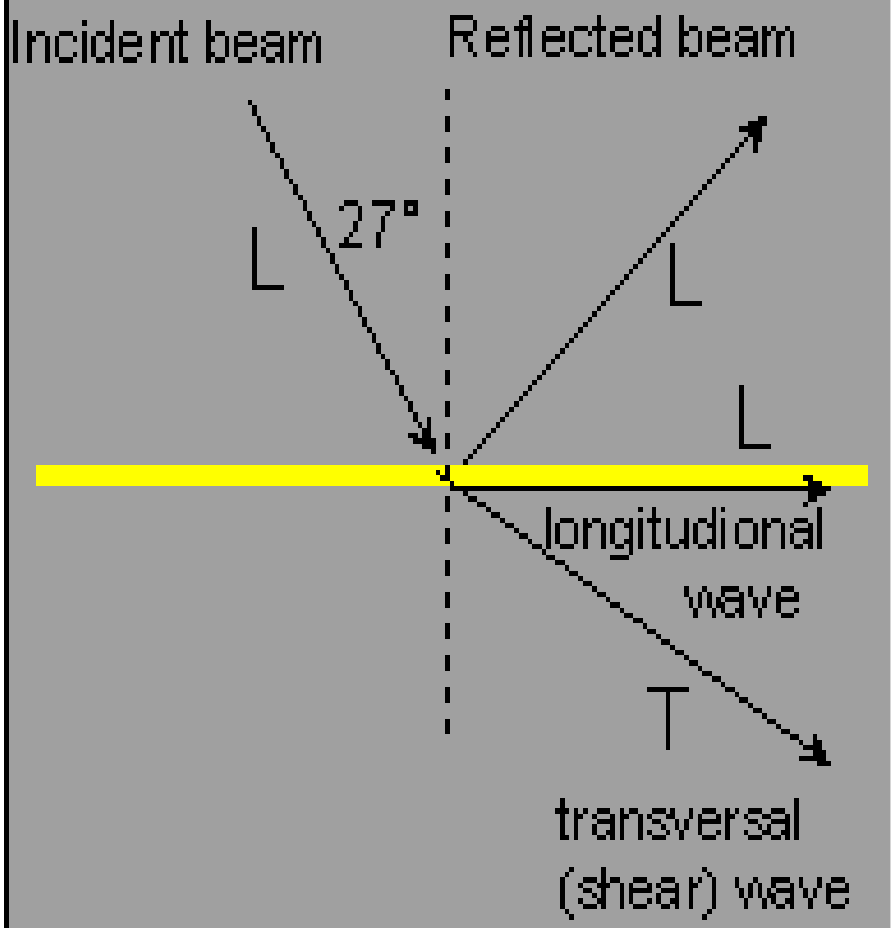
V_{S1} is the shear wave velocity in material 1.

V_{S2} is the shear wave velocity in material 2.

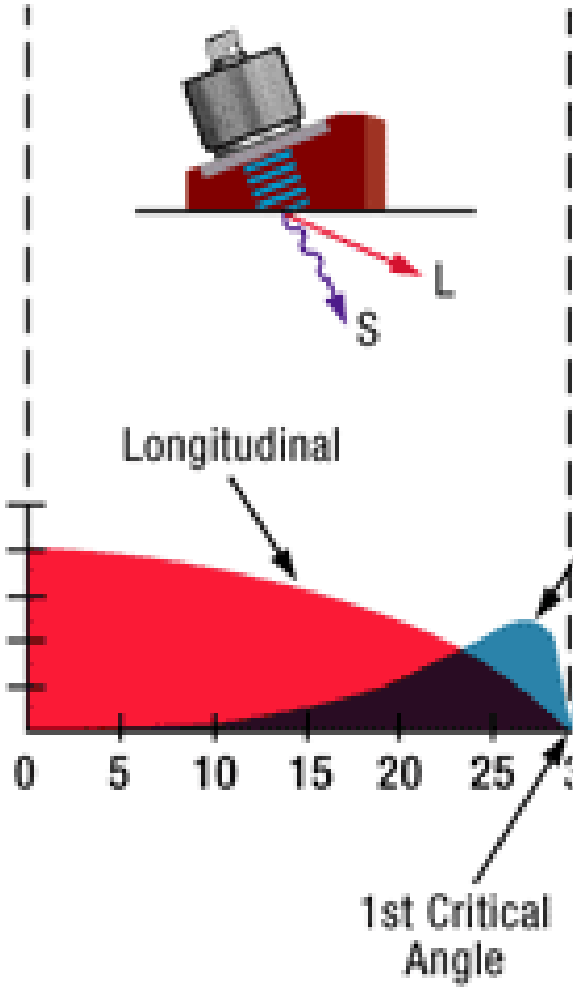
الزاوية الحرجة



First critical angle

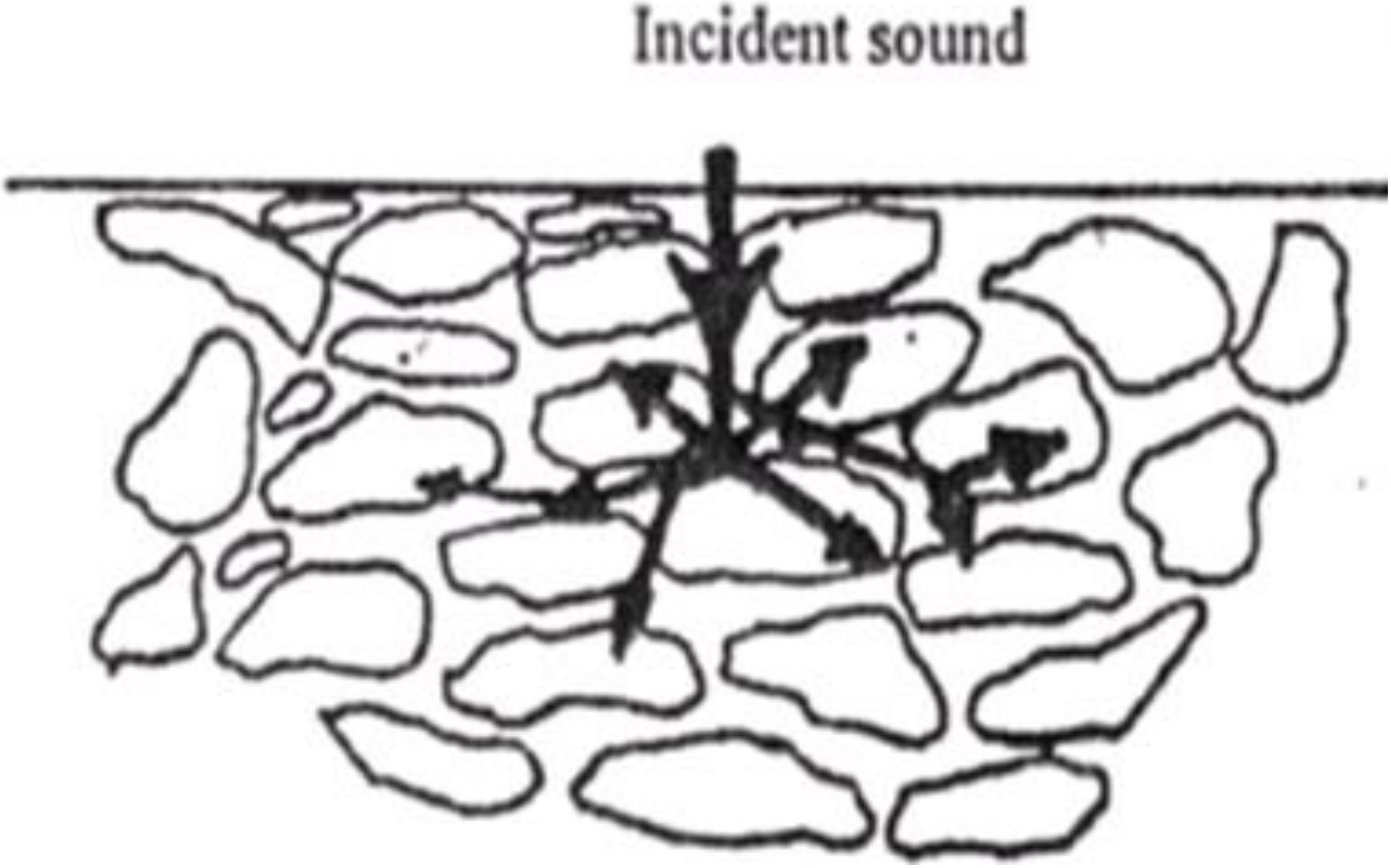


RELATIVE AMPLITUDE OF WAVE MODES

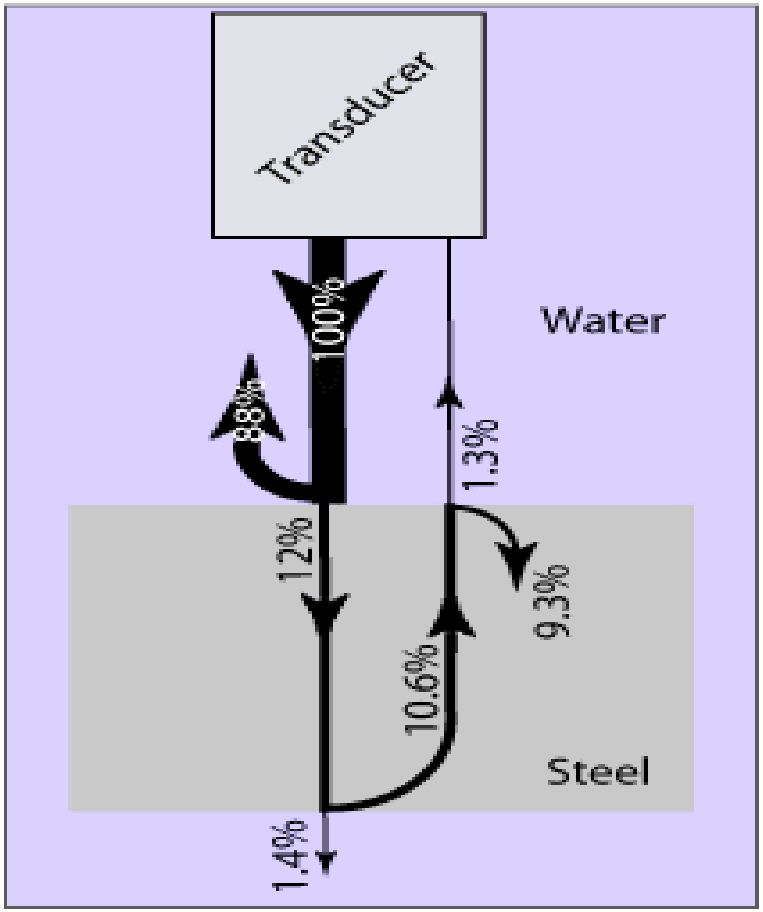


توهين الأمواج فوق الصوتية (Attenuation of Sound Waves):

The loss in acoustic energy that occurs between any two points of travel


Incident sound

3- بالفقد الناتج عن المادة الرابطة وخشونة السطح:



4- الفقد بالتباعد:

5- الفقد بالنقل:

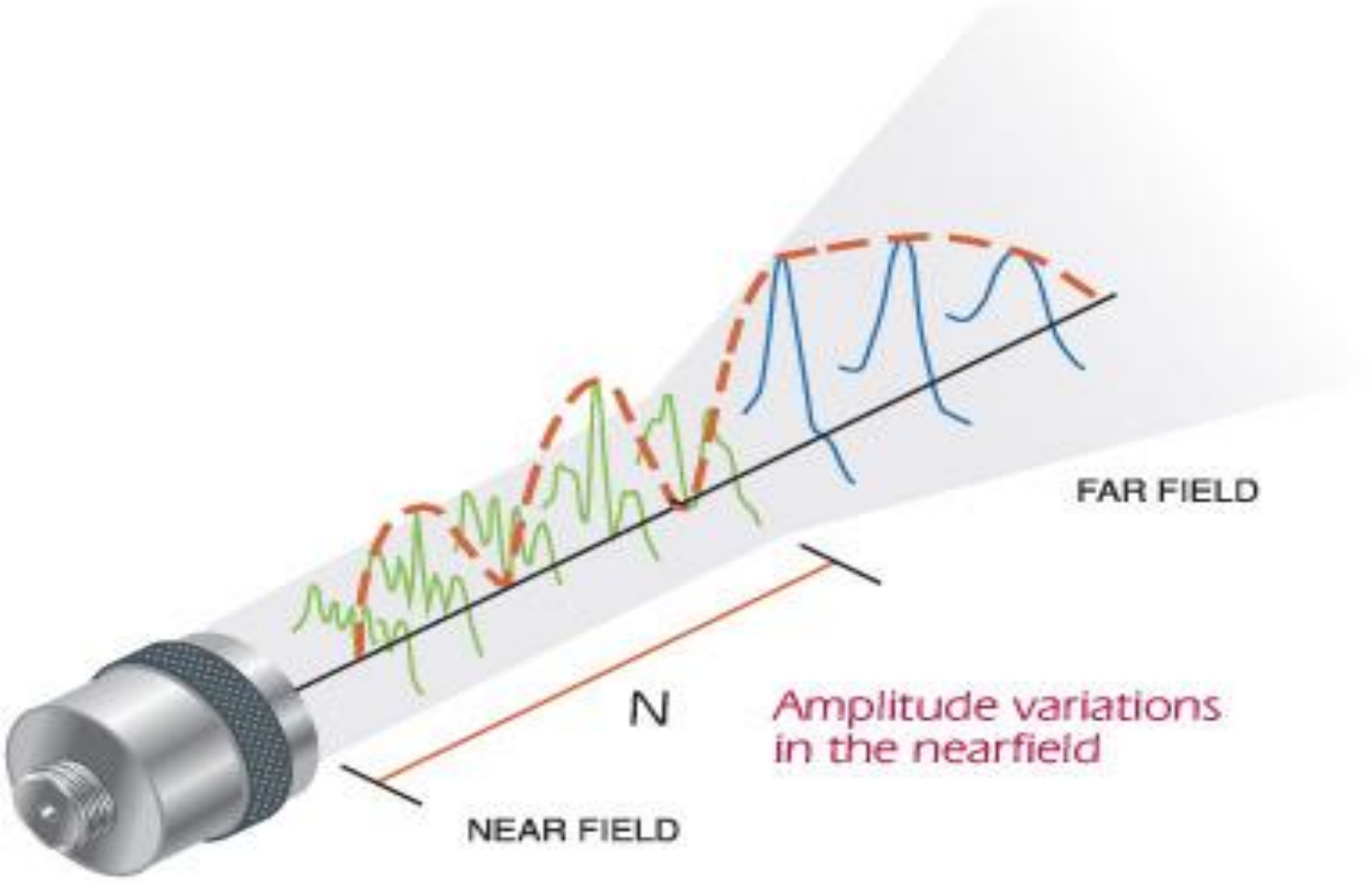
انتشار حزمة الأمواج فوق الصوتية:

يتكون المجال الصوتي من عدة مناطق، أهمها:

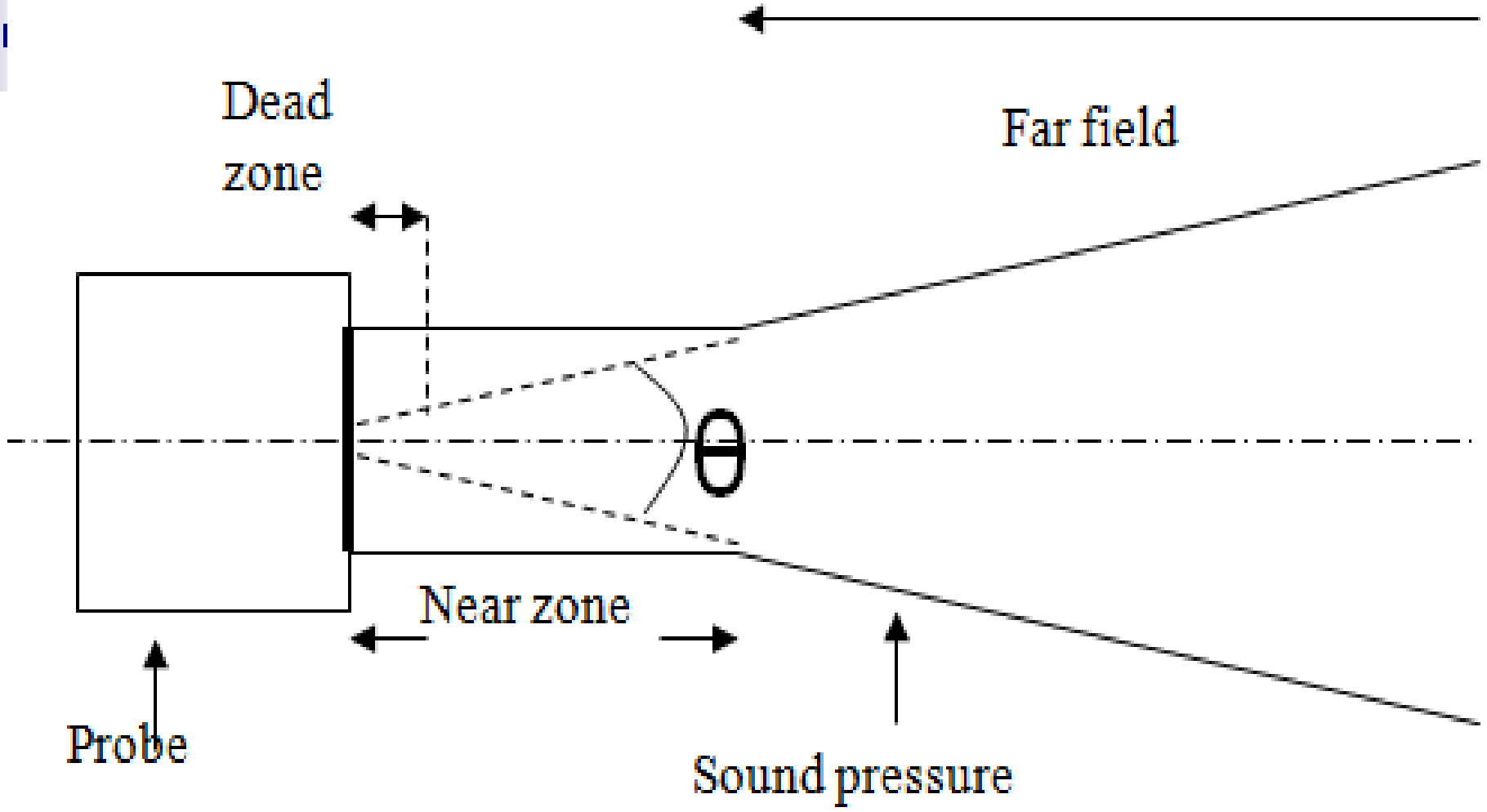
a- المنطقة الميتة:

b- المنطقة القريبة:

b- المنطقة البعيدة:



شكل الحزمة الصوتية لمجس حزمة عمودية


Dead
zone
Far field
θ
Near zone
Probe
Sound pressure

مركز الاختبارات و الأبحاث الصناعية

شكرا لإصغائكم

الفيزيائي : حميد الذياب

تقنيات الاختبار بالأمواج فوق الصوتية

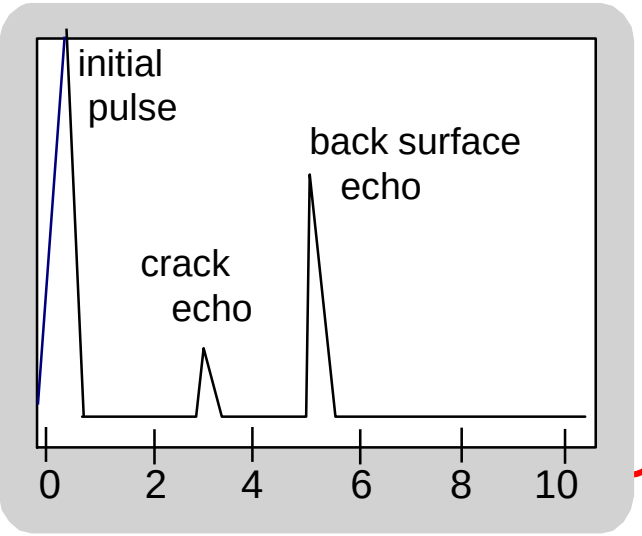
Test Techniques

- Ultrasonic testing is a very versatile inspection method, and inspections can be accomplished in a number of different ways.

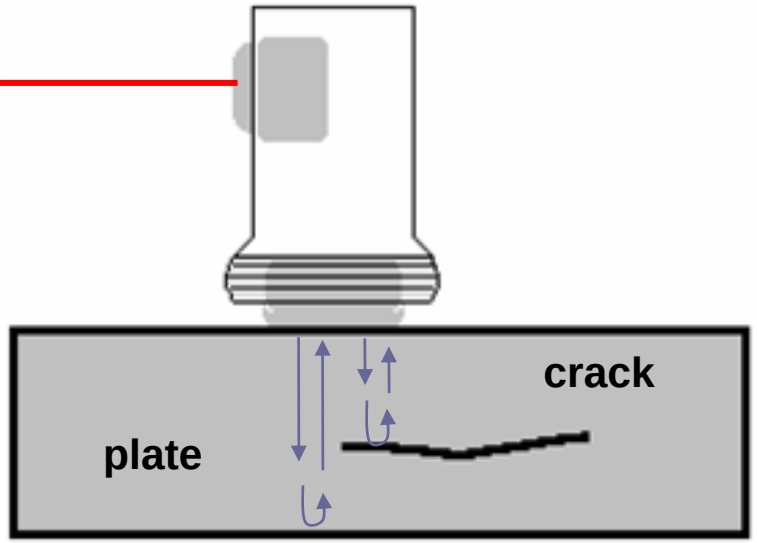
1- تقنية صدى النبضة (Pulse echo technique):

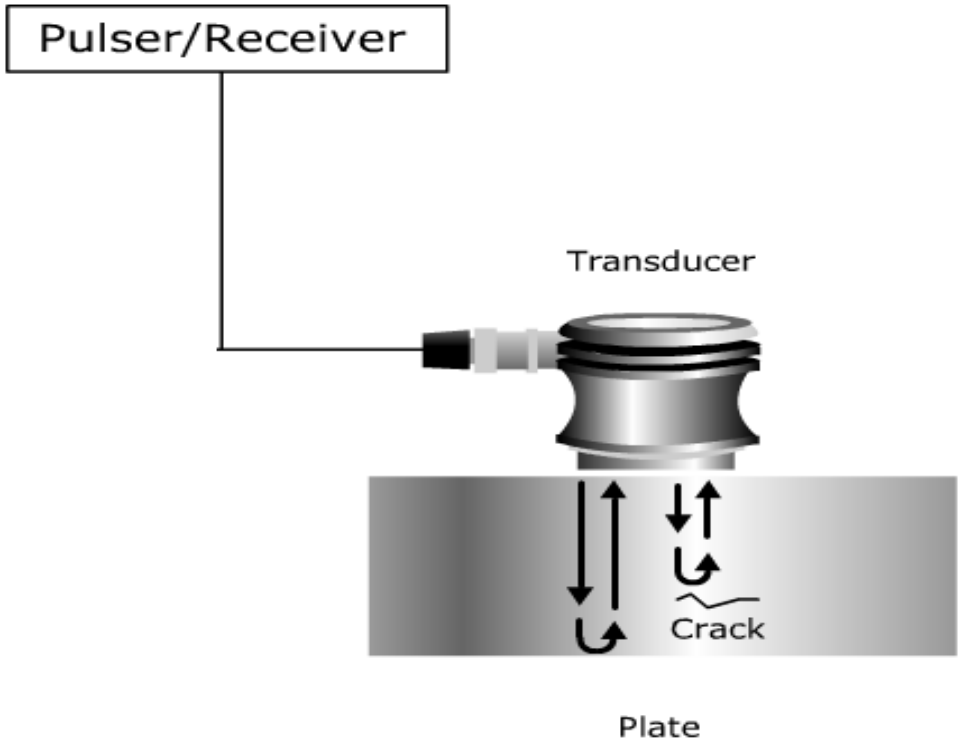
Test Techniques - Pulse-Echo

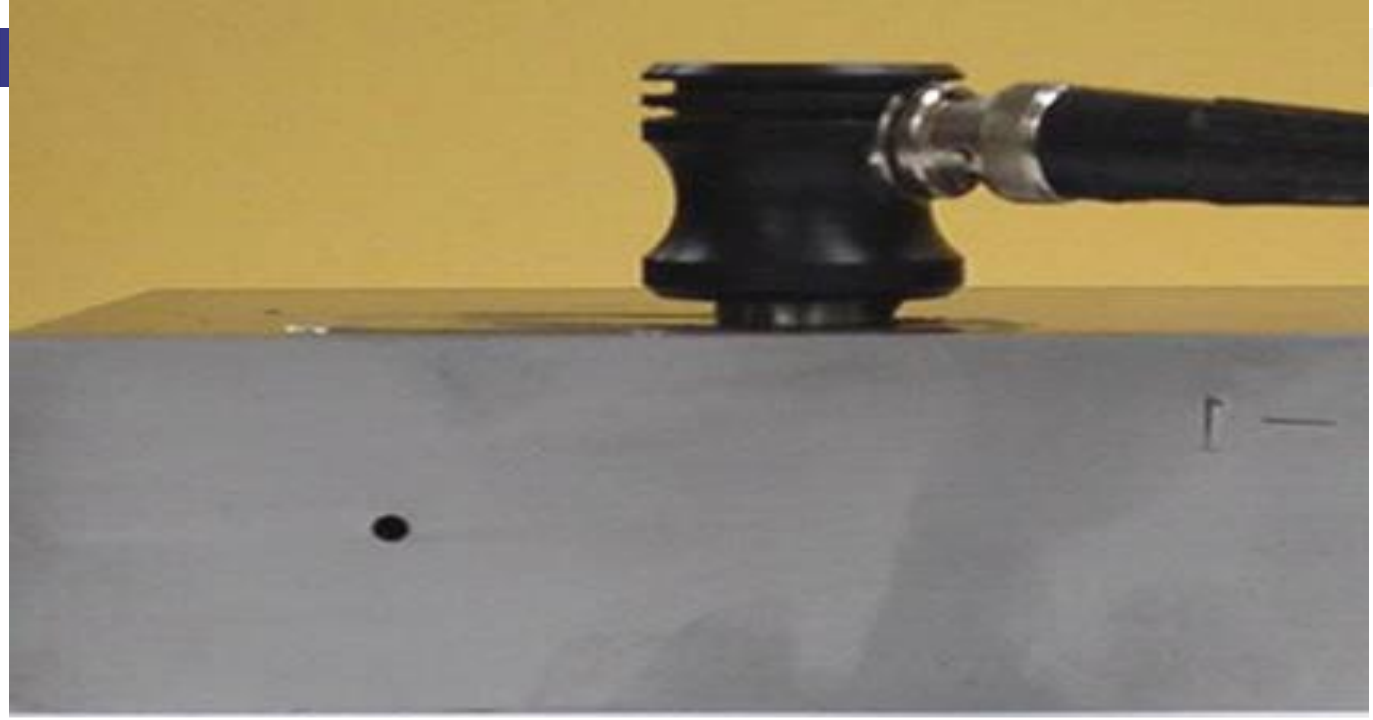
- In pulse-echo testing, a transducer sends out a pulse of energy and the same or a second transducer listens for reflected energy (an echo).

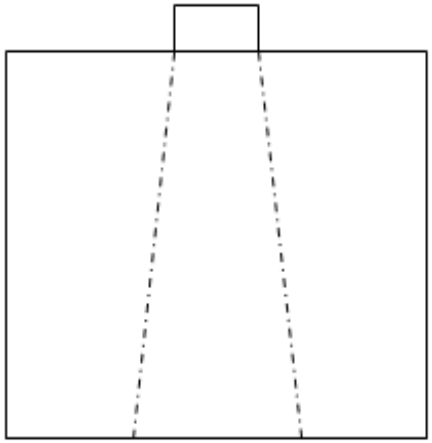


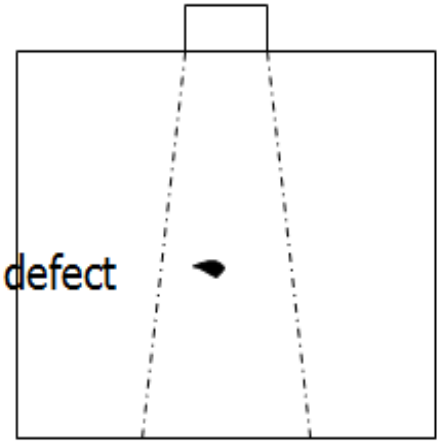
UT Instrument Screen

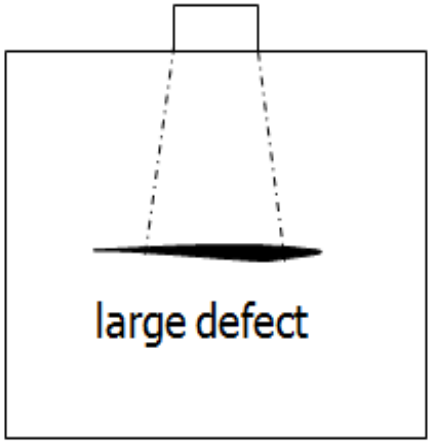



Pulser/Receiver
Transducer
Crack
Plate






small defect


large defect

2- تقنية المرسل المستقبل (Through transmission):

- **Two transducers located on opposing sides of the test specimen are used. One transducer acts as a transmitter, the other as a receiver.**

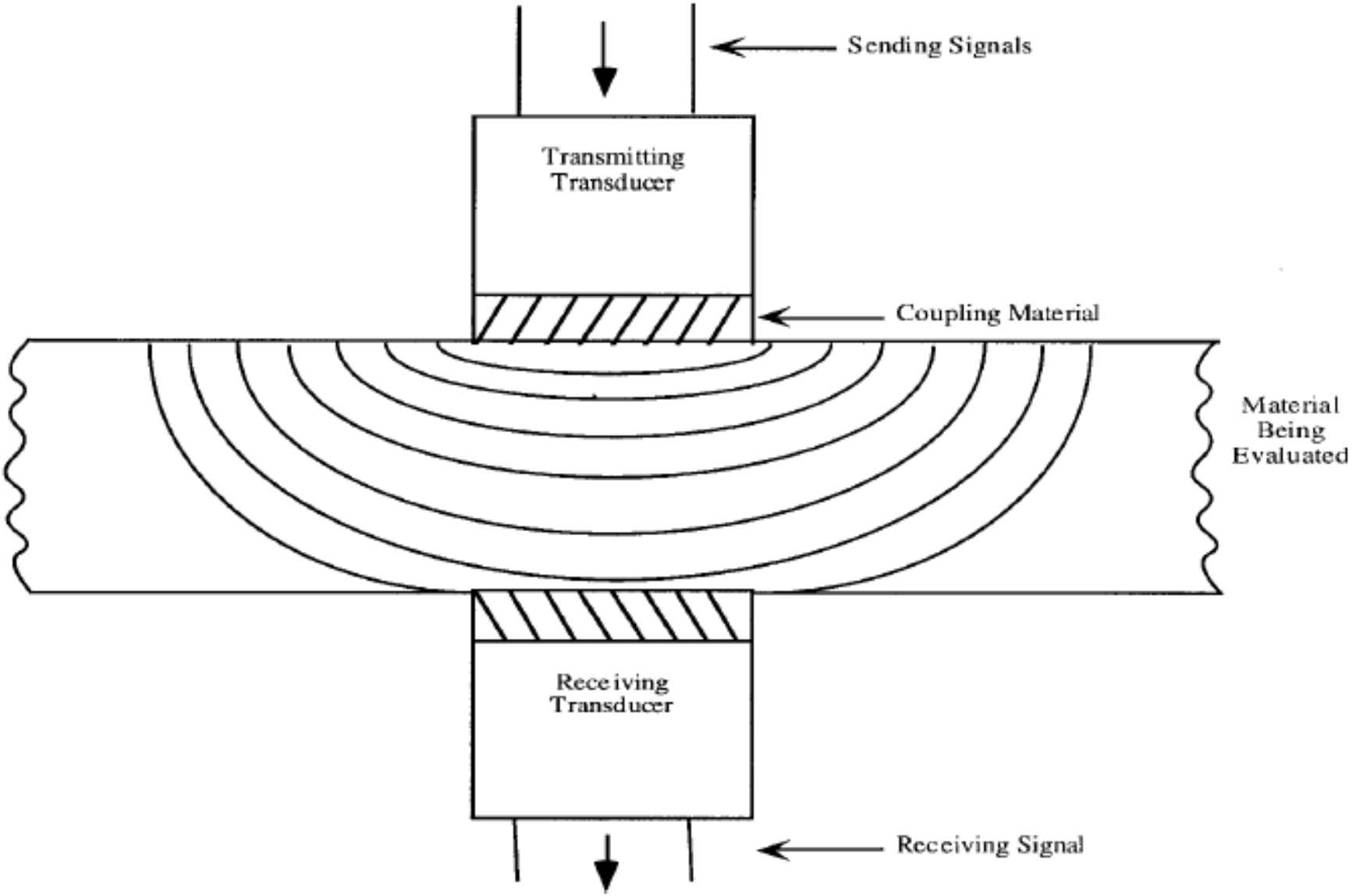
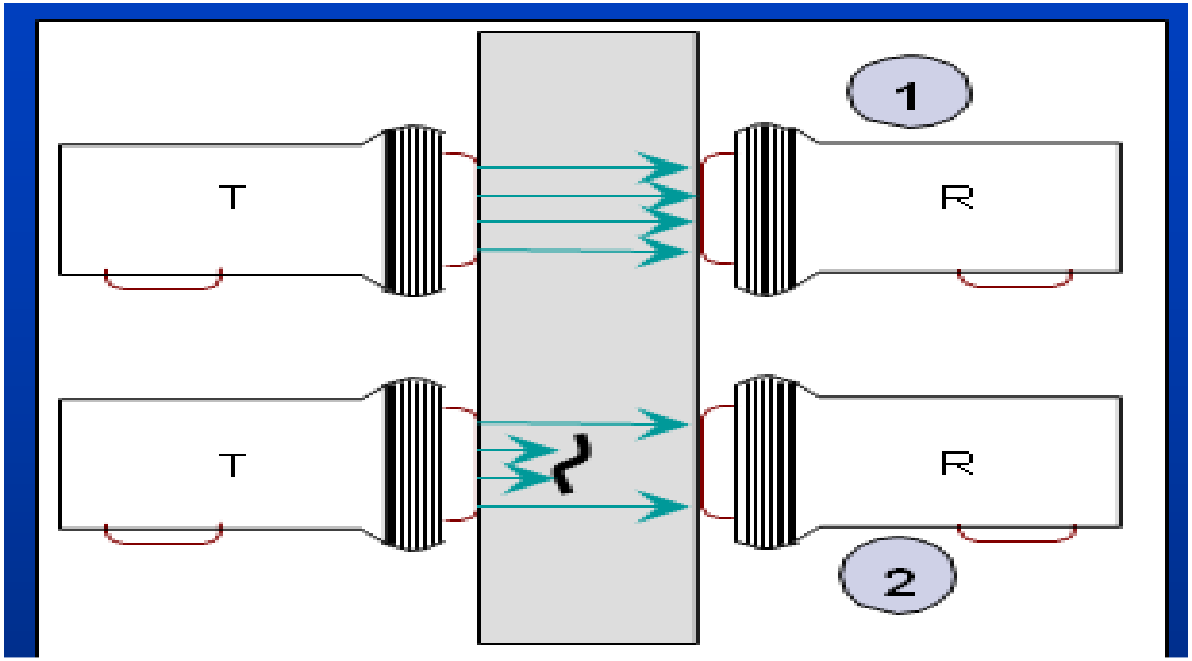
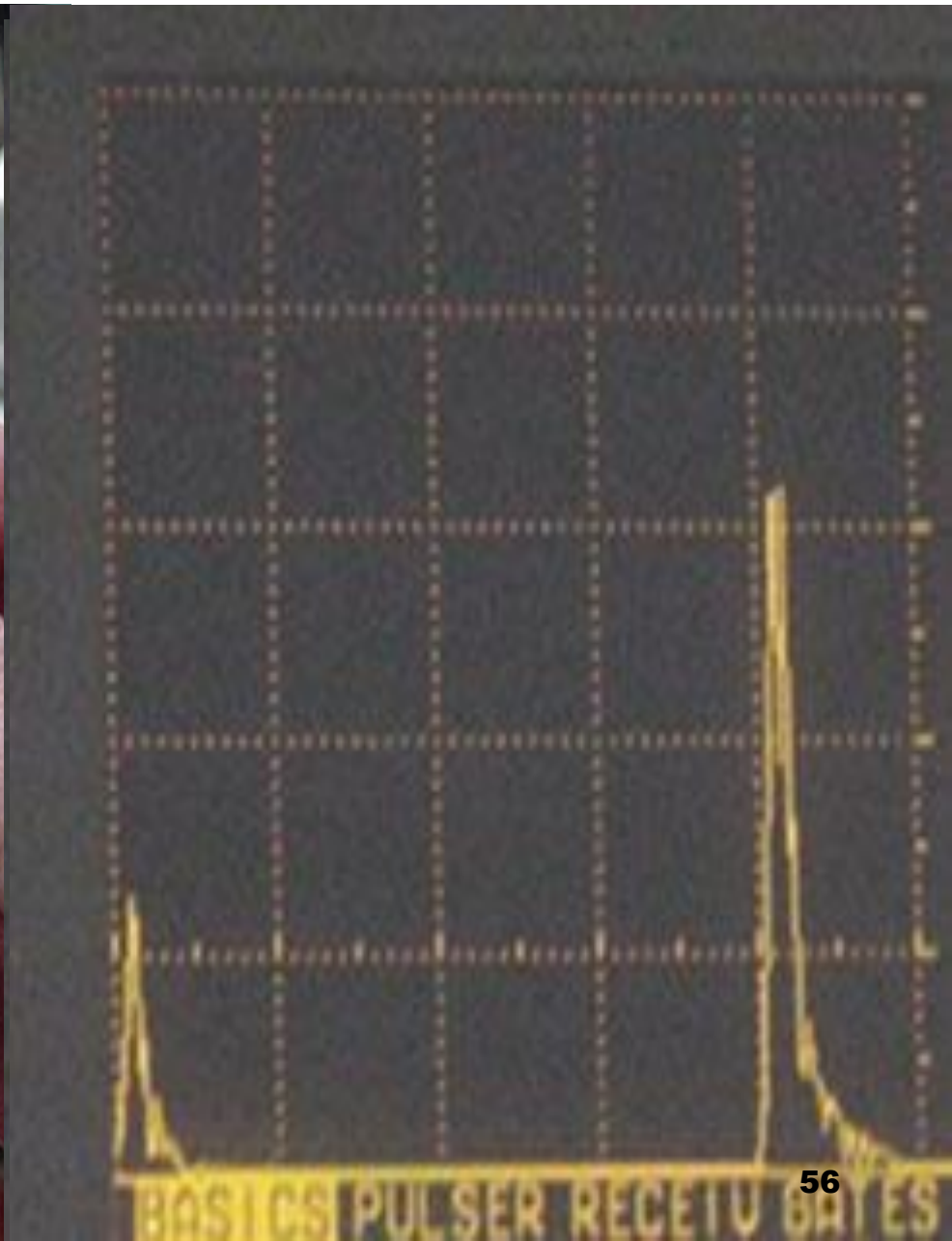
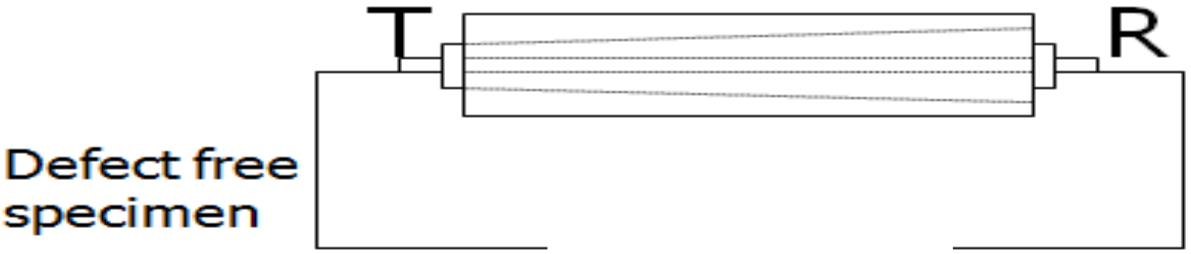


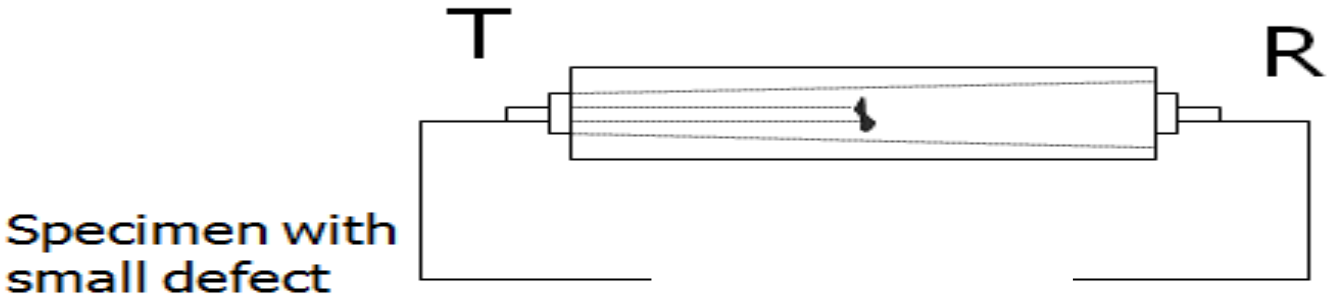
Figure 2. Through-Transmission Method of Ultrasonic Testing

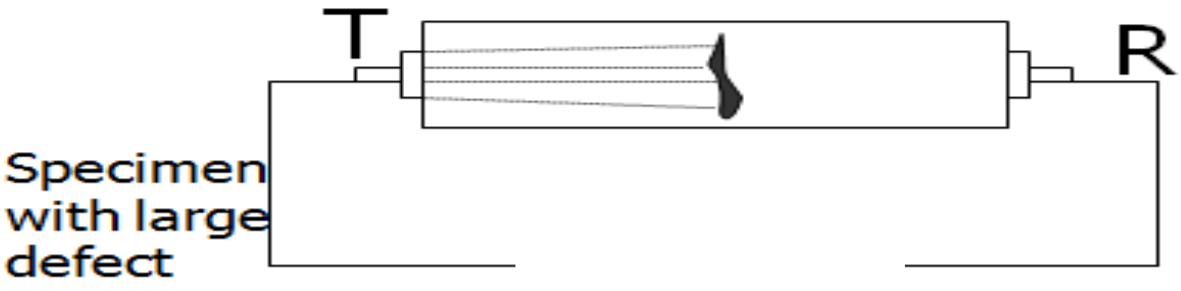

1
T
R
T
R
2


BASICS PULSER RECEIV GATES

وقد يتوضع المسباران بطرفٍ واحدٍ من العينة بحيث يتم كشف العيوب المتوضعة بشكل مستوي و عمودي على السطح تسمى هذه الطريقة بـ (pitch catch) ومن الممكن حساب البعد بين المسبارين واستخدام أداة مناسبة لتثبيت هذا البعد وبالتالي إجراء الاختبار بسهولة.


T
R
Defect free specimen


T
R
Specimen with small defect

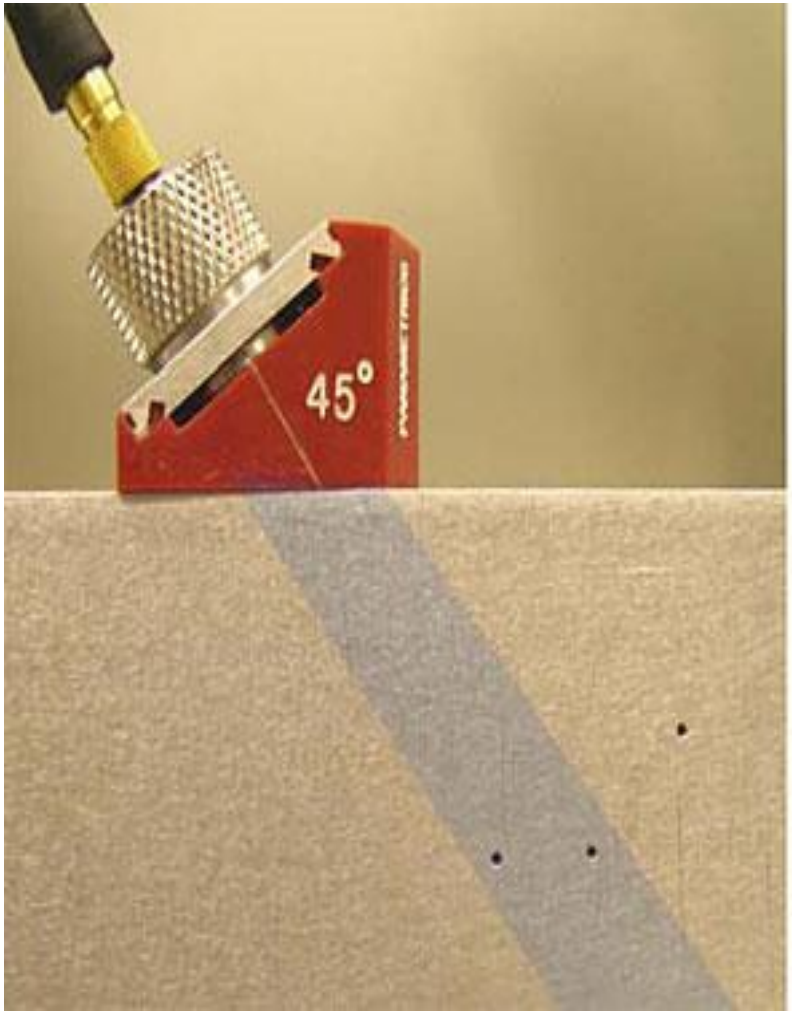

T
R
Specimen with large defect

Test Techniques – Normal and Angle Beam

- In normal beam testing, the sound beam is introduced into the test article at 90 degree to the surface.

Test Techniques – Normal and Angle Beam

- In angle beam testing, the sound beam is introduced into the test article at some angle other than 90.


45°

Test Techniques – Normal and Angle Beam

- The choice between normal and angle beam inspection usually depends on two considerations:

Test Techniques – Contact Vs Immersion

- To get useful levels of sound energy into a material, the air between the transducer and the test article must be removed. This is referred to as coupling.

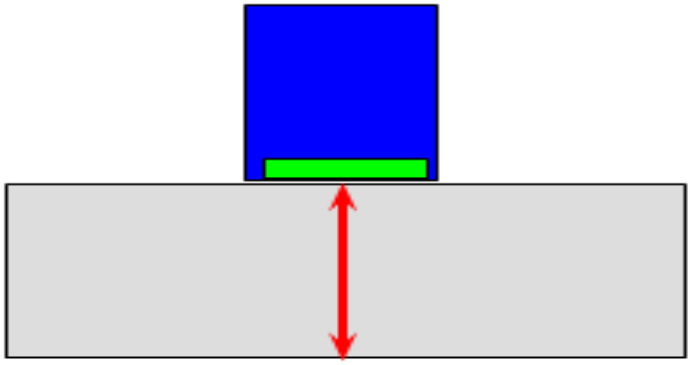
في تقنية الاختبار بالغمر تكون المادة الرابطة في هذه التقنية هي الماء، وتجري عملية الاختبار ضمن وعاءٍ مملوءٍ بالماء حيث لا يكون هناك تماس مباشر بين العينة والمسبار مما يؤدي إلى سهولة أكبر في تحريك المسبار وإمكانية إعطاء المسبار الزاوية التي نريدها دون استخدام حافة بلاستيكية ، وتتميز هذه الطريقة:

a- التخلص من المنطقة القريبة.

b- عدم لمس المسبار للجسم وبالتالي يمكننا استخدام مسابر ذات ترددات عالية

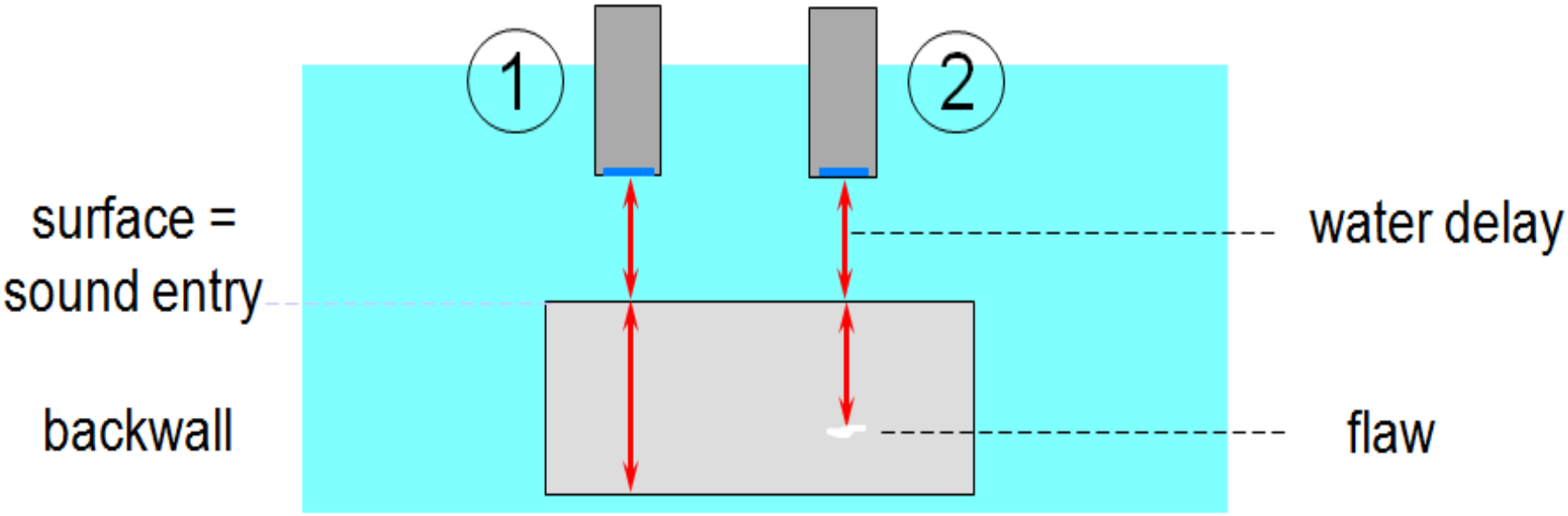
c- يمكننا تركيز الحزمة وبالتالي زيادة الحساسية

d- تكون سرعة الاختبار أكبر مقارنةً مع الطريقة السابقة .



Test Techniques – Contact Vs Immersion

- With immersion testing, an echo from the front surface of the part is seen in the signal but otherwise signal interpretation is the same for the two techniques.


1
2
surface =
sound entry
backwall
water delay
flaw

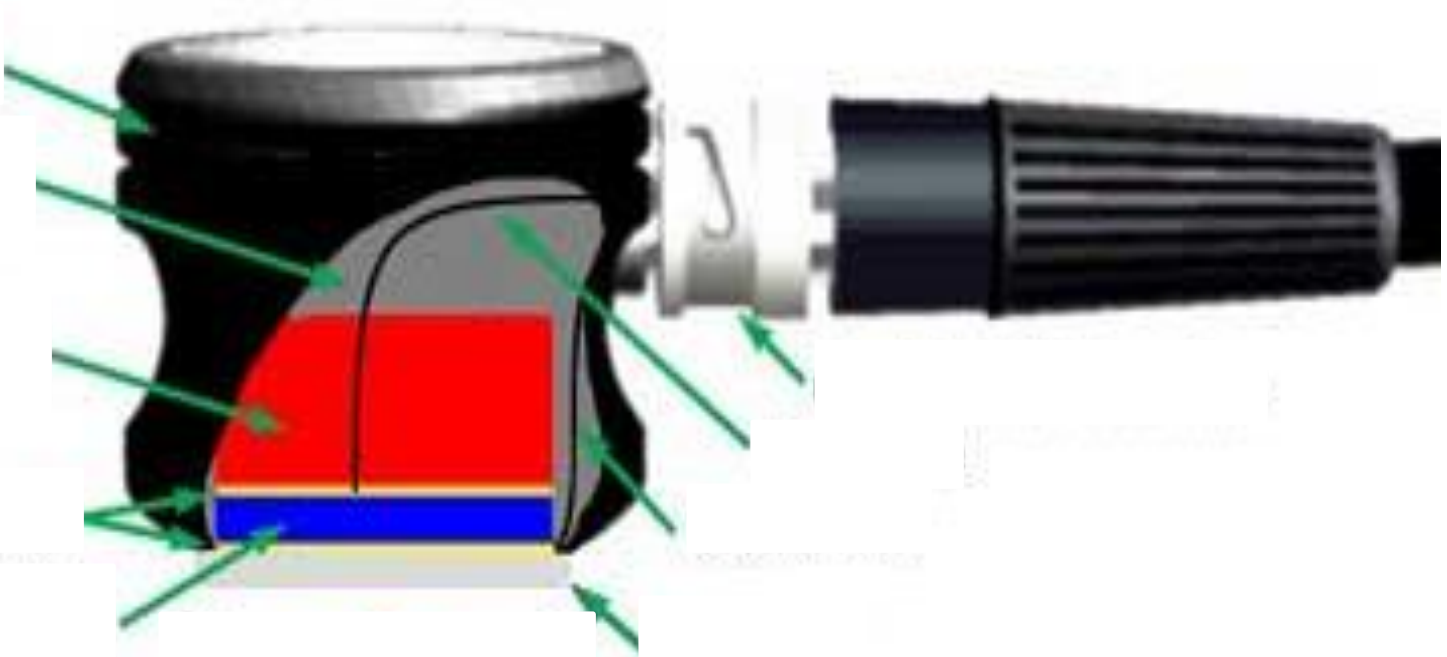
Resonance Method

A condition of resonance exists whenever the thickness of a material equals half the wavelength of sound or any multiple thereof in that material. Control of wavelength in ultrasonics is achieved by control of frequency.

The resonance method of ultrasonics was at one time specially suited to the measurement of thickness of thin specimens such as the cladding tubes for reactor fuel elements. The method has now be largely superceded by the pulse echo method because of improved transducer design.

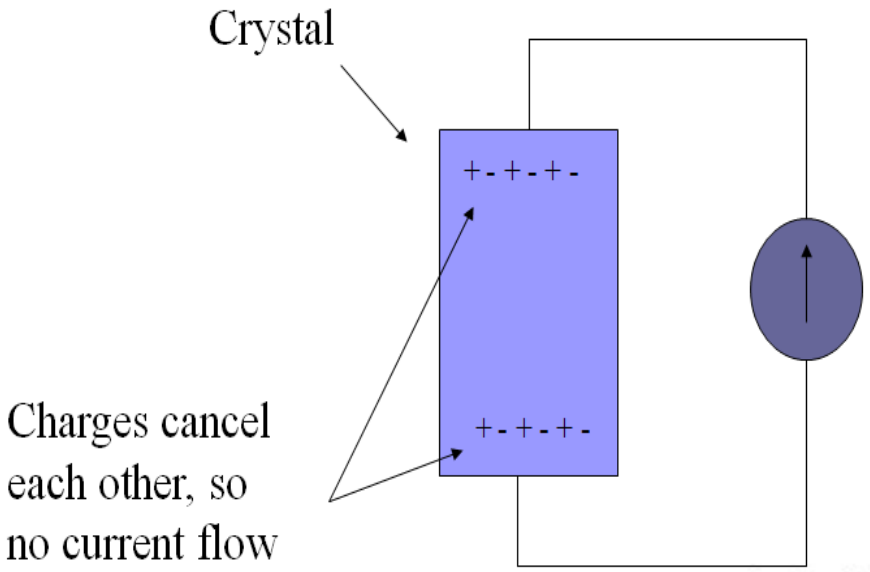
بنية مسابر الأمواج فوق الصوتية :

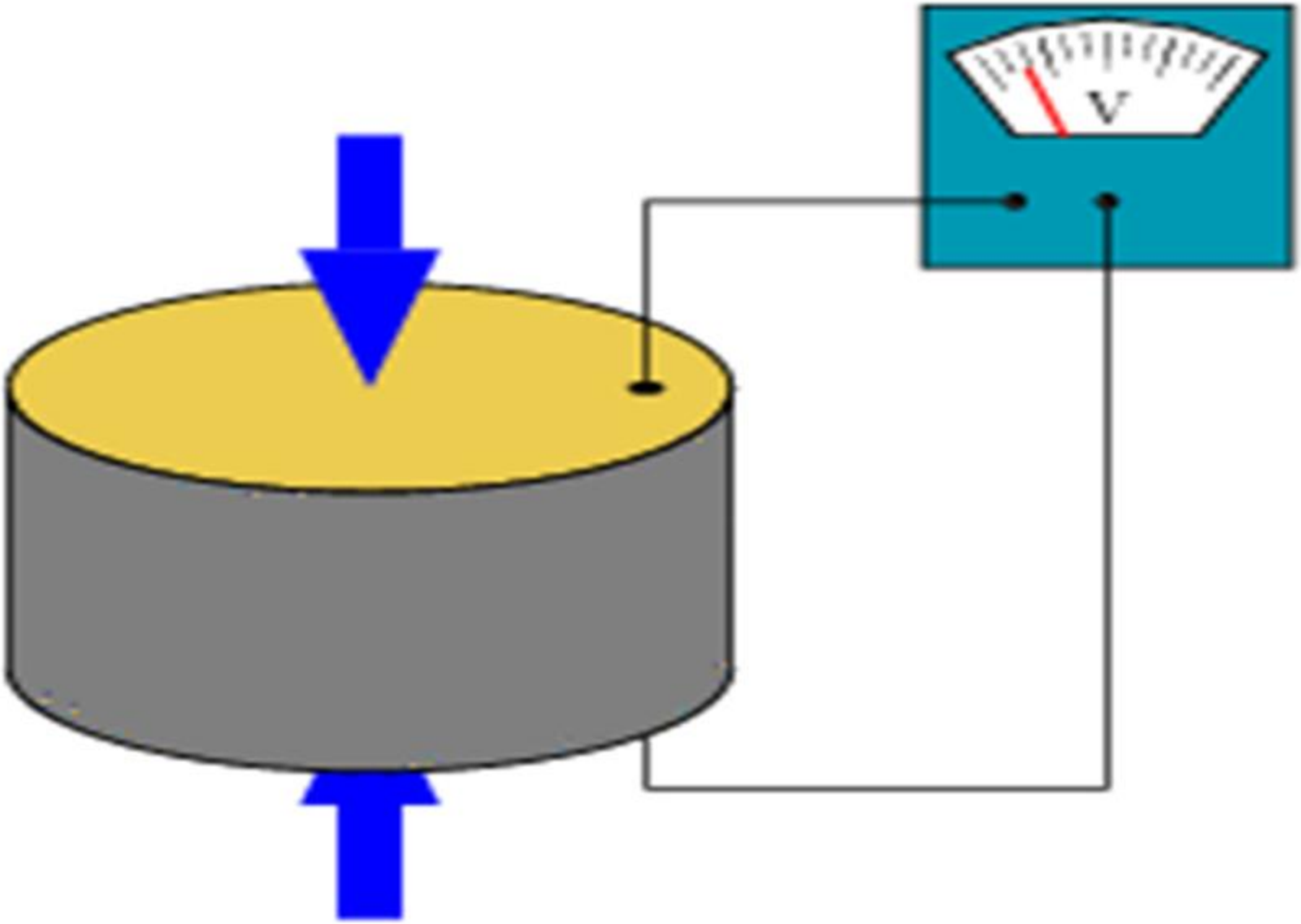
تتألف المسابر بأنواعها المختلفة بشكلٍ عام من:

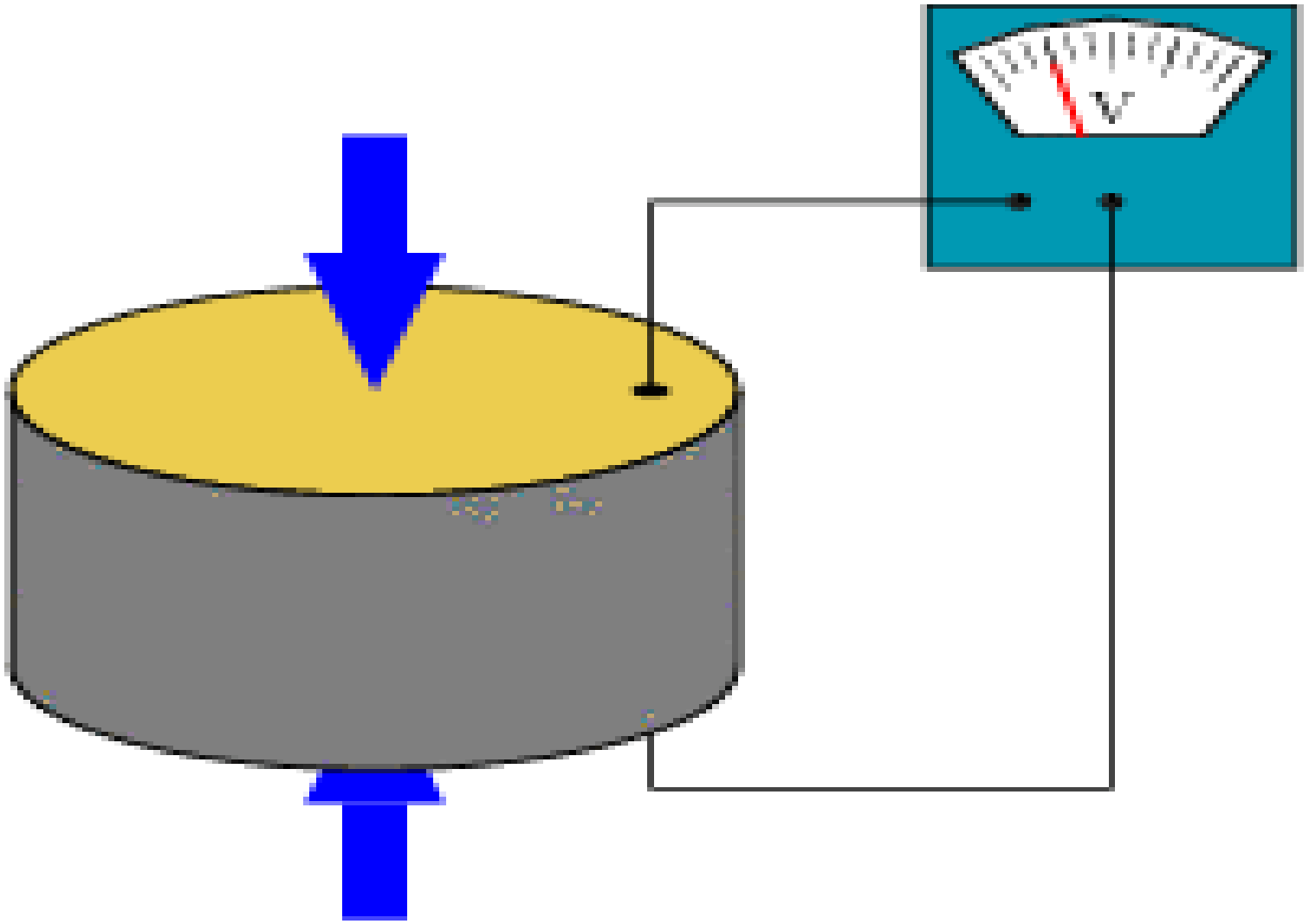


(a) Piezoelectric Transducers

والبلـورة


Crystal
+-+-+-
+-+-+-
Charges cancel
each other, so
no current flow


V



البلورة اختصار إلى .lnk

يستخدم في صناعة غالبية مسابر الاختبار بالأمواج فوق الصوتية المواد الكهرضغطية الصنعية عوضاً عن الكوارتز الذي تم الاستغناء عنه في كثير من التطبيقات نظراً

و

ويظهر الجدول بعض الخواص لثلاث مواد كهرضغطية تستخدم في مسابر الاختبار بالأمواج فوق الصوتية:

كبريتات الليثيوم Lithium Sulphate يستخدم في الاختبارات التي تتم عند درجة حرارة منخفضة جداً، ويتميز بأنه ذو قابلية عالية للانحلال في الماء .

(b) Backing Material

The backing material in a probe is used to control the two basic performance characteristics of the probe - resolution and sensitivity.

Resolution of a probe is its ability to separate the echoes from two flaws which are close together in depth.

Sensitivity of a probe is defined as the ability of the probe to detect echoes from small flaws.

To have a high resolution probe, the vibration of the transducer of the probe should be damped as quickly as possible. But to have a high sensitivity probe, the damping of the transducer vibration should be as low as possible. The two requirements are contradicatory to each other and therefore a compromise has to be made.

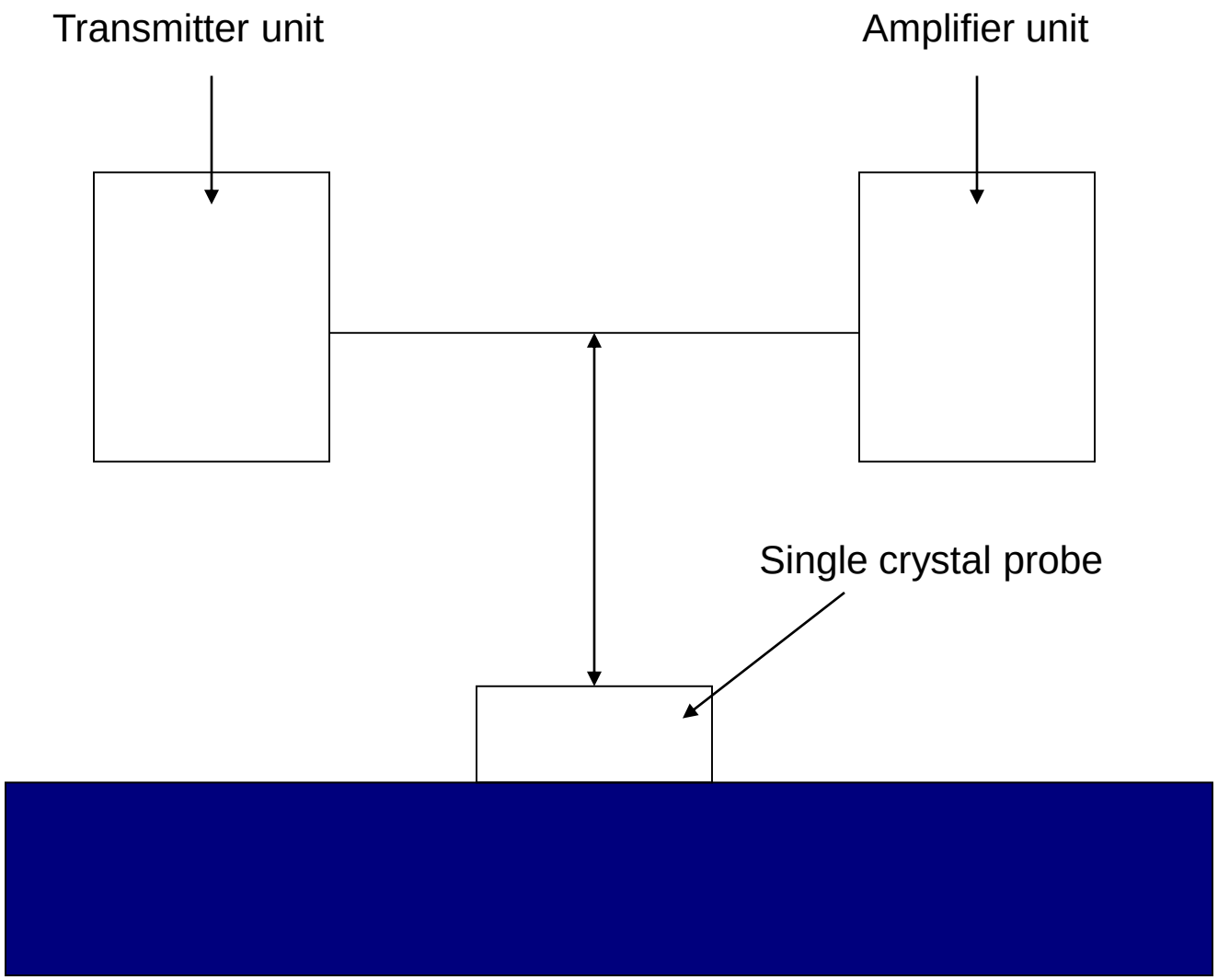
The maximum damping of the transducer's vibrations is achieved when the backing material has the same acoustic impedance as that of the transducer. This matching of the acoustic impedances of transducer and backing material allows the ultrasound to pass easily from the transducer into the backing material.

To have sufficient sensitivity with high resolution the mismatch of acoustic impedances of the transducer and backing material is usually approximately 5 to 1 for quartz transducers and 1.1 to 1 for lithium sulphate transducers.

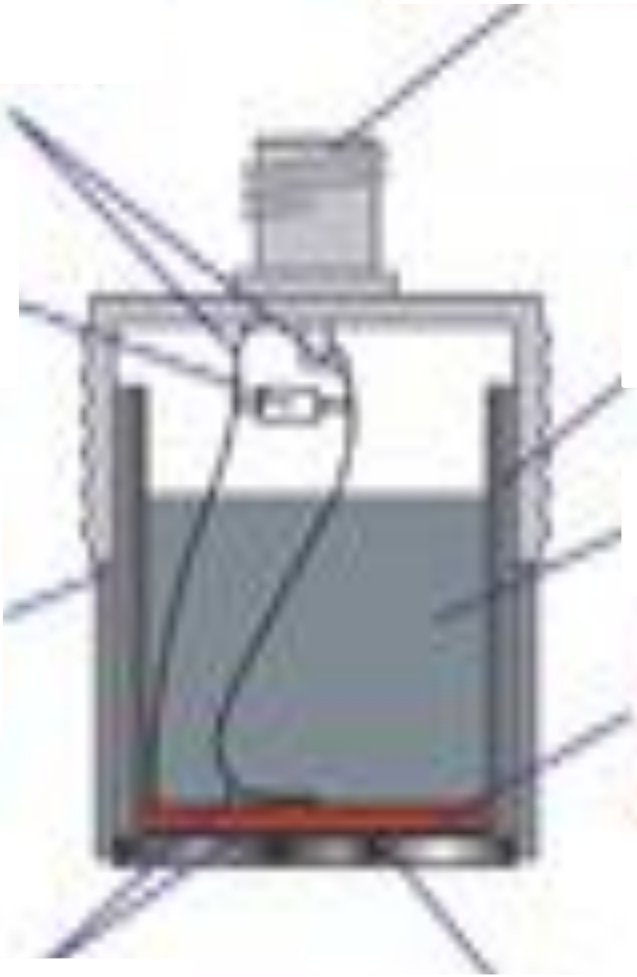
أنواع البروبات

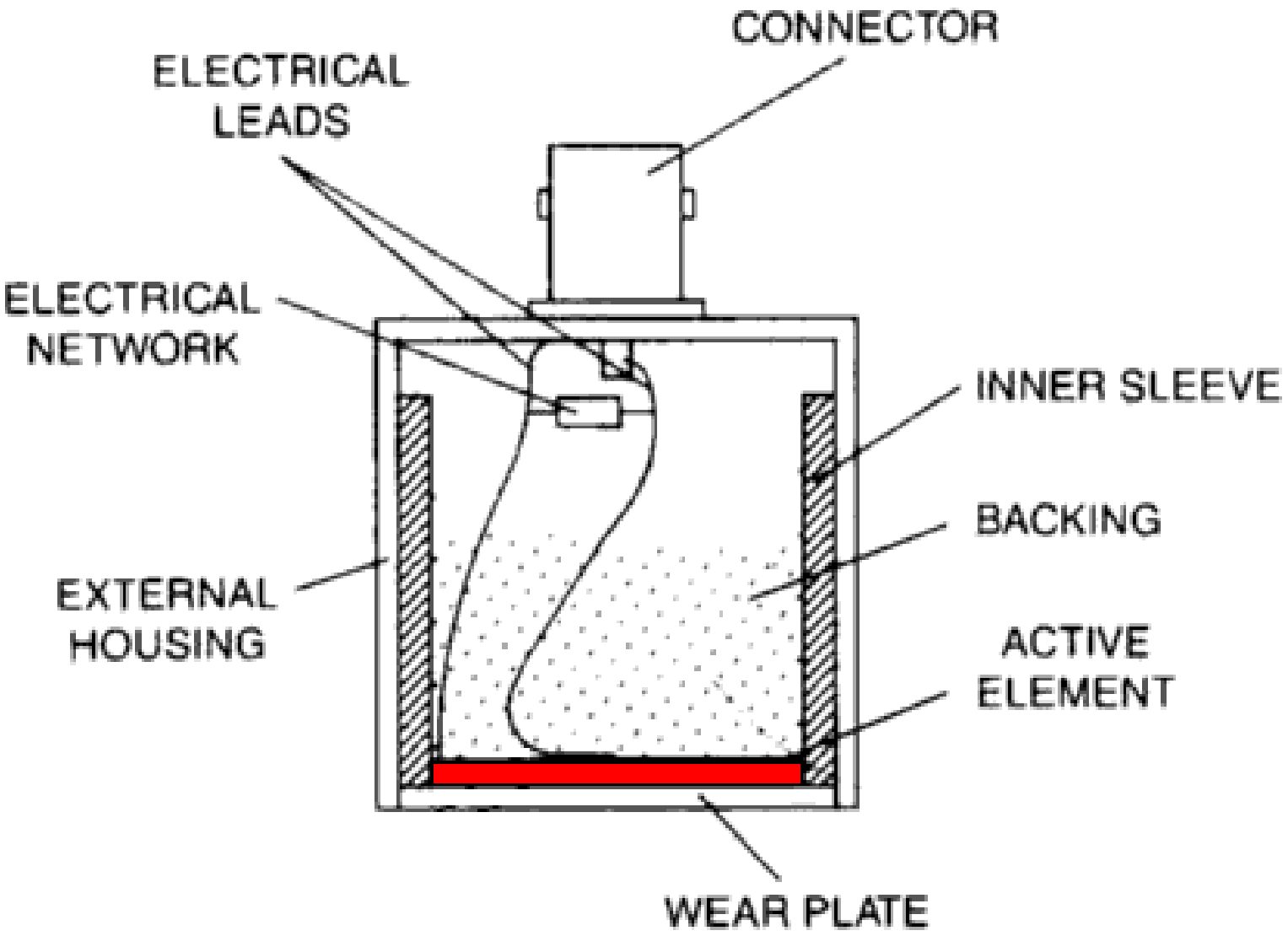
أحادي

(i) Single Transducer (Single Crystal) Normal Beam Probe

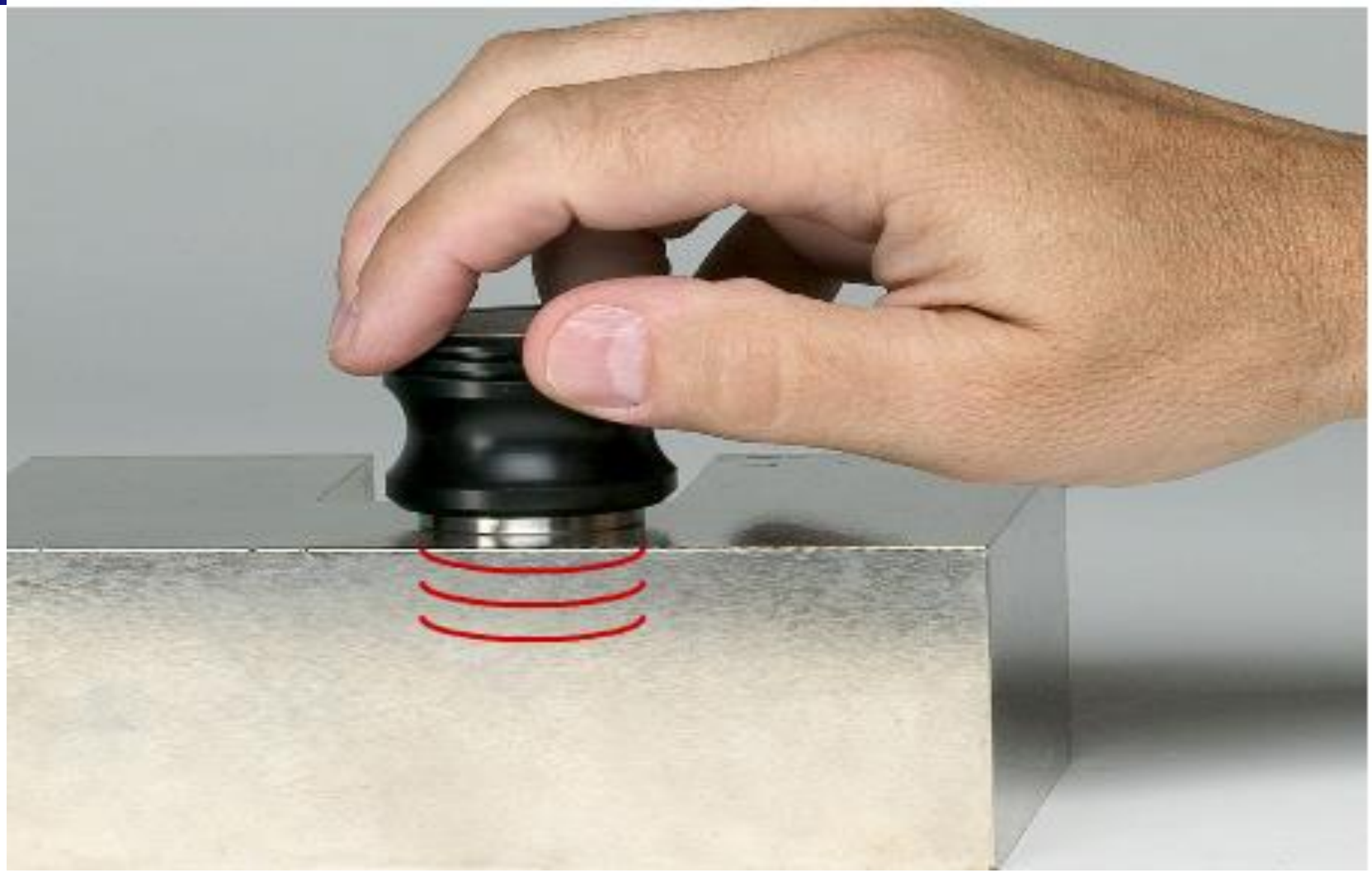


مکوناته




CONNECTOR
ELECTRICAL LEADS
ELECTRICAL NETWORK
INNER SLEEVE
BACKING
EXTERNAL HOUSING
ACTIVE ELEMENT
WEAR PLATE

- Use single transducer as emitter and receiver

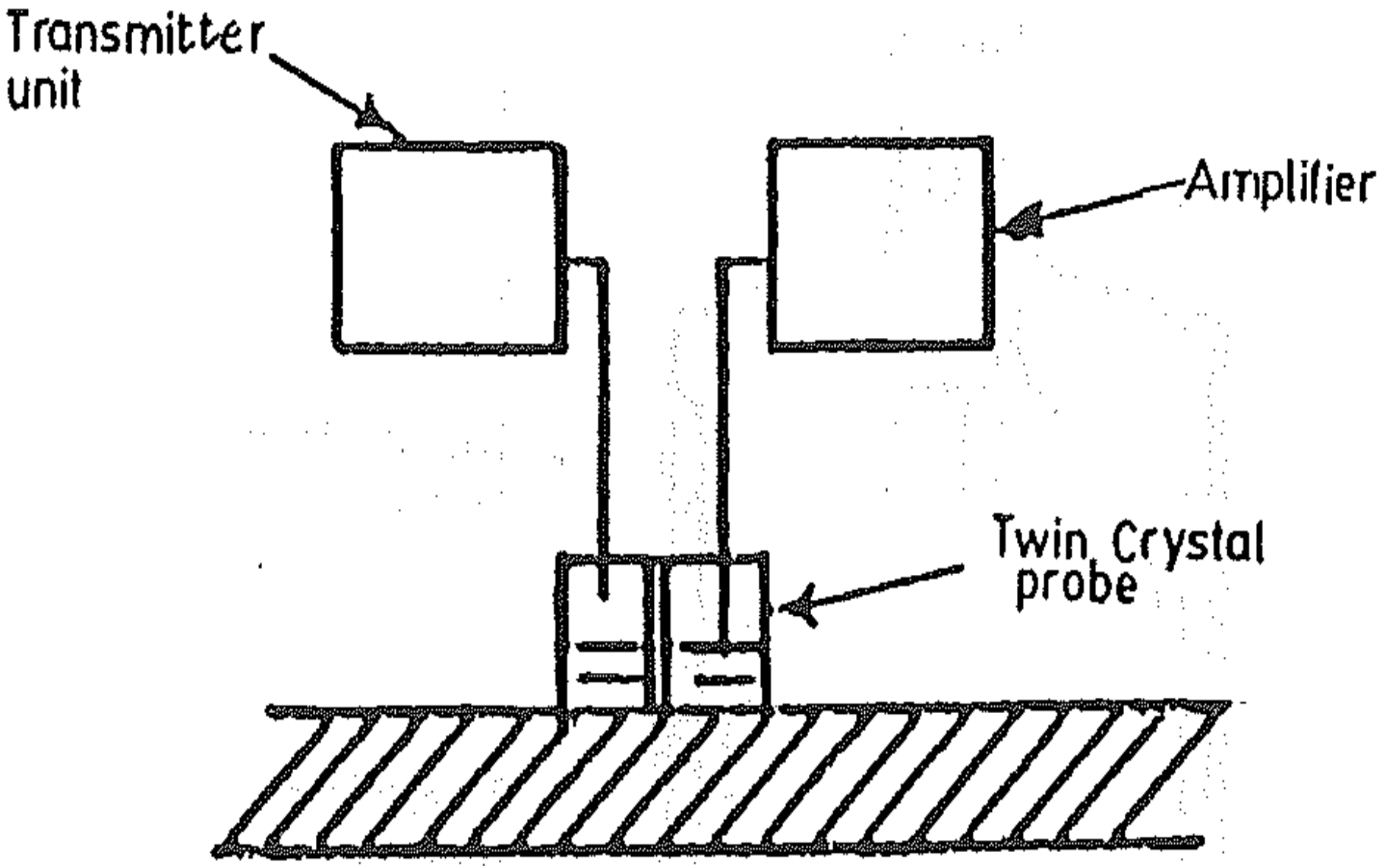


بروب أحادي الكريستال

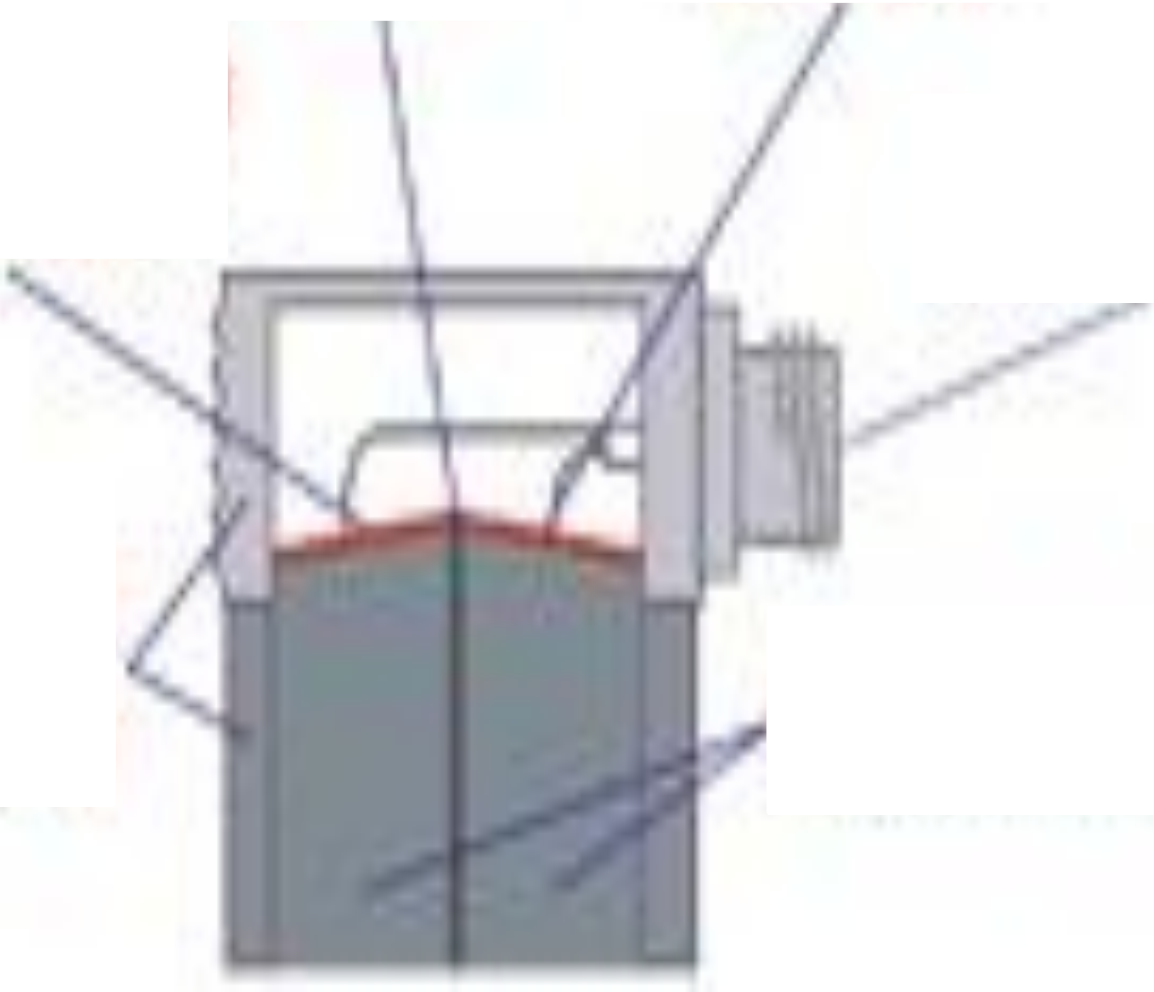
????? ?????.3gp

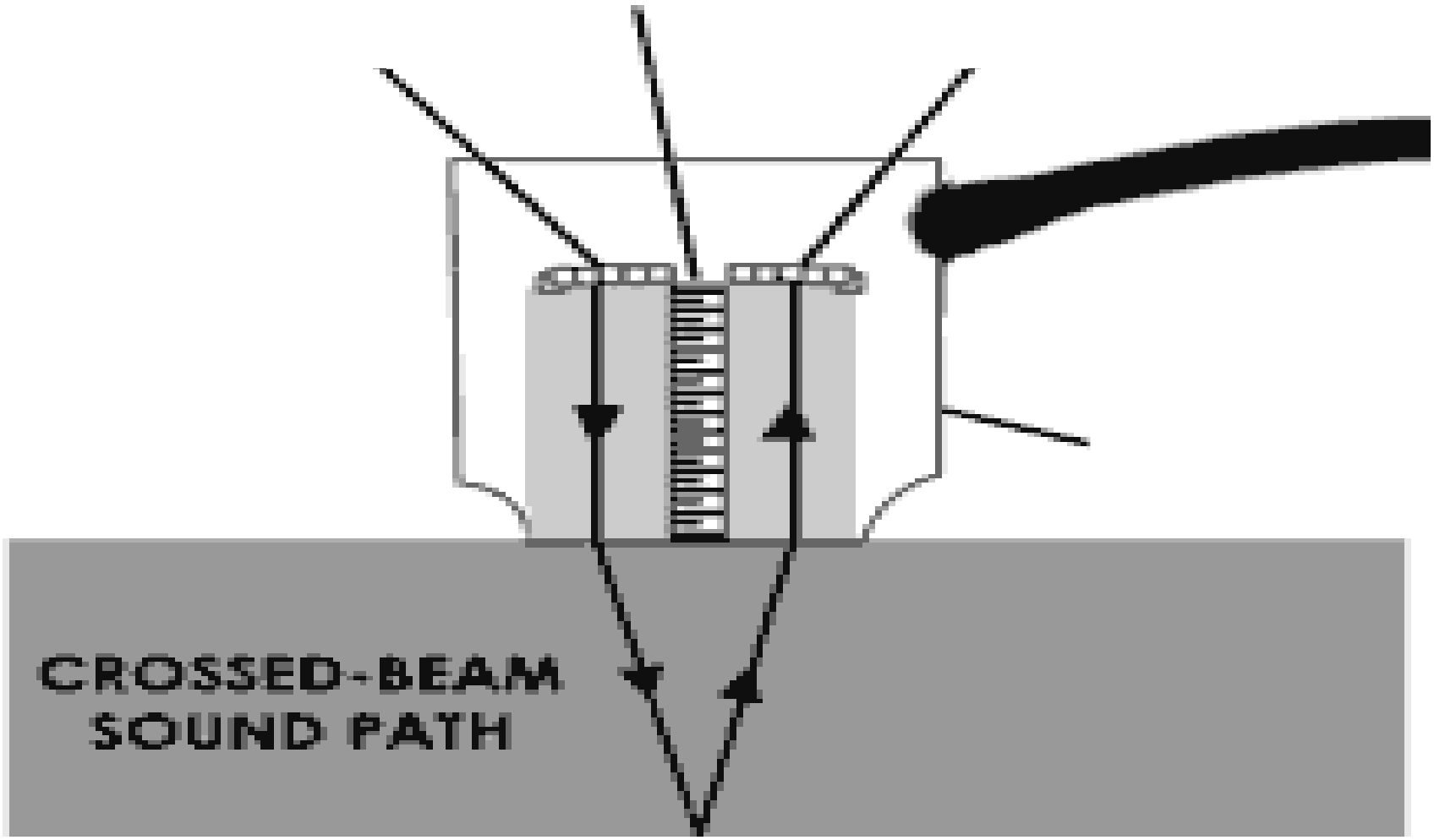
ثنائي

Mode of operation of twin crystal probe.

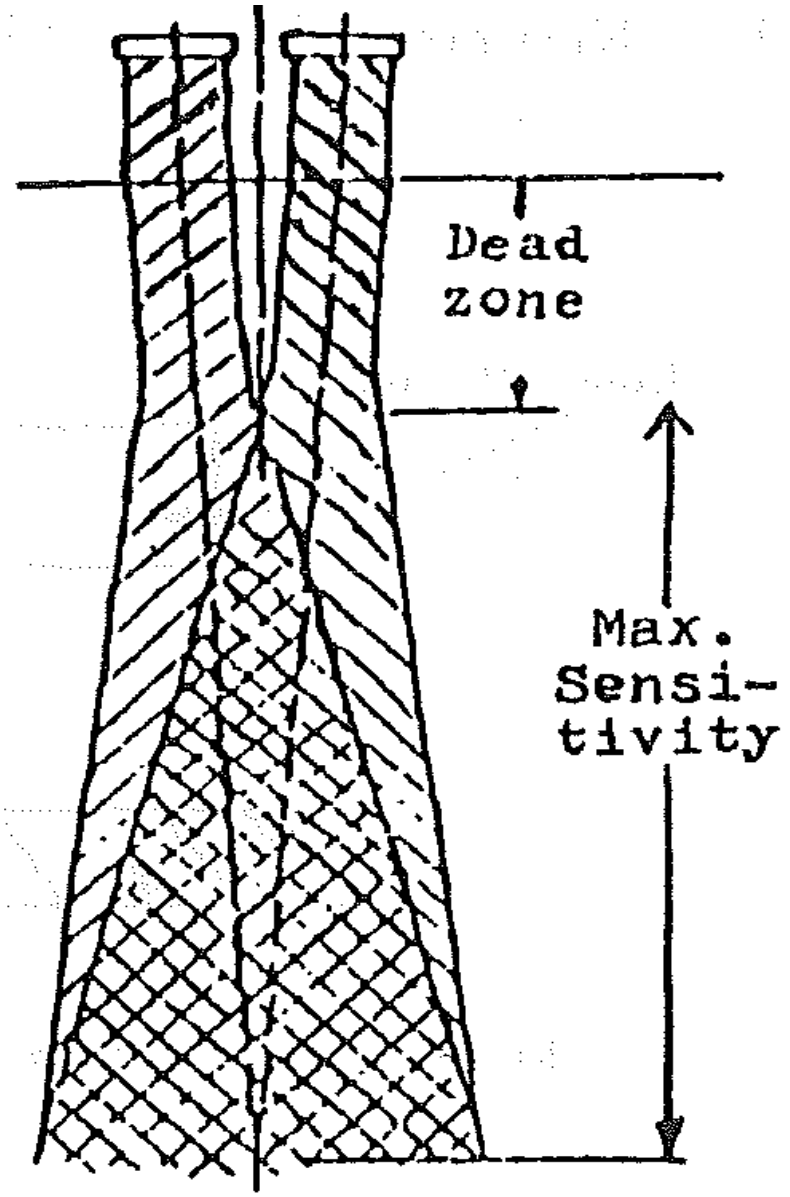


(ii) Double Transducers (Twin Crystal) Probes (or SE probes)



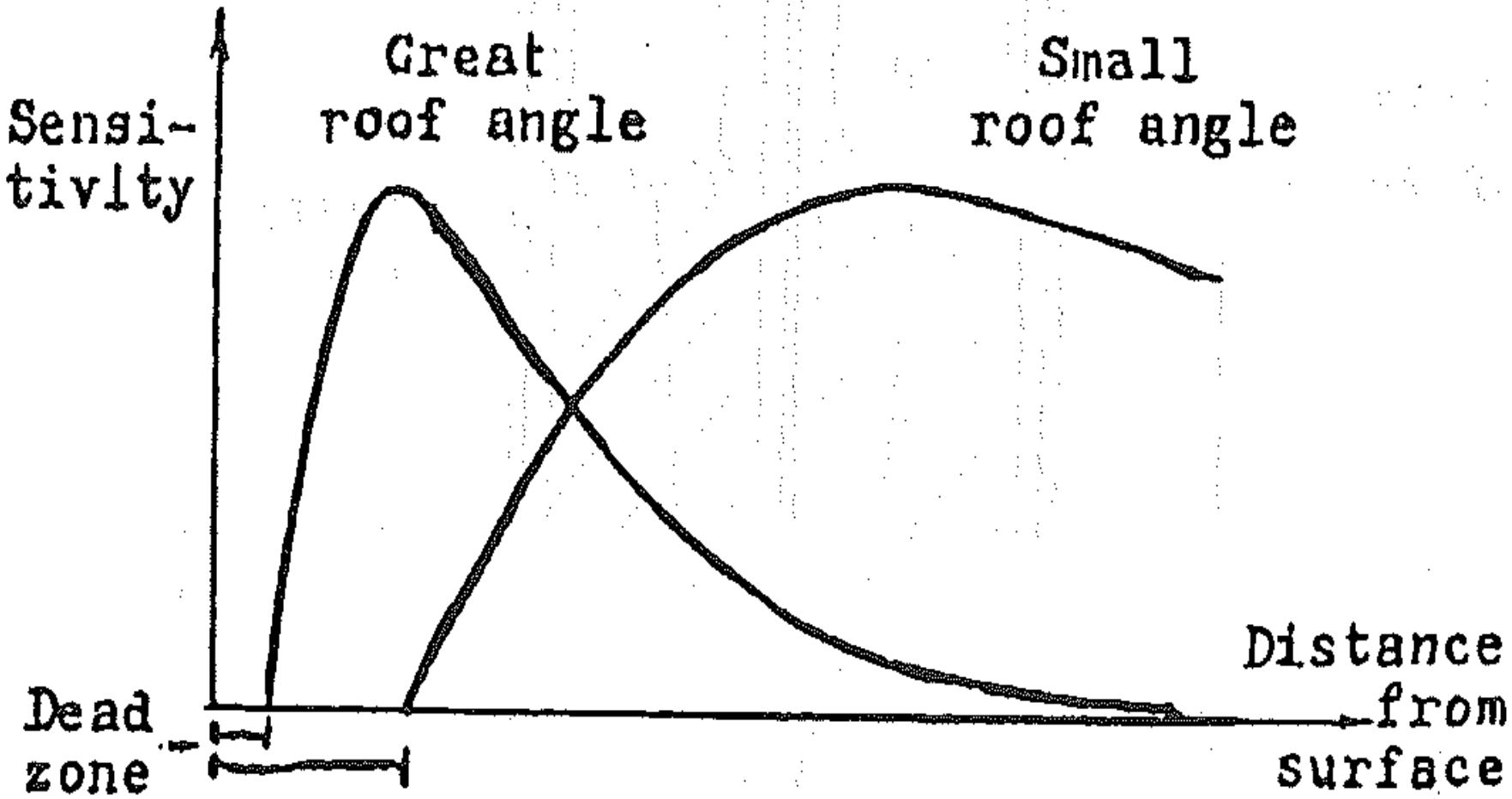

CROSSED-BEAM
SOUND PATH

- Design to eliminate dead zone

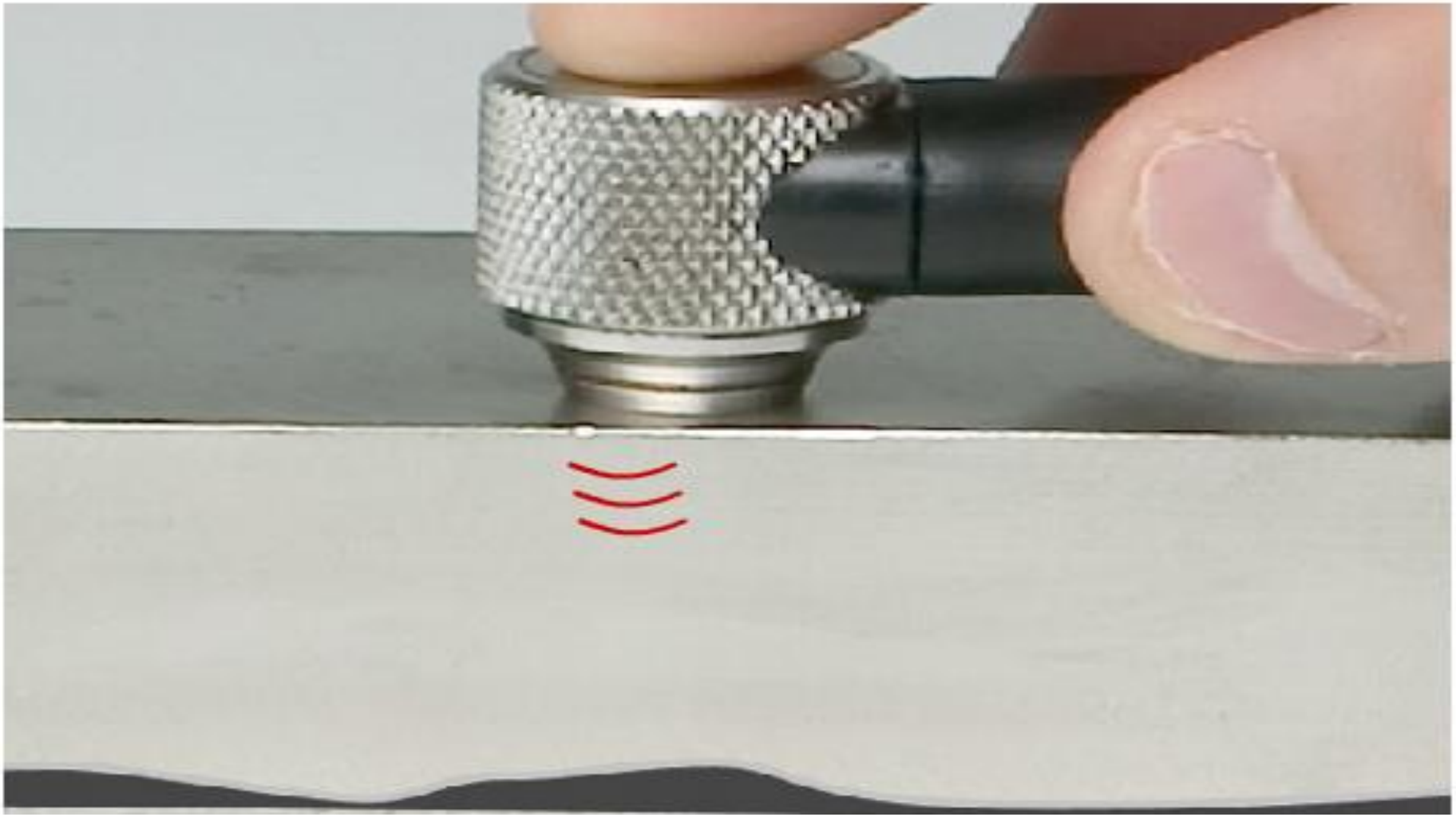


Small roof angle

Ultrasound propagation at great and small roof angles of a double crystal probe.



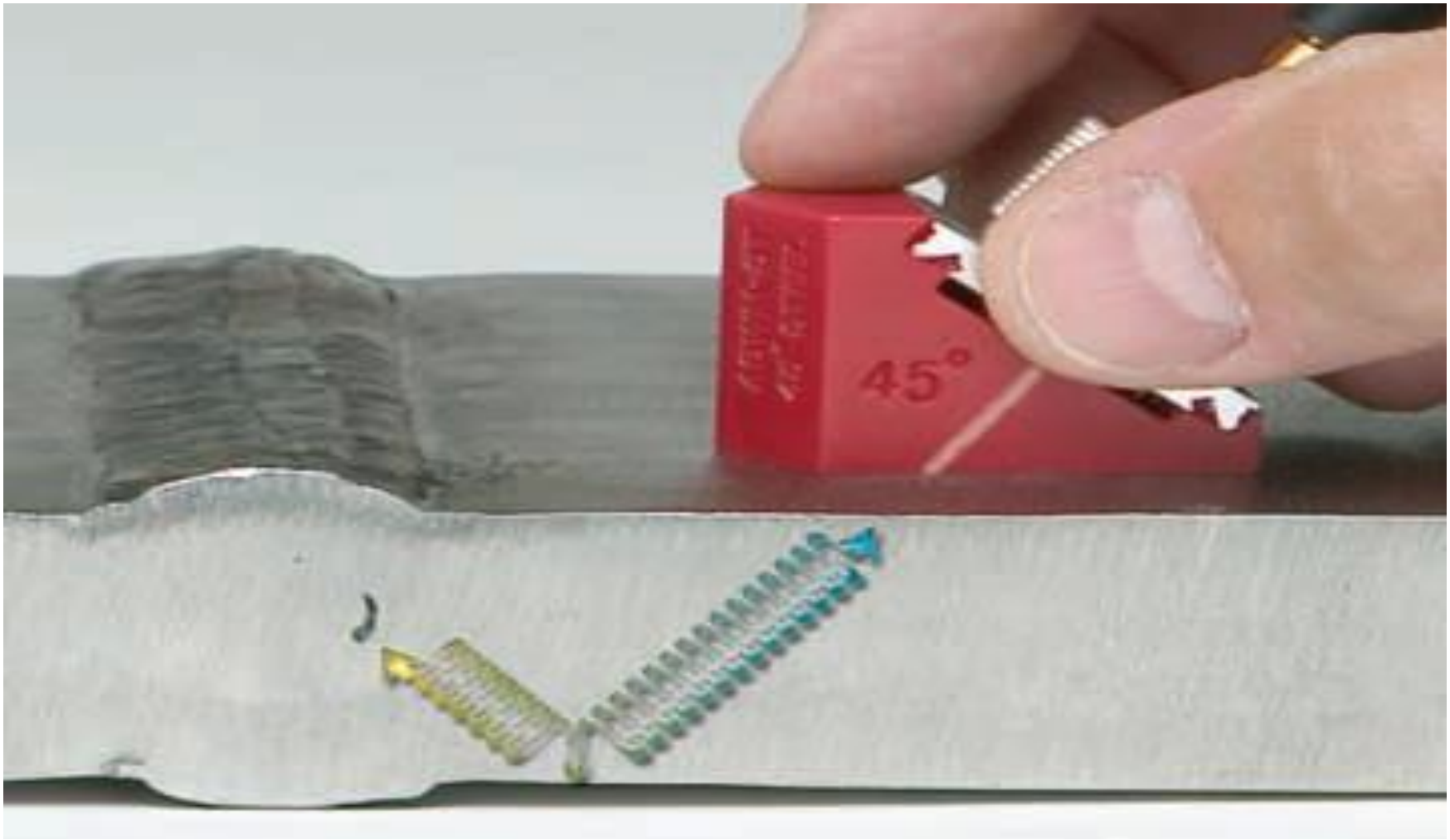
Influence of roof angles over sensitivity of twin crystal probe.



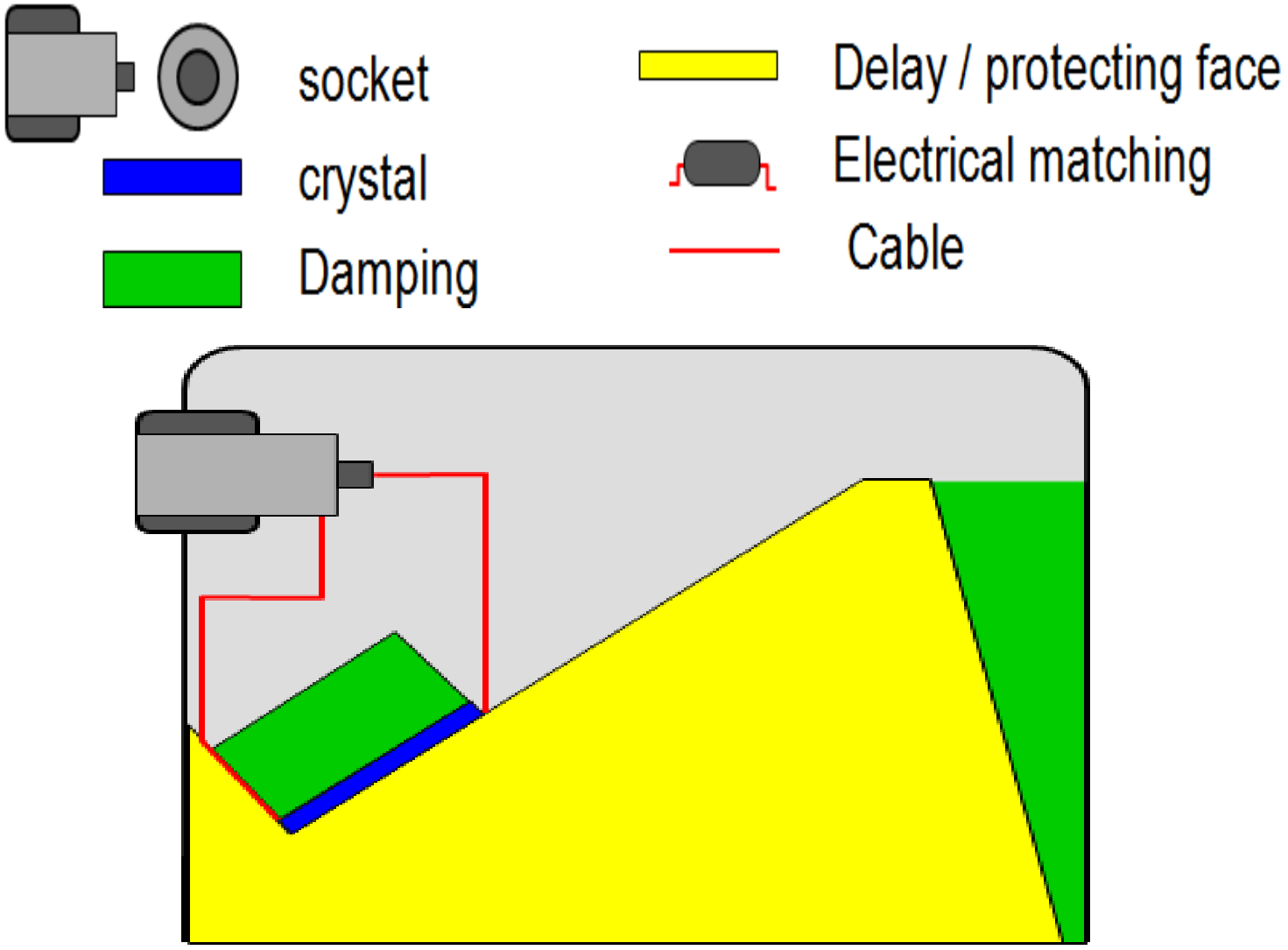
بروب ثنائي الكريستال

????? ?.3gp

زاوي

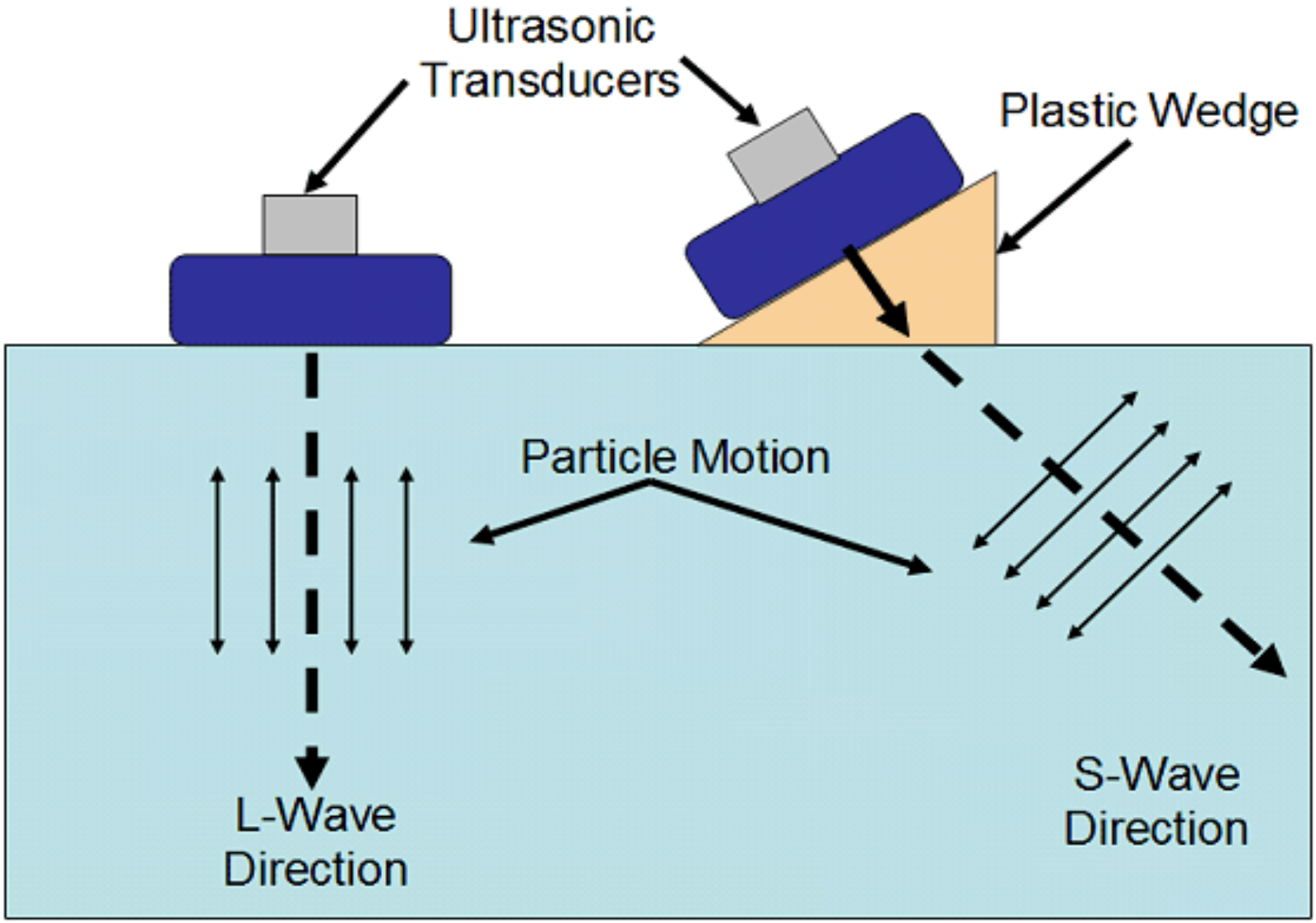


(iii) Angle Beam Contact Type Probes



Angle beam probe

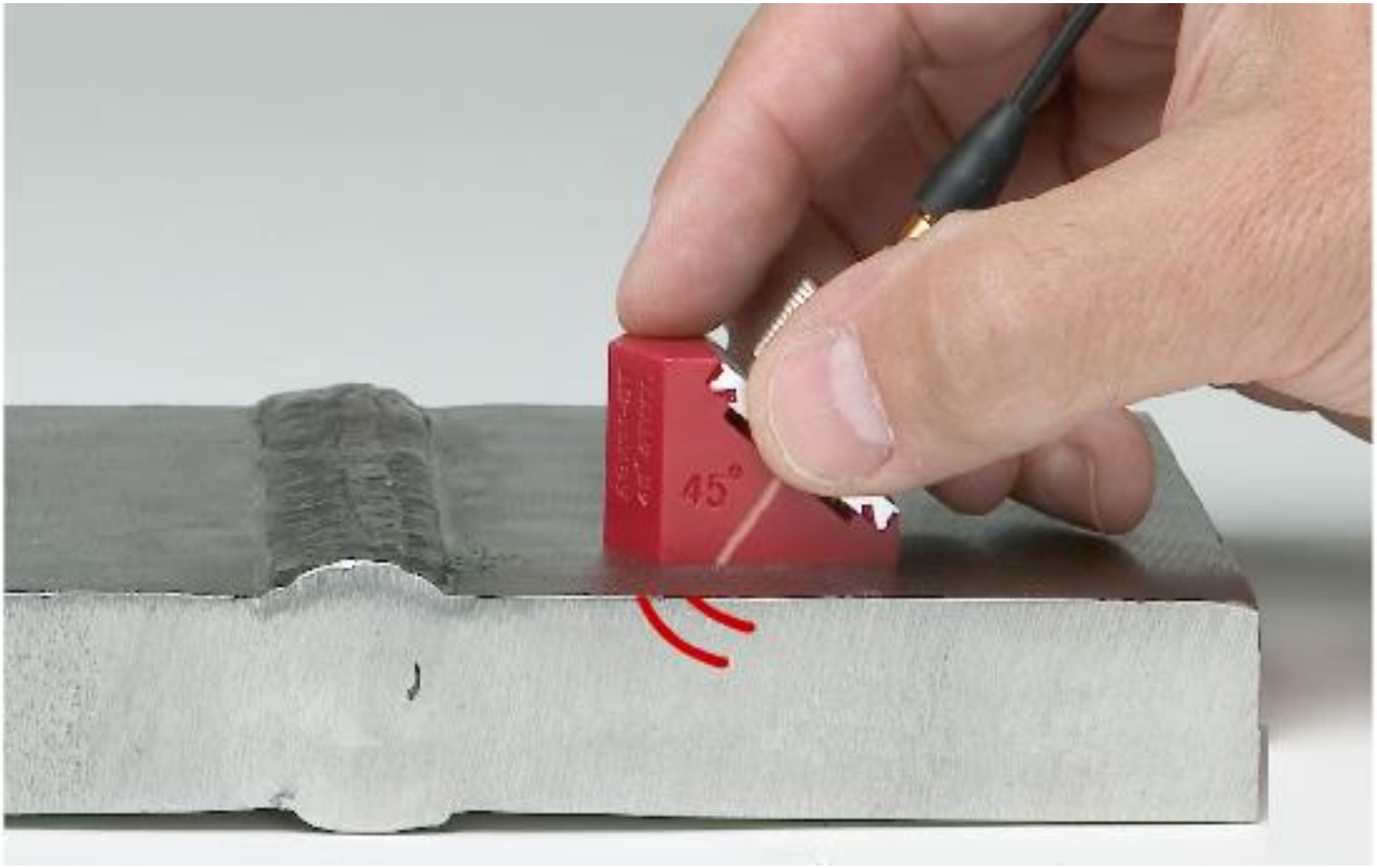
- Normally used to transmit transverse wave in material


Ultrasonic
Transducers
Plastic Wedge
Particle Motion
L-Wave
Direction
S-Wave
Direction

- Angle of incidence >1st critical angle so that only transverse wave transmitted to the metal
- LT wave totally reflected in wedge and damped by damping material
- Normally refracted angle in steel and exit point or probe index are marked the probe

- Can become surface wave probe if angle is chosen so that the refraction angle for transverse wave=90^{o}

- If use for ‘other than steel’ the refracted angle should be taken into account


45°

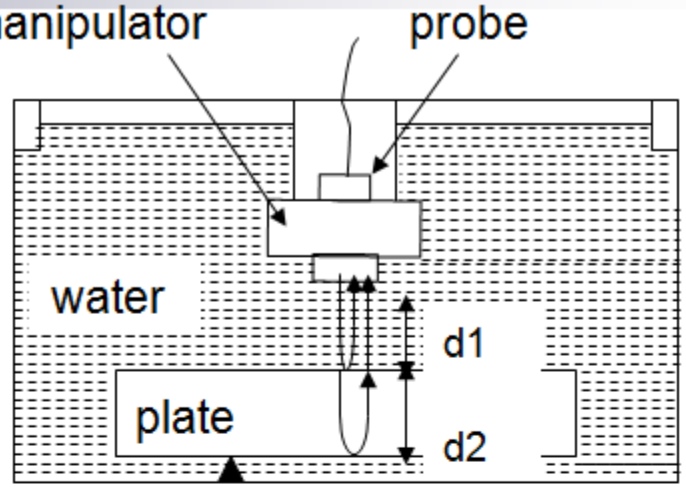
????? ????.3gp

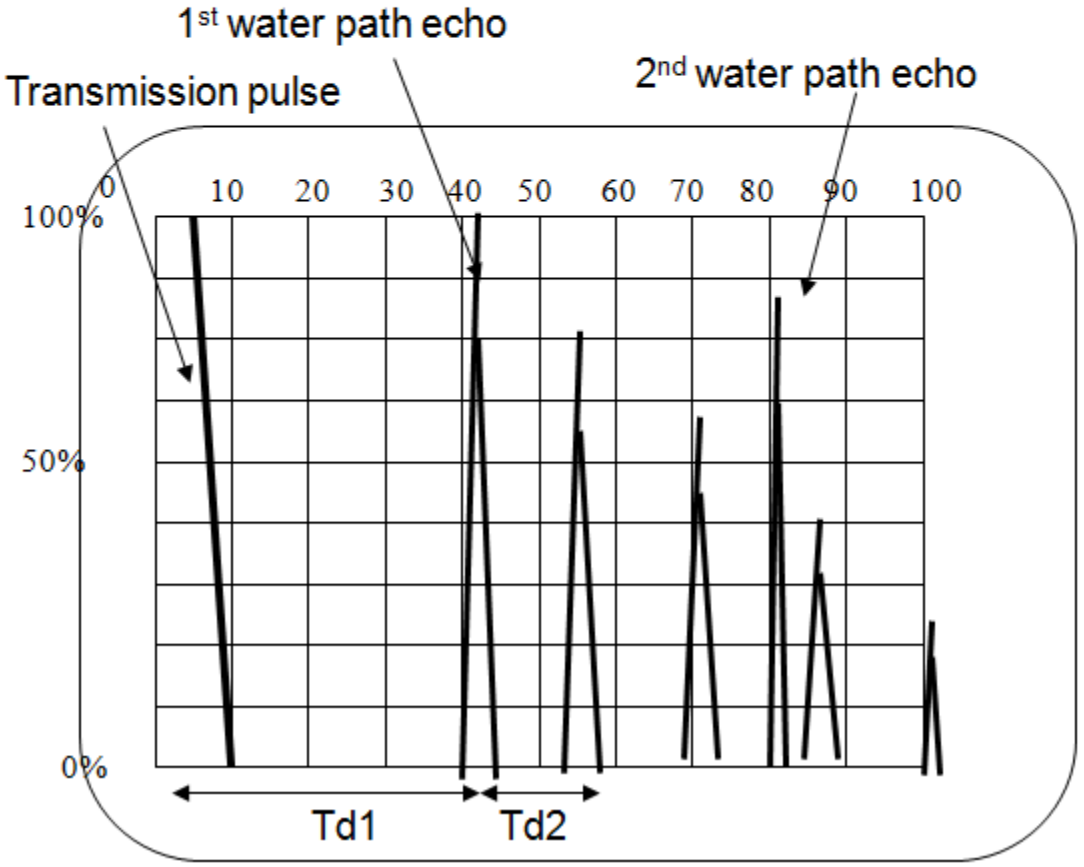
مركز الاختبارات و الأبحاث الصناعية

شكرا لإصغائكم

الفيزيائي : حميد الذياب

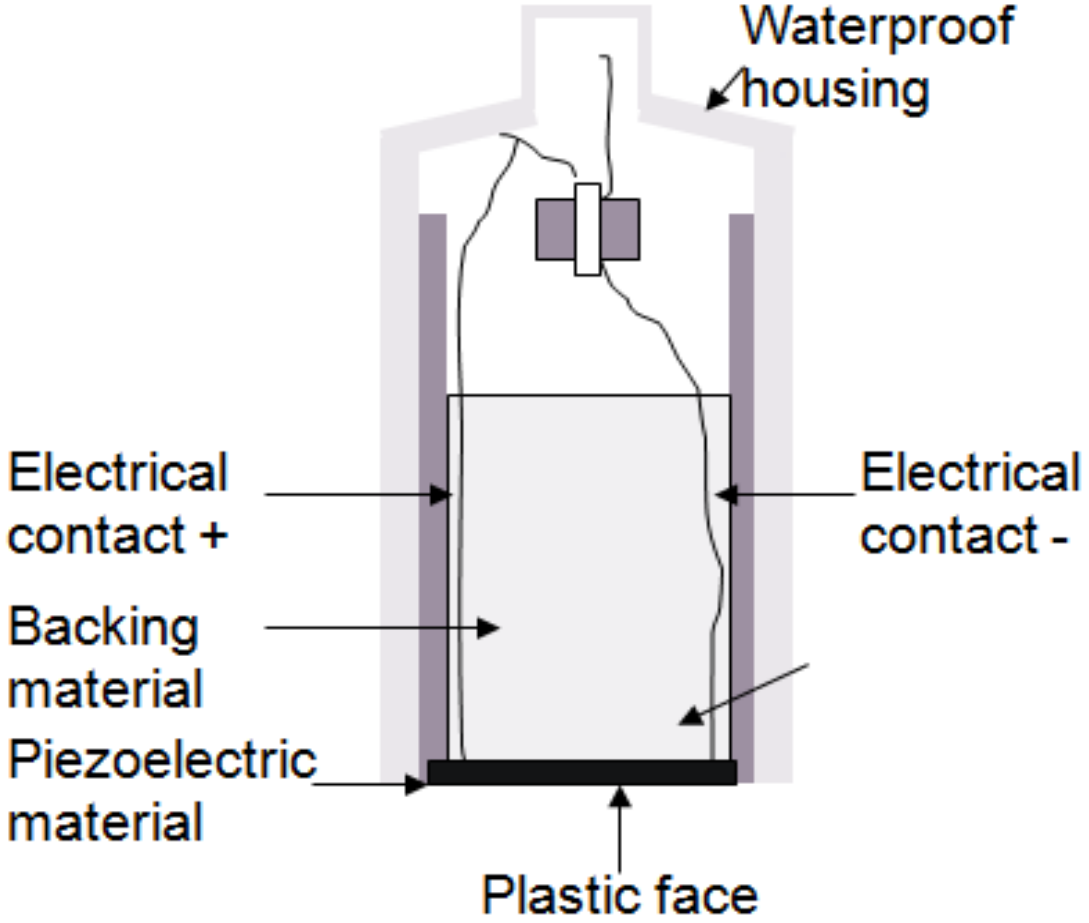
que


manipulator
probe
water
d1
plate
d2


1st water path echo
Transmission pulse
2nd water path echo
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
100%
50%
0%
Td1
Td2

Immersion probe

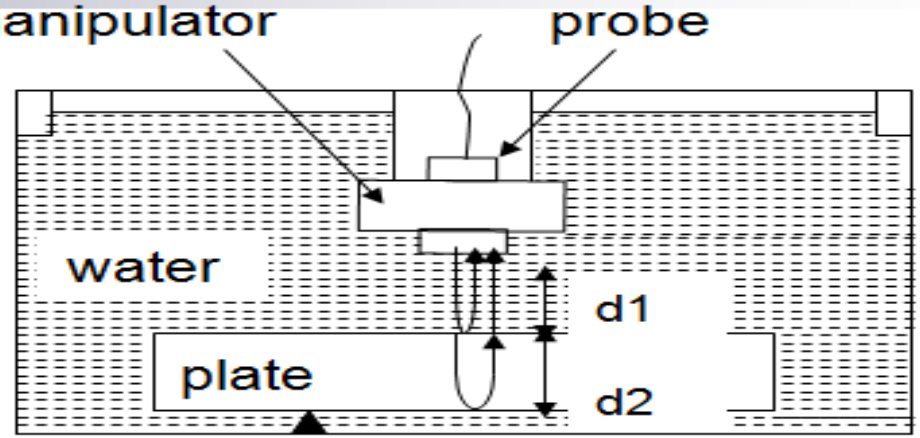
- Similar construction as normal probe
- Designed for water environment
- Place in water proof housing
- No wear plate require

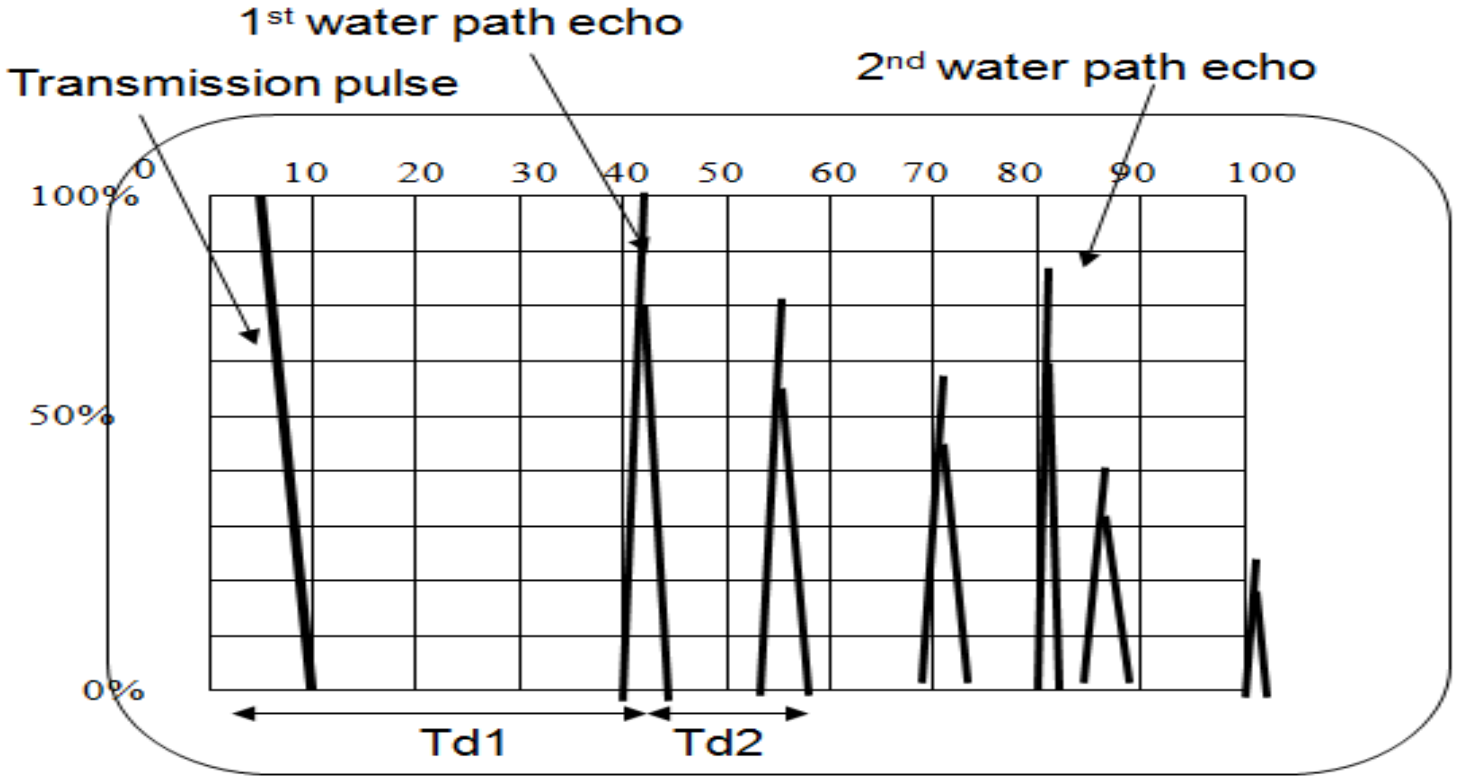


Immersion probe

- Water gap is about the thickness of the plate but timebase distance (Td1>Td2) due to difference in velocity,

  $V_{water}=1/4V_{steel}$
- To have 1st BW echo in- between 1st and 2nd surface echo, d1 must be bigger than (1/4)d2.


manipulator
probe
water
d1
plate
d2


1st water path echo
Transmission pulse
2nd water path echo
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
100%
50%
0%
Td1
Td2