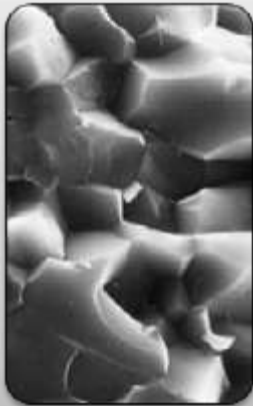


5



TEST BY ULTRASONIC



الفحص بواسطة الموجات فوق الصوتية

الاصوات الصامتة (أو الغير مسموعة)

لقد وجدنا ان الموجات الصوتية المسموعة هي تلك التي لا يقل ضغطها الصوتي عن 10^{-6} باسكال ويتراوح ترددها بين (20,000 - 20) HZ .

مصادر توليد الموجات فوق الصوتية

الموجات تسري في الاوساط المادية بسرعة الصوت ولها خصائص موجات الصوت وتمتاز بكونها تسير في حزم ضعيفة تجعل بالامكان توجيهها باتجاهات معينة وهذا يرجع لقصر طولها الموجي بالاضافة الى ذلك تتركز طاقة الموجات فوق السمعية في هذه الحزم وبذلك تكون ذات شدة عالية . كما ان علو ترددها يكسبها طاقة عالية . ويمكن توليد الموجات فوق السمعية بعدة طرق :-

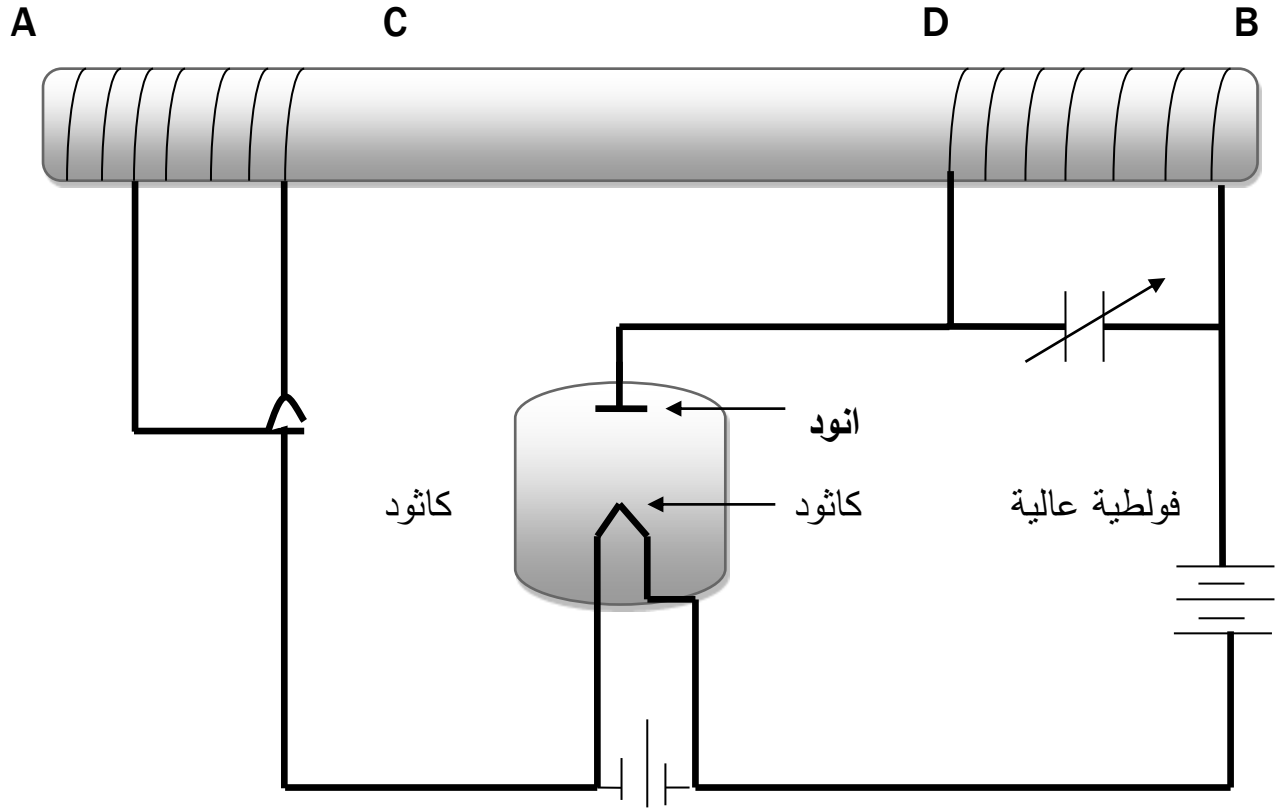
1 مولدات التأثير المغناطيسي:

لقد اكتشف جول انه امام مغنطة قضيب من مادة فيرومغناطيسية مثل النيكل زاد طولها بمقدار معين وان الزيادة الحاصلة في الطول تتناسب مع شدة المجال المغناطيسي فاذا تم لف سلك حول قضيب من مادة فيرومغناطيسية (ذات طول مناسب) ثم وصل طرفا الملف بمصدر للتيار المتناوب بحيث يكون تردد المصدر مساوياً لتردد الساق المعدنية (الناشئة عن خصائص المرونة وابعاد الساق) فان هذا التيار سوف يحدث تتابعات في

مغنطة القضيب وإزالة الممغنطة منه ، وبذلك فإن هذا يؤدي إلى حصول حالات تقلص وانبساط في طوله بتردد يساوي تردد المصدر المتناوب ، تحدث هذه التقلصات والاستطالات المتتالية تداخلات وتضاغطات متتالية في الوسط تنقل على شكل موجات صوتية . وباختصار طول مناسب للقضيب يمكن جعله يهتز بتردد مكافئ للترددات فوق سمعية وبذلك يمكن توليد موجات فوق سمعية بهذا الأسلوب . **الشكل التالي** يبين جهاز توليد الموجات فوق السمعية المبني على أساس توليد المجال المغناطيسي حيث يمثل (**AB**) قضيب من النيكل ، يمثل الملف **C** ملف تيار الشبكة للصمام المذبذب (صمام ثلاثي) والملف **D** يمثل ملف تيار الانود فان هذا يؤدي إلى زيادة في طول القضيب والذي يؤدي بالتالي إلى حصول تغير في الفيض المغناطيسي المحيط بالملف (**C**) وهذا يؤدي إلى توليد فرق جهد محث بسبب تغير جهد الشبكة . وبالتالي تغير تيار الانود بحيث يؤدي هذا التغير إلى الحفاظ على استمرارية تذبذب القضيب ويمكن حساب التردد (**F**) الذي يهتز به القضيب بالعلاقة التالية : -

$$F = \frac{1}{2L} \sqrt{Y/\rho}$$

حيث (**L**) طول القضيب و **Y** = معامل يونك للمرونة و ρ = كثافة المادة .
 ويتغير طول القضيب يمكن الحصول على ترددات مختلفة للموجات الناتجة وتستخدم هذه الطريقة لتوليد الموجات فوق السمعية ذات الترددات الواطئة ولتوليد موجات ذات تردد اعلى تستخدم مواد بلورية معينة تعرف بالمواد البزوكهربائية **Peizoelectric** .



شكل : يوضح جهاز توليد الموجات فوق الصوتية .

② التأثير الكهرومغناطيسي على بلورة الكوارتز من نوع (البزوكهربائية):

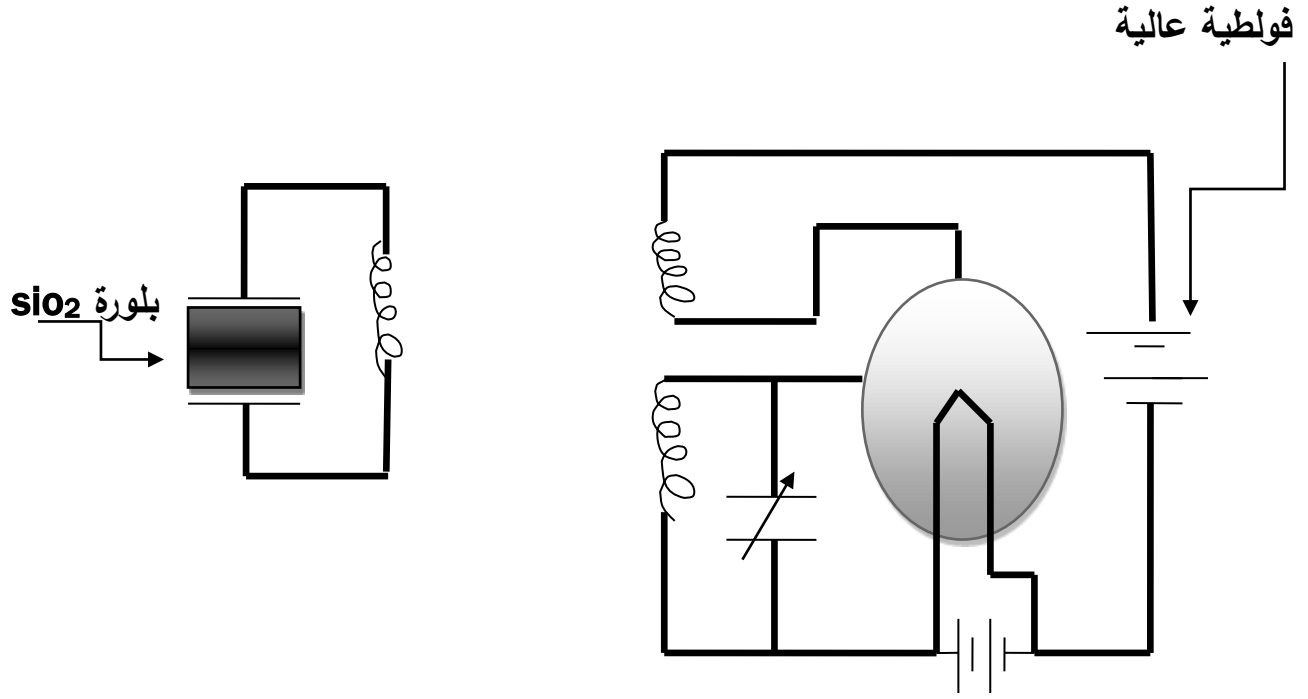
هذا النوع من المذبذبات يعتمد في اساس عمله على خصائص البلورات البزوكهربائية فعند تسليط اجهاد ميكانيكي على بعض البلورات فان هذا يؤدي الى زحزحة الايونات الموجبة والسالبة في المادة وبذلك يتم شحن احد اوجهها بشحنة موجبة والوجه الاخر بشحنة سالبة . ويمكن حصول عكس هذه الظاهرة ايضاً فعند تسليط مجال كهربائي على هذه المواد فان

الاستقطاب الذي يحدث بين حزمة الشحنات يؤدي الى اجهاد ميكانيكي في المادة . ومن هذا نستنتج بان ظاهرة (البزوكهربائية) هي ظاهرة حصول الاستقطاب الكهربائي بفعل اجهاد ميكانيكي وحدوث اجهاد ميكانيكي بفعل استقطاب كهربائي فاعداد البزوكهربائية تستخدم كمحول للإشارة الميكانيكية الى كهربائية وبالعكس وان العلاقة التي تربط المجال الكهربائي بالاجهاد الميكانيكي علاقة خطية .

ان اهمية المواد البزوكهربائية تظهر في تطبيقات المجال المتناوب فعند تسليط مجال متناوب عبر البلورة فان سمك البلورة يزداد وينقص تبعاً لتغير المجال الكهربائي وعند تردد معين يمكن ان يحدث اهتزاز رنيني في البلورة وهذا التردد لبلورة سمكها (X) هو :

$$F = \frac{V}{2X} = \frac{1}{2X} \sqrt{Y/\rho}$$

حيث $V =$ سرعة الضوء ، $\rho =$ كثافة البلورة فاذا اخذت شريحة من بلورة (بزوكهربائية) بسمك مناسب يعطى تردداً طبيعياً اساسياً لها يقع ضمن منطقة الترددات فوق السمعية وغطينا كلا من سطحها بقطعة معدنية ووصلنا السطحين بدائرة كهربائية متساوية بحيث يكون تردد الدائرة مساوياً للتردد الطبيعي لشريحة البلورة فانها سوف تهتز نتيجة حصول حالة الرنين وبذلك ستتولد موجات فوق السمعية ذات شدة تتوقف على قدرة الدائرة التذبذبية تنتشر على شكل حزمة ضيقة وتتردد مساوي لتردد تيار الدائرة المتناوب ادناه حيث يبين المخطط دائرة كهربائية تذبذبية بسيطة لتوليد الموجات فوق السمعية فلقد تم توصيل دائرة البلورة الى الصمام الثلاثي حيث ان الاهتزازات الحاصلة في البلورة تؤدي الى التحكم في تغذية دائرة الشبكة ويقوم الصمام الثلاثي بتكبير الاشارات الناتجة واعادتها الى دائرة البلورة وتمتاز هذه الطريقة بانه في الامكان تغير مدة الذبذبة للتيار المتناوب المار بالبلورة بتغير سعة المتسعة .



3

الكشف عن الموجات فوق الصوتية

مثلاً مر سابقاً من ان فولتية متناوبة عبر الوجهين المتعاكسين للبلورة وبالعكس عند تسليط اجهاد ميكانيكي على البلورة باتجاه معين فان ذلك يؤدي الى استجابة كهربائية المستلم المستعمل في اختبارات الموجات فوق السمعية هو عداد electro-mechanical بمعنى انه

يحول الطاقة الميكانيكية المنقولة بواسطة الموجات فوق الصوتية الى طاقة كهربائية والنتيجة هو انتاج فولتية حتى يمكن قياسها . ان البلورات ذات الجهد الكهربائي ممكن استخدامها كبعثات او مستلمات للموجات الفوق صوتية اي بمعنى ممكن استخدامها كعدادات او كاشفات ذا وجهين .

ويمكن الكشف عن الموجات فوق الصوتية بطرق اخرى محسوسة جداً فمثلا اذا غمرنا لوحاً متذبذباً في وعاء يحتوي على زيت فسوف نرى بان الذبذبات فوق السمعية تنتشر على سطح الزيت مكونة موجات يبلغ ارتفاعها **10 cm**. اما قطرات الزيت فسوف تقفز الى ارتفاع **40 cm** واذا غمرنا في وعاء الزيت هذا طرف انبوب زجاجي يبلغ طوله متراً واحداً لشعرنا بحرقه شديدة في اليد التي تمسك طرفه الثاني يترك اثراً على بشرة اليد والسبب في ذلك يعود الى تحول طاقة الذبذبات فوق الصوتية الى طاقة حرارية .

4

توهين الموجات فوق الصوتية وأسباب تبدد طاقتها

عند انتشار الموجات الصوتية خلال الوسط المادي فان جسيمات ذلك الوسط تهتز حول مواقع توازنها وان طاقة التذبذب تتألف من الطاقة الحركية التي يكتسبها الجسيم المتذبذب بفعل سرعته ، ومن الطاقة الكامنة التي يكتسبها بفعل ازاحته عن موضع الاستقرار . ولما كانت هذه الجسيمات الناقلة للموجات دائمة التغير في الحركة وفي الازاحة اثناء التذبذب فانه سوف يترتب عن ذلك ان هاتين الطاقتين دائماً التغير في مقداريهما وفي الواقع فان كل جسيم مهتز يجابه نوعاً من القوى المقاومة لحركته والتي تؤدي الى حصول توهين في حركته الاهتزازية

تدريجياً مع الزمن . وتتبدد طاقة الموجات الصوتية اثناء انتقالها في الوسط المادي وتتحول الى طاقة حرارية وان مصدر هذا التبدد في الطاقة يمكن تقسيمه الى نوعين رئيسيين هما : -

A. التبدد الناشيء عن فقدان الطاقة بسبب عدة ظواهر منها الاستطارة ، الحيود ، الانكسار ، الانعكاس .

B. التبدد الناشيء عن امتصاص الطاقة والتي تحول الطاقة الميكانيكية الى حرارة بسبب الاحتكاك الداخلي بين جزيئات المائع . وتعتبر عملية فقدان الطاقة بسبب الامتصاص صفة مميزة للوسط والتي من خلالها يمكن استنتاج معلومات مهمة حول الخصائص الفيزيائية لمادة الوسط الناقل .

ويمكن تعليل سبب تبدد طاقة الامواج الصوتية وتحولها الى طاقة حرارية داخل الوسط الذي تنتقل خلاله الامواج لعدة اسباب منها :

(a) التبدد الحاصل في الطاقة بسبب لزوجة الوسط الناقل : - اللزوجة هي الاحتكاك الداخلي بين طبقات المائع وهي تقاوم كافة انواع الحركة الحاصلة داخل المائع . ولذلك ونتيجة للحركة النسبية بين طبقات الوسط المائع المتأخمة لبعضها البعض والناشئة عن الانضغاط والتخلخل الحاصل في المائع نتيجة انتقال الموجات الصوتية فيه يحصل التبدد في طاقة الموجات الصوتية المارة خلال الوسط وان مقدار المقاومة التي يبديها المائع بسبب لزوجته لحركة الجسيم تعتمد على سرعة الجسيم وخواص المائع . فعند السرعة المتوسطة او الواطئة يكون مقدار القوة المعيقة (الممانعة) متناسبة خطياً مع السرعة الآنية للجسيمات المهتزة . على الرغم مما يسببه الاحتكاك الداخلي ما بين طبقات المائع من تبدد طاقة الموجة فان وجود هذا الاحتكاك ضروري لعملية انتقال الطاقة من المصدر وخلال المائع .

(b) انتقال الحرارة بالتوصيل من مناطق التضاغظ الى مناطق التخلخل : - نتيجة لمرور الموجات الصوتية تتولد مناطق تضاغظ وتخلخل ففي مناطق التضاغظ ونتيجة للتكثيف

الحاصل لجسيمات الوسط سوف ترتفع درجة الحرارة عند هذه المناطق عما كانت عليه قبل التأثير ، اما في مناطق التخلخل ونتيجة لتباعد جسيمات الوسط ينخفض الضغط مما يؤدي الى انخفاض درجة الحرارة عما كانت عليه قبل التأثير ، وحيث ان الانتقال يعمل على تبديد طاقة الموجة ومحاولة نشرها بالتساوي بين اجزاء الوسط ، وقد دلت التجارب العملية على ان هذا التبديد في الطاقة يتناسب طردياً مع تردد الموجة ، وهذا يعني ان الطاقة تتبدد في الموجات ذات الطول الموجي القصير اسرع من تبديدها في الموجات ذات الطول الموجي الكبير .

(c) انتقال الحرارة بالاشعاع من مناطق التضاغظ الى مناطق التخلخل : - ويمكن تسمية

نوع التبديد الحاصل في الطاقة في (a & b) والمؤدي الى حصول توهين في الموجة الصوتية الساقطة بالامتصاص الاسترخائي ، ويعتبر هذا النوع من الامتصاص اكثر الانواع شيوعاً عند الترددات العالية جداً (الواقعة ضمن الترددات فوق السمعية) .

(d) تبادل الطاقة بين جزيئات الوسط الناقل : - ان هذا النوع من التبديد في الطاقة ينشأ

عن الامتصاص المتضمن تحول الطاقة الحركية للجزيئات الى اشكال اخرى هي :

i. طاقة كامنة مخزونة (كما في اعادة ترتيب البناء للجزيئات المتجاورة في بعض

التشكيلات العنقودية **(Closter)** .

ii. طاقة دورانية واهتزازية داخلية (كما في الجزيئات متعددة الذرات)

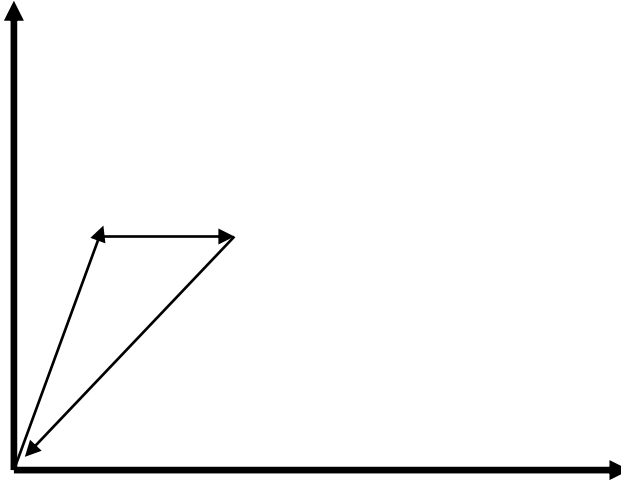
iii. طاقة ترابط وانحلال بين ايونات الفراغ المختلفة والتراكيب المعقدة للمحاليل الايونية .

(e) الامتصاص بسبب ظاهرة الهسترة : - عند تسليط اجهاد (اديباتيكي) معين وبشكل

دوري على وسط ما فان المطاوعة الناتجة لا تتغير خطياً مع الاجهاد المطبق على الرغم من ان قانون هوك يتحقق بالنسبة لنفس الاجهاد ولكن تحت الشروط الايزوثرمية ، ولهذا فان منحنى (الاجهاد / المطاوعة) سيتخذ شكلاً يشابه حلقة الهسترة كما هو

مبين في الشكل التالي : -

الاجهاد



المطاوعة

حيث يبين الجزء المنقط من المخطط الحالة الحقيقية الحاصلة في حين الجزء غير المنقط يمثل الحالة المثالية وان مساحة هذه الحلقة تمثل مقدار الطاقة الممتصة لكل نصف دورة لوحدة الحجم من المادة ، وان الفقدان الحاصل خلال الدورة لا يعتمد على التردد .

5

معامل الامتصاص

عند انتشار الموجات فوق السمعية خلال الوسط فسيتم امتصاص جزء من طاقتها وتحويلها الى حرارة كما مر ذكره في البند السابق وان نسبة الحرارة المتولدة في حجم معين من الوسط يمكن تحديده بواسطة سعة الموجة والتردد . فلو تصورنا شريحة رقيقة من الوسط عمودية على خط انتشار الموجة وذات سمك مقداره (dx) وتقع على بعد (x) من نقطة الاصل ففي الحالة

كون التوهين منتظماً فان الفقدان النسبي للطاقة لوحدة الطول يمكن ايجاده من العلاقة التالية :

-

$$dE / E = - 2\alpha dx \dots\dots\dots(1)$$

وتمثل (E) كثافة الطاقة الابتدائية للموجة ، (α) معامل الامتصاص للوسط . وحيث ان الفقدان في طاقة الموجة يكون على اساس تناقص لوغاريتمي مقداره (δ) كما ولهذا فان جزء الطاقة المفقودة خلال الدورة الواحدة يعطي بالعلاقة التالية : -

$$W_m / W_{n-1} - W_{n-1} = 1 - A_n^2 / A_{n-1}^2 \dots\dots\dots(2)$$

حيث ان ($W \propto A^2$) ويمثل (W_m) الطاقة الميكانيكية السلكية للموجة المتقلة . وحيث ان : -

$$\text{Exp} (\delta) = A_0 / A_1 = A_1 / A_2 = \dots\dots\dots = A_{n-1} / A_n$$

حيث ان (A_0) تمثل السعة الابتدائية للموجة . ومن تعريف الدالة الاسية نحصل على

$$W_m / W_{n-1} = 1 - \exp (-2 \delta) = 2 \delta$$

وحيث ان شدة الموجات الصوتية تتناسب طردياً مع كثافة الطاقة لان شدة الصوت عند نقطة ما يمثل مقدار الطاقة الكامنة التي تمر خلال وحدة الزمن بوجه السطوح التي مركزها تلك النقطة ، ولهذا يمكن كتابة المعادلة (1) بالصيغة التالية : -

$$dl / l = 2 \delta dx \dots\dots\dots(3)$$

ونستنتج من المعادلة السابقة بان معامل الامتصاص بساوي جزء الطاقة الذي تمتصه وحدة اطوال الوسط وان وحدة قياس معامل الامتصاص تساوي مقلوب وحدة الاطوال . ويتكامل

$$\text{المعادلة (3) وتطبيق الشروط الحدودية التالية (عند } X=0 \text{ فإن } l=l_0 \text{)}$$

نحصل على : -

$$\text{Ln } l = l_0 2\alpha dx$$

$$\text{Ln } l / l_0 = - 2 \alpha x$$

وبأخذ (exp) للطرفين نحصل على : -

$$I = I_0 \exp (-2\alpha x) \dots\dots\dots(4)$$

وبما ان شدة الموجة تتناسب طردياً مع مربع سعة الموجة

$$A = A_0 \exp (- \alpha x) \dots\dots\dots(5)$$

وباستخدام العلاقة السابقة نحصل على معامل الامتصاص (α) كما يلي : -

$$\ln A / A_0 = - \alpha x \dots\dots\dots(6)$$

$$\alpha = \ln (A / A_0) / -x \dots\dots\dots(7)$$

ان معامل الامتصاص (α) يزودنا بمعلومات عن عمليات الامتصاص والاستطارة الحاصلة في النودج ، ففي عملية الامتصاص يتم تحويل طاقة الموجات فوق السمعية الى حرارة مباشرة ، بينما في عملية الاستطارة يعاد توزيع الطاقة الى موجات متعددة والتي سيتم امتصاص طاقاتها فيما بعد بعمليات الامتصاص . وان معامل الامتصاص يتأثر بعدة عوامل فيزيائية ولذلك يمكن دراسة هذه العوامل عن طريق قياس معامل الامتصاص .

في حالة عمليات الاسترخاء الناشئة عن اللزوجة القصية للوسط (بمعنى ان المسبب لعمليات الامتصاص هي اللزوجة القصية) فيمكن ايجاد معامل الامتصاص بالعلاقة التالية : -

$$\alpha_{ris} = 8 \Pi^2 f^2 \zeta_s / 3 \rho V^3 \dots\dots\dots(8)$$

حيث ان (f) تردد الموجة فوق السمعية ، وان (ζ_s) اللزوجة القصية للوسط ، و (ρ) كثافة الوسط ، و (V) سرعة الموجات فوق السمعية في ذلك الوسط .

في حالة السوائل اللافلزية وبالاخص تلك التي تميل الى الترابط والتي لها لزوجة معينة وجد بان معامل الامتصاص المقاس عملياً بالعلاقة (7) يمكن وصفه بشكل تقريبي بدلالة الامتصاص اللزوجي بالعلاقة (8) وبمضاعف عددي مقداره (3) تقريباً وفي حالات

اخرى فان معامل الامتصاص المقاس عملياً بدلالة اللزوجة يختلفان عن بعضهما بعدة اضعاف مختلفة .

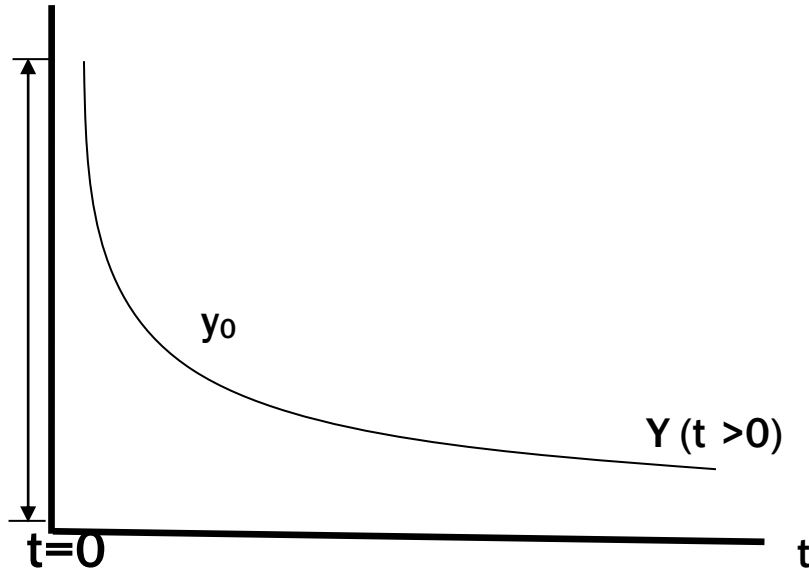
6

عمليات الاسترخاء

ان الامتصاص الناشيء عن التأثير المشترك لكل من اللزوجة والتوصيل الحراري يطلق عليه تسمية (الكلاسيكي) وفي الحقيقة كلتا العمليتان تكونان عملية استرخائية في سلوكها فمن الضروري توضيح مفهوم الاسترخاء والعمليات الناتجة عنه وكيف يتم ملاحظته .

فالعملية الاسترخائية هي العملية التي تقوم على اساس تعريض النظام الموجود في حالة اتزان الى اضطراب مفاجيء (كتعريض احد المتغيرات التي تصف حالة مادة مثل الضغط ، الاجهاد الكهربائي ، درجة الحرارة) لهذا التغير المفاجيء ثم متابعة سير النظام نحو حالة الاتزان الجديدة والمناسبة للظروف الجديدة . وغالباً ما يلاحظ وجود صفات او متغيرات اخرى لا تتقاد بشكل مباشر لهذا التغير المفاجيء ولكن هذه المتغيرات ستعاني تأخيراً في تنظيم نفسها نحو الحالة الجديدة ولهذا فان الدالة التي ستصف العلاقة بين هذه المتغيرات ستكون دالة معتمدة على الزمن . وتعتبر هذه الطريقة اساسية في دراسة التفاعلات السريعة ويجب ان يتم هذا التغير المفاجيء الى ظروف جديدة بسرعة عالية كي نتمكن من متابعة سير النظام نحو حالة الاتزان لو كان النظام سريع الاستجابة ، ومثال على ذلك هو دراسة مادة ما عن طريق قصفها بالنيوترونات (اسلوب التشعيع) ومن ثم دراسة الطيف الخارج او احداث زيادة مفاجئة في درجة حرارة المحلول ما عن طريق احداث تفريغ كهربائي لا يستغرق اكثر من مايكروثانية ومن ثم متابعة التغيرات في المحلول . فلنقرض ان (y_0) هي احد الصفات الخارجية التي

تصف مادة ما عند حالة اتزانها وان قيمة هذه الصفة عند اية لحظة هي (y_t) كما مبين في الشكل ادناه : -



ولنفرض بان ظروف هذه الصفة قد تغيرت نتيجة لتاثير معين ادى الى حصول تغير مفاجيء في ظروف المادة فاذا كان الاتزان يعتمد على القيمة الطبيعية لهذه الخاصية التي عانت هذا التغير فانها ستتغير نحو حالة اتزان ملائمة للظروف الجديدة وان مقدار التغير في هذه الصفة يمكن ان يعطى بالعلاقة التالية : -

$$y_t = y_0 e^{-t/T}$$

حيث يمثل (T) مقدار الزمن اللازم لخفض سعة الموجة ($1 / e^{t/T}$) من سعتها الاصلية ويسمى بزمن الاسترخاء وهو مقياس لسرعة تبدد طاقة الموجة .

ويمكن تعريف زمن الاسترخاء كما يلي :

هو الزمن اللازم لعملية الاسترخاء في حمل النظام جزء مقداره ($1/e^{t/T}$) من قيمته الابتدائية نحو موضع الاتزان وان زمن الاسترخاء مشابه للفترة الزمنية المسماة بعمر النصف ($t_{1/2}$) بالنسبة للمواد المشعة .

يمكن ربط عمليات الاسترخاء بالتحويلات الداخلية التي تحصل داخل المادة (التغير في الخصائص) وان هذه النظرية وان هذه النظرية تكون ذات منفعة عالية في استنادها على اساس التحويلات الداخلية وعلى اختبار هذه المؤثرات لمتغيرات محددة لحالة السوائل ، واذا ما تم تحديد هذه المؤثرات فسيصبح بالامكان دراسة العمليات التي لا يمكن ملاحظتها مباشرة . وهناك مجموعة من عمليات الاسترخاء تحصل في السائل نتيجة لامرار موجات فوق السمعية فيه .

ومن هذه العمليات الاسترخاء الحراري ، وهذا النوع من الاسترخاء ينشأ عن التغير الحاصل في درجات الحرارة في المناطق المختلفة للسائل نتيجة التضغط والتخلخل ولدراسة الاسترخاء الحراري في السوائل هنالك مجموعة صعوبات تواجه هذه الدراسة اولهما التعامل بشكل عام مع التصادمات الثنائية او الازدواجية (كما في الغازات) ولكن في حالة السوائل تحصل نتيجة تفاعل الجزيئة مع جاراتها وكذلك فان نسبة التصادمات التي تحصل بين جزيئات السائل تكون اكبر بكثير عنها في الحالة الغازية ، وهذا يؤدي الى زيادة تردد الاسترخاء (وهو التردد الذي يحصل عند اعظم امتصاص لطاقة الموجة) واخيراً فان جزيئات السائل بطبيعتها تمتلك حركة اهتزازية وهذه بدورها تعقد العمليات الاسترخائية ، ومن معظم نظريات الاسترخاء الحراري يعامل السائل معاملة الغاز الكثيف جداً ، وبهذا التقريب يصبح من الممكن مقارنة ازمان الاسترخاء المستحصلة من السائل والحالة الغازية لنفس المادة .

اما النوع الاخر من عمليات الاسترخاء هو الاسترخاء اللزجي ، وهي العملية الناشئة عن فقدان الطاقة بسبب الاحتكاك الداخلي بين طبقات السائل المتأخمة لبعضها والنااتجة عن عملية الانضغاط والتمدد الحاصل في السائل نتيجة تأثير الموجات فوق السمعية .

في عام 1948 استطاع العالم (هول) الى التوصل لنظرية تبين وجود ظواهر استرخاء اخرى تسبب بحصول عملية الامتصاص لطاقة الموجة ، حيث يبين بان هنالك امتصاص في الطاقة يحصل نتيجة التخلف في نقل او تحويل الطاقة بين التشكيلات المختلفة المتكونة ، اي ان حالة الاسترخاء تحصل نتيجة تغيير الحجم في المناطق المختلفة للسائل ، وهذا النوع من الاسترخاء يسمى بالاسترخاء الهيكلي .

وفي هذا النوع من الاسترخاء يمكن اعتبار تواجد السائل بحالتين للطاقة حيث تمثل الاولى الحالة الواطئة وهي الحالة الطبيعية (المتوازنة) التي يتواجد عندها السائل ، اما الاخرى فتمثل الحالة العالية للطاقة والتي عندها يصبح التشكيل الهيكلي للسائل متقارب (مضغوط) ، فعند الظروف الاعتيادية للتوازن تكون معظم الجزيئات في الحالة الاولى للطاقة (ذات التشكيل الهيكلي المتباعد) وعند امرار موجات انضغاطية (فوق السمعية) فان هذا يؤدي الى حث الجزيئات للانتقال من الحلة الاولى الى الحالة الثانية ذات التشكيل الهيكلي المضغوط وهذا سيؤدي الى حصول حالة امتصاص ناشئة عن التخلف في الطاقة نتيجة التغير الحاصل في قيمتها بين التشكيلين الهيكليين المختلفين .

تطبيقات الموجات فوق الصوتية :

■ الموجات فوق الصوتية وصناعة الجلود :

تستخدم الموجات فوق الصوتية عالية التردد في دباغة الجلود حيث انها تعمل على تمزق خلايا الكائنات الحية وتخريب كريات الدم وتهشيم الانسجة الحية في الجلود . الامر الذي يمنع عنها التعفن وهناك تأثيرات اخرى لهذه الموجات حيث انها تمزق خيوط الاعشاب المائية وكذلك اذا

تعرضت الاسماك والضفادع الصغيرة الى الموجات فوق الصوتية لمدة تتراوح بين دقيقة واحدة ودقيقتين يكفي القضاء عليها تماماً كما وترتفع عند ذلك درجة حرارة جسم الحيوان الى 45 درجة مئوية كما يحدث للفئران مثلاً .

7

تطبيقات الموجات فوق الصوتية في التكنولوجيا

تستخدم الامواج فوق الصوتية بصورة خاصة في صناعة الميثلورجي وذلك لاكتشاف عدم التجانس والفجوات الغازية وغيرها من العيوب الموجودة في داخل القطعة المنتجة . ان طريقة الفحص الاشعاعي للمعدن بواسطة الذبذبات فوق الصوتية تتلخص في غمر المعدن المراد فحصه بالزيت وتعريضه لتأثير الذبذبات فوق الصوتية .

ان الاقسام غير المتجانسة عن القطع المعدنية تشتت الصوت على هيئة ما يسمى (ظل الصوت) والذي يظهر بصورة واضحة مجسمة على التموجات المنتظمة لطبقة الزيت المحيط بالقطعة المعدنية بحيث يمكن تصويرها تماماً .

ان هذه الطريقة اقترحت لأول مرة عام 1928 من قبل العالم الروسي سوكولوف وفي الوقت الحاضر تستخدم اجهزة استقبال خاصة للذبذبات فوق الصوتية تعوض عن استخدام الزيت وتعطي هذه الاجهزة قياسات ابسط وادق وسنقوم بذكرها في فقرة تحديد العيوب .

بواسطة الذبذبات فوق الصوتية نستطيع ان نفحص قطعة معدنية يبلغ سمكها متراً واحداً او اكثر وهو عمق لا يمكن لاشعة اكس ان تصله وبذلك تكتشف العيوب الدقيقة للغاية (الى حد 1mm) ولاشك ان الذبذبات فوق الصوتية ستستخدم في المستقبل على نطاق واسع جداً .

التأثيرات الكيميائية للموجات فوق الصوتية وإزالة الملوثات

تولد الموجات فوق السمعية الشديدة المارة في السوائل فجوات صغيرة سرعان ما تتضخم وتتفجر في الداخل مولدة طاقة حرارية عالية .

واول من تعرف على هذه التأثيرات للموجات فوق السمعية المارة في السوائل هو العالم الفريد . ل. لويس سنة (1937 م) وتعرف هذه الظواهر بـ (الكيمياء الصوتية) . وعلى الرغم من النتائج المبكرة التي تم الحصول عليها الا ان دراسة (الكيمياء الصوتية) لازالت في بدايتها ، وفي الثمانينات احتلت هذه الظاهرة موقعاً مناسباً نتيجة للتطور الذي حصل على الاجهزة المولدة للموجات فوق السمعية ذات الشدة العالية . ويتم توليد هذه التجاويف عن طريق الموجات فوق السمعية المركزة في السوائل ، حيث ان مثل هذه الموجات ونتيجة لتأثيرها التضاغطي من خلال مراحل التضاغط والتخلخل الذي تولده في السائل يمكنها من تشكيل فقاعات (تجاويف) بقطر 100 مايكرون وتتفجر هذه الفقاعات بشدة داخل السائل في اقل من مايكروثانية مسخنة محتوياتها الى درجة حرارية عالية .

تنشأ التأثيرات الكيميائية للموجات فوق السمعية من خلال المراحل الفيزيائية التي تولد وتضخم وتفجر التجاويف المحتوية على الابخرة والغازات داخل السائل ، وهذه الموجات الصوتية تتركب من اشواط من التضاغط والتخلخل ، ففي خلال شوط التضاغط يتم تسليط (ضغط ايجابي) على السائل يدفع الجزيئات للتقرب من بعضها اما من خلال شوط التخلخل فان (الضغط السلبي) يؤدي الى سحب وتباعد الجزيئات عن بعضها ، وخلال شوط التخلخل للموجة الصوتية ذو الشدة المناسبة يمكن ان تتشكل او تتولد هذه التجاويف .

وحيث ان جزيئات السائل متماسكة مع بعضها بقوى تجاذبية تحدد قوة شدة السائل ولهذا فلتوليد هذه التجاويف يجب ان يكون الضغط السلبي لشوط التخلخل كلفياً للتغلب على قوة شدة السائل ، وان كمية هذا الضغط تعتمد على نوع ونقاوة السائل ، ففي حالة السوائل التامة النقاوة تكون قوى الشد للسائل عظيمة الى درجة لا تستطيع حتى المولدات فوق السمعية ذات الشدة العالية من توليد ضغط سلبي كافي لتكون هذه الفجوات ، ولكن معظم السوائل ملوثة بقدرٍ كافٍ من الجسيمات الصغيرة يمكنها من تكوين التجاويف .

ان الفقاعات في السائل غير مستقرة فان كانت كبيرة فانها سوف تطفو على السطح وتتفجر ، واذا كانت صغيرة فانها تذوب في السائل . اما تلك التي تتولد من الموجات فوق السمعية فانها تقوم بامتصاص الطاقة باستمرار خلال اشواط التضاضغ والتخلخل للموجات فوق السمعية وهذا ما يجعل الفقاعات تنمو وتتقلص محققة موازنة ديناميكية ما بين البخار داخل الفقاعة والسائل المحيط بها ، وفي بعض الحالات فان هذه الموجات تبقى الفقاعات (التجاويف) متذبذبة عند هذا الحجم وفي حالات اخرى فان معدل حجمها يزداد ويعتمد تعاضم التجويف على شدة الصوت ، فان الموجات فوق السمعية عالية الشدة بامكانها توسيع التجويف بسرعة اثناء شوط التخلخل بحيث لا يتسع المجال لهذا التجويف بان يتقلص خلال شوط التضاضغ ولهذا فان الفجوات ستتمو فقط خلال شوط التخلخل .

اما بالنسبة للموجات ذات الشدة المنخفضة فان حجم التجويف يتذبذب ما بين شوط التخلخل والتضاضغ . وحيث ان المساحة السطحية للتجويف الناتجة بفعل الموجة ذات الشدة الواطئة تكون اكبر خلال شوط التخلخل عما عليه في شوط الانضغاط فلهذا فان الانتشار داخل التجويف خلال شوط التخلخل سيكون اكبر نسبياً من الانتشار الى الخارج خلال شوط الانضغاط ، وبذلك فان هذه التجاويف سوف تنمو بشكل بطيء خلال مجموعة دورات التخلخل والتضاضغ .

ويمكن ان تتضخم هذه التجاويف الى ان تصل بالحجم الحرج حيث تقوم بامتصاص الطاقة على قدر كافي من الموجة فوق السمعية ، ويعتمد الحجم الحرج على تردد الموجة ، فعلى سبيل المثال عند (20) كيلوهرتز فان الحجم الحرج هو التجويف الذي تقارب ابعاده (170) مايكرون .

ان الانفجار الداخلي للتجاويف تكون بيئة غير طبيعية ملائمة للتفاعلات الكيميائية ، وان الغازات والابخرة داخل التجاويف تتضغط مولدة حرارة شديدة تؤدي الى رفع درجة حرارة السائل والمنطقة المحيطة بالتجويف مولدة بقعة حرارية موضعية ، وعلى الرغم من ان درجة الحرارة لهذه المنطقة عالية جداً فان هذه المنطقة بالغة في الصغر بحيث تتلاشى الحرارة منها بسرعة . وبهذا فان تفاعل الموجات الصوتية مع السائل من خلال عملية تكوين الفجوات تهيء مدى من الطاقة خلال فترة زمنية لا تستطيع توفيرها مصادر اخرى .

اشار الباحث الكيميائي ميشيل هوفمان من معهد كاليفورنيا للتقنية الى امكانية الاستفاده من طاقة الموجات الصوتية في ازالة الملوثات المضرة للبيئة . اذ تعمل هذه الموجات - عندما يزيد ترددها عن 16 كيلو هرتز - عند تسليطها على السائل على تكوين فقاعات متناهية الصغر سرعان ماتختفي (في اقل من جزء من المليون من الثانية) . بسبب تعرضها الى درجة حرارة عالية وتمدها قبل اختفاءها ، اذ ان درجة الحرارة داخل الفقاعات قد تصل الى 5500 درجة سيليزية تكفي لتكسير الاواصر الكيميائية بين جزيئات المواد الذائبة في الماء

وفي تجربه اجراها هوفمان بتعريض المبيد " البارايثون " في الماء لموجات بتردد (20) كيلو هرتز ادت الى تخفيض نصف العمر اللازم لتحليل المبيد من (108) ايام الى نصف ساعة . وهذا يعني انه بالامكان ازالة كثير من الملوثات باستخدام هذه التقنية للتخلص من المخلفات السامة والضارة بالبيئة .

كشف التصدعات او العيوب باستخدام الموجات فوق الصوتية

حزمة من الامواج الفوق الصوتية ادخلت او استخدمت لكشف عن الناتج من اي مادة تحت الاختبار بواسطة الاتصال المباشر بين مجس البلورة او الناتج يجب وضع طبقة رقيقة من الدهن بين مجس البلورة والناتج للتخلص من وجود اي فجوة بينهما حتى لو كان سمكها 10^{-3} mm لان وجود الهواء يؤدي الى انعكاس كلي في القياس يجب ان لا يكون هنالك صدأ في مجس البلورة او وجود مواد غريبة فلذلك يجب ازلتها : -

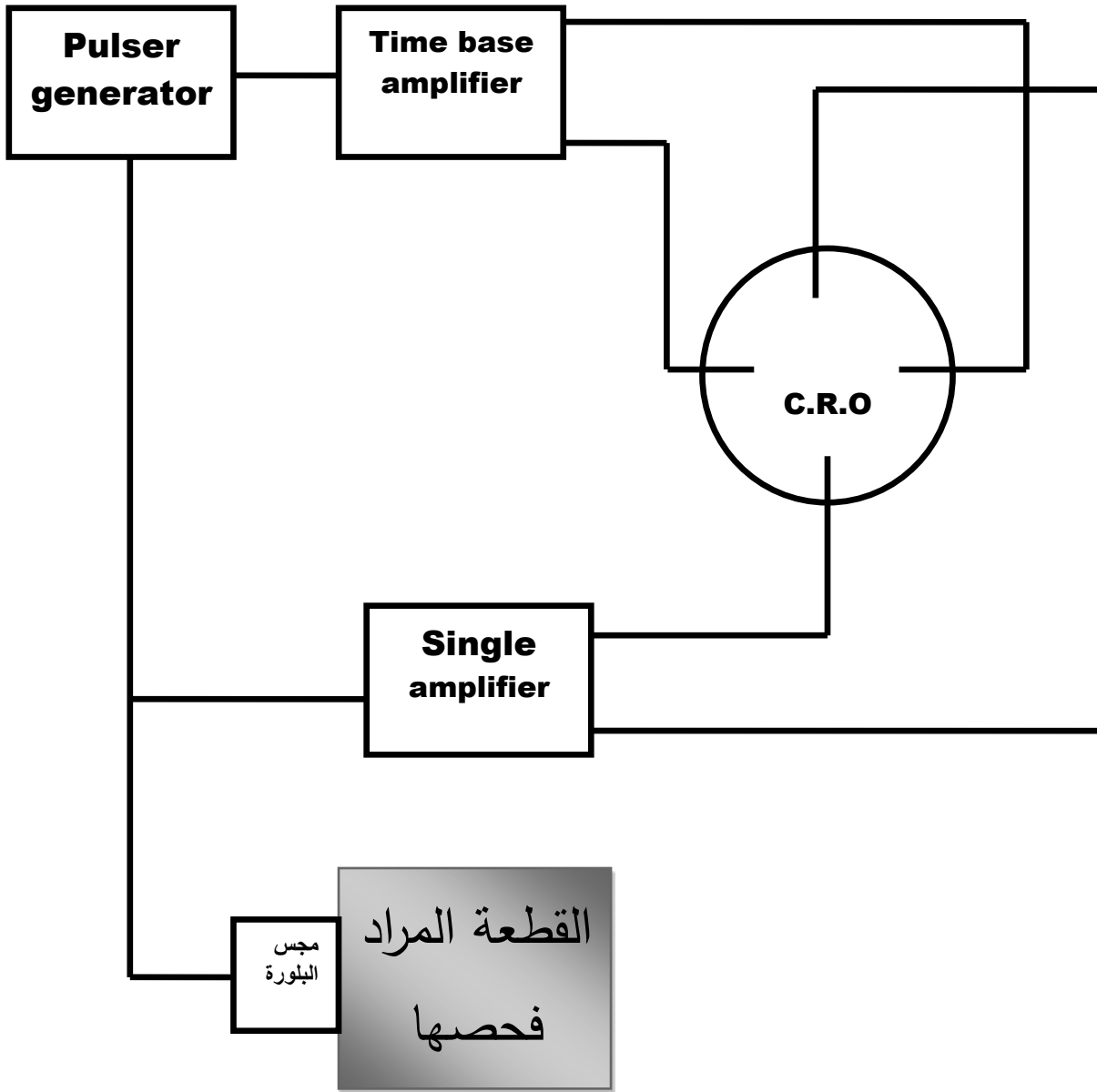
وكشف العيوب يتم بطريقتين :

- طريقة الانعكاس او عكس النبضة .
- طريقة الارسال .

■ **طريقة انعكاس النبضة** : الى حد بعيد هي الطريقة الشائعة والمستخدمه ويتلخص هذا التكتيك بأن نبضة من الامواج الفوق الصوتية تدخل الى المركب المراد فحصه فالوقت الذي يستغرقه لارسال الاشارة ورجوع اشارة الصدى المنعكس من الجدار الخلفي لمركب او من بعض العيوب الوسطية سوف يتم قياسه . ان هذا الوقت لبعض المواد يتناسب مع طول طريقة الموجة ، وبهذا فان الوقت او الزمن اصبحت له علاقة مع المسافة هذه الطريقة لها فوائد ذلك ان المسافة من لحظة الارسال والاستلام ممكن قياسها بصورة دقيقة وكذلك ممكن قياس او اجراء القياسات لوجه واحد من المركب المراد اختباره . ان هذه العملية ممكن انجازها باستخدام مذبذب للاشعة الكاثودية .

دقيقة ومضبوطه وكذلك ممكن قياس او اجراء القياسات لوجه واحد من المركب المراد اختباره، ان هذه العملية ممكن انجازها باستخدام مذبذب للاشعة الكاثودية cathode-ray

وهذا الجهاز ممكن معياريته بصورة مباشرة لوحدة الطول والمسافة من سطح المركب الملامس للمجس الى العيب او التشوه ممكن قرائته وقياسه باللميتر. وكذلك ممكن استخدام كاميرا لتسجيل المسار على (cathode oseilloscope) والطريقه موضحه في الشكل ادناه.

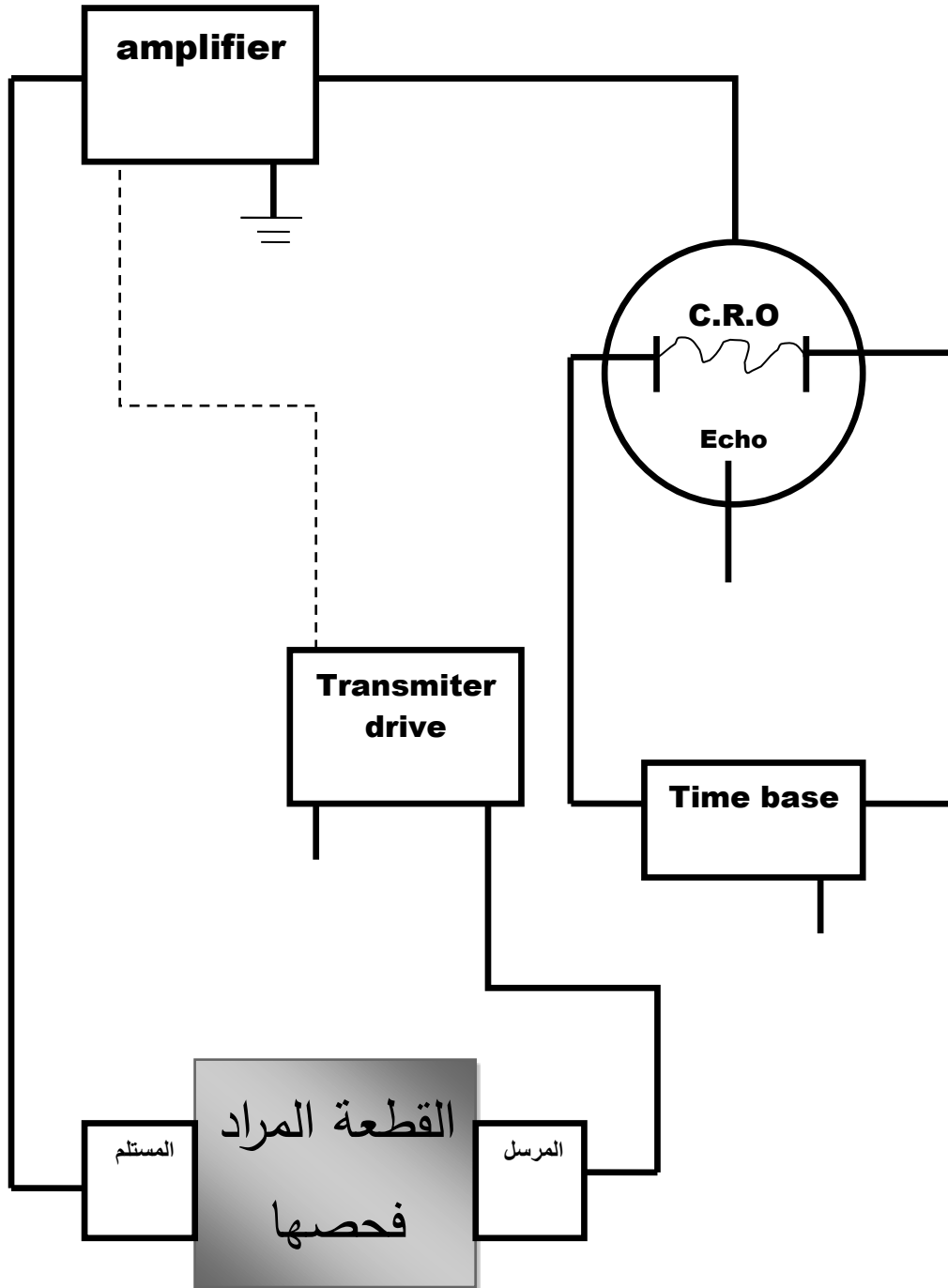


المجس تم توصيله الى مضخم الذي يضخم الاشارة قبل ان يتم عرضها على (C.R.O). في المواد التي تكون خالية من الشوائب فان التذبذبات تمر من خلال المجس وبدون اي اعاقا الى المادة المعدبيه حتى تنعكس من السطح في (S) حتى تعود مرة اخرى الى المجس والذي يكون فعله كمستقبل. كلا النبضتين المرسله وصداهما سوف يسجل على (C.R.O) والمسافة (D) بين الصورتين تتناسب مع سمك المادة T التي يجري عليها الاختبار، فاذا كان هناك اي عيب مثل فجوة في (C)، في هذه الحالة النبضه تنقطع وتنعكس كما مبين في الشكل ادناه. بسبب رجوع الصدى الى المستلم بوقت اقصر فسوف تظهر صورة وسطية على شاشة (C.R.O) وان موقعها يسبق الاخرى (اي من السطح الثاني) ويعطي مسافة العيب او التشوه تحت السطح. وتكون اقل شدة بسبب امتصاص جزء منها من قبل العيب او التشوه. وان التركيب الرديء او الخشن يؤدي الى استطاره او تشتت طاقة الموجات الفوق صوتيه مما يؤدي او لربما الى نشوء مشكله في الاختبار من التركيب المتجانس او الدقيق. ان اهم اختلاف بالنسبة الى التكتيك عكس النبضة هي طريقة الغمر وذلك باستخدام الماء كوسط مزدوج. المادة المراد اختبارها توضع في حوض من الماء والمجس يحرك ذهابا وايابا في الماء فوق المادة. هذه الطريقة ممكن استخدامها للتصوير التلقائي الى صفائح كبيرة للكشف عن هذه الصفائح.

■ **طريقة الارسال** : يستخدم في هذه الطريقة حزمه مستمرة من الامواج فوق الصوتيه.

وهناك مجسين واحد يكون للارسال والثاني للاستقبال وبوضعين في اتجاهين متعاكسين للمركب

المراد فحصه والحزمة الصوتية تمر من واحد الى الاخر كما في الشكل التالي:



فلاحظ ظهور قيمتين في (C.R.O) القيمة المتكونة على اليسار تمثل قيمه الارسال والثانية التي على اليمين قيمة شدة الحزمة التي تصل الى المستلم فاذا كانت اعاده مثالية للصوت فسوف تكون القيمتين متساويتين في الارتفاع 10 m في حالة وجود شوائب فان القيمة التي على اليمين سيكون ارتفاعها اقل من التي على اليسار ويرجع السبب ذلك الى سطحين المركب متوازيين ولذلك سوف تكون المجاست متوازية.

اما في حالة وجود زاوية فيهم فان ذلك يؤدي الى انكسار وانعكاس وعليه فان طريقه عكس النبضه هي المفضلة ويرجع ذلك الى الاسباب التالية:

① نحتاج الى جهاز مفرد نفسه مرسل ومستلم.

② فقط وجه واحد من المركب المارد اختباره يستعمل.

③ لا يحتاج ان يكون الجذر الخلفي للمركب ان يكون موازي الى الوجه الامامي.

وبالاستطاعة فحص صفيحه من الفولاذ (steel) او قضيب مسطح من سمك (15mm-30mm) اذا كان فيها تشقق او تصدمات او اجزاء مصابة يمكن كشفها.

10

فحص النبضات فوق السمعية Ultrasonic pluse test

تجري الفحوصات القياسية لمقاومة الخرسانة على نماذج مصنعة خصيصاً لذلك الغرض ، وهذا يعني انها نماذج لاتمثل بحكم المنشأ الاصلي تمثيلاً حقيقياً .

ومن نتائج ذلك هي ان درجة الرص للخرسانة في المنشأ لاتنعكس نتائج فحص المقاومة ، كما انه يتعذر تحديد فيما اذا كانت المقاومة الكامنة للخلطة (كما حددت بموجب فحص المكعب) ، قد تم التوصل لها في المنشأ الخرساني ذاته . ومما لاجدل فيه انه يمكن استقطاع نموذج

من المنشأ نفسه ، ولكن ذلك سيؤدي بالضرورة الى احداث ضرر في ذلك الجزء المعين في المنشأ .

الاكثر من ذلك فان كلفة تلك الطريقة تكون باهضة التكاليف للاستعمال كاسلوب قياسي ولكل تلك الاسباب ، جرت عدة محاولات لقياس بعض الخواص الفيزيائية التي يمكن ان تنسب الى مقاومة الخرسانة وباسلوب غير اتلافي ، وقد التوصل لذلك فعلا بدرجة ملموسة من النجاح ، وذلك اعتماداً على تحديد سرعة الموجات الطولية في الخرسانة ، هذا ولا توجد علاقة منفردة بين السرعة ومقاومة الخرسانة ولكن تحت ظروف محدهه توجد علاقة مباشرة بين الاثنين .

اما العمل المشترك فهو كثافة الخرسانة ، حيث ان التغير في الكثافة يؤدي الى اختلاف في سرعة النبضات .

ومثل ذلك فانه لخلطة خرسانة معينة فان نسبة الكثافة الحقيقية الى الكثافة الكامنة (المرصوة رصاً كاملاً) ترتبط بالمقاومة الناتجة بعلاقة وثيقة .

ولذلك فان تخفيض الكثافة الناجم عن زيادة نسبة الماء الى الاسمنت يقلل كلا من مقاومة الضغط للخرسانة وسرعة الموجات المنقولة خلالها ، وهذا يوضح الشكل التالي وباسلوب تخطيطي جهاز عالي الدقة لقياس سرعة الموجات فوق السمعية للخرسانة ، كما ويمكن الحصول على ذلك الجهاز تجارياً ، حيث شاع استعماله مؤخراً ، كما يتوفر الجهاز مماثل بدرجة النتائج على شكل ارقام ايضاً ، هذا وقد غطت المواصفات البريطانية القياسية المرقمة (4408) الجزء الخامس لسنة (1971) الاسلوب التقني لعمل تلك الاجهزه .

ان سرعة الموجة لاتستخرج بشكل مباشر ولكنها تحتسب من الزمن الذي تستغرقه الذبذبة لقطع مسافة بعينه .

ونحصل على تلك الموجات فوق السمعية - (والتي اشتق منها اسم الفحص) - باحداث تغيير سريع من جهاز ارسال ناقل حافز (transmitter driver) الى محول للطاقة على شكل بلورة كهربائية (piezo - electric - crystal) ترسل الذبذبات بتردد الاساسي .

وقد وجد ان محولات الطاقة المصنعة من تيتنايت الباريوم وتيتنايت الرصاص ملائمة لهذا الغرض . اما اسلوب الفحص فيتلخص بوضع محول الطاقة بشكل ملائم للخرسانة بحيث يتم استلام الاهتزازات المنقولة خلال تلك الخرسانة من محول آخر للطاقة ملائم للوجه المعاكس للنموذج المفحوص . هذا وتولد محولات الطاقة اشارة كهربائية ، والتي تغذي عبر مضخم (amplifier) الى لوح لانبوب الاشعة الكاثودية ، ويوفر لوح اخر اشارات توقيت وعلى فترات فاصلة ثابتة .

ولذا فان من قياس ازاحة اشارة الموجة نسبة الى موقعها عندما تكون محولات الطاقة بتماس مباشر احدهما بالآخرى . يمكن قياس الزمن المستغرق للموجة للانتقال خلال الخرسانة تساوي $(0.1\bar{7})$ ميكروثانية - بحث انه لزم انتقال يتراوح بين (30) و (45) مايكروثانية و لخرسانة بسمك (150 mm) (اي 6 in) يمكن تحديد سرعة الموجة و بحدود اقل من (0.5%) . اما عند زيادة طول المسافة التي تنتقل الموجات خلالها ، فان حدة بداية شكل الموجة تقل بحيث لا يمكن التوصل الى ربح في الدقة . هذا ويمكن عادة فحص الخرسانة بسمك يتراوح بين (0.5) و لغاية (2.5) متر (اي 4 in) و لغاية (8 ft) ولكن ومع ذلك فقد اجريت فحوصات على خرسانة ذات سمك وصل لغاية (15 m) (اي 50 قدم) .

ان اختبار الاهتزازات فوق السمعية محكوم في احد الجوانب بحقيقة انه كلما كان التردد اعلى كلما قل امتداد (spread) الاتجاه الذي تنتقل خلاله الموجات . لذا يتم استلام طاقة اعلى ، وفي الجانب الاخر كلما كان التردد اعلى كلما زاد نوعين (attenuation) الطاقة .

هذا وتستعمل عادة محولات الطاقة ذات الترددات الطبيعية المتراوح بين (50) و (200) كيلوهرتز علماً بان النهاية اقل من التدرج المذكور للترددات هي الاكثر شيوعاً في الاستعمال . اما عند عدم التمكن من الوصول الى وجهي الجزء الخرساني المطلوب تفحصه (الاسباب فنيه) يمكن قياس سرعة الموجه خلال مسار مواز لسطح ذلك الجزء ، ومن ثم توضع محولات الطاقة على نفس الوجه للجزء الخرساني المفحوص ، بحيث تفصل بين محولات الطاقة مسافة

معلومة وفي هذه الحالة ستكون الطاقة المستلمة اقل بكثير طبعاً ، ونتيجة لذلك ستكون القراءة المسجلة اقل دقة ايضاً .

كما ويمكن الحصول على نتائج افضل بوضع مرسل محول الطاقة فوق حافة الجزء الخرساني المفحوص وعلى وجه عمودي على السطح الرئيسي .
هذا وتدل قياسات سرعة الموجات خلال السطح على خواص طبقة السطح فقط ولا تعطي اية دلالة لمقاومة الخرسانة في عمق الجزء المفحوص .

ان الاسلوب التقني لسرعة الموجات فوق السمعية يستعمل كطريقة للسيطرة النوعية على الانتاج والذي يفترض ان يكون مصنعاً من خرسانة متشابهة ، حيث يمكن بهذه الطريقة متابعة كلا من قلة الرص واختلاف نسبة الماء الى الاسمنت للخرسانة المفحوصة وبسهولة هذا وتجدر الاشارة الى ان الاسلوب التقني لايمكن وباية حال من الاحوال ان يستعمل لتحديد مقاومة انواع الخرسانة المصنعة بمواد مختلفة غير معروفة الخواص . وعلى الرغم من ذلك وانطلاقاً من صحة وجود ميل واسع لان تكون الخرسانة العالية الكثافة عالية المقاومة (شريطة ان يكون الوزن النوعي للركام المستعمل ثابتاً) ، فانه يمكن تصنيف نوعية الخرسانة تصنيفاً عاماً واستناداً الى سرعة الموجات الصوتية ، بعض الارقام التي اقترحها وايتهيريت (Whitehurst) لتصنيف الخرسانة ذات كثافة مقدارها (2400 كغم /م³) ، اعتماداً الى اساس سرعة الموجات ومن الجانب الاخر ، فاستناداً الى جونز (jones) فان الحد الادنى لسرعة الموجات للنوعية الجيدة من الخرسانة يتراوح بين (1،4) و (47 كيلومتر/ثانية) (13500) و (15500 قدم / ثانية) اما سبب هذا التناقض والاختلافات الواسعة العامة فيما يتعلق الامر بسرعة الموجات لانواع الخرسانة ذات النوعية المحددة فيعود الى تاثير الركام الكبير .

حيث ان كلا نوعيته ونوعه يؤثران في سرعة الموجات ، في حين انه في حالة نسبة الماء الى الاسمنت ... يكون تاثير الركام الكبير على المقاومة اقل نسبياً .

وهكذا فان لنسبة خلط مختلفة نحصل على علاقة مختلفة بين المقاومة وسرعة الموجة . ومن الناحية الاخرى وجد كابلان (Kaplan) انه لانواع الخرسانة ذات العمر المتساوي فان تأثيرات نسبة الركام الى الاسمنت تعادل احدهما الاخرى ، بحيث انه لعمر محدد وعند قابلية تشغيل ثابتة توجد علاقة فريده (unique) بين سرعة الموجة ومقاومة الخرسانة . هذا ومن الملائم في الحالات التطبيقية تكون علاقة بين المقاومة وسرعة الموجة بواسطة فحص المكعبات . ولكن يجب ان تكون تلك المكعبات المفحوصة بنفس حالة جفاف الخرسانة في المنشأ الاصلي وذلك بسبب التأثير الكبير للرطوبة في الخرسانة على سرعة الموجة . واذا ماجرت المعايرة على مكعبات مبتلة وكانت الخرسانة في المنشأ الاصلي جافه فان مقاومة الاخير يمكن ان تقدر باقل من قيمتها بما يتراوح بين (10) ولغاية (15%) وربما اكثر من ذلك .

هذا وتجدر الاشارة اليه الى ان استعمال قياسات الموجات فوق السمعية كاسلوب للسيطرة النوعية في عمل انشائي ليس بالامر الفعلي ، فمثلاً لا يظهر وجود اية علاقات عرضية بين اختلافات فحص الضغط للمكعبات واختلافات قياسات الموجة . ومما لاجدل فيه ان الاختلافات الاخيرته تتأثر بدرجة الرص و.. (work mainsship) بشكل عام ، ولكن مع ذلك فقد لوحظت تناقضات لايمكن تعليلها او تفسيرها حالياً بهذا الصدد ، حيث سجل وتحت الظروف المختبرية انحراف قياسي يقارب (160 متر/ثانية) (530 متر/ثانية) لخرسانة جيدة النوعية . اما العلاقة بين سرعة الموجة ومعامل المرونة الحركي للخرسانة وهي علاقة على جانب كبير من الاهمية . كما ان العلاقة بين معامل المرونة الساكن وسرعة الموجه يمكن ان تكون ذات قيمة ايضاً الخفيف الوزن ، ولكن لايمكن اجراء اي تعميم لتلك الحالة ، هذا ولا ينحصر استعمال قياسات الموجات فوق السمعية على السيطرة النوعية للخرسانة انما يمكن ايضاً استخدام هذا الاسلوب لمتابعة نمو التشققات في المنشآت (كالسدود مثلاً) ، ولتفحص التلق الناجم من الانجماد او عن فعل المواد الكيميائية وتلك هي تطبيقات مهمة جداً لهذا

الاسلوب التقني والتي تلائم الكشف عن اي فجوات في الخرسانة . ان الشقوق ذات المركب (com - ponent) العمودية على امتداد (propagation) الموجات تسبب انعطاف الموجه حول الشق وذلك مايؤدي الى زيادة زمن انقال الموجة ، ومن ثم الى الاقلال من سرعة الظاهرية للموجة .

اما في حالة تطابق مستوى الشق مع اتجاه الموجة ، فانه تتمكن من المرور من اي جانب من جوانب الشق ، ولذلك لاتتأثر سرعة الموجات والحالة هذه ، هذا ونتمكن ايضاً باتباع اسلوب صدى (echo) الموجات فوق السمعية من قياس سمك خرسانة الطرق والبلاطات المشابهة الاخرى .

وكتطوير لطريقة سرعة الموجة فوق السمعية فقد اقترح كلا من جونز (jones) وهي هيو (may hew) ان طول الموجة وسرعة الموجات السطحية المقاسة على سطح الجزء الخرساني (او على سطح الطبقات المختلفة للمنشأ وبذبذبات محددة بين (30) ولغاية (30000 هرتز) .

وباستعمال المعلومات التجريبية حول العلاقة بين سرعة الموجة وطول الموجة لنماذج خرسانية من نفس النوع ، يمكن ايجاد مقاومة ومعامل مرونة الخرسانة في الجزء الحقيقي من المنشأ . هذا ويوجد عدد من الاساليب التقنية لفحص الخرسانة . وهي تتراوح بين استعمال الاجهزة الكهرومغناطيسية لقياس الغلاف الخرساني لحديد التسليح (المواصفات البريطانية القياسية المرقم (4408) الجزء الاول لسنة (1969) الى طرق اشعة كما لايجاد الاختلافات في كثافة الخرسانة ، وبضمنها متابعة الاخطاء في تنفيذ اعمال الملاط الاسمنتي (grout) للخرسانة او نتخرب (honey combing) الخرسانة ، او موقع حديد التسليح ، علماً بان ذلك الاسلوب التقني مغطى بموجب المواصفات البريطانية القياسية المرقمة (4408) الجزء الثالث لسنة (1970) هذا ولا يحتمل ان يتسع نطاق استخدام تلك الاساليب الحديثة في القريب العاجل ، وذلك بسبب الكلفة العالية لمستلزمات استخدامها.

End chapter 5

