

تحليل لانتقال الحرارة للزعانف الأسطوانية والمستطيلة معمليا وباستخدام المحاكاة

عبد المنعم شعبان الحار
كلية الهندسة - جامعة
مصراته - ليبيا
قسم الهندسة الميكانيكية

محسن محجوب اقریصة
كلية الهندسة - جامعة
مصراته - ليبيا
قسم الهندسة الميكانيكية

عمر الهادي النجار
كلية الهندسة - جامعة مصراته
ليبيا
قسم الهندسة الميكانيكية

أبو بكر علي الأميلس
كلية الهندسة - جامعة مصراته -
ليبيا
قسم الهندسة المدنية

مصطفى مخزوم محجوب
كلية الهندسة - جامعة مصراته - ليبيا
قسم الهندسة الميكانيكية

علي أحمد المطردي
كلية الهندسة - جامعة
مصراته - ليبيا
قسم الهندسة الميكانيكية

Elhareh98@gmail.com

Shabah9933@gmail.com

omaralnahjaromar@gmail.com

a.alamailes@eng.misuratau.edu.ly

mosta752911@eng.misuratau.edu.ly

rdi@eng.misuratau.edu.ly



شكل 1. الوحدة الرئيسية H111P + الوحدة المساعدة H111

2. أنواع الزعانف المستخدمة

صفیحة من الألومنيوم ذات زعانف مستطيلة بأبعاد (15×12.5 cm)، بهاز عانف مستطيلة بارتفاع 4.2cm، ومثبتها 4 مزدوجات حرارية، يقيس إحداها درجة حرارة سطح الصفیحة، بينما تقيس الثلاث الأخرى توزيع درجات الحرارة على امتداد الزعنفة. وصفیحة من الألومنيوم ذات زعانف أسطوانية بأبعاد (15×12.5cm)، بها 16 زعنفة أسطوانية الشكل قطر كل منها 12.7mm، وارتفاع 4.4cm، مثبتة بها 4 مزدوجات حرارية يقيس إحداها درجة حرارة سطح الصفیحة، بينما تقيس الثلاثة الأخرى توزيع درجة الحرارة على امتداد الزعنفة كما في الشكل (2) [2].

المُلخَص--- هناك مدى واسع من الدراسات لظاهرة انتقال الحرارة بالحمل في تطبيقات الزعانف، ركز هذا البحث بالدراسة العملية على انتقال الحرارة بالحمل القسري ومحاكاة هذا الانتقال بواسطة برنامج هندسي. تمت الدراسة على نوعين من الزعانف (الزعانف الأسطوانية والزعانف المستطيلة) في معمل الهندسة الميكانيكية بكلية الهندسة-جامعة مصراته، وذلك باستخدام جهاز الوحدة الرئيسية H111P والوحدة المساعدة H111. أما محاكاة الزعانف المذكورة فقد تم تنفيذها بواسطة برنامج (SolidWorks2018)، في حين أن محاكاة الانتقال نفذت ببرنامج (Ansys19.1).

من خلال المقارنة بين النتائج العملية ونتائج المحاكاة، تم التوصل إلى أن درجات حرارة القاعدة تكون أكبر ما يمكن في الصفیحة المستوية، وذلك لأن مساحة التشتت صغيرة. أما بالنسبة لقاعدة الصفیحة المزعنفة، تكون أقل من الصفیحة بدون زعانف، حيث نلاحظ أن درجة الحرارة تقل كلما اتجهنا بعيدا عن القاعدة، ذلك لأن الحرارة تنتقل بالتوصيل وبالحمل. وقد تبين أيضا من خلال النتائج أن الزعانف المستطيلة هي الأكثر تشتتًا للحرارة. ومن خلال مناقشة نتائج هذه الدراسة أعطيت بعض التوصيات للدراسات المستقبلية.

الكلمات المفتاحية— التحليل الحراري، الزعانف، محاكاة، حسابات ديناميكا الموائع، التوزيع الحراري، أسطوانية، مستطيلة.

1. المقدمة

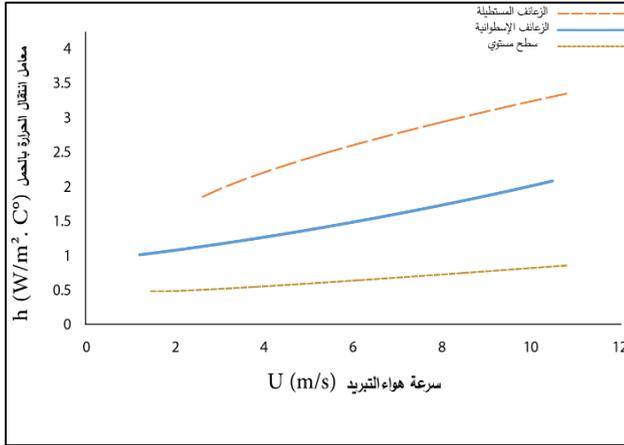
للحصول على مقارنات ونتائج مقبولة في اجراء تجارب على معامل انتقال الحرارة بالحمل لكل نوع من أنواع الزعانف المستخدمة وأخذ القياسات والقراءات على الجهاز المتواجد بمعمل قسم الهندسة الميكانيكية الموضح بالشكل (1) [2] المتكون من:

أ. الوحدة الرئيسية (H111P) والتي تتكون من مجرى الهواء الذي يبلغ طوله 70 cm، ومصدر لتوليد الهواء، وصمام التحكم بسرعة الهواء بقطر 7.1cm، وحساس لقياس سرعة الهواء، وشاشة عرض السرعة، وكذلك مكان لنتيبت الزعانف. وكل هذا مثبت على قاعدة بأبعاد (33×33cm).

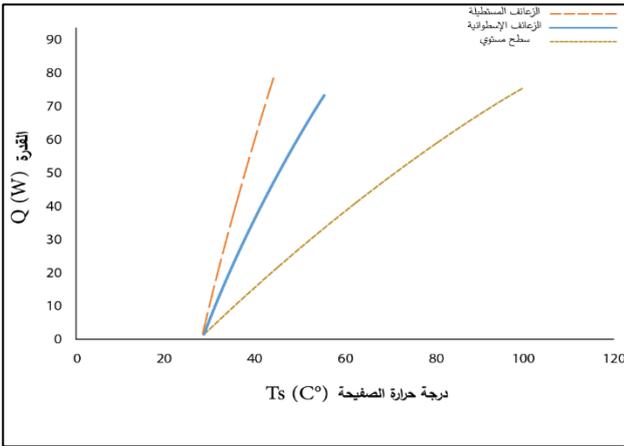
ب. الوحدة المساعدة (H111) وتوجد بها شاشة عرض درجات الحرارة التي تنقلها المزدوجات الحرارية على طول امتداد الزعنفة، والتحكم بمعدل توليد الحرارة في القطعة المثبتة على الزعنفة كما هو مبين في الشكل (1).

استلمت الورقة بالكامل في 19 يوليو 2022 وروجعت في 15 اغسطس 2022
وقبلت للنشر في 30 سبتمبر 2022

ونشرت ومتاحة على الشبكة العنكبوتية في 1 ديسمبر 2022.



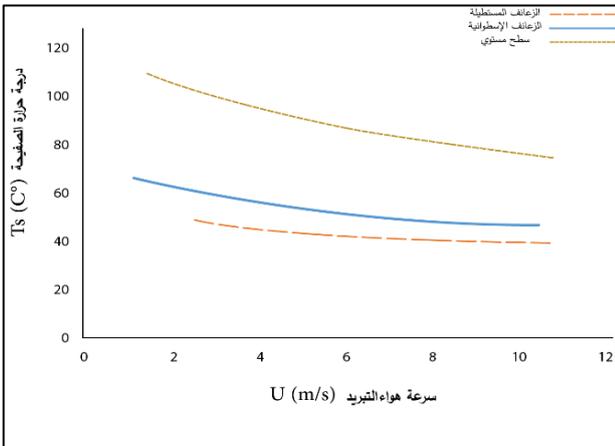
شكل 4. منحني يبين معامل انتقال الحرارة وسرعة الهواء



شكل 5. منحني يبين درجة الحرارة وكمية توليد الحرارة

وبين الشكل (6) العلاقة بين درجة حرارة الصفيحة وسرعة هواء التبريد للأنواع الثلاثة من الزعانف والذي اظهر أن:

درجة حرارة الصفيحة للزعانف الاسطوانية تتراوح بين 42.2°C و 61.4 (وللزعانف المستطيلة بين 34.6°C و 44.2) وتكون درجة حرارة الصفيحة للزعانف هي الاقل وتليها المستطيلة. شكل 5. منحني بين درجة حرارة الصفيحة وكمية توليد الحرارة



شكل 6. منحني يبين درجة حرارة الصفيحة وسرعة الهواء

4. الشبكة (Mesh)

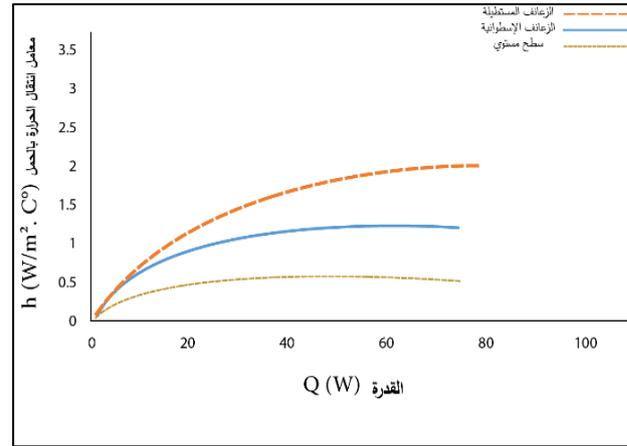


شكل 2. الصفيحة ذات الزعنفه المستطيلة والاسطوانية

3. النتائج المعملية

تمت الدراسة والحصول على النتائج من ثلاثة أنواع من الزعانف وهي: الأسطوانية، والمستطيلة والصفيحة المستوية (بدون زعانف)، بحيث تم تسخين القاعدة وأخذ قراءات درجات الحرارة على طول الزعنفه وكذلك درجة حرارة الصفيحة المستوية (بدون زعانف). وقد كانت المتغيرات الأساسية التي تمت بها الدراسة هي: سرعة هواء التبريد، والقدرة المولدة للحرارة، والقياسات التي تم أخذها تم تمثيل النتائج وفق مخططات يمكننا تفسيرها ومعرفة سلوكها والمتغيرات التي طرأت عليها كالتالي:

يبين الشكل (3) العلاقة بين معامل انتقال الحرارة بالحمل وبين القدرة للأنواع الثلاثة من الزعانف. حيث أظهرت المنحنيات الموضحة على الشكل ان معامل انتقال الحرارة للزعانف المستطيلة هو الأعلى إذ يتراوح بين (0.0556 و 2.0246) بينما للزعانف الاسطوانية لم يتجاوز 1.2128



شكل 3. منحني يبين معامل انتقال الحرارة بالحمل وكمية توليد الحرارة

الشكل (4) يبين سلوك معامل انتقال الحرارة بالحمل مع سرعة الهواء الداخلة لمجرى الهواء لأنواع الزعانف الثلاثة والذي اظهر:

ان معامل انتقال الحرارة في الزعانف المستطيلة هو الاكبر بين الانواع الثلاثة للزعانف والذي يتراوح بين (1.8698 و 3.3782) بينما كان معامل انتقال الحرارة بالحمل للزعانف الاسطوانية لا يتجاوز (2.0615) وفي سطح المستوي لم يتجاوز (0.8407).

وبين الشكل (5) العلاقة بين كمية القدرة مع درجة حرارة الصفيحة للأنواع الثلاثة من الزعانف. حيث يلاحظ العلاقة الطردية المتمثلة في ارتفاع درجة حرارة القاعدة لكل نوع من الزعانف والصفيحة المستوية عند زيادة القدرة. كما يمكن ملاحظة أنه في حالة استخدام الزعانف المستطيلة تكون درجة حرارة الصفيحة هي الأقل حيث تتراوح بين (28.6 و 42.9) بينما تتراوح درجة حرارة الصفيحة للزعانف الاسطوانية ما بين (28.6 و 54.8).

تم في هذا الجزء من الدراسة تحليل وتطبيق المعادلات وهي معادلة الاستمرارية ومعادلة الطاقة ومعادلة اللزوجة على النماذج المستخدمة وكذلك الحصول على النتائج، ويتم تكرار هذه المعادلات الى ان تصل الى نسبة الخطأ المطلوبة او عدد التكرارات التي تم إدخالها.

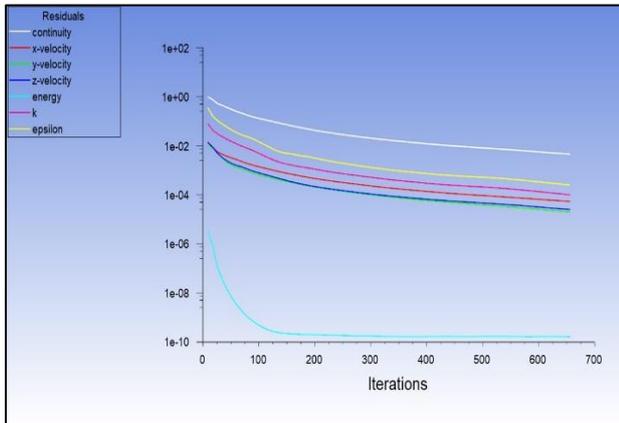
ويتم في هذه المرحلة الآتي:

- تحديد نوع المادة للنماذج المستخدمة (ألومنيوم للزعانف والهواء للنفق).
- تحديد المتغيرات التي تتم عليها الدراسة وهي معادلة الاستمرارية ومعادلة الطاقة ومعادلة اللزوجة والقياسي. (K-ε) نموذج .
- تحديد درجة حرارة الهواء الداخل وسرعته (السرعة تتراوح من 1.2 الى 11.1 متر لكل ثانية ودرجة حرارة 21°C)
- تحديد قيمة القدرة (تتراوح من 0.192 الى 75.032 وات)
- تحديد جهة دخول وخروج الهواء
- تحديد مكان توليد الحرارة في الزعنف (قاعدة الزعنف)
- تحديد عدد تكرار التحليلات أو إدخال نسبة الخطأ التي سيقف التحليل عند الوصول اليها.

ثم بعد هذه الخطوات، يتم حساب النتائج، وتظهر النتائج على شكل منحني يبين مسار كل متغير، وهو عبارة عن علاقة بين القيم المتبقية وعدد التكرارات وجدول يبين دقة كل قيمة في كل تكرار.

6. منحنيات القيمة المتبقية

تبين هذه المنحنيات العلاقة بين قيم المتغيرات المحسوبة من المعادلات مع عدد تكرارات حل المعادلات، ويتضح أن القيم المتبقية بعد عدد معين من التكرارات لا تتغير بمقدار كبير، وهذا ما توضحه المنحنيات، حيث يمكن ملاحظة أن الحلول تبدأ في الثبات عند 660 تكراراً كما بالشكل (9)، لذا اعتمدنا هذا العدد في الحسابات وتحليلات البرنامج.



شكل 9. يوضح منحني القيم المتبقية مع 660 تكراراً.

7. نتائج المحاكاة

بعد القيام بكل ما تم ذكره سابقاً تم الحصول على نتائج عديدة، ولكن تم التركيز على نتائج درجة الحرارة على طول الزعنف التي هي محل الدراسة، وكما ذكر سابقاً فإن دقة النتائج تعتمد بشكل كبير على نوع الشبكة. تمت الدراسة بعدد 9409462 من العناصر وعدد 10126642 عقدة في الزعنف الأسطوانية، وأما الزعنف المستطيلة فكان عدد العناصر 10571950 وعدها 11030845 عقدة. وتم الحصول على نتائج عند القدرة 75.375 وات وسرعات تبريدية مختلفة وهي 3.1 و 5 و 10.8 متر لكل ثانية للزعانف الاسطوانية والمستطيلة ومن خلال كل هذه الأشكال يتضح انتقال الحرارة من القاعدة

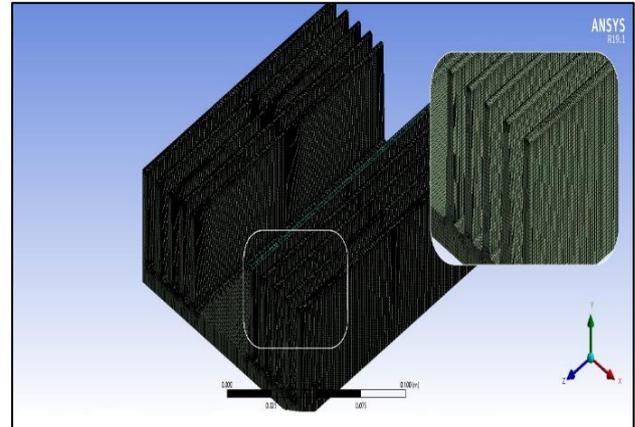
يعتبر برنامج (Ansys) أحد البرامج المهمة المستخدمة في محاكاة العديد من التطبيقات الهندسية المهمة، ويعتبر التحليل الحراري وتحليل ديناميكا السوائل والغازات من ضمن التطبيقات التي يمكن محاكاتها باستخدام برنامج (Ansys).

حيث يمكن حساب توزيع وتغير الكميات الفيزيائية الحرارية مثل درجة حرارة النظام في الحالة المستقرة، وكذلك إجراء تحليل ثنائي وثلاثي الأبعاد لميكانيكا الموائع، ويعتبر تصميم النموذج قيد الدراسة من اهم الخطوات الضرورية واللازمة للمحاكاة إذا يتضمن هذا الإجراء الخطوات التي تم اتباعها في تصميم النماذج (الزعانف المستخدمة) وطريقة محاكاتها وكذلك على شبكة النموذج (Mesh) .

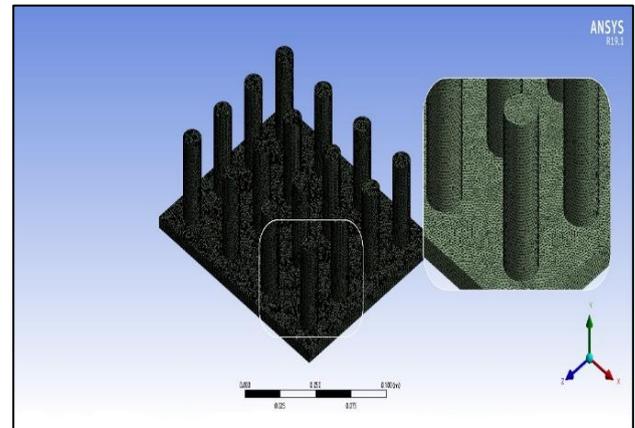
الشبكة هي عبارة عن مجموعة من العناصر (Elements) المترابطة، وكل عنصر له مساحة معينة ويتم دراسة وتحليل المعادلات عليها، تم استخدامها على الزعانف المستطيلة والأسطوانية.

ويكون حجم العنصر هو المتحكم الرئيسي في عدد العقد كلما زاد عدد العقد والعناصر (أي جودة الشبكة) كلما زادت دقة النتائج.

وتم دراسة ثلاث حالات لجودة الشبكة لكل نوع من الزعانف وهي حجم العنصر 0.001 m^3 عالية الجودة و 0.005 m^3 متوسطة الجودة و 0.01 m^3 منخفضة الجودة. وتمت الدراسة بعدد عناصر 9409462 وعقد 10126642 في الزعنف الأسطوانية وأما الزعنف المستطيلة كانت العناصر 10571950 وعقد 11030845 وتم الحصول على الشبكة عالية الجودة للزعنف المستطيلة كما بالشكل (7) وشبكة عالية الجودة للزعنف الاسطوانية كما بالشكل (8).



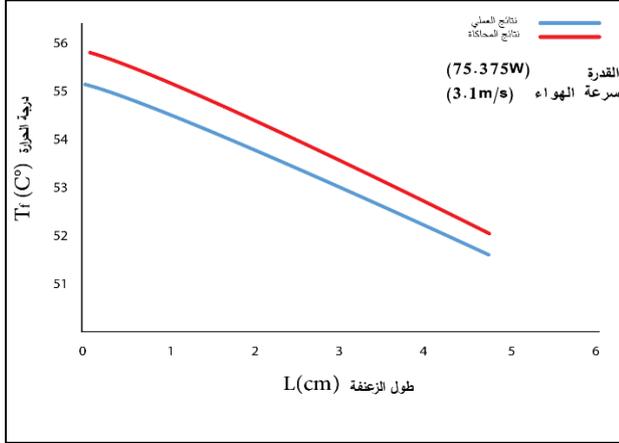
شكل 7. شبكة عالية الجودة للزعنف المستطيلة



شكل 8. شبكة عالية الجودة للزعنف الأسطوانية

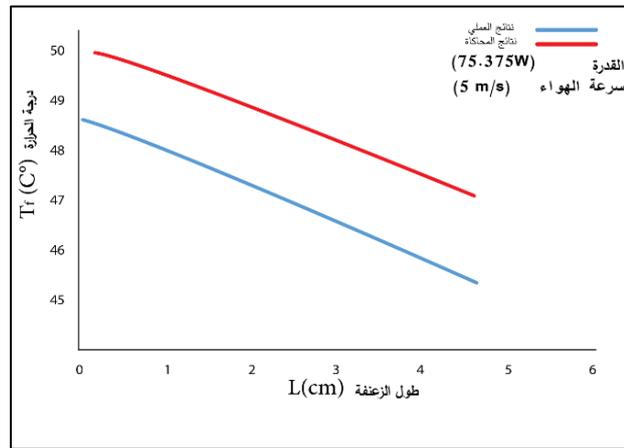
5. برنامج المحاكاة

أ. مقارنة توزيع درجات الحرارة بين نتائج المحاكاة والعملية على طول الزعنف الأسطوانية عند قدرة 75.375 وات وسرعة هواء 3.1 متر لكل ثانية. عند أقصى قدرة وأقل سرعة لهواء التبريد ومن خلال المقارنة تبين أن درجة حرارة الزعانف الأسطوانية في المحاكاة أعلى من العملي كما بالشكل (12).



شكل 12. مقارنة توزيع درجات الحرارة بين نتائج المحاكاة والعملية على طول الزعنف الأسطوانية

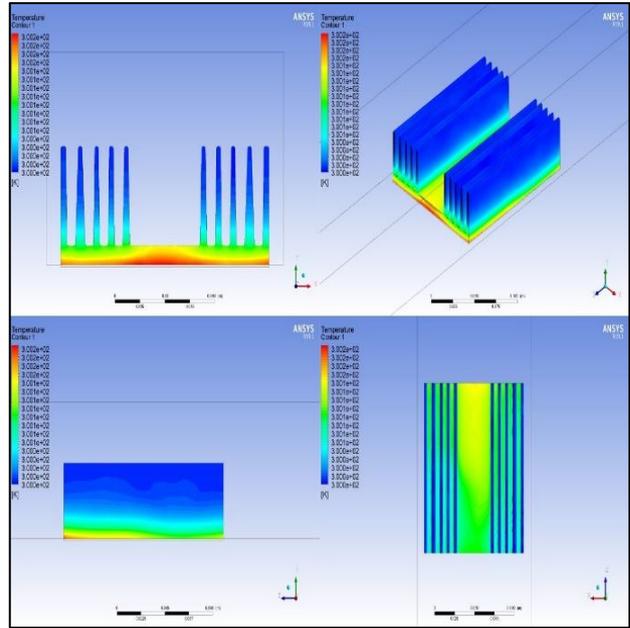
ب. مقارنة توزيع درجات الحرارة بين نتائج المحاكاة والعملية على طول الزعنف الأسطوانية عند قدرة 75.375 وات وسرعة هواء 4.9 متر لكل ثانية: شكل (13) يوضح أن درجة حرارة الزعانف في المحاكاة أعلى من درجة الحرارة في الجزء العملي على طول الزعنف الأسطوانية عند أقصى قدرة وسرعة متوسطة ولكن كان الفرق أكبر قليلا.



شكل 13. مقارنة توزيع درجات الحرارة بين نتائج المحاكاة والعملية على طول الزعنف الأسطوانية

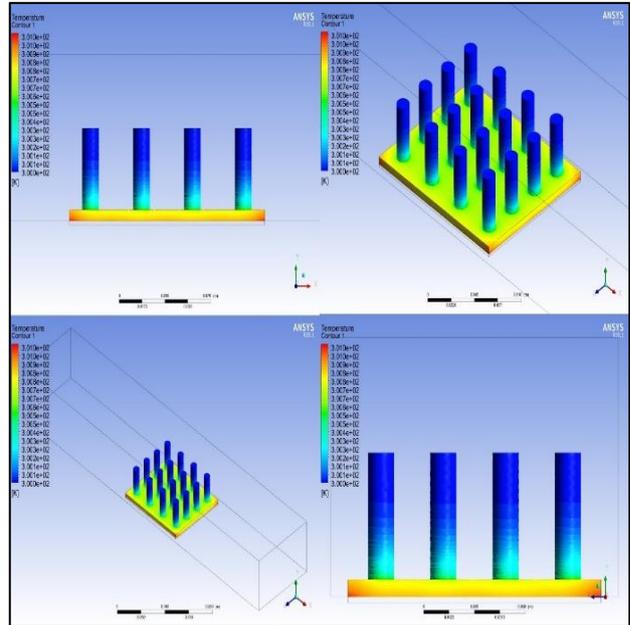
ج. مقارنة توزيع درجات الحرارة بين نتائج المحاكاة والعملية على طول الزعنف الأسطوانية عند قدرة 75.375 وات وسرعة هواء 10.8 متر لكل ثانية: عند أقصى قدرة وأقصى سرعة تتقارب درجة حرارة الزعانف في المحاكاة والعملية عند جذر الزعنف، بينما تكون متباعدة في نهايتها كما هو موضح بالشكل (14).

إلى الزعانف واختلاف شدة الانتقال مع تغير سرعة هواء التبريد، يبين الشكل (10) توزيع درجات الحرارة في الزعنف الأسطوانية عند قدرة 75.375 وات وسرعة هواء 10.8 متر لكل ثانية.



شكل 10. محاكاة لتوزيع درجات الحرارة في الزعنف الأسطوانية عند القدرة 75.375 وسرعة الهواء 10.8 m

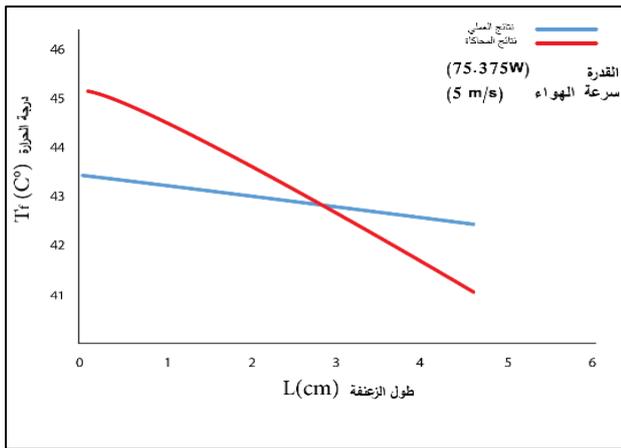
بينما يوضح الشكل (11) توزيع درجات الحرارة في الزعنف المستطيلة.



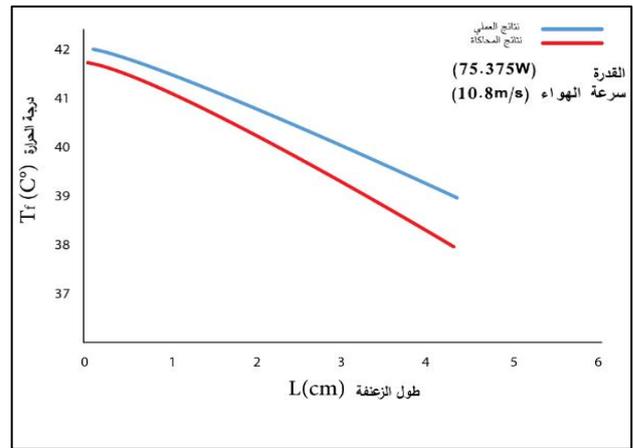
شكل 11. محاكاة لتوزيع درجات الحرارة في الزعنف المستطيلة عند القدرة 75.375 وسرعة الهواء 10.8

8. مقارنة النتائج المعملية مع المحاكاة

تم تمثيل مقارنة النتائج المتحصل عليها من النموذج العملي ونموذج المحاكاة بالبرنامج وفق مخططات يمكن تفسيرها ومعرفة أوجه الفروق والتشابه بينها وذلك كما يلي:

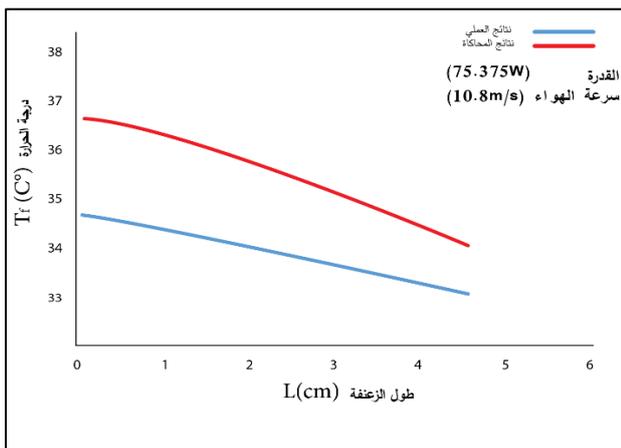


شكل 14. مقارنة توزيع درجات الحرارة بين نتائج المحاكاة والعملي على طول الزعنفة الأسطوانية



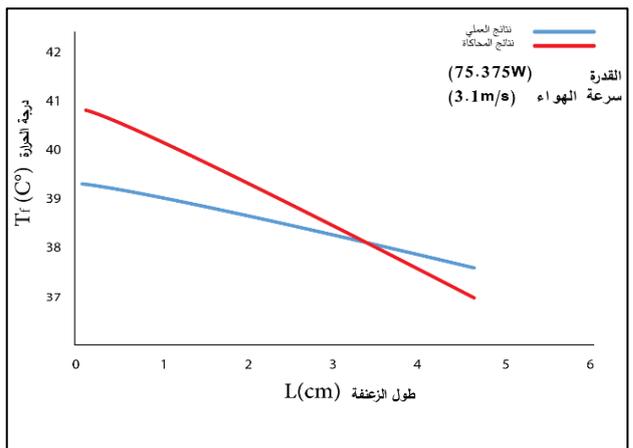
شكل 15. مقارنة توزيع درجات الحرارة بين نتائج المحاكاة والعملي على طول الزعنفة الأسطوانية

و. مقارنة توزيع درجات الحرارة بين نتائج المحاكاة والعملي على طول الزعنفة المستطيلة عند قدرة 75.375 وات وسرعة هواء 10.8 متر لكل ثانية: عند أقصى قدرة وأقصى سرعة لهواء التبريد أظهرت المقارنة أن درجة الحرارة للزعانف أقل من المحاكاة على طول الزعنفة كما بالشكل (17).



شكل 16. مقارنة توزيع درجات الحرارة بين نتائج المحاكاة والعملي على طول الزعنفة المستطيلة

د. مقارنة توزيع درجات الحرارة بين نتائج المحاكاة والعملي على طول الزعنفة المستطيلة عند قدرة 75.375 وات وسرعة هواء 3.1 متر لكل ثانية: عند أقصى قدرة وأقل سرعة لهواء التبريد تبين نتائج المحاكاة أن درجة حرارة الزعنفة في كانت أعلى مما عليه في النتائج العملية عند جذر الزعنفة، ثم بدأت درجة الحرارة بالانخفاض حتى وصلت إلى أقل قيمة عند نهاية الزعنفة وكان انخفاض درجة الحرارة في المحاكاة أكبر من انخفاضها عمليا كما هو موضح بالشكل (15).



شكل 17. مقارنة توزيع درجات الحرارة بين نتائج المحاكاة والعملي على طول الزعنفة المستطيلة

9. الاستنتاجات

من خلال المقارنة بين النتائج العملية ونتائج المحاكاة يمكن القول أن درجات حرارة القاعدة تكون أكبر ما يمكن في الصفيحة المستوية، لأن مساحة التشبث قليلة، أما بالنسبة للزعانف فنلاحظ أن درجة الحرارة تقل كلما اتجهنا بعيدا عن القاعدة، حيث أن الحرارة تنتقل بالتوصيل وبالحمل ونستنتج أيضا ما يلي:

- أ. أعلى معامل انتقال حرارة بالحمل تم الحصول عليه $3.3782 \text{ w/m}^2\text{c}^\circ$ والذي كان بالزعنفة المستطيلة عند قدرة 75.38w وسرعة هواء التبريد 10.8m/s.
- ب. أقل معامل انتقال حرارة بالحمل تم الحصول عليه 0.2784 والذي كان بالزعنفة الأسطوانية عند قدرة 3.08 w وسرعة هواء التبريد 3.1m/s.
- ج. أعلى معامل انتقال حرارة بالحمل للصفيحة المستوية كان $0.8407 \text{ w/m}^2\text{c}^\circ$ عند قدرة 74.475w وسرعة هواء التبريد 10.8m/s وأما أقل معامل لنفس الصفيحة كان

ه. مقارنة توزيع درجات الحرارة بين نتائج المحاكاة والعملي على طول الزعنفة المستطيلة عند قدرة 75.375 وات وسرعة هواء 5 متر لكل ثانية:

عند أقصى قدرة وسرعة هواء متوسطة أظهرت نتائج المحاكاة أن درجة حرارة الزعنفة عند الجذر أعلى من النتيجة العملية، ثم بدأت تنخفض إلى أن وصلت إلى أقل قيمة عند نهاية الزعنفة كما بالشكل (16).

المراجع

$0.0163 \text{ w/m}^2\text{c}^\circ$ عند قدرة 0.192 w وسرعة هواء تبريد

3.1 m/s

1. ANSYS, Inc. and ANSYS Europe, Ltd, Fluent Theory Guide Release 19.0 January 2018.
 2. P.A. HILTON LTD, Free and forced convection from flat finned and pinned alates, Experimental operating and maintenance manual, Jun 07.
 3. J. R. Viegas, M. W. Rubesin, and C.C. Horstman. "On the Use of Wall Functions as Boundary Conditions for Two-Dimensional Separated Compressible Flows". Technical Report AIAA-85-0180. AIAA 23rd Aerospace Sciences Meeting, Reno, Nevada 1985.
 4. C. Jayatillaka. "The Influence of Prandtl Number and Surface Roughness on the Resistance of the Laminar Sublayer to Momentum and Heat Transfer". Prog. Heat Mass Transfer. 1. 193-321. 1969.
 5. Ansys , Inc. Theory Reference, Ansys Release 19.0, 00211
- د. كفاءة الزعنفة المستطيلة كانت الأعلى مقارنة بالزعانف الأسطوانية تحت نفس الظروف.
- هـ. الزعنفة المستطيلة هي الأكثر تشتيتاً للحرارة والأكثر فعالية للتطبيقات الهندسية وذلك لأن لها مساحة سطحية لتشتيت الحرارة أكبر من الزعنفة الأسطوانية.
- و. كلما زادت سرعة هواء التبريد زادت كمية الحرارة المشتتة.
- ز. استخدام السرعة المتوسطة في نفق التبريد ببرنامج المحاكاة وبهذا يتم الحصول على نتائج مقارنة للنتائج العملية لأن السرعة التي تم حسابها عملياً كانت عند المدخل الخاص بالنفق.
- ح. الفارق بين نتائج التجارب العملية ونتائج المحاكاة يمكن ارجاعه إلى عدة اسباب، من بينها، أن الصفيحة تستغرق وقتاً طويلاً في استقرار درجة حرارتها بسبب أن مقياس الفولت في الوحدة المساعدة ليس ثابتاً نسبياً.
- ط. درجات الحرارة في نتائج المحاكاة كانت أعلى من النتائج العملية، والسبب يمكن أن يرجع إلى وجود فقد في الحرارة في الجهاز العملي.