# دراسة عملية لتأثير تثقيب الزعانف على الأداء الحراري للأنابيب المزعنفة حلزونيا

**Dr. Ikhlase M.Fayed**
**Mech.Eng.Department**
**University of Technology**

**Dr. IhsanY.Hussain**
**Mech.Eng.Department**
**University of Baghdad**

**Dr. Hanna Abdul Hadi**
**Mech.Eng.Department**
**University of Technology**

**Sahra Hassan Ibrahim**
**Mech.Eng.Department**
**University of Technology**

## الخلاصة

تناول البحث دراسة عملية لتأثير تثقيب الزعانف على الأداء ولقد تمت الدراسة على خمسة نماذج من الأنابيب بقطر(18mm) ومزعنفة حلزونيا بزعانف بارتفاع (12mm) مثقبة من منتصفها بثقوب دائرية بعدد(3,3,6,2 hole /fin) وقطر (3,4,2,3mm) على التوالي حيث تم اختبار كل أنبوب أفقيا عند تعرضه لهواء بسرع قصوى تتراوح بين( 1.5-7.5 m/s) ولمدى من أعداد رينولد يتراوح بين ($21.15\times10^3-105.7\times10^3$) وقد درس تأثير تغير قطر الثقوب لعدد ثابت من الثقوب (3 hole/fin) في كل زعنفة و تأثير تغيير عدد الثقوب لقطر ثابت (3mm) على الأداء.وأظهرت النتائج العملية أن عملية تثقيب الزعانف تؤدي إلى زيادة معامل انتقال الحرارة الإجمالي ولجميع الأنابيب المثقبة ولكن نسبة الزيادة تختلف من أنبوب إلى آخر ،و من مقارنة معامل انتقال الحرارة الإجمالي لأنبوب مثقب (بقطر ثقب (3mm),(3 hole/fin)) مع أنبوب غير مثقب الزعانف وجد انه يزداد بنسبة (12.3%) عند السرعة (4.5m/s) وهذه النسبة تستمر بالزيادة لتصل إلى (36% ) عند السرعة (7.5 m/s) وعند مقارنة أنبوبين متماثلين بأبعاد الزعانف وبعدد الثقوب في كل زعنفة (3 hole/fin) أن الأنبوب المثقب بقطر صغير (2mm) افضل من الآخر المثقب بقطر (3mm) بنسبة (28%) عند السرعة (7.5 m/s) وانه لقطر ثابت للثقوب (3mm) تؤدي زيادة عدد الثقوب من (2) إلى (3) الى تحسين معامل انتقال الحرارة الإجمالي بنسبة (7.8%) لسرعة (7.5 m/s)كذلك زيادة عدد الثقوب تزيد من معامل انتقال الحرارة الإجمالي اكثر من زيادة قطر الثقوب لمساحة سطحية ثابتة للزعانف (لحالة البحث).



متوفر على الموقع التالي: iasj.net

# EXPERIMENTAL STUDY OF FINS PERFORATION EFFECT ON THERMAL PERFORMANCE OF HELICALLY FINNED TUBES

## ABSTRACT

The present research includes an experimental study for the effect of fins perforation on the performance of helically finned tubes. The experiments were made on five models of (18 mm) diameter tubes finned spirally with (12mm) high fins perforated with a circular holes , the number of holes was (3-3-6&2 hole /fin) and their diameters were (3,4,2&3mm) respectively .Each tube was tests horizontally by forcing air with(1.5-7.5 m/s) maximum velocity and Reynolds number range ($21.15\times10^3-105.7\times10^3$) on the tube .The effect of number and diameter of holes were studied.The experimental results showed that the fins perforation increase the overall heat transfer coefficient for all perforated fins tubes, but the percentage increase differs from tube to another. From the comparison of overall heat transfer coefficient for perforated finned tube ((3 hole/fin), (3mm) hole diameter) with unperforated finned tube found that it is increased to (12.3%) at air velocity (4.5m/s), this percentage continue with increasing until to reach (36%) at (7.5 m/s). It is found that for two tubes with same fins dimensions and same number of holes (3 hole/fin), the tube with smaller hole (2mm) is better than that of the larger hole (3mm) by (28%) at (7.5 m/s) maximum air velocity, the increase of the number of holes from (2) to (3) for constant hole diameter (3mm) improves the overall heat transfer coefficient by (7.8%) at (7.5 m/s) maximum air velocity .So the increasing of holes number increase the overall heat transfer coefficient more than the increasing of holes diameter for constant fins surface area (for research case).

**KEYWORDS: Fins Perforation, Finned Tubes, Helical, Thermal Performance**

## المقدمـــة

نظـرا لأهميـة المبـادلات الحراريـة ولكثـرة اسـتخدامها بـدأ التوجـه نحـو تحسـين الأداء الحـراري والهيدروليكي لهذه المبادلات الحرارية وقد تم التوصل إلى عدة وسائل لتحسين الأداء ومنها السطوح الممتدة أو الزعانف وتخشين السطح ووسائل تحريك المائع وحلزنة جريان المائع ووسائل الشد السطحي وإضافة مواد محسنة للخواص الحرارية للسوائل وإضافة مواد محسنة للخواص الحرارية للغازات وعملية اهتزاز السطح وغيرها.تعنى الدراسة الحالية بالأنابيب المزعنفة خارجيا التي تستخدم عادة عندما يكون معامل انتقال الحرارة لاحد المائعين اكبر بكثير من المائع الآخر ،كما هو الحال في انتقال الحرارة بين الماء ذو معامل انتقال حرارة عالي تقريباوالهواء **(Bell and Mueller , (Kakak, et.al 1981).** **2001)** . قام الباحث **(Abdulah,2000)** بدراسة نظرية لتأثير الثقب على الأداء الحراري للزعانف في حالة انتقال الحرارة بالحمل الحر من سطح زعنفة وقد درس أربعة أنواع من الثقوب الدائري والمربع والمثلث متساوي الأضلاع والمستطيل .وتم التحليل الرياضي لانتقال الحرارة في الزعنفة المثقبة بالاعتماد

على النموذجين أحادي البعد وثنائي البعد وقد قام بحل المعادلات التفاضلية بطريقة العناصر المحددة .ووجد أن التثقيب قد يودي إلى تحسين انتقال الحرارة أو تقليله حسب شكل الثقب وسمك الزعنفة ومعدن الزعانف.

ولقد قدم الباحث **(Zozuly&Khavin,1973)** دراسة عملية لتأثير اضطراب المائع على الأداء الحراري لحزمة من الأنابيب المزعنفة حلزونيا والمرتبة بشكل متعاقب في حالة جريان الهواء عموديا عليها ووجد أن الأداء يتحسن مع زيادة الاضطراب للمائع وكما قارن بين معامل انتقال الحرارة للصفوف المختلفة في الحزمة وقد أجرى تجاربه على حزمة من ستة صفوف من الأنابيب المزعنفة بقطر(22mm) وبارتفاع زعانف(8mm) وبسمك (0.8mm) وبسرعة هواء تتراوح بين(15-5 m/s).

لقد قام الباحثان **(Katz&Beatty,1945)** بدراسة عملية لانتقال الحرارة من مجموعة أنابيب ذات زعانف حلزونية المصنوعة من اصل المعدن وهذه الأنابيب تتضمن عدد زعانف يتراوح بين (157.5-945 fin/m)وبارتفاع زعانف يتراوح بين (1.27-9.652 mm) وقد أجرى مجموعة من القياسات أو البيانات لتقييم أداء هذه الأنابيب مستخدما البخار والهواء والماء كموائع للعمل وقد قام بمقارنة بين النتائج التي حصل عليها ووضع علاقة نظرية لمعامل انتقال الحرارة الإجمالي وقد قارن بين أداء الأنابيب المزعنفة والأنابيب الغير المزعنفة في حالة تعرضها إلى نفس ظروف العمل .

لذلك تناول البحث الحالي دراسة انتقال الحرارة بالحمل القسري من أنابيب مزعنفة حلزونيا منفردة أفقية عند جريان الهواء عموديا عليها .وتتضمن الدراسة الحالية ايجاد معامل انتقال الحرارة الإجمالي لقيم مختلفة من سرعة الهواء ولخمسة نماذج من الأنابيب ذات الزعانف المثقبة بثقوب دائرية لغرض دراسة تأثير عدد وأقطار الثقوب على الأداء الحراري لهذه الأنابيب .

## جهاز الاختبار العملي (Experimental Test Rig)

لقد أجريت التجارب العملية على جهاز اختباري يتكون من الأجزاء التالية كما مبين في الشكل(1):

1- دافعة هواء (Blower) أحادية الطور متغيرة السرعة .
2- مجرى هوائي مستطيل المقطع.
3- مسخن حراري(مصنع محليا) لتسخين الماء إلى درجة الحرارة المطلوبة.
4- خزان لتجهيز الماء بتدفق ثابت .
5- مواد عازلة مثل الصوف الزجاجي والفلين لتقليل كمية الحرارة المنتقلة إلى المحيط من سطح المسخن الحراري .


متوفر على الموقع التالي: iasj.net

6- مزدوجات حرارية من النوع (T) ومحرار زئبقي لقياس درجة حرارة الماء والهواء الداخل والخارج .

7- ساعة توقيت يدوية

8- دورق زجاجي مدرج لقياس حجم الماء المتدفق.

لقد صنع مجرى هوائي من الخشب المضغوط بطول(3.5 m) وبسمك (1.5cm) ،وهذا المجرى ذات مقطع مستطيل (80 cm ×12.6 cm) ونظرا لعدم توفر خشب بهذه الأبعاد تم تصنيع المجرى من جزأين الأول بطول (2m) والثاني بطول (1.5 m) وقد تم ربطهما بأحكام باستخدام السليكون كمادة لاصقة، وقد تم تصنيع آلية لتبديل الأنابيب في أحد جوانب الجزء الثاني حيث فتحت فيه بوابة بطول 60) (cm وثقبت من مركزها بثقب يساوي قطر الأنبوب الخارجي .

لغرض ربط المجرى الهوائي المستطيل المقطع مع مضخة الهواء الدائرية ذات قطر (12cm) ثم تصنيع ناشر لربط الجزأين من الصفائح المغلونة الخفيفة سمك(1mm) وطول (1m) وذات مقطع مستطيل تكون مساحة مقطع الدخول (12cm× 12 cm) ومساحة الخروج(80cm× 12.6 cm) ،ولضمان انتظام تيار الهواء القادم من المضخة تم وضع مشبك(screen) في بداية الناشر .

لتصنيع الأنابيب المزعنفة موضوع البحث فقد تم استخدام مادة (Carbon steel 0.5%c) لتصنيع الأنابيب أما الزعانف فصنعت من (Nickel steel 0 % Ni) نظرا لتوفرها لدى شركة المعدات الثقيلة (الجهة المصنعة ) وقد اختيرت مادة الزعانف بحيث يتناسب مع طريقة تصنيع الأنابيب حيث تم استخدام شريط معدني بعرض(12mm) وبطول (22 m )وبسمك (0.3mm) من المادة المذكورة وبعد أجراء عملية التثقيب بواسطة مثقب ذو مكبس عمودي وقوالب الثقب المطلوب تم تشكيل الشريط لجعله متموجا بواسطة ماكنة تصنيع الأنابيب ليتخذ شكلا قابلا للإحاطة بأنبوب وتتم عملية التصنيع بشد الشريط بعد لحام بدايته على الأنبوب بالأوكسجين وعند تحوير الأنبوب على محور ثابت باستخدام القالب الخاص بالخطوة المطلوبة (5mm) بين الزعانف تم لحام النهاية بنفس الطريقة السابقة وقد تم تصنيع الأنابيب الخمسة بالطريقة السابقة حيث أختلف أنبوب عن الآخر بعدد وقطر الثقوب في الزعانف كما مبين في الجدول (1) الأنابيب الخمسة بطول(1m) وبقطر خارجي (18.375mm) وقطر داخلي (16mm) وبطول مزعنف (78cm) وبعدد زعانف (5 fin/in) والشكل(2) يوضح الأنابيب وترتيب الثقوب في الزعانف.

**الجدول (1) مواصفات وأبعاد الأنابيب المصنعة**

| Tube No. | Fin/in | Hole NO. | Hole Dia.(mm) | dr (mm) | do (mm) | Lf (mm) | T (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5 | - | – | 18 | 42 | 12 | 0.3 |
| 2 | 5 | 6 | 2 | 18 | 42 | 12 | 0.3 |
| 3 | 5 | 3 | 3 | 18 | 42 | 12 | 0.3 |
| 4 | 5 | 2 | 3 | 18 | 42 | 12 | 0.3 |
| 5 | 5 | 3 | 4 | 18 | 42 | 12 | 0.3 |

– لغرض توفير الماء بدرجة الحرارة المطلوبة للدخول إلى الأنبوب تم تصنيع (مسخن حراري) محلي من النحاس النقي. وهو عبارة عن مبادل حراري مزدوج الأنبوب حيث يتكون من أنبوبين من النحاس النقي الأنبوب الداخلي بقطر داخلي(50mm) وقطر خارجي(54mm) وبسمك حوالي(2mm) وأنبوب خارجي بقطر داخلي(63mm) وقطر خارجي(65mm) وبسمك حوالي(1mm) كل منهما بطول(1m) يحوي بداخله على سلك حراري ذي قدرة kW(5.56)كما هو متوفر محليا وقد تم تثبيت زعانف باللحام الكهربائي على القطر الخارجي للأنبوب الداخلي مما يزيد المساحة السطحية لانتقال الحرارحة واضطراب الماء داخل المبادل .إن هذه الزعانف الحلزونية مصنوعة من شريط نحاسي بارتفاع(4.5mm) مثبتة عن طريق الشد باستخدام قالب معدني خاص على الأنبوب الداخلي ثم لحمت حيث تنتقل الحرارة بالحمل من السلك الحراري وعبرالأنبوب الداخلي بالتوصيل ومنه بالحمل إلى الماء .قد تم استخدام مقاومة متغيرة (30A) لغرض التحكم بالتيار المار خلال سلك المسخن أولا ثم بكمية الحرارة المتولدة فيه ودرجة حرارة الماء الخارج كما في الشكل(3).

لقد تم استخدام العديد من احهزة القياس منها أجهزة قياس درجة الحرارة تم استخدام مزدوج حراري من نوع نحاس – كونستنات (Copper- Constantan) المعروف بنوع(T-type) لقياس درجات الحرارة ويعمل راس المزدوج الحراري الذي هو الجزء الحساس لدرجة الحرارة (Thermocouple Junction) على هيئة اتصال كروي (Spherical Junction)بقطر (0.5mm) وقد تم توصيل المزدوجات الحرارية إلى صندوق توزيع اختباري ومنه إلى المحرار الرقمي (Digital Electronic Thermometer) بواسطة أسلاك توصيل (Compensation wires) وقد دعت الحاجة إلى استخدام مزدوجات حرارية عدد(9) بالإضافة إلى محرار زئبقي وقد وزعت كآلاتي:-

1- قياس درجة حرارة الماء في كل من نقطة الدخول والخروج من الأنبوب المزعنف
2- قياس درجة حرارة الهواء الداخل في نقطة تقع في بداية المجرى الهوائي .
3- قياس درجة حرارة الهواء الخارج ولقد تم اختيار ثلاثة مواقع على طول المجرى الهوائي لغرض تحديد المكان الأفضل لوضع المزدوجات الحرارية اللازمة لقياس درجة حرارة الهواء الخارجي وهي على بعد cm 30 و 40cm و 50cm من محور


متوفر على الموقع التالي: iasj.net

الأنبوب المزعنف وقد اختير الموقع 40cm لكونه متوسط هذين الموقعين تقريبا كما لوحظ من الاختبارات الأولية أن درجة الحرارة تتغير بالاتجاه العمودي على محور المجرى مما دعا إلى استعمال خمسة مزدوجات حرارية لقياس درجة حرارة الهواء وكانت درجة حرارة الهواء الخارج هي معدل هذه الدرجات وقد وضع مزدوجان على عمق (3cm) كما وضع مزدوجان على عمق (5cm) ومزدوج واحد على عمق(6cm) .

ويحسب معدل التدفق الحجمي من خلال قياس الزمن اللازم لتدفق حجم معين من الماء وقد استخدم دورق زجاجي مدرج بحجم 500 $m\ell$ وساعة توقيت يدوية ،وتم قياس سرعة الهواء بتوصيل أنبوبة بيتوت (Pitot – Static tube) إلى مايكرومانومتر رقمي لغرض قياس الفرق بين الضغط السكوني والضغط الكلي بوحدات ($mmH_2O$) وقد وضعت في مواجهة الجريان وعلى بعد (20cm) من محور الأنبوب المزعنف وفي مركز المجرى الهوائي وقد تم الاعتماد على العلاقة الديناميكة التالية لحساب سرعة الهواء عند الضغط الجوي الاعتيادي.

$$p_{tot} - p_{static} = 0.5\rho_a V_a{}^2$$

$$\left(\frac{H_{tot} - H_{static}}{1000}\right)\rho_w g = 0.5\rho_a V_a{}^2$$

$$V_a = 4.42945\sqrt{\frac{\Delta H(mm)}{\rho_a}} \qquad (m/s)$$

1.حساب معدل تدفق الماء خلال أنبوب الاختبار .

$$m^{\circ}_{wat} = \frac{VOL_{wat}}{time} \times \rho_{wat}$$

كل الخواص الماء عند متوسط درجة حرارته

$$t_{watm} = \frac{t_{wat1} + t_{wat2}}{2}$$

2.حساب كمية الحرارة المفقودة من الماء خلال التبريد في الأنبوب المزعنف.

$$q_{wat} = m^{\circ}_{wat} cp_{wat} (t_{wat1} - t_{wat2})$$

3.حساب كمية الحرارة المنتقلة خلال الأنبوب.

$$q = U_o A_o LMTD$$

حيث أن

$$LMTD = \frac{(T_{wat2} - T_{a1}) - (T_{wat1} - T_{a2})}{Ln\left(\frac{(T_{wat2} - T_{a1})}{(T_{wat1} - T_{a2})}\right)}$$

$$A_o = ((\pi(\pi \times (d_o^{\,2} - d_r^{\,2})N_F) + (\pi \times do \times N_F \times t_F) + \pi \times P_F \times d_r \times N_F)L + \pi \times nh \times t_F \times dh - 2((\pi \times dh^2)/4) \times nh \times N_F$$

4.حساب معامل انتقال الحرارة الإجمالي .(بفرض عدم وجود تسرب حرارة من الأنبوب إلى الجهاز أو المحيط الخارج ) .

$$q = q_{wat}$$

$$U_o = \frac{q_{wat}}{A_o \times LMTD}$$

5.حساب معامل انتقال الحرارة لجانب الماء

$$h_i = \frac{k}{d_i} * 0.023\, Re_{wat}^{0.8}\, Pr_{wat}^{0.33}$$

6.حساب معامل انتقال الحرارة لجانب الهواء وبإهمال مقاومة الاتساخ للجانبين .

## التجارب العمـلية

لقد تم أجراء نوعين من التجارب في البحث التالي:-

أولا-تجارب أولية : الغرض منها التعرف على دقة أجهزة القياس وأيضا معايرة الأجهزة.

ثانيا-تجارب نهائية: شملت قياس درجات الحرارة للهواء الداخل والخارج والماء الداخل والخارج ومعدل تدفق الماء من الأنابيب ولخمسة سرع للهـواء هي (1,2,3,4,5 m/s) .شملت التجارب على دراسة

**I-** تأثير تثقيب الزعانف على الأداء الحراري لأنبوب مزعنف حلزونيا.

**II-** تغير عدد الثقوب على الأداء الحراري لأنبوب مزعنف حلزونيا.

**III-** تغير قطر الثقوب على الأداء الحراري لأنبوب مزعنف حلزونيا.



متوفر على الموقع التالي: iasj.net

**وقد كانت هذه الدراسة ضمن برنامج تبعا للخطوات التالية:-**

1- تشغيل دافعة الهواء على السرعة الأولى (1 m/s).
2- السماح للماء بالسريان خلال جهاز الاختبار عن طريق فتح صمام خزان الماء كما في الشكل (1).
3- تشغيل المسخن الحراري والتحكم بالمقاومة المتغيرة بتغير فرق الجهد عبر ملف المسخن بعد تثبيت درجة حرارة خروج الماء من المسخن الحراري على درجة الحرارة المطلوبة $50C^{\circ}$ والانتظار لمدة (60 دقيقة) .
4- بعد الوصول إلى حالة الاستقرار بعد حوالي ( 60) دقيقة تقريبا يتم اخذ القراءات المطلوبة الخاصة بكل أنبوب .
5- تغيير سرعة دفع الهواء ثم الانتظار إلى الوصول إلى حالة الاستقرار واخذ قراءة أخرى وهكذا لخمسة سرع مختلفة.
6- تغيير الأنبوب وإعادة الخطوات (5-1) لكل أنبوب.

## مناقشةالنتائج

تناولت الدراسة العملية دراسة الأداء الحراري لأنبوب مزعنف حلزونيا بزعانف(مثقبة وغير مثقبة ) كما درس أيضا تأثير تغير عدد وقطر الثقوب للزعانف على معامل الانتقال الحراري الإجمالي ، يبين الشكل (4) مقارنة الأداء الحراري للأنبوب الثالث ذا زعانف مثقبة (قطر(mm 3) وعدد (3) ثقوب) وآخر ذا زعانف غير المثقبة لحالة تغير سرعة الهواء إذ تؤدي زيادة سرعة الهواء إلى زيادة معامل انتقال الحرارة الإجمالي لكلا الأنبوبين ،ولكن الفرق في نسبة الزيادة يكون معدوم في السرعة الواطئة 3.5-1.5) m/s(ويزداد الفرق في السرعة العالية m/s (7.5-3) إذ تكون نسبة الزيادة للأنبوب المزعنف المثقب (35.6%) بينما تكون النسبة للأنبوب المزعنف غير المثقب (25.9%) وبالرغم من نقصان المساحة السطحية لانتقال الحرارة فان زيادة الاضطرابية الناتجة من تثقيب الزعانف مما يساعد على إعادة تكوين الطبقة المتاخمة الحرارية مما يزيد من معامل انتقال الحرارة الإجمالي،أما تأثير تغير عدد الثقوب على الأداء الحراري لقطر ثقب ثابت فيمكن ملاحظته في الشكل ( 5 ) إذ تم مقارنة أنبوبين الثالث والرابع (ثقوب الزعانف متماثلة بالقطر لكلا الأنبوبين ولكنها مختلفة في العدد )، لوحظ أن الأنبوب الرابع ذا ت العدد(2 )تعطي زيادة طفيفة في معامل انتقال الحرارة الإجمالي بنسبة (31.6%) أما ذا العدد(3) بنسبة (35.6%) لمدى من سرعة هواء قصوى (m/s 7.5 – 3) ، ويبين الشكل (6) تأثير تغير قطر الثقوب على الأداء الحراري لمدى من السرعة الهواء (m/s 7.5 – 1.5) حيث قورن الأنبوب الثالث

(قطر(3mm) وعدد (3) ثقوب) مع أنبوب الخامس (قطر(4mm) وعدد (3) ثقوب) ولوحظ أن زيادة سرعة الهواء القصوىm/s (1.5-7.5) تسبب زيادة ملحوظة في معامل انتقال الحرارة الإجمالي للأنبوب الخامس بنسبة(46%) والأنبوب الثالث بنسبة (52%) والناتج عنه زيادة كل من المساحة السطحية للزعانف (الناتج من قطر الثقب القليل) الاضطرابية .

لقد قورن الأنبوب الثاني (قطر(2mm) وعدد (6) ثقوب) مع الأنبوب الثالث (قطر(3mm) وعدد (3) ثقوب) لكونهما متساويان تقريبا في المساحة السطحية الكلية للزعانف. ولوحظ أن معامل انتقال الحرارة الإجمالي يزداد لمدى سرعة الهواء من m/s(1.5-7.5) للأنبوب الثاني بنسبة (49.4%) أما الثالث بنسبة (52%) ولكون معامل انتقال الحرارة الإجمالي للأنبوب الثاني عالي حتى للسرعة الواطئة اقل من(3.5m/s) كما في الشكل (7 ) إذ انه يزداد بنسبة(20.9%) عند السرعة(m/s 1.5) مقابل(14.3%) عند السرعة (m/s 7.5) عنه للأنبوب الثالث فهو افضل الأنابيب من حيث الأداء الحراري كما في الشكل( 8)، ويعزى سبب ذلك إلى أولا الاضطرابات العالية الحاصلة للجريان في الأنبوب الثاني ونظرا لاعتبار الجريان موازي للثقوب فان الضغط على جانبي الزعنفة متساوي لذا لا يتولد جريان ثانوي ولكن في الحقيقة يحصل انحراف لمستوى الثقوب عن مستوى جريان المائع (نتيجة التصنيع ) مما يسبب اختلاف الضغط على جانبي الثقوب والمؤدي إلى جريان ثانوي علاوة على تعرض الزعنفة إلى تشوهات سطحية (التموجات ) والتي أدت إلى عدم وجود مستوي ثابت للزعنفة وقد تم الحصول على عدد من العلاقات التجريبية بين معامل انتقال الإجمالي وسرعة الهواء القصوى لجميع الأنابيب وكما مبينة في الجدول (2) .

أن الأنابيب متشابه من حيث مادة التصنيع وأبعاد الزعانف وبما أن التدفق للماء الساخن كان تقريبا ثابتا خلال التجربة فان أي زيادة في معامل انتقال الحرارة الإجمالي تكون ناتجة عن زيادة معامل انتقال الحرارة لجانب الهواء.

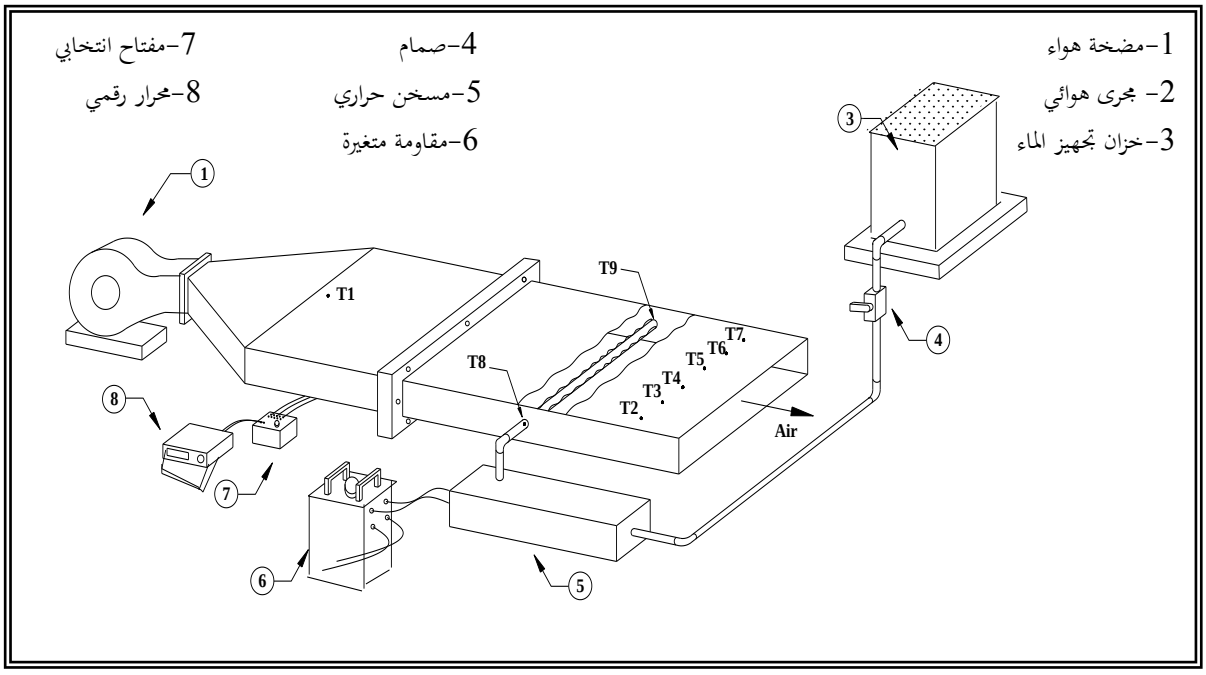
وتم الوصل الى عدد من الاستنتاجات

1- إن معامل انتقال الحرارة الإجمالي للأنابيب المثقبة الزعانف أعلى من غير المثقبة فهو للأنبوب الثالث يزداد بنسبة(36%) عن قيمته للأنبوب الغير مثقب عند السرعة(7.5m/s).
2- إن تحسين معامل انتقال الحرارة الإجمالي للأنبوب المثقب يتأثر كثيرا بسرعة هواء التبريد حيث يتحسن مع زيادة سرعة الهواء وبنسبة أعلى من غير المثقب .
3- إن تقليل قطر الثقب من(4 mm) إلى (3 mm) ولعدد ثابت (3 hole/fin) من الثقوب تؤدي إلى معامل انتقال حرارة أعلى بنسبة(28.9%) عند السرعة(m/s 7.5) لذلك فان الأقطار الصغيرة للثقب هي الأفضل .


متوفر على الموقع التالي: iasj.net

4- لقطر ثابت للثقوب (3mm) تؤدي زيادة عدد الثقوب من (2) إلى (3) إلى تحسن معامل انتقال الحرارة الإجمالي بنسبة (7.8%) لسرعة (7.5 m/s) بنسبة أعلى من تغير القطر لحالة البحث .

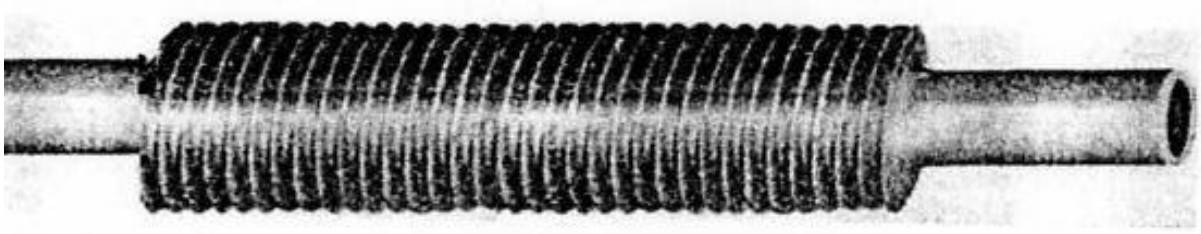
5- زيادة عدد الثقوب تزيد من معامل انتقال الحرارة الإجمالي اكثر من زيادة قطر الثقوب لمساحة سطحية ثابتة للزعانف (لحالة البحث).

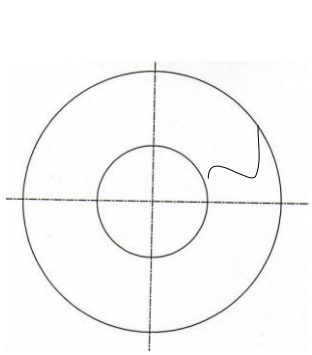


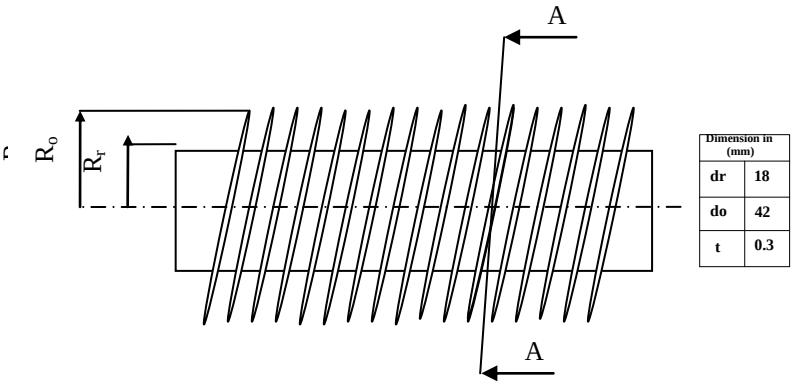

**الشكل(1) يبين الجهازالاختباري**



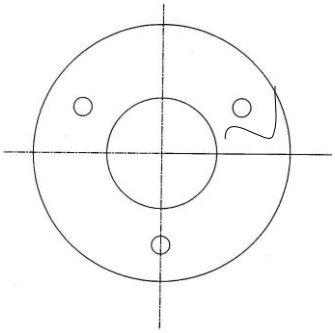
**الشكل (2a) الانبوب الحلزوني المزعنف الغير مثقب**

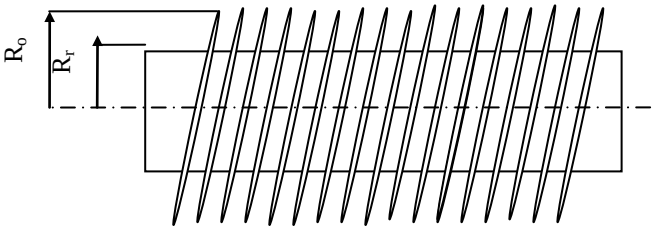




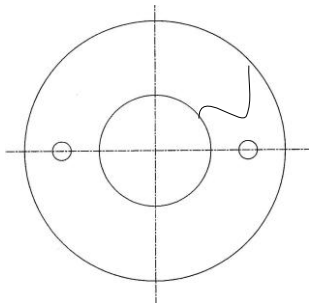


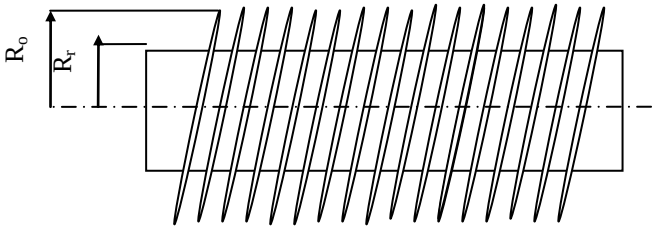

| Dimension in (mm) | |
|---|---|
| dr | 18 |
| do | 42 |
| t | 0.3 |



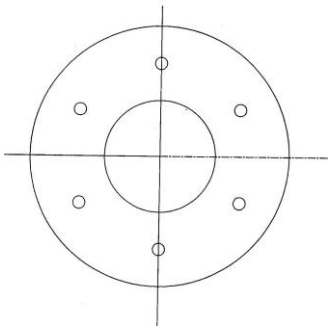


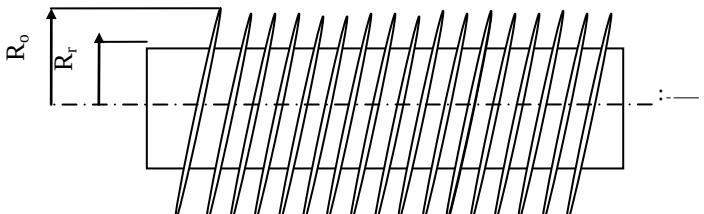

| Dimension in (mm) | |
|---|---|
| dr | 18 |
| do | 42 |
| t | 0.3 |
| dh | 3 |
| Nh | 3 |



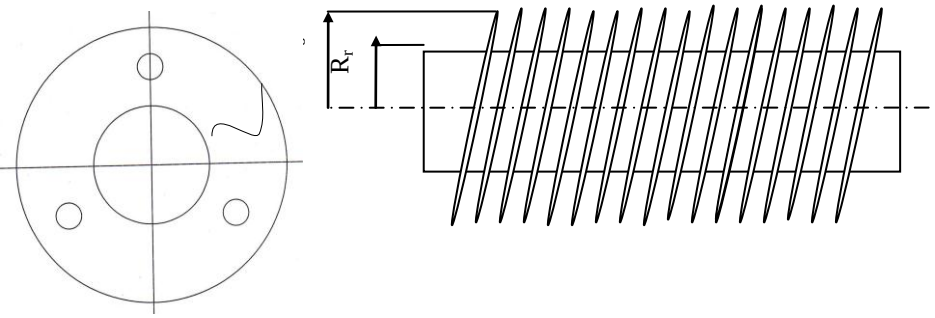



| Dimension in (mm) | |
|---|---|
| dr | 18 |
| do | 42 |
| t | 0.3 |
| dh | 3 |
| Nh | 2 |



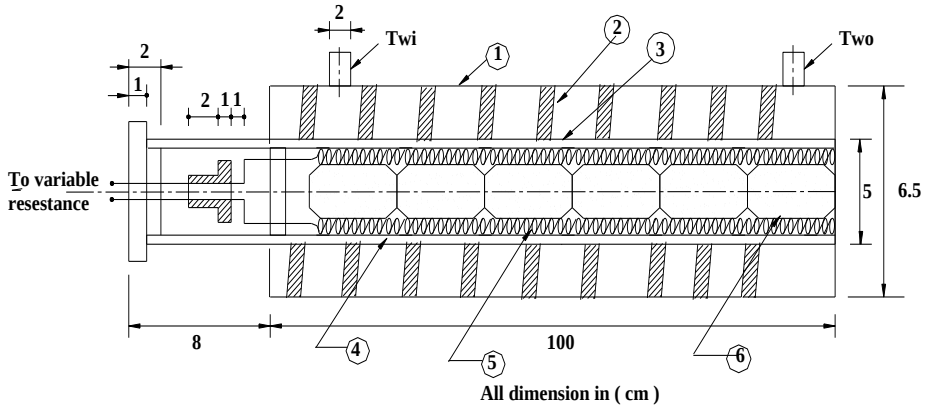



| Dimension in (mm) | |
|---|---|
| dr | 18 |
| do | 42 |
| t | 0.3 |
| dh | 2 |
| Nh | 6 |

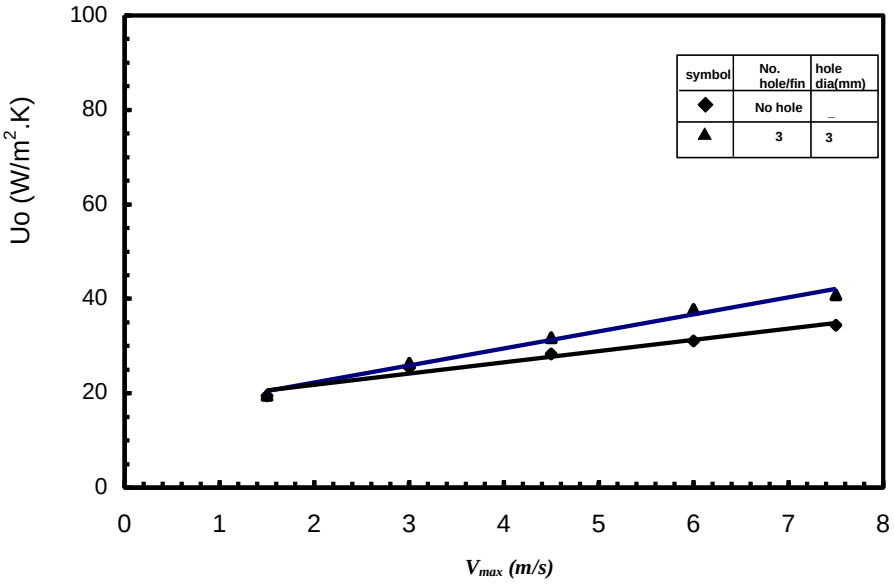



**شكل(2) يبين ابعاد الزعانف والثقوب للانابيب الخمسة**

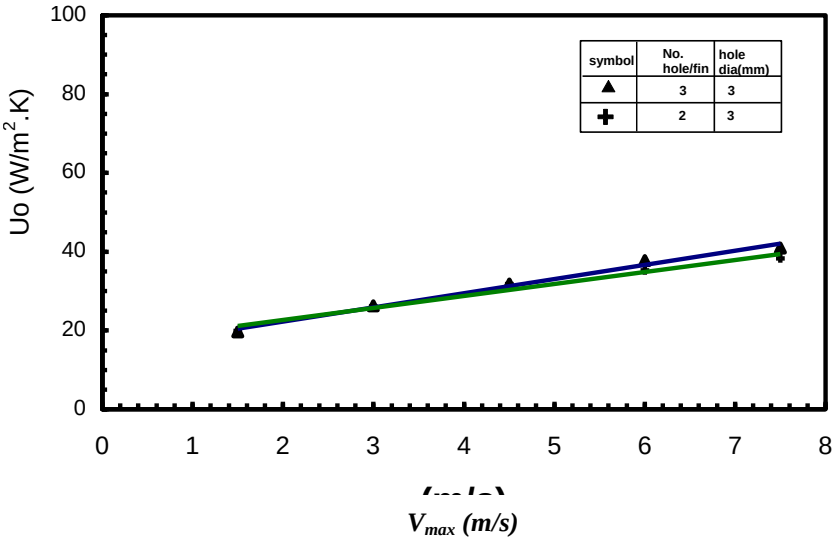
1-الأنبوب الخارجي 2- الزعانف الحلزونية 3 -الأنبوب الداخلي 4-القطر الداخلي 5-سلك المسخن 6- عوازل حرارية




**لشكل(3) المسخن الحراري**



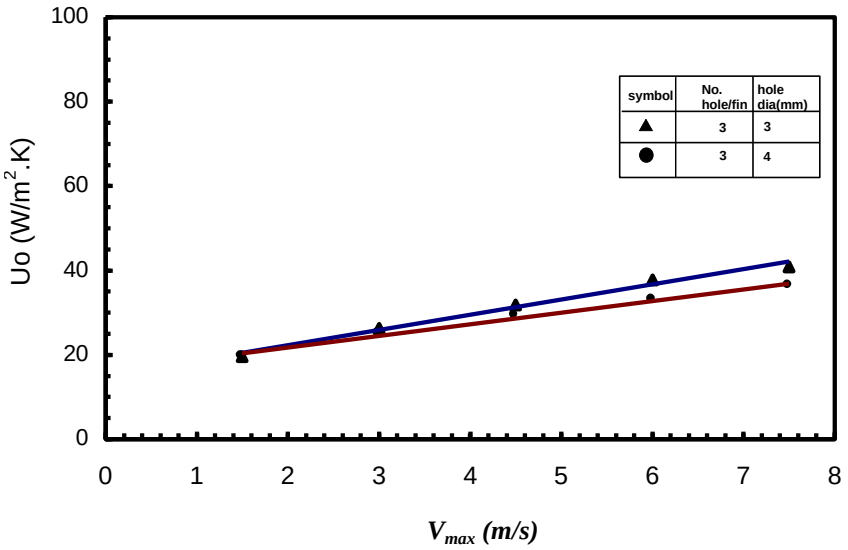

**الشكل(4) مقارنة بين معامل انتقال الحرارة الإجمالي لأنبوب مزعنف حلزونيا(مثقب الزعانف وغير مثقب الزعانف)ولمدى من سرعة الهواء**



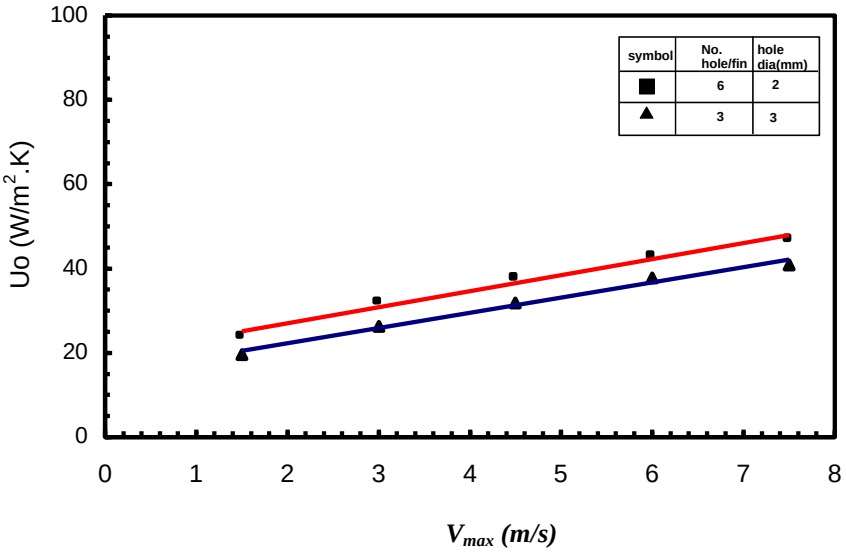

**الشكل(5) مقارنة بين معامل انتقال الحرارة الإجمالي لأنبوبين مزعنفين حلزونيا(مثقبين الزعانف بقطر ثقب ثابت وبعدد متغير للثقوب ) ولمدى من سرعة الهواء**



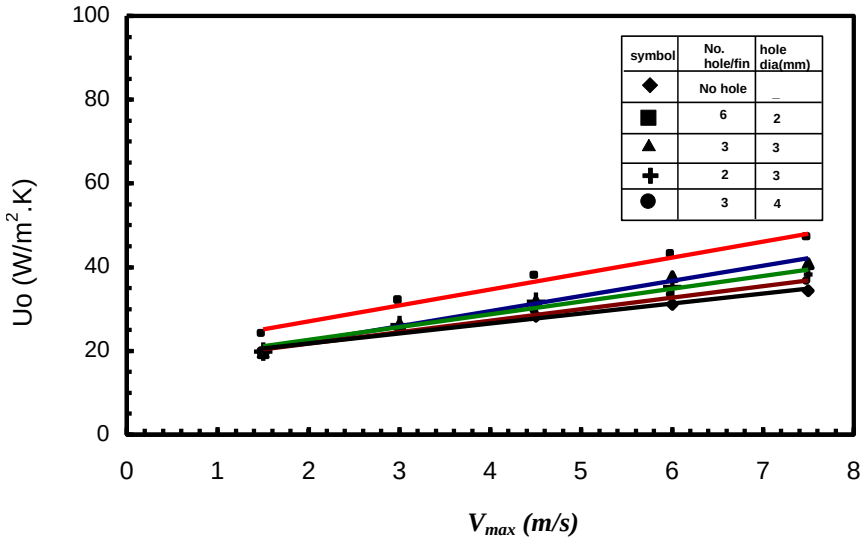
متوفر على الموقع التالي: iasj.net




**الشكل(6)مقارنة بين معامل انتقال الحرارة الإجمالي لأنبوبين مزعنفين حلزونيا((مثقبين الزعانف بقطر متغير للثقوب وبعدد ثابت ) ولمدى من سرعة الهواء**



**الشكل(7) المقارنة بين معامل انتقال الحرارة الإجمالي لأنبوبين مزعنفين حلزونيا بزعانف ذا مساحة سطحية متساوية ولمدى من سرعة الهواء**




**الشكل(8) المقارنة بين معامل انتقال الحرارة الإجمالي للأنابيب**

**الجدول(2) العلاقات التجريبية للأنابيب الخمسة**

| Tube No. | Nh | dh (mm) | $U_0$ (W/m2.K) $V_{max}$(m/s) |
|---|---|---|---|
| 1 | 0 | – | UO = 2.3741$V_{max}$ + 17.055 |
| 2 | 6 | 2 | $U_O$ = 3.8099 $V_{max}$ + 19.39 |
| 3 | 3 | 3 | $U_O$ = 3.6043 $V_{max}$ + 15.066 |
| 4 | 2 | 3 | $U_O$ = 3.0613 $V_{max}$ + 16.521 |
| 5 | 3 | 4 | $U_O$ = 2.76 $V_{max}$ + 16.2 |

## REFERENCES

**Abdullah ,H. Mousa EL-Eesa *Enhancement of thermal Performance of Fins Subjected toNautral Convection through Body perforation* , PhD. Thesis, Mechanical engineering Department, University of Baghdad,Iraq,2000.**

**D.L.Katz, K.O. Beatty, JIR. and A.S Foust, "Heat Transter Through**



متوفر على الموقع التالي: iasj.net

**Tubes with Integral Spiral Fins ''.*Transactions of ASME*. Nov.,pp46-56 1945.**

**Kakac,S.,et al. ,*Heat exchangers: thermal and hydraulic fundamentals and design* , Hemisphere Publishing Corp., New York,1981.**

**K.J.Bell and Dr.A.c .Mueller ,*Wolverine Engineering Data* , bookII,P-2, Wolverine tube Inc., Internet, 2001.**

**N.V.Zozuly A,YU.P.VorobYev and A.A Khavin " Effect of Flow Turbulization on Heat transfer in a finned tube boundle ", *HeatTransfer Soviet Research* , Vol.5, No.1, January– Fberuary, pp154-156,1973.**

## قائمة الرموز

| الرمز | المعنى | الوحدات |
|---|---|---|
| D | قطر الانبوب | mm |
| R | قطر جذر الانبوب المزعنف | mm |
| Lf | ارتفاع الزعانف | mm |
| T | سمك الزعانف | mm |
| Dh | قطر الثقوب | mm |
| Nh | قطر الثقوب | Hole/fin |
| U | معامل انتقال الحرارة الإجمالي | $W/m^2.K$ |
| H | معامل انتقال الحرارة | $W/m^2.K$ |
| T | درجة الحرارة | $^{\circ}C$ ,K |
| V | السرعة | m/s |
| p | الضغط | $N/m^2$ |
| $\rho$ | الكثافة | $kg/m^3$ |
| H | الارتفاع | mm |
| Vol | الحجم | $(m\ell)$ |
| Q | الحمل الحراري | W |
| LMTD | المتوسط اللوغاريتمي لدرجات الحرارة | K |

**الرموز السفلية**

a يدل على جانب للهواء

r قطر جذر الانبوب المزعنف

wat يدل على جانب للماء

w يدل على الجدار

tot يدل على الكلي

static يدل على الاستاتيكي

max يدل على القيمة العليا

o يدل على للسطح الخارجي



متوفر على الموقع التالي: iasj.net