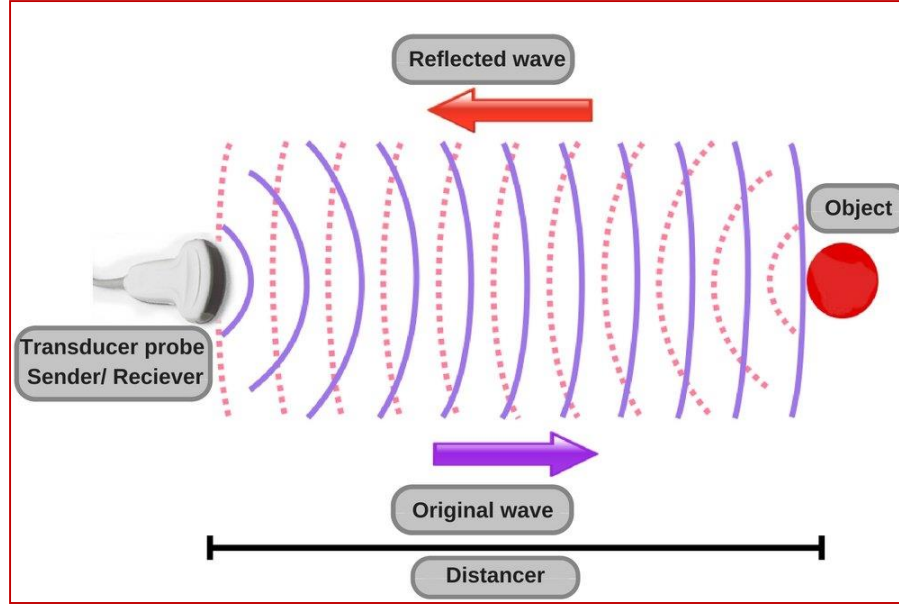


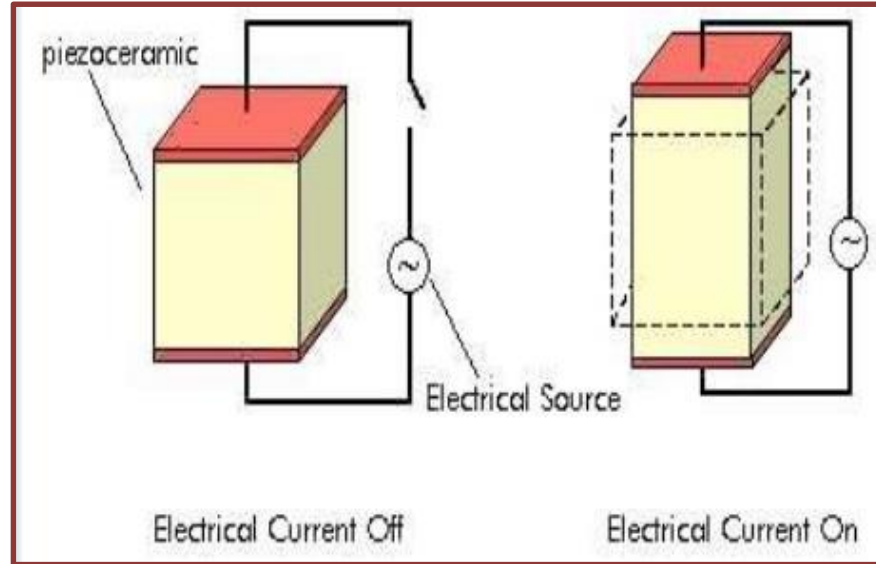
توهين الأمواج فوق الصوتية

توليد الأمواج فوق الصوتية

الأمواج فوق الصوتية هي اهتزازات ميكانيكية تتولد نتيجة لتحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة صوتية عند تطبيق الجهد الكهربائي على مبدلات الطاقة (Transducers) المصنوعة من بلورات ذات خواص كهر ضغطية (Piezoelectric Transducers).

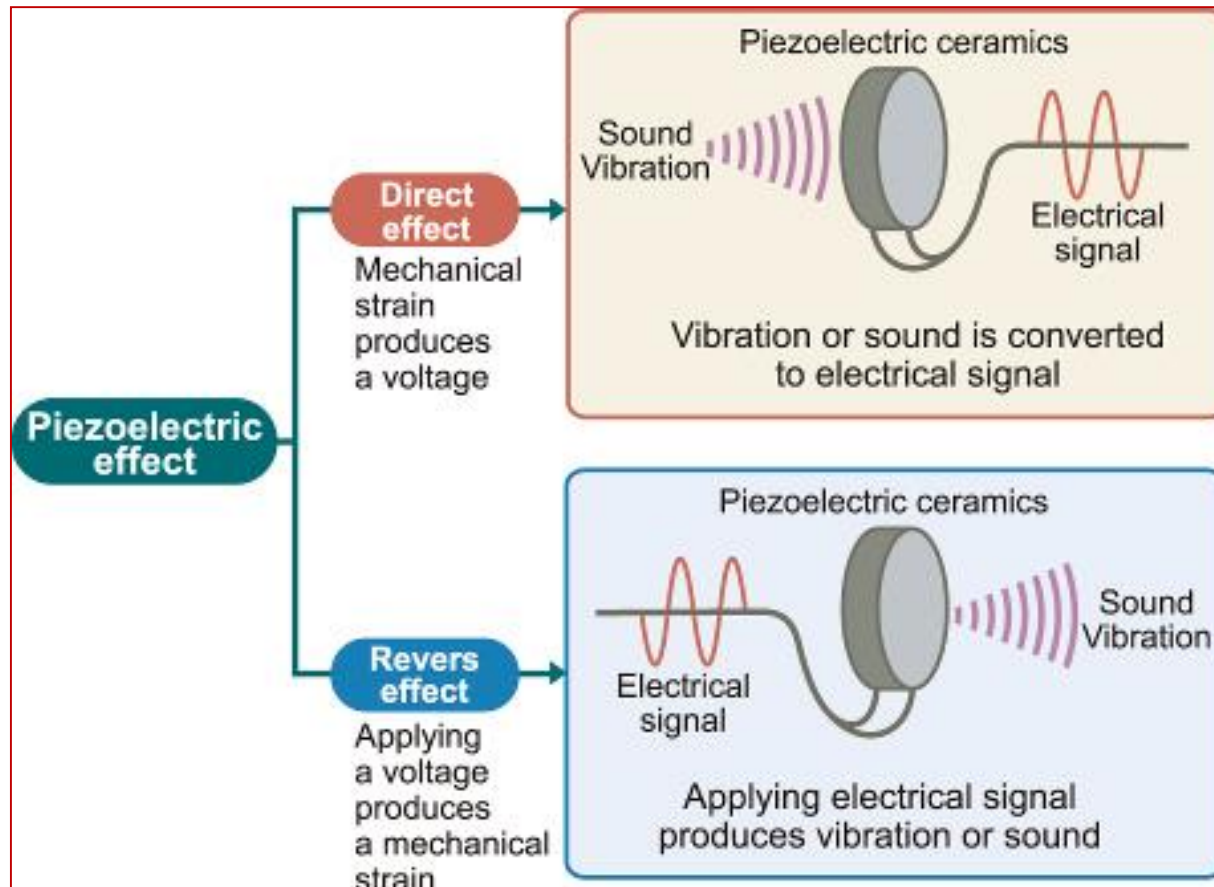


- تتفرد المواد الكهروضغطية بخاصتين هما:
- تنتج هذه المواد شحنة كهربائية قابلة للقياس عند تعرضها إلى إجهاد شد أو ضغط.
 - يزداد طول هذه المواد حتى ٤% عند إمرار تيار كهربائي فيها.

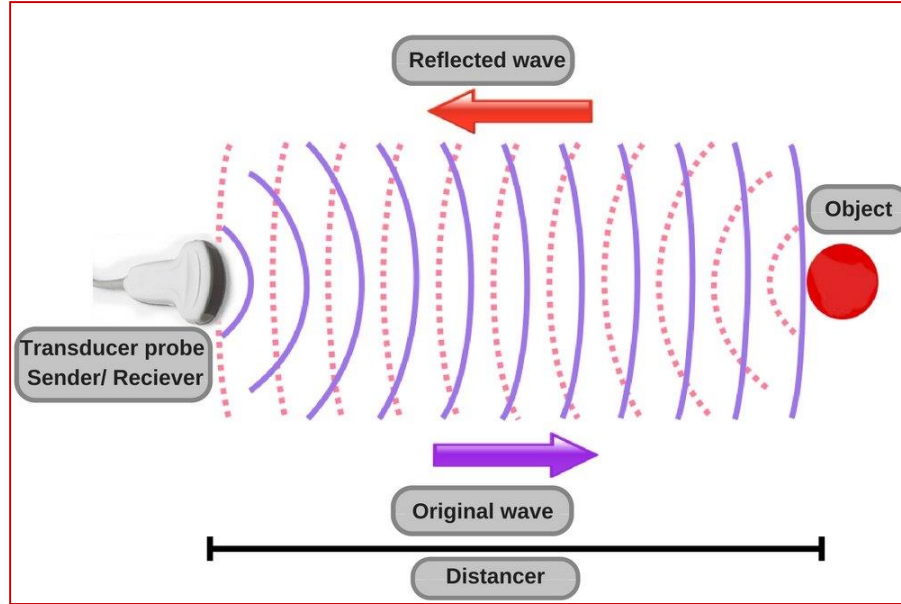


نتيجة

يمكن تطبيق الخاصة الكهرضغطية المباشرة في الكشف عن البنية الداخلية للمواد وتطبيق الخاصة الكهرضغطية العكسية في توليد الأمواج فوق الصوتية.



من تطبيقات الخاصة الكهرضغطية المباشرة نجد الحساسات الميكانيكية (strain sensor) وقداحات الغاز والميكروفونات ومسابر الأمواج فوق الصوتية.



من تطبيقات الخاصة الكهرضغطية العكسية نجد الميكروفونات البلورية crystal speakers والمهتزازات البلورية crystal oscillators وحساسات التحكم الآلي بالعمليات الصناعية actuators ولواقط الصوت التي تحول الصوت المسجل على اسطوانة إلى موجات كهربائية وغيرها.

مبدلات الطاقة المصنوعة من الكوارتز:



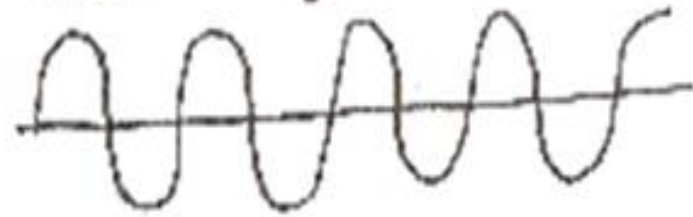
Acoustic wave
hits transducer



Pressure!

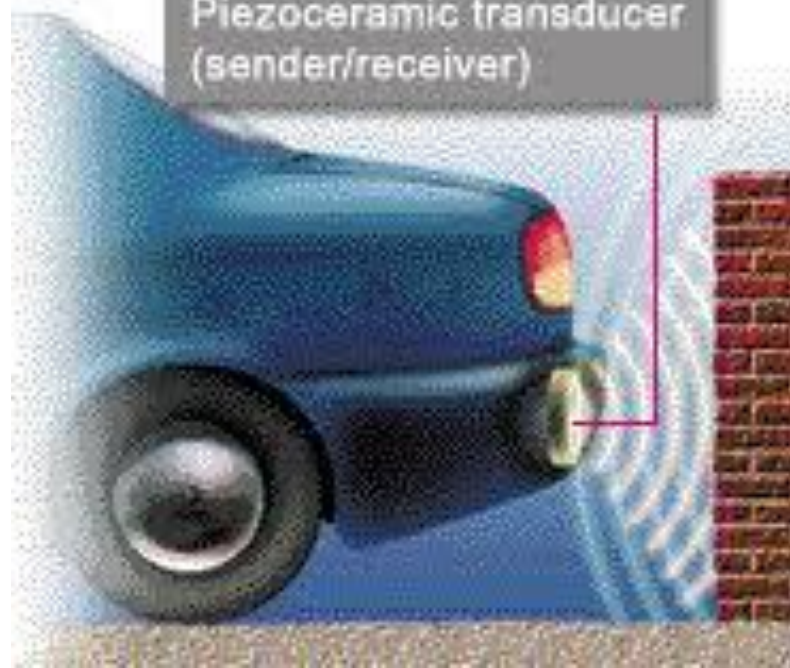


Transducer produces
electric signal.



Voltage!

Piezoceramic transducer
(sender/receiver)



الديسيبل (dB) The decibel

إذا أردنا المقارنة بين إشارتين لموجتين فوق صوتيتين الأولى ذات شدة I_0 والثانية ذات شدة I_1 ، تهز كل منهما بلور مسبار الاستقبال بضغط صوتي P_0 و P_1 على الترتيب وبالتالي فإن نسبة هاتين الإشارتين هي:

$$\frac{I_0}{I_1} = \frac{P_0}{P_1}$$

لكشف هذه الإشارات من الشائع استخدام راسم إشارة يتم من خلاله عرض الجهد الذي تنتجه كل إشارة فوق صوتية ويكون الضغط الصوتي متناسب مع مربع الجهد.

$$\frac{I_0}{I_1} = \frac{P_0}{P_1} = \left(\frac{V_0}{V_1} \right)^2$$

بأخذ اللوغاريتم العشري تطرفي المعادلة ينتج لدينا

$$\log \frac{I_0}{I_1} = \log \left(\frac{V_0}{V_1} \right)^2 = 2 \log \left(\frac{V_0}{V_1} \right) \quad [bels]$$

إن البل هي وحدة كبيرة نسبياً لذا نأخذ الوحدة الأصغر وهي الديسبل والتي تساوي:

$$dB = \frac{1}{10} [bel]$$

وبالتالي فإن نسبة قوة الإشارتين هي

$$\log \frac{I_0}{I_1} = 20 \log \left(\frac{V_0}{V_1} \right) \dots [dB]$$

- عرض إشارات الأمواج فوق الصوتية والتحكم بمطالها

يعتمد قياس التغيرات في تضخيم إشارات الأمواج فوق الصوتية أو توهينها على مفهوم الديسبل [dB].

لما كانت شدة الأمواج فوق الصوتية المرتدة عن الحدود العاكسة للعينة المختبرة تتناسب طرماً مع الضغط الصوتي ومع مربع الجهد ومع مربع ارتفاع الأصداء الناتجة على شاشة جهاز الاختبار فإنه يمكن كتابة العلاقة:

$$\log \frac{I_0}{I_1} = \log \frac{P_0}{P_1} = 20 \log \left(\frac{V_0}{V_1} \right) = 20 \log \left(\frac{H_0}{H_1} \right)$$

حيث:

H_0 ارتفاع الصدى للموجة الصوتية ذات الجهد V_0 .

H_1 : ارتفاع الصدى للموجة الصوتية ذات الجهد V_1 .

$$\log \frac{I_0}{I_1} = \log \frac{P_0}{P_1} = 20 \log \left(\frac{V_0}{V_1} \right) = 20 \log \left(\frac{H_0}{H_1} \right)$$

تتلخص مزايا استخدام وحدات الديسبل بما يلي:

• يمكن تحويل النسبة الكبيرة لمطالات الأصداء إلى أعداد صغيرة

$$1000 : 1 = 60\text{dB}$$

$$20 \log 1000 = 60\text{dB}$$

$$10^6 : 1 = 120\text{dB}$$

$$20 \log 1000000 = 120\text{dB}$$

• يتطلب مضاعفة نسبة إشارتي الصدى إضافة عدد صحيح من الـ dB

فلمضاعفة نسبة الإشارة إلى الضعف يتم إضافة **6 dB**.

$$20 \log 2/1 = 6\text{dB}$$

ولمضاعفة نسبة الإشارة إلى عشرة أضعاف يتم إضافة **20 dB**

$$20 \log 10/1 = 20\text{dB}$$

ولمضاعفة نسبة الإشارة إلى مئة ضعف يتم إضافة **40 dB**

مثال ١: أوجد مقدار الزيادة في ارتفاع الصدى لموجة صوتية عند إضافة تضخيم مقداره 40 dB

$$40dB = 20 \log \frac{H_0}{H_1} \rightarrow$$

$$\log \frac{H_0}{H_1} = 2$$

$$\frac{H_0}{H_1} = \text{anti log } 2 =$$

$$\frac{H_0}{H_1} = 100$$

$$H_0 = 100H_1$$

مثال ٢: أوجد مقدار الزيادة في ارتفاع الصدى لموجة صوتية عند إضافة تضخيم مقداره 14 dB

وتصبح نسبة ارتفاع إشارة الصدى للموجة عند إضافة 14 dB مضخمة إلى :

$$14 = 20 \log \frac{H_0}{H_1} \rightarrow \frac{H_0}{H_1} = \text{anti log } 0.7$$

$$\frac{H_0}{H_1} = 5$$

يبين الجدول رقم (٢) قيمة التوهين ونسبة ارتفاع الصدى للموجة الصوتية مقدرة بالـ dB

dB value	Echo height ratio	dB value	Echo height ratio
1	1.12	14	5.00
2	1.26	15	5.62
3	1.41	16	6.31
4	1.59	17	7.8
5	1.78	18	7.94
6	2.00	19	8.91
7	2.24	20	10.00
8	2.51	21	11.2
9	2.82	22	12.59
10	3.16	23	14.13
11	3.55	24	15.85
12	3.98	25	17.78
13	4.47		

الجدول ٢: نسبة ارتفاع الصدى بين موجتين صوتيتين

توهين الصوت Attenuation of sound

التوهين هو الضياع في طاقة الحزمة الصوتية، حيث أن طاقة الموجة الصوتية المستقبلية هي أقل بكثير من طاقة الموجة المرسلية من المسبار والتي تدعى بالنبضة الأولية (Initial pulse).

ينتج التوهين عن العوامل الخمسة التالية:

- التبعثر (scattering)
- الامتصاص (Absorption)
- تعرج السطح (Surface roughness)
- الانعراج (Diffraction)
- الانتشار (Spreading).

توهين الأمواج فوق الصوتية نتيجة التبعثر

ينشأ تبعثر الأمواج فوق الصوتية نتيجة لعدم التجانس التام للمادة التي تمر فيها الأمواج فوق الصوتية. وذلك لنشوء حدود فصل ما بين مادتين متباينتين بالمعاوقة الصوتية كوجود المتضمنات أو الفقاعات في المادة أو حتى بسبب وجود حدود لحبيبات المادة التي قد تحتوي على ملوثات. كما يتواجد مواد عديدة هي غير متجانسة عند التصنيع كحديد الصب المكون من نسيج من الحبيبات والفحم المختلفين بالكثافة ومعامل المرونة حيث ينتج عن كل حبيبة من النسيج تبعثر للموجة الصوتية.

كما يمكن مصادفة التبعثر في المواد وحيدة البلورة متباينة الخواص (Anisotropic) والتي تكون خواصها غير متجانسة في جميع الاتجاهات والتي تظهر مثلاً اختلاف في سرعة الصوت عند قياس السرعة باتجاهات مختلفة على محاور المادة. كذلك يمكن أن يحدث تبعثر الصوت في المادة المتجانسة عند وجود أحد الحبيبات فيها متوجهة بشكل مختلف عن الحبيبات الأخرى.

وكذلك يحدث التبعثر في المواد المكونة من نماذج مختلفة من التبلور أو الأطوار والتي لا تسبب فقط توهين طاقة الحزمة الصوتية وإنما أيضاً توليد العديد من إشارات الصدى على شاشة جهاز الاختبار والتي قد تؤثر على إخفاء أو تمويه إشارات العيوب الحقيقية.



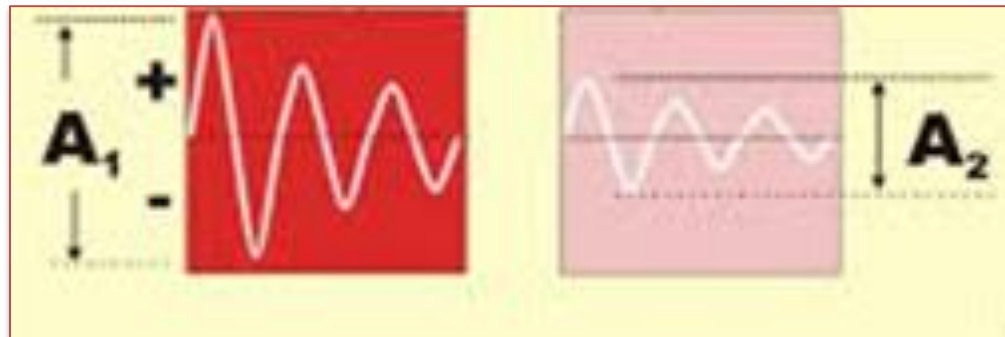
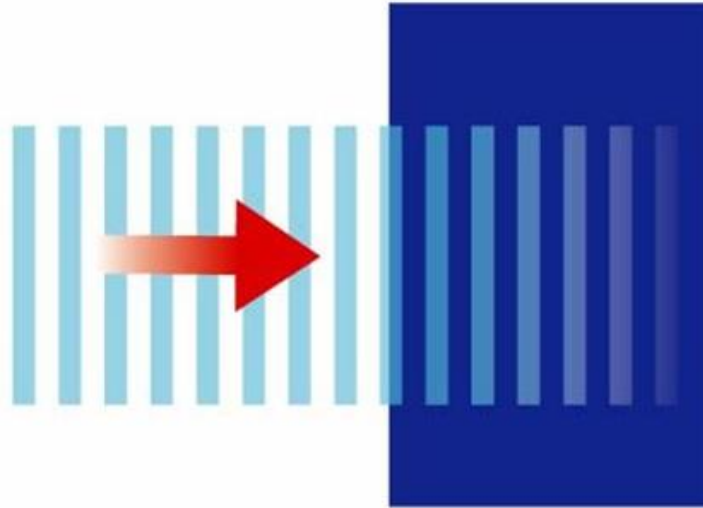
يمكن تجنب حدوث التبعثر عند العمل على أطوال أمواج صوتية أكبر من أبعاد جزيئات أو حبيبات المادة. فمثلاً العمل على طول موجة أكبر بعشر مرات على الأقل من أبعاد جزيئات أو حبيبات المادة المختبرة.

توهين الأمواج فوق الصوتية نتيجة للامتصاص:

ينتج هذا النوع من التوهين نتيجة لتحويل جزء من طاقة الموجة الصوتية إلى حرارة، حيث تتحرك جزيئات المواد عندما لا تكون بدرجة حرارة الصفر المطلق في حركة مستمرة عشوائية نتيجة للحرارة المتواجدة فيها، وتزداد حركة الجزيئات مع ارتفاع درجة حرارة المادة. فعند انتشار الموجة الصوتية في المادة تحرض العديد من الجزيئات فتنقل لها طاقة لتتوس وتتحرك بسرعة أعلى ولمسافة أكبر وتستمر هذه الحركة حتى بعد مرور الموجة الصوتية، نتيجة للاصطدام الجزيئات المحرصة مع جزيئات غير متحرصة، وبالتالي فإن جزء من طاقة الموجات الصوتية تم تحويلها إلى طاقة حرارية في المادة.

يزداد توهين طاقة الحزمة الصوتية بالامتصاص مع ازدياد سرعة نوسان وحركة جزيئات المادة وتكون هذه الزيادة متناسبة طردياً مع ارتفاع التردد.

Wave is absorbed
by a material and
may disappear.

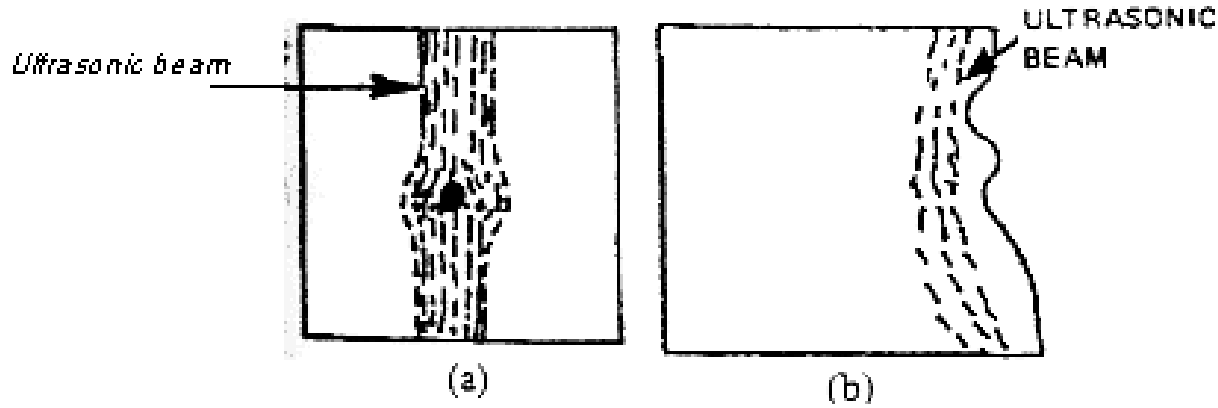


توهين الأمواج فوق الصوتية نتيجة لوجود المادة الرابطة وخشونة السطح
عند وضع مسبار الاختبار على عينة ذات سطح ناعم جداً فإن ارتفاع الموجة المرتدة من السطح
الخلفي للعينة يتغير مع ثخانة العينة ونوع سائل الربط ويكون هذا الارتفاع أعلى من ارتفاع
الموجة المرتدة من على سطح خلفي لعينة مماثلة ذات سطح خشن.

توهين الأمواج فوق الصوتية نتيجة للانعراج:

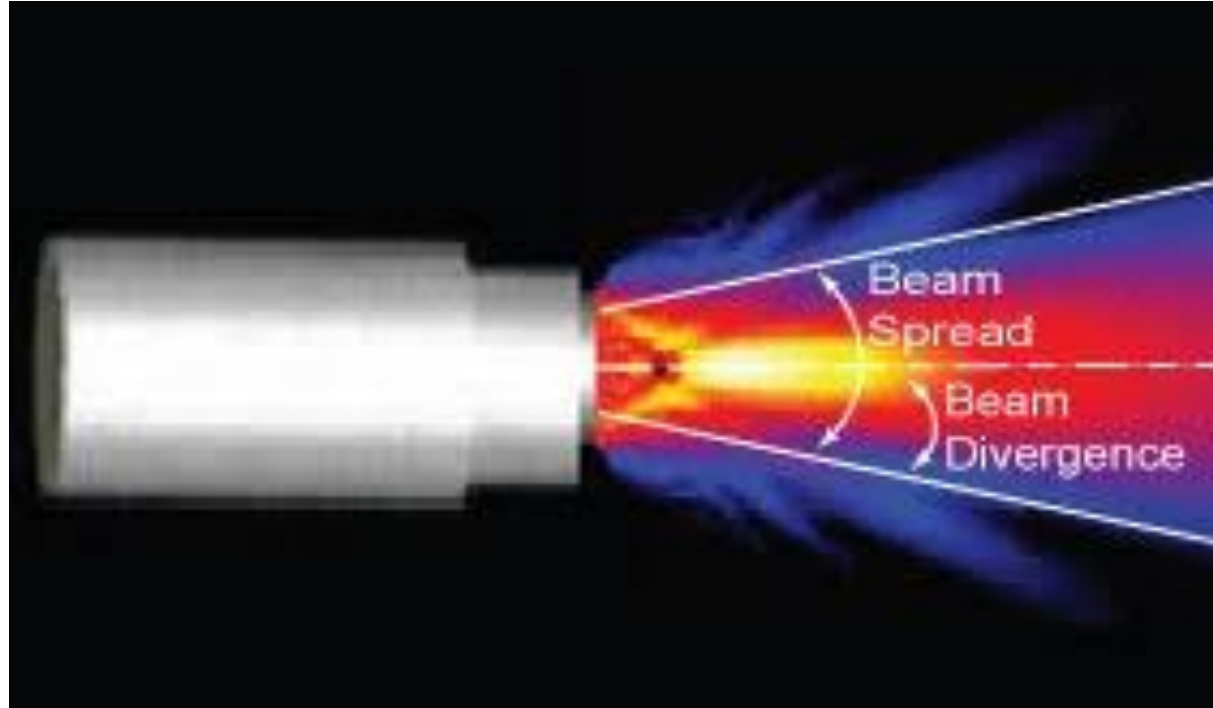
للأمواج فوق الصوتية خاصة هامة تتمثل بقابليتها على الانحناء الدائري وتجاوز العوائق ذات الأبعاد القريبة من طول الموجة

فمثلاً يحدث الانعراج عند اصطدام الموجة بمتضمن خبثي صغير أو فقاعة غازية في المعدن حيث ينحني جزء من الموجة حول العيب مما يؤدي إلى إضعاف الانعكاس. ومثال آخر يتمثل في أنعراج الحزمة فوق الصوتية بالقرب من حافة عينة كما هو مبين في الشكل



انعراج حزمة الأمواج فوق الصوتية حول العيب وبالقرب من الحافة

توهين الأمواج فوق الصوتية نتيجة للانتشار:
تتوهن الأمواج فوق الصوتية نتيجة لتوسع مسار الحزمة بفعل انتشارها المخروطي في العينة وذلك بزواوية تعادل ضعف زاوية الانفراج.



مؤشرات عملية:

• كقاعدة عامة يمكن كشف إنقطاعاً متواجداً ضمن مادة ذات بنية حبيبية ناعمة إن كان أكبر أو يساوي $\lambda/3$ من طول الموجة.

• يمكن إهمال التوهين في طاقة الحزمة الصوتية عند اختبار **المواد ذات التوهين الضعيف** الأقل من **[dB/m] ١٠** أمثل:

-المطروقات من الفولاذ منخفض الخلط
-مصبوبات الألمنيوم منخفض الخلط مع المغنزيوم
-مشغولات الفولاذ مع النيكل حيث أن قيمة التوهين في هذا النوع من المعادن أقل من **[dB/m] ١٠**

• من بين المواد ذات **التوهين المتوسط** التي تصل نسبة التوهين فيها إلى **100[dB/m]** الفولاذ عالي الخلط والنحاس والرصاص والمعادن القاسية والمعادن المحضرة بالتليد (Sintered metals).

• من بين **المواد عالية التوهين** التي تزيد نسبة التوهين فيها عن **100[dB/m]** البلاستيك والمطاط والبيتون والسيرميك والخشب ومصبوبات الفولاذ عالي الخلط ومصبوبات الألمنيوم عالي الخلط مع المغنيزيوم، مصبوبات النحاس، مصبوبات التوتياء، مصبوبات البراس، مصبوبات البرونز. فمن الصعب اختيار هذه المواد إن لم تكن ذات ثخانة ضعيفة. يمكن عند تعذر اختبار هذه المواد بتقنية صدى النبضة اللجوء إلى محاولة اختبارها بتقنية العبور (Through Transmission Technique).