

دراسة تأثير درجة حرارة الفجوة على منسوب الضغط الصوتي الكلي

م. عادل محمود صالح* و م. سليم خليفة كاظم**

تاريخ التسلم: ٢٠٠٤/١/٣١

تاريخ القبول: ٢٠٠٥/٣/٩

الخلاصة

تناول هذا البحث دراسة تأثير درجات حرارة الفجوة على منسوب الضغط الصوتي الكلي وسرعة الجريان عند ثبوت العمق والقطر، حيث تم اختيار ثلاثة أقطار للفجوة (11.8, 10.3, 8.8 mm) وسرع جريان (125.1 – 60.41 m/s) ولأعماق (0- 53 mm).

من النتائج التي تم الحصول عليها عملياً للحالات المختلفة تبين أن لدرجة حرارة الفجوة يكون متذبذب على منسوب الضغط الصوتي الكلي حيث نلاحظ عند عمق 15mm تأثير قليل لدرجة الحرارة ثم يزداد هذا التأثير عند عمق 10mm ثم يقل عند عمق 14mm ويزداد إلى أن يصل عند عمق 28 mm وهكذا يستمر التأثير.

وأظهرت الدراسة أن قيمة منسوب الضغط الصوتي الكلي يعتمد على سرعة الجريان وعمق الفجوة حيث يزداد سرعة منسوب الضغط الصوتي الكلي بزيادة سرعة الجريان وعمق الفجوة، أن النتائج المستحصلة أظهرت تطابقاً مرضياً مع النظرية الأساسية التي تبناها الباحث (Light hill).

Temperature cavity effect on the over all sound pressure level

Abstract

The effect of cavity temperature on the overall sound pressure level and flow velocity for constant depth and diameters had been studied.

Three value cavity diameters (11.8, 10.3, 8.8 mm) and flow velocity range of (125.1 – 60.41 m/s) for depth values of (0 – 53 mm) where implemented.

The experimental results showed that the cavity temperature had an oscillatory effect on the sound pressure level such that the effect was poor at a depth of 15 mm, then increasing at a depth of 10 mm while this effect was decreasing at 14 mm then increasing until a depth value of 28 mm

The study also showed that the overall sound pressure level was dependent on flow velocity and cavity depth.

* قسم هندسة المكينز والمعدات، الجامعة التكنولوجية
** قسم هندسة السيطرة والنظم، الجامعة التكنولوجية

The overall sound pressure level was increasing as the flow velocity and cavity depth increased.

Experimental results showed a reasonable agreement with the theoretical result which was adopted by the researcher Lighthill.

الرموز المستخدمة

الوحدة	التعريف	الرمز
mm	العمق	D
m/s	سرعة الجريان	U
-	عدد ستراول	St
m	طول الفجوة	L
Hz	التردد الطبيعي	f
dB	منسوب الضغط الصوتي	O.a.SPL

الصوتية والتي تولد ما يسمى بازير القنابل (2). وقد أجريت عدة بحوث لدراسة شدة الضوضاء المتولدة في الفجوات وعلاقتها بشكل الفجوة وسرعة الجريان. ونظراً للأسباب الواردة أعلاه فقد تم اختيار فجوات مختلفة المقاطع لدراسة جريان الهواء فوق الفجوات، ويهدف البحث إلى دراسة تأثير درجة الحرارة وعمق الفجوة وسرعة جريان الهواء على شدة الضوضاء المتولدة في الفجوة.

١- الضوضاء:

تعرف الضوضاء بأنها أصوات غير مرغوب فيها للأذن البشرية (3).

المقدمة

أن حدوث الأصوات بمرور الهواء فوق الفجوات يعتبر ظاهرة طبيعية لها تطبيقاتها في الجانب العملي. إن الضوضاء الناتجة من استئارة الفجوات عند مرور الهواء فوقها مهم جداً لعلاقته بحركة الطائرات والضوضاء المتولدة عند طيرانها لذلك فإن هذه الدراسة تدخل في تصميم بعض أجزاء الطائرة كالعجلات ومركز القيادة حيث أن هذه الأجزاء تحتوي على فجوات تولد ضوضاء عند هبوط الطائرات أو إقلاعها (1). كما أن دراسة توليد الضوضاء يدخل في مجال تصميم بعض أسلحة الحروب كالقنابل

يمكن سماعها. أو من التذبذب والاهتزاز لسطوح حدود السائل (boundary surface) أو الجريان المضطرب (turbulent flow) إذ يؤدي إلى تكون دوامات (eddies) (6).

٢- أدبيات الموضوع:

نظرا لأهمية موضوع الضوضاء الايرودينامية للارتباط الوثيق بتكنولوجيا الطيران والفضاء وكذلك السلامة الصحية لبني الإنسان فإن أبحاث كثيرة أجريت على المنافذ الحرة ضمن أنظمة عمل مختلفة لوجود تشابه بينهما وبين فوهات المحركات التوربينية والصاروخية ومحطات توليد الطاقة الكهربائية.

في عام (2000م) درس الباحثون (Heller, H.H; Holmes, D.G. Covert) (8) حث الجريان على تذبذبات الضغط في الفجوات السطحية والتي فيها نسبة (L/D) (قيمة لابعدية تعرف بطول الفجوة الى عمقها) تتراوح من (٤-٧) ولمدى عدد ماخ (0.8-3). كما بحث العلاقة بين تموجات الضغط للأصوات المنبعثة مع شكل الطبقة المتأخمة، وتوصلوا إلى أن سرعة الجريان المنفصل داخل " " تأثر بنسبة (L/D) وشكل الط ١٢٨ ثمة وان لمقدار التردد المميز يزداد عندما تكون الطبقة المتأخمة طباقية لحصول الرنين عندها ولا يحصل عند الطبقة المتأخمة المضطربة.

وفي عام (١٩٦٢م) توصل الباحث (Plumlee) (7) ان الضغمت

ويمكن تصنيف الصوت علميا على نوعين:

١- الأصوات الموسيقية.

٢- الضجيج والضوضاء.

الأصوات الموسيقية هي تلك الأصوات المسموعة التي تولد تأثيراً سلساً وساراً في الأذن البشرية، أما الضجيج و هو أي صوت يمكن سماعه وغير مرغوب فيه (٤). وتقسّم الضوضاء إلى:

أولاً: الضوضاء الميكانيكية: وهي ناتجة من اهتزاز الأجسام الصلبة التي تولد اضطراباً ضغطياً داخل الوسط.

ثانياً: ضوضاء الموائع: وتقسّم على نوعين

١- ضوضاء السوائل

Hydrodynamic Noise

تحدث نتيجة الاضطراب الضغطي (تضاعفات وتخلخلات) المتولدة بسبب وجود طور ثان في السائل داخل المنظومة الهوائية فالفقاعات المتولدة بسبب ظاهرة التكيف داخل السائل ستنفجر مولدة الضوضاء. أو قد تحدث لوجود تأثير قوى غير ثابت مع الزمن بسبب الجريان المضطرب (5).

٢- الضوضاء الايرودينامية

(Aerodynamic Noise):

تنتج هذه الضوضاء من أيه فعالية تعطي مجال ضغط متغير مع الزمن في سائل ما قياساً إلى معدل الضغط الاستاتيكي، فنتيجة الاضطراب الضغطي المتسبب من قبل هذه الفعالية الفيزيائية تتولد موجة صوتية

استنتج بان دراسة ترددات الضوضاء الحاصلة في الفجوة تعتمد على قياس ترددات الأصوات المنبعثة (f) وطول الفجوة (L) وسرعة الجريان (U). ووجد بان العلاقة بين عدد ستراول ($St = fL/U$) واعدد ماخ تتمثل بخط يزداد ميلا كلما يزداد عدد ماخ كما وجد بان عدد ستراول يتغير بتغير النسبة (L/D) للفجوات العميقة والتي فيها ($L/D < 3$)، ولايتاثر عدد ستراول عند الفجوات السطحية والتي فيها ($L/D \geq 3$).

وفي عام (١٩٦٤)م قام الباحث (Rossiter) (11) بقياس معدلات الضغط عند سطح المجرى الهوائي الذي توجد فيه عدة فجوات ذات مقاطع مستطيلة، وتوصل إلى وجود هناك نوعين من موجات الضغط المتولدة نتيجة وجود الفجوات، موجات ضغط تحصل في فترات عشوائية وموجات ضغط تحصل في فترات منتظمة، بحيث أن الأولى تحصل عند الفجوات السطحية التي فيها ($L/D > 4$) وتكون شديدة عند قاع الفجوة أما موجات الضغط الحاصلة في فترات منتظمة فغالبا ما تحصل عند الفجوات العميقة والتي فيها ($L/D < 4$). واهم ما استنتجه هو ان موجات الضغط تحصل نتيجة وجود الفجوات وتحصل في فترات عشوائية عند الفجوات السطحية وفي فترات منتظمة عند الفجوات العميقة. وفي عام (١٩٧٠) درس البحث (Change, P.K) (11) مجال

الصادرة من التجاويف هي نتيجة لرنين التجاويف إذ اقترح بان النغمات تكون مطابقة للاستجابة الصوتية القصوى للتجاويف، واستنتج أيضا بان معظم طبقة القص المضطربة التي تغطي فتحة التجويف هي مصدر الضوضاء. في عام (١٩٦٤م) درس الباحث (East, L.F) (2) بحث أو عمل الرنين ايروديناميكي أي بواسطة ميكانيكية الدفع الهوائي في فجوة مستطيلة المقطع حيث درس الترددات المميزة التي تنتج من التوافق بين ترددات الأصوات الناتجة في الفجوة وترددات الأصوات المتولدة نتيجة اصطدام الطبقة المتاخمة بالحافة الخلفية للفجوة. ولقد وجد بان لكل شكل من الفجوة له ضوضاء تتغير بتغير سرعة الجريان.

واهم ما استنتجه الباحث هو ان شدة الضوضاء تتغير بتغير سرعة الجريان وتغير شكل الفجوة وان الضوضاء المنبعثة من داخل الفجوة تنتج من موجات الضغط عند فتحة الفجوة. ووجد بان التردد المميز لهذه الأصوات الناتجة من تموج طبقة الإجهاد وبين تردد الموجات الصوتية المرتدة من داخل الفجوة. وفي عام (١٩٧٧)م درس الباحث (Block) (9) ترددات الضوضاء المتولدة نتيجة استثارة الفجوات المستطيلة المقطع عند مرور الجريان فوقها وعند مدى من اعداد ماخ تتراوح ما بين (0.05 - 0.4) لمدى (L/D) ما بين (0.1 - 0.8) ولقد

هوائي ولاقطار مختلفة. حيث تم اختيار ثلاثة أقطار (11.8, 10.3, 8.8mm) ولمدى سرعة (125.1, 108.22, 86.56, 60.41m/s) ولأعماق (0 - 53mm). لتحقيق الهدف أعلاه استخدمت منظومة اختبار تتكون من الأجزاء الرئيسية التالية غرفة معزولة صوتية (لا صوتية). منظومة ضغط الهواء وخزنه، منظومة سيطرة التحكم في سرعة الهواء الخارج من المنفت، مجموعة من الأنابيب والحنفيات والتوصيلات ذات أشكال وأقطار مختلفة، مقياس فوهي لمعدل الجريان (Orifice flow meter)، مقاييس ضغط ودرجات حرارة.

٤- مقطع الاختبار (Teast section):

يتكون مقطع الاختبار من ثلاث أجزاء رئيسية الجزء الأول عبارة عن اسطوانة صلبة من معدن الألمنيوم طولها (7cm) وقطرها (2.4cm) عند مسافة (1.1cm) يتغير فيها القطر إلى حوالي (4cm) حيث تتكون حافة حادة وذلك لاجل تقليل الضوضاء عند الحافة الأمامية والخلفية للأسطوانة ، ولضمان قيمة سرعة التيار الواصل الى فوهة التجويف ، تحتوي هذه الاسطوانة في مركزها على تجويف دائري ذي عمق قابل للتغير بمكبس ثابت على مسنن لتحريكه صعوداً ونزولاً من الجهة السفلى. تثبت الاسطوانة بأحكام على الحامل الحديدي الذي بدوره يثبت على رابطة خاصة

الأصوات عند عدد ماخ الذي يتراوح ما بين (0.25-1.5) باستعمال فجوة مستطيلة المقطع. ووجد الباحث بأن تردد الصوت عند عمق ثابت للفجوة يتناسب عكسياً مع طول الفجوة (L) وكما أن شدة الضوضاء للأصوات المنبعثة تعتمد على شكل الطبقة المتاخمة وشكل الفجوة وعلى سرعة الجريان كما وجد بأن شدة الموجات الصوتية ضعيفة عند الطبقة المتاخمة المضطربة وقوية عند الطبقة المتاخمة الطباقية.

وفي عام (19٦٦) قام الباحث (Spee, B.M) (12)، بدراسة المجال الصوتي المتولد من فجوة في مجرى هوائي، باستعمال فجوة مستطيلة المقطع ولمدى أعداد ماخ (- 0.8 0.45)، واستنتج ان الفجوة تولد موجات شديدة الكثافة عند سرعة الجريان اقل من سرعة الصوت . كما أن لجدران المجرى الهوائي لها تأثير مباشر على شدة المجال الصوتي المنبعث الذي لا يعتمد على التردد.

٣- الهدف من البحث:

بعد الاطلاع على البحوث السابقة اتضح ان معظم الدراسات المقدمة تطرقت بصورة أساسية إلى دراسة خصائص الضوضاء المنبعثة من فجوات مستطيلة المقطع ، ولم تأخذ بنظر الاعتبار الضوضاء الناتجة من مرور الهواء في منفت هوائي لاقطار مختلفة. لذا تم إجراء هذه الدراسة لقياس شدة الضوضاء الناتجة من مرور الهواء في منفت

١٠- بعد الانتهاء من الخطوة (٩) يتم تثبيت مقطع اخر وتعاد جميع الخطوات السابقة ابتداءً من الخطوة رقم (٢).

٦-العلاقة بين منسوب الضغط الصوتي الكلي (O.a.SPL) وسرعة الجريان (U) لدرجات حرارة عند ثبوت كل من العمق والقطر:

لدراسة تأثير درجة الحرارة على منسوب الضغط الصوتي الكلي وسرعة الجريان تم رسم العلاقة بين العمق ومنسوب الضغط الصوتي الكلي وجد ان المنحنيات عبارة عن معادلة متعددة الحدود من الدرجة الثانية، عدا بعض الأعماق تكون من الدرجة الأولى.

عند القطر (11.8mm) نلاحظ بأنه كلما ازدادت سرعة الجريان زاد قيمة منسوب الضغط الصوتي الكلي عند بعض الأعماق لمدى (14 - 28) ويعزى ذلك إلى ان تردد الفجواه الطبيعي عند السرعة الواطئة اقرب إلى التردد السائد لطبقة القص الحرة من السرعة العالية وبذلك تحصل حالة الرنين .

ان لدرجة حرارة الفجوة تأثير متذبذب على منسوب الضغط الصوتي الكلي حيث نلاحظ عند العمق (5mm) تأثير قليل لدرجة حرارة الفجوة ثم يزداد هذا التأثير مرة أخرى عند العمق (10mm) ثم يقل هذا التأثير مرة أخرى عند العمق (14mm) ويرجع هذا التأثير مرة أخرى للازدياد بعد هذا العمق إلى ان يتقلص من جديد عند

(coupling) وتم عزلة عن معدن الرابطة بمخمد مطاطي الغرض منه تقليل الذبذبات المنقلة بواسطة معدن الرابطة، يتم قياس العمق بمسطرة مدرجة مثبتة اسفل الاسطوانة بالقرب من المسنن بحيث ان حركة المسنن السفلى تعطينا انطباعاً بقيمة العمق. كما في الشكل (1) .

٥-خطوات العمل:-

- ١-ربط كافة اجهزة القياس الالكترونية بالتيار الكهربائي وتركها لفترة زمنية معينة لغرض وصولها لحالة الاستقرار التام.
- ٢-تفريغ خزانات الهواء من الماء المتراكم ان وجد لغرض ملئها بالهواء المضغوط.
- ٣- تثبيت احد المقاطع الاختبار المراد اجراء قياسات الضوضاء له في مكانة المحدد.
- ٤- تثبيت الفجوة على عمق معين.
- ٥- تنظيم الضغط ومعدل الجريان الككلي للهواء المضغوط وباستخدام منظومة السيطرة وحسب الحاجة.
- ٦- تسجيل القراءات الخاصة بالضغط.
- ٧-تسجيل القراءات الخاصة بالضوضاء المتولدة باجراء التحليل الطيفي لها باستخدام محلل التردد الرقمي.
- ٨- اعادة الخطوات (٦،٧،٨) لمعدل جريان كتلي اخر لعدد من المرات.
- ٩- اعادة الخطوات (٦،٥،٤،٣،٢،١) ولمعق اخر للتجويف ولعدد من المرات.

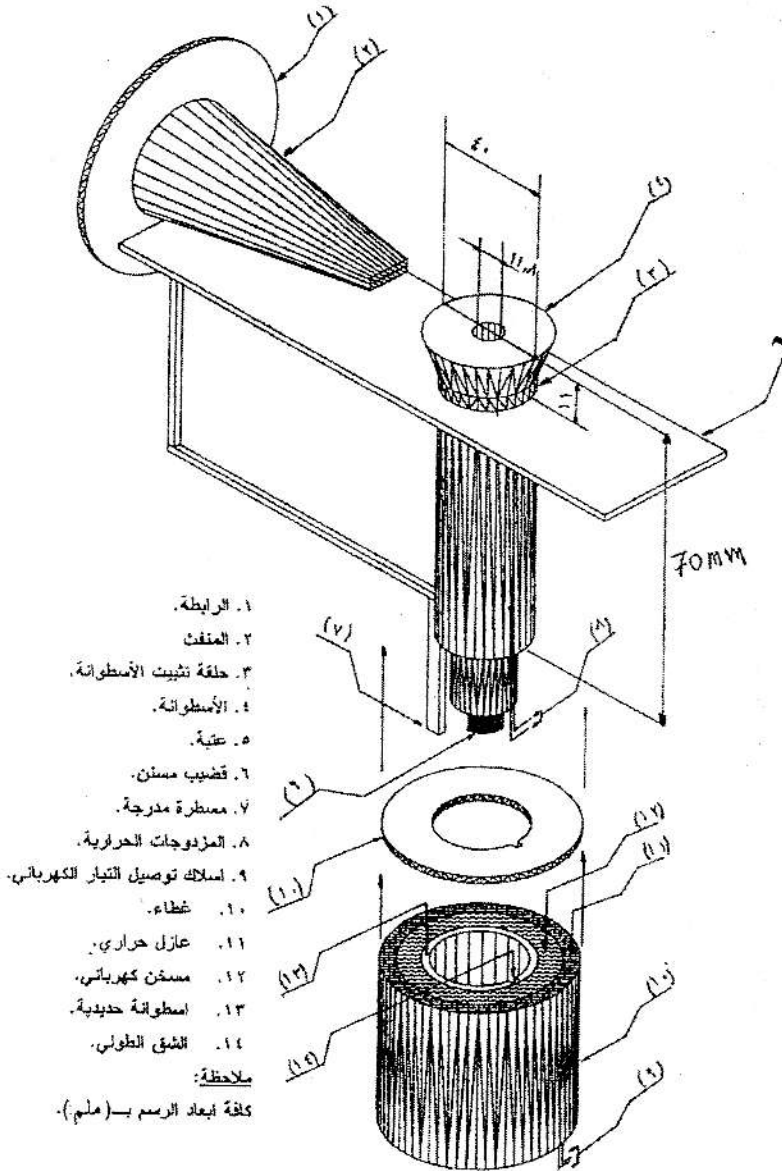
- generation in two-phase flow through pipe line orifice", ph.D.thesis, 1985 Leeds University, England.
- 7- Plumblee, H.M."Acoustic & Noise control", Measurement of Airborne sound, 2nd Edition 1996.
- 8-Heller, H.H; Holmes, D.G&Covert, E.E"Flow-induced pressure oscillation in shallow cavities" J. institute of Sound Vibration on research; University of Southampton, fourth year ending, March 2000.
- 9-Patricia, J.w; Block and Heller, H."Measurements of farfield sound generation from a flow-excited cavity" NASA TM X-3292, December 1975.
- 10-Rossiter, J.E."Wind-tunnel experiments on the flow over rectangular cavities of subsonic speeds"Aero.Res.And M.3438, 1964.
- 11-Change, P.K."Seperation of flow" Pergamon press 1970.
- 12-Spee, B.M."Wind-tunnel experiments on unsteady

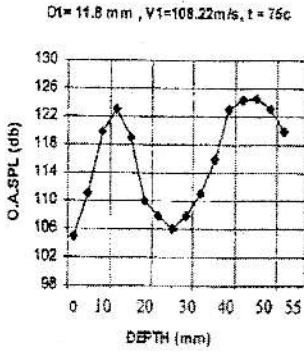
العمق (28mm) وهكذا يستمر التأثير، كما نلاحظ أن تأثير درجة الحرارة يكون أكثر انتظاماً عند الأعماق الكبيرة من الأعماق القليلة. وأن المديات التي ينحصر فيها انخفاض منسوب الضغط الصوتي الكلي مع ارتفاع قيمة سرعة الجريان وتقل مع تناقص قيمة القطر كما في الأشكال (1-2) إلى (2-3) النتائج جاءت متطابقة مع نتائج الباحث Lighthill (Uⁿ) حيث تبين عند زيادة السرعة زادت شدة الضوضاء وكانت العلاقة أسية.

المصادر

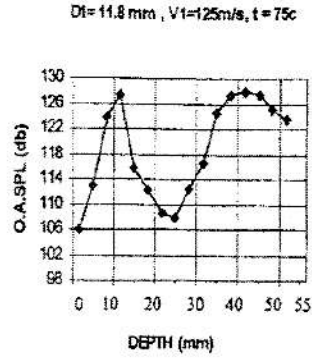
- 1- Block, p.j.w"Measurement of the tonal component of cavity noise and comparison with theory " NASA TP-1013, November, 1977
- 2- East, L.F." Aerodynamically induced resonance in rectangular cavity" J.sound vib, vol.3 pp. 277-287, 1966
- 3- Cyril M.Harris"Hand book of noise control" 2nd Edition 1979
- ٤- د. أمجد عبد الرزاق كرجيه "فيزياء الصوت والحركة الموجية" جامعة الموصل ١٩٨٥.
- 5-Lighthill M.J" ،Sound Generated Aerodynamically", Genera theory 1952, proc. Roy.Soc, Azll, pp564-587, London.
- 6-K. A. Ismaael "Aerodynamic noise

cavity flow at high
subsonic speed"AGARD
Current paper No.4,
p.p.941-974, 1966.

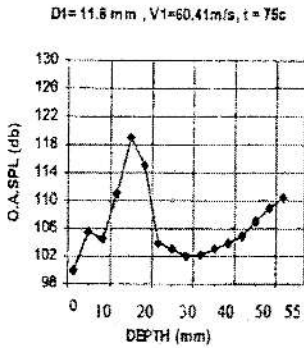




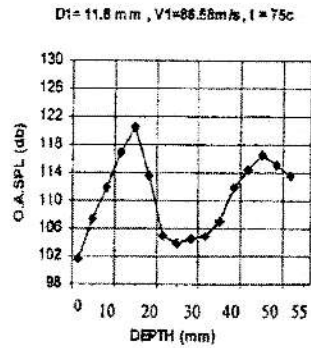
شكل (٢-١-٢) بين العلاقة بين منسوب الضغط الصوتي وعمق الفجوة عند السرعة الجريان (108.22m/s) والقطر (11.8mm)



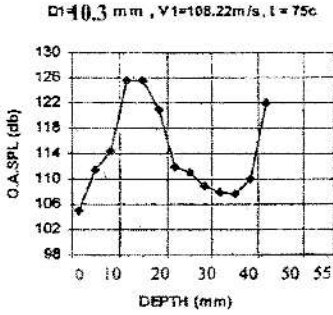
شكل (٢-١-١) بين العلاقة بين منسوب الضغط الصوتي وعمق الفجوة عند سرعة الجريان (125.1m/s) والقطر (11.8mm)



شكل (٢-١-٤) بين العلاقة بين منسوب الضغط الصوتي

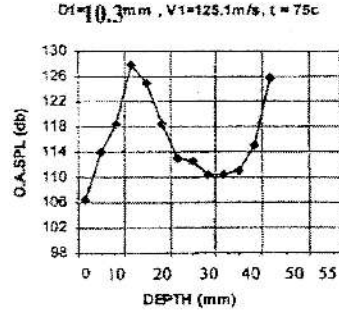


شكل (٢-١-٣) بين العلاقة بين منسوب الضغط الصوتي



شكل (٢-٢) بين العلاقة بين منسوب الضغط الصوتي وعمق الفجوة عند السرعة الجريان (108.22m/s) والقطر

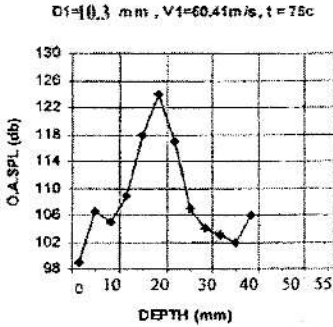
(10.3mm)



شكل (٢-١) بين العلاقة بين منسوب الضغط الصوتي وعمق الفجوة عند سرعة الجريان (125.1m/s) والقطر

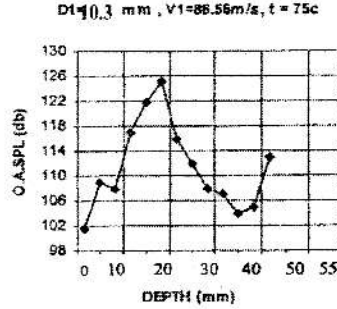
والقطر

(10.3mm)



شكل (٢-٤) بين العلاقة بين منسوب الضغط الصوتي وعمق الفجوة عند السرعة الجريان (60.41m/s) والقطر

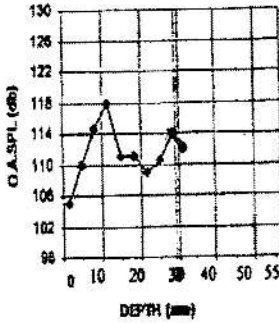
(10.3mm)



شكل (٢-٣) بين العلاقة بين منسوب الضغط الصوتي وعمق الفجوة عند سرعة الجريان (86.56m/s) والقطر

(10.3mm)

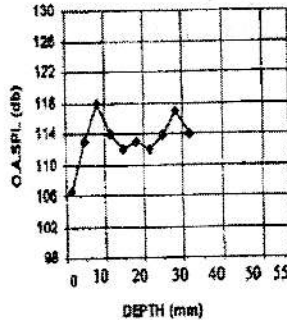
$D1=8.8\text{ mm}$, $V1=108.22\text{ m/s}$, $t=75c$



شكل (٢-٣-٢) بين العلاقة بين منسوب الضغط الصوتي وعمق الفجوة عند السرعة الجريان (108.22m/s)

(8.8mm)

$D1=8.8\text{ mm}$, $V1=125.1\text{ m/s}$, $t=75c$

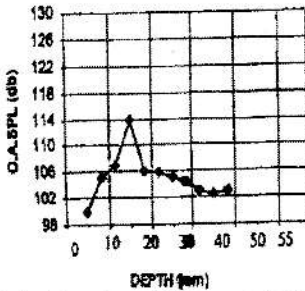


شكل (٢-٣-١) بين العلاقة بين منسوب الضغط الصوتي وعمق الفجوة عند سرعة الجريان (125.1m/s) والقطر

والقطر

(8.8mm)

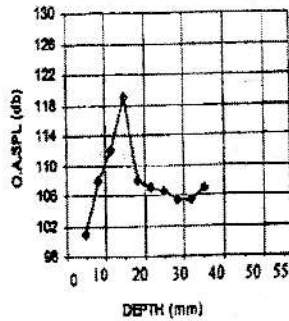
$D1=8.8\text{ mm}$, $V1=60.41\text{ m/s}$, $t=75c$



شكل (٢-٣-٤) بين العلاقة بين منسوب الضغط الصوتي وعمق الفجوة عند السرعة الجريان (60.41m/s) والقطر

(8.8mm)

$D1=8.8\text{ mm}$, $V1=86.56\text{ m/s}$, $t=75c$



شكل (٢-٣-٣) بين العلاقة بين منسوب الضغط الصوتي وعمق الفجوة عند سرعة الجريان (86.56m/s) والقطر

(8.8mm)