

دراسة تأثير الانتشارية الحرارية على توزيع درجات الحرارة غير المستقرة خلال الجدران ذات التوصيل الحراري المنخفض باستخدام برنامج الإنسز

رضا حميد مجيد

قسم التقنيات الميكانيكية/المعهد التقني كربلاء/جامعة الفرات الأوسط التقنية

inkr.red@atu.edu.iq

الخلاصة

على الرغم من وجود عدد كبير من الدراسات التي بحثت في العلاقة بين الخواص الحرارية للمواد ومعدل انتقال الحرارة غير المستقر بالتوصيل خلالها فلم نلاحظ وجود مخططات وجدول شاملة تبين تلك العلاقة للمواد المختلفة وتحت ظروف حرارية مختلفة.

هذه الدراسة هي محاولة وضع تصور للعلاقة بين الانتشارية الحرارية لأي مادة والسلوك الحراري لها عند تعرضها لأي ظروف حرارية (ΔT) في الحالة غير المستقرة، والاستفادة من نتائج هذه الدراسة في وضع قاعدة بيانات عامة تسهل على المهندسين المعنيين تصور السلوك الحراري للمواد عند أي ظروف حرارية.

نموذج الدراسة هو وضع حمل حراري ثابت (60°C) على السطح الخارجي لجدار بسمك (10 سم) في غرفة درجة حرارتها ثابتة عند (20°C). استخدمت في هذه الدراسة مجموعة من المواد الافتراضية خفيفة الوزن ذات معامل توصيل حراري منخفض. استخدم برنامج الإنسز-14 (Ansys-14) لتنفيذ هذه الدراسة.

أظهرت نتائج الدراسة وجود علاقة طردية بين الانتشارية الحرارية ومعدل ارتفاع درجة الحرارة. ومن خلال البيانات والمعادلات التي توصل إليها البحث يمكن التنبؤ بالسلوك الحراري للمواد ذات الانتشارية الحرارية المحصورة بين ($8\text{E}-7$ - $2.00\text{E}-9\text{ (m}^2\text{/sec)}$) عند تطبيق الظروف الحرارية المطبقة في البحث.

الكلمات المفتاحية: الانتشارية الحرارية، توزيع درجات الحرارة، انتقال الحرارة غير المستقر.

Study of the Effect of Thermal Diffusivity on the Unstable Temperature distribution through a Low Thermal Conductivity Walls by ansys

Abstract

Although there have been a large number of studies that Searched in the relationship between the thermal properties of the materials and the rate of unstable heat transfer, We did not note the existence of comprehensive charts and tables showing the relationship between different materials under different thermal conditions.

This study is an attempt to conceptualize the general relationship between the thermal diffusivity of any material and its thermal behavior when subjected to any thermal conditions (ΔT) in the unstable state. And benefit from the results of this study to develop general data that make it easier for the concerned engineers to visualize the thermal behavior of the materials at any thermal conditions.

The study model is to place a constant thermal load (60°C) on the outside of a wall of thickness (10 cm) in a room with a constant temperature at (20°C). In this study a range of lightweight materials with low thermal conductivity was used. The Ansys program was also used to implement this study.

The results showed a positive correlation between thermal diffusivity and temperature rise. The study also showed the cooling effect of another sides of the wall on reducing the heating rate, especially for the low thermal diffusivity materials. Through data and equations obtained by research We can predict thermal behavior For materials with thermal diffusivity Confined between ($8\text{E}-7$ - $2.00\text{E}-9\text{ (m}^2\text{/sec)}$) When applying the applied thermal conditions in the research.

Key words: Thermal Diffusivity, Temperature Distribution, Unstable Heat Transfer.

المقدمة:

تعرض البحث الى عدد من تلك الدراسات التي عالجت موضوع تأثير الخواص الحرارية للمواد على معدل انتقال الحرارة أو توزيع درجات الحرارة خلالها.

احد الدراسات استخدمت طريقة ((meshless element free Galerkin (EFG)) للحصول على حل عددي لمشاكل نقل الحرارة غير الخطية وغير المستقرة مع اعتبار ان الخصائص الحرارية للمواد تعتمد على درجة الحرارة، تم افتراض ان الموصلية الحرارية، والحرارة النوعية والكثافة للمواد تتناسب عكسيا وخطيا مع درجة الحرارة. نتائج الدراسة بطريقة (EFG) اعطت نتائج مشابهة للطرق التحليلية الاخرى مثل طريقة (FEM) (Akhilendra, 2006). دراسة اخرى استخدمت برنامج العناصر المحدودة (ansyz) لحساب التوصيل الحراري للمادة المركبة من نوع البوليمر المليء بالجسيمات في إحدى الدراسات التحليلية. استخدمت نماذج ثلاثية الأبعاد لمحاكاة البنية المجهرية لعدد من المواد المركبة المختلفة في نوع الحشوات ذات الموصلية الحرارية المختلفة وبتراكيز حجمية مختلفة ايضا. اظهرت النتائج وجود علاقة أسية بين التوصيل الحراري للمادة المركبة مع النسبة المئوية الحجمية للجسيمات المضافة لحد ١٠%، KUMLUTAS, (2006). كما تم تطوير طريقة نموذج العنصر المحدود (finite element model) لدراسة توزيع درجة الحرارة لنوعين مختلفين من الفرامل اثناء الفرملة، احدهما من حديد الزهر والاخر من سبيكة المنيوم. اظهرت الدراسة ان درجة الحرارة المتولدة اثناء الفرملة كانت قليلة لكلا النوعين، لذا أوصت الدراسة باستخدام سبيكة الالمنيوم بسبب خفة وزنها مقارنة بحديد الزهر (Ramesha, 2012). دراسة تحليلية جديدة عالجت تعرض لوح متعدد الطبقات من مواد مختلفة الى درجات حرارية مختلفة بشكل مفاجئ، حيث استخدم طريقة فصل المتغيرات للحل. تميزت الدراسة ببساطتها وامكانية الحصول على تصور دقيق لانتقال الحرارة وتوزيع درجات الحرارة في أي نقطة عند حساب انتقال الحرارة خلال أي لوحين مختلفين عند تعرضهما لدرجة حرارة المحيط. لم يعط الباحث معادلة رياضية لتلك الدراسة (Monte, 2000). تأثير الخواص الحرارية للمواد المستعملة في جدار طائرة يتعرض لتوليد حراري على توزيع درجات الحرارة تم دراستها من خلال بحث تحليلي باستخدام برنامج ماثلاب. نتائج الدراسة اظهرت ان الاختلاف في توزيع درجات الحرارة لم يظهر بشكل واضح الا عند درجات الحرارة العالية. بسبب انخفاض معامل التوصيل الحراري للحديد مقارنة بالمعادن الاخرى المستخدمة في البحث فانه اعطى اعلى درجة حرارة في الجزء الداخلي لجدار الطائرة. العلاقة بين درجة الحرارة والمسافة خلال جدار الطائرة كانت خطية لحد سمك (٤,٠م)، بعدها أخذت العلاقة شكل منحنى (Jobair, 2017). كما تم معالجة توزيع درجات الحرارة خلال جدار فرن صناعة الصلب عن طريق دراسة تحليلية. الدراسة استنتجت ان توزيع درجات الحرارة عبر الجدار في مناطق الفرن المختلفة غير منتظمة بسبب اختلاف درجات الحرارة ونوع انتقال الحرارة من داخل الفرن الى الخارج في كل منطقة (Kim, 2000). نتائج التوصيل الحراري غير المنطقية للسوائل الحاوية على دقائق نانوية بشكل عالق أدت الى ظهور دراسة تناقش ذلك السلوك الشاذ. هذا البحث قدم دراسة تجريبية وتحليلية مجتمعة لانتقال الحرارة بالتوصيل وتكثيف الجسيمات في سوائل النانو. على الجانب التجريبي تم قياس التوصيل الحراري واللزوجة وتشتت الضوء الديناميكي، وتقنيات أخرى لعدد من السوائل الحاوية على جسيمات نانوية. وعلى الجانب النظري تم تطوير نموذج لنقل الحرارة بالتوصيل خلال السائل الحاوي على الجسيمات نانوية. الدراسة خلصت الى ان شكل التكتل لجسيمات النانو داخل السوائل يلعب دورا مهما في التوصيل الحراري (Selinger 2007). كما اجريت دراسة تحليلية لمعرفة توزيع درجات الحرارة خلال مكونات ضاغط حسب

الخواص الحرارية لكل مكون. بعد مقارنة نتائج الدراسة التحليلية مع القياسات بواسطة أجهزة قياس درجة الحرارة تبين وجود تطابق عالي بينهما وان اعلى انحراف بينهما بلغ ٧% وهي نتيجة مقبولة (Ooi, 1998). دراسة أخرى تم من خلالها تقييم معامل انتقال الحرارة غير المستقرة خلال تصلب الصلب. اظهرت نتائج الدراسة ان ذلك المعامل يتأثر بشكل كبير بدرجة حرارة بداية الانصهار. استخدمت طريقة (IHCP) مع جهاز او جهازين لقياس درجة حرارة النموذج. نتائج الدراسة اظهرت ان درجة حرارة بداية انصهار المعدن تعتمد على الخواص الحرارية للسبيكة وعلى قدرة المعدن على تبليل سطح القالب وعلى معامل انتقال الحرارة بالحمل لمنصهر المعدن (Ferreira, 2005). ومن خلال دراسة جديدة تم فيها تقييم انتقال الحرارة للاجسام عالية المسامية بطريقة تحليلية، الدراسة توصلت الى ان شكل الخلية وشكل المقطع العرضي لانتقال الحرارة يلعبان دورا كبيرا في نقل الحرارة (Coquard, 2009). وفي دراسة تحليلية اخرى استخدم برنامج الانسز لدراسة معدل التدفق الحراري خلال جدار مركب. الدراسة استخدمت مادتين مختلفتين في الخواص الحرارية احدهما طابوق من الصوف الزجاجي والثانية من الخشب الصناعي. نتائج الدراسة اظهرت ان معدل التدفق الحراري لاحد المواد كان منخفض مقارنة بالمادة الاخرى (Patil, 2015). انتقال الحرارة خلال جسم معدني يحتوي على مسامات مفتوحة تم معالجته تحليليا من خلال دراسة أجريت لهذا الغرض. الباحث افترض ان الشكل الهندسي للمسام هو كروي الشكل داخل مكعب، حيث يتم طرح حجم الكرة من المكعب لتشكيل ذلك الفراغ الكروي فيه. تم حساب الموصلية الحرارية ومقدار الانخفاض بالضغط وعدد نسلت. قورنت النتائج مع نتائج دراسات تجريبية سابقة ذات مسامية أكثر من ٨٠%. بعدها تم مناقشة تأثير الترتيبات المختلفة لتعبئة الاجسام المسامية على التدفق الحراري (S. Krishnan, 2008). مشكلة انتقال الحرارة غير المستقر باتجاه قطبي تم معالجتها بواسطة دراسة اخرى باستخدام الحل التحليلي مزدوج السلسلة (analytical double-series solution) خلال اسطوانة متكونة من عدة طبقات ذات مواد مختلفة، النموذج هو انتقال الحرارة باتجاه شعاعي. الحل المقترح لمثل تلك المشاكل اعطى نتائج مقبولة (Singh, 2008).

معطيات الدراسة

في هذا البحث تم اختيار عدد من النماذج الافتراضية التي تمتلك عددا من الخواص الحرارية (C_p, ρ, K) بحيث تعطي قيم مختلفة من الانتشارية الحرارية (α) ضمن حدود الخواص الحرارية للمواد الموجودة حاليا طبيعية كانت أم مصنعة ليتم تصنيفها ضمن المواد العازلة خفيفة الوزن المستخدمة في البناء بشكل اساسي أو ثانوي على اعتبار ان الدراسة تتم على جدار غرفة مكيفة معرض للشمس صيفا وكما يلي:

الجدول (١): الخواص الحرارية للمواد المستعملة في البحث

رمز المادة المفترضة	K(W/m.°C)	ρ (Kg/m ³)	Cp(J/Kg.°C)	α =(m ² /sec)
A	8.16E-01	850	1200	8.00E-07
B	6.24E-01	800	1300	6.00E-07
C	4.20E-01	750	1400	4.00E-07
D	2.10E-01	700	1500	2.00E-07
E	8.32E-02	650	1600	8.00E-08
F	6.12E-02	600	1700	6.00E-08
G	3.96E-02	550	1800	4.00E-08
H	1.90E-02	500	1900	2.00E-08
I	7.20E-03	450	2000	8.00E-09
J	5.04E-03	400	2100	6.00E-09
K	3.08E-03	350	2200	4.00E-09
L	1.38E-03	300	2300	2.00E-09

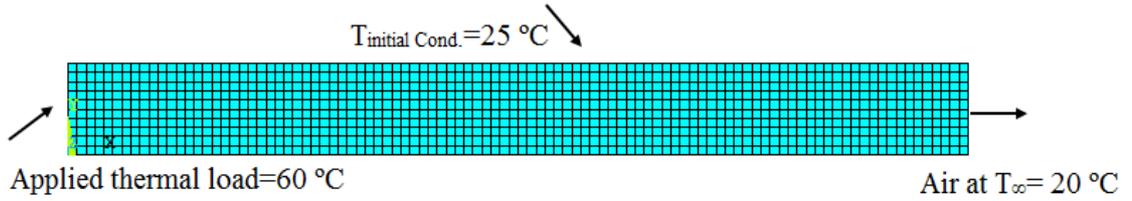
تم استخدام برنامج (الانسز-١٤) لهذه الدراسة. حيث تم اخذ عينة من جدار داخل غرفة مكيفة ووضعت مجموعة من الافتراضات ثبتت في الجدول (٢) لتنفيذ الدراسة.

الجدول (٢): الافتراضات الموضوعية لتنفيذ الدراسة

1	Wall thickness	0.1m
2	Wall length	0.01m
3	Element edge length	0.001m (mesh=fine)
4	Preferences for filtering	Thermal
5	Type of analysis	Transient
6	Applied thermal load outside of wall	Constant temperature=60°C
7	Applied thermal load in inside of wall	Convection heat transfer.
8	Type of fluid inside of wall	Air at T _∞ =20°C
9	Heat transfer coefficient between wall and air	h _{conv.} =10W/m ² .°C
10	Initial condition of wall	T _{initial cond.} =25°C
11	Applied time load	20000 sec
12	Time step size	100 sec

وضعت عدة اعتبارات موضحة في الجدول (٢) للأسباب التالية

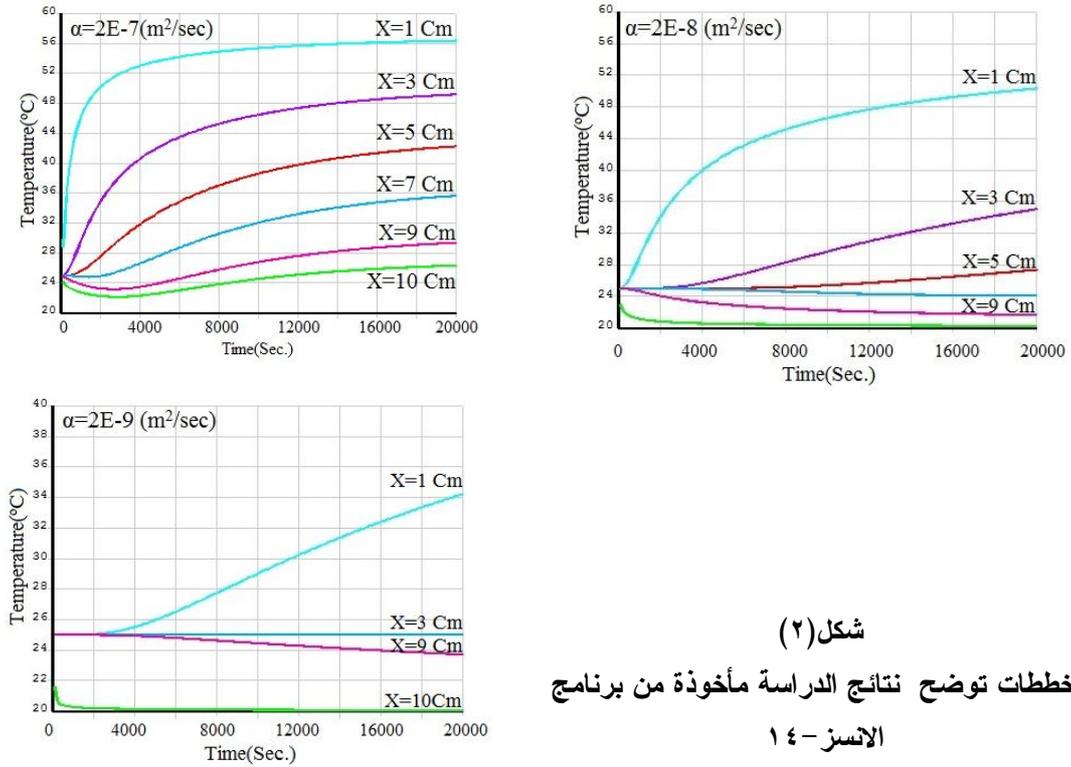
- ١- سمك الجدار (10cm) لان الانتشارية الحرارية للمواد المستعملة منخفضة وبالتالي لا حاجة لسمك أكثر.
- ٢- تم تطبيق درجة حرارة (60°C) على الجدار الخارجي وتمثل متوسط درجة الحرارة على الجدران المعرضة للإشعاع صيفا خلال فترة التعرض البالغة خمس ساعات تقريبا. ان تثبيت درجة الحرارة لضمان الحصول على اجهاد حراري ثابت.
- ٣- متوسط درجة الحرارة في الغرف المكيفة هو (20°C).
- ٤- اعتمدت قيمة معامل انتقال الحرارة بين الجدار الداخلي للغرفة وهواء الغرفة (10W/m².°C) لان هذه القيمة تمثل متوسط معامل انتقال الحرارة بالحمل للهواء فوق لوح مستوي بسرعة منخفضة.
- ٥- متوسط درجة حرارة الجدار قبل سقوط اشعة الشمس عليه في الصيف هو (25°C) أو أكثر. لذا اعتمدت درجة حرارة الجدار (25°C). ويمكن تغييرها حسب الظروف الحرارية.
- ٦- تم قراءة درجة الحرارة كل مائة ثانية (100sec.) لكل (1mm) من سمك الجدار.



شكل (١)

شكل تخطيطي لنموذج الدراسة

بعد تنفيذ البرنامج حصلنا على مخططات لتوزيع درجات الحرارة خلال الجدار لمجموعة من عينات الدراسة يمثلان قيم مختلفة من الانتشارية الحرارية المستخدمة في البحث. الشكل (٢) يوضح تلك المخططات وعند أبعاد مختلفة من السطح الخارجي للجدار.

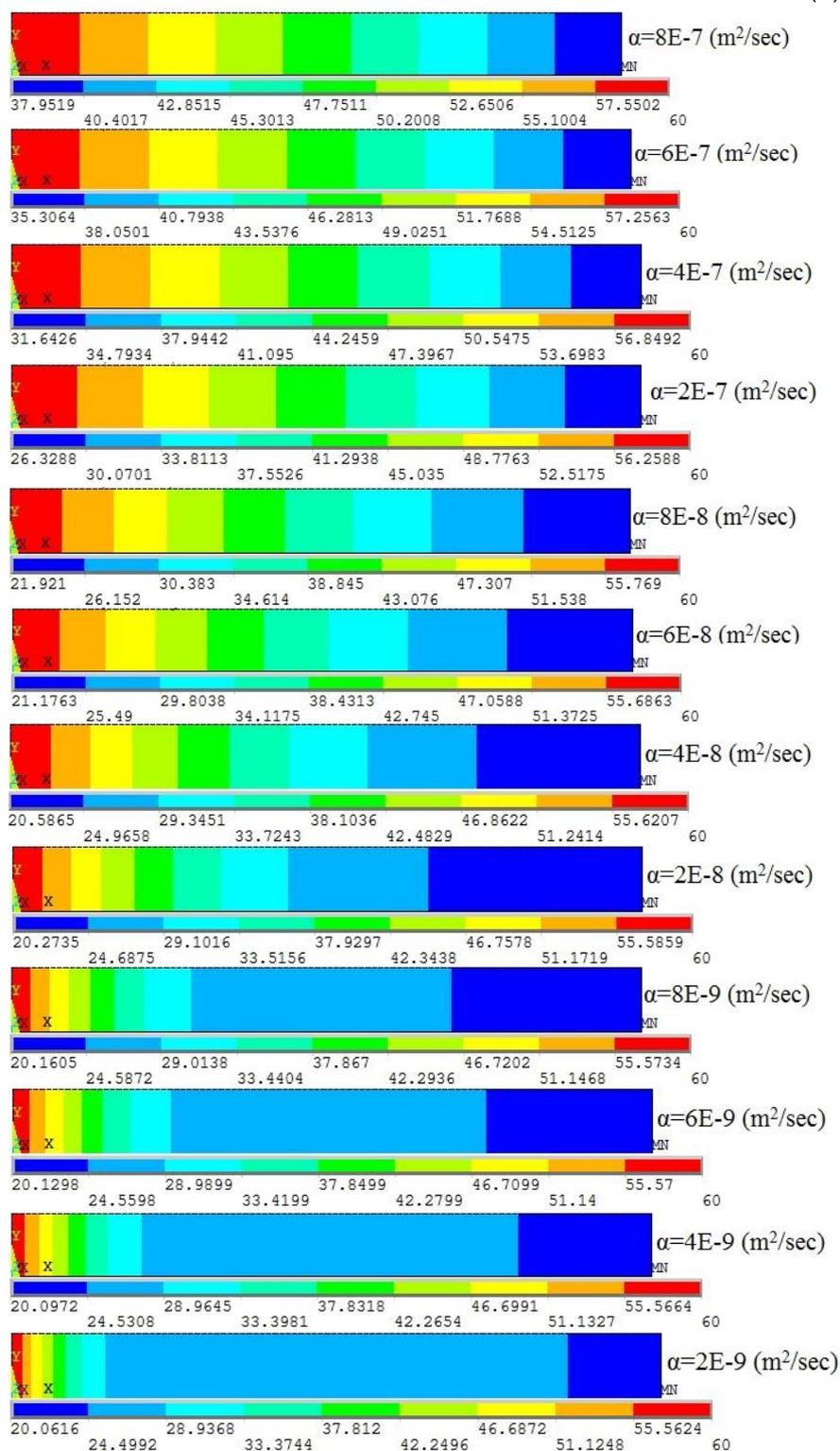


شكل (٢)

مخططات توضح نتائج الدراسة مأخوذة من برنامج

الانسز - ١٤

كما تم الحصول على صور لتوزيع درجات الحرارة للعينات في نهاية زمن تطبيق الحمل الحراري، وكما مبينة في الشكل (٣).



الشكل (٣)

صور لتوزيع درجات الحرارة للعينات في نهاية زمن تطبيق الحمل الحراري

النتائج والمناقشة:-

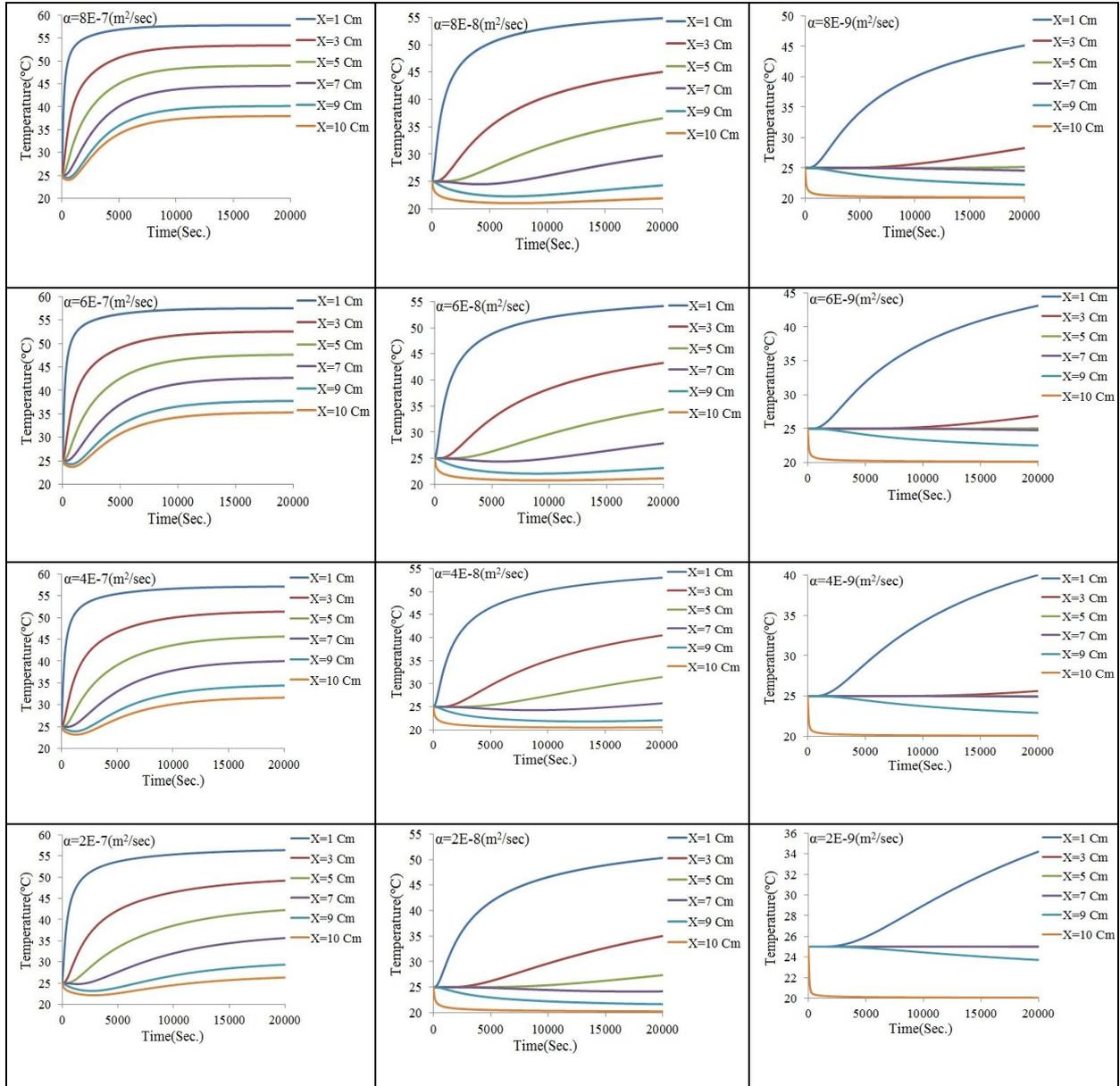
١- تأثير الانتشارية الحرارية على توزيع درجات الحرارة: يوضح الشكل (٤) نتائج توزيع درجات الحرارة خلال الجدار لعدد من المواد المختلفة في الانتشارية الحرارية عند ابعاد مختلفة عن مصدر التسخين

الرئيسي حيث نلاحظ ما يلي:

أ- العلاقة بين معدل التسخين ومقدار الانتشارية الحرارية علاقة طردية في مرحلة انتقال الحرارة غير المستقرة .

ب- انخفاض معدل التسخين بالابتعاد عن مصدر التسخين الرئيسي بسبب انخفاض القوة الدافعة الحرارية $(\Delta T \text{ } ^\circ\text{C})$.

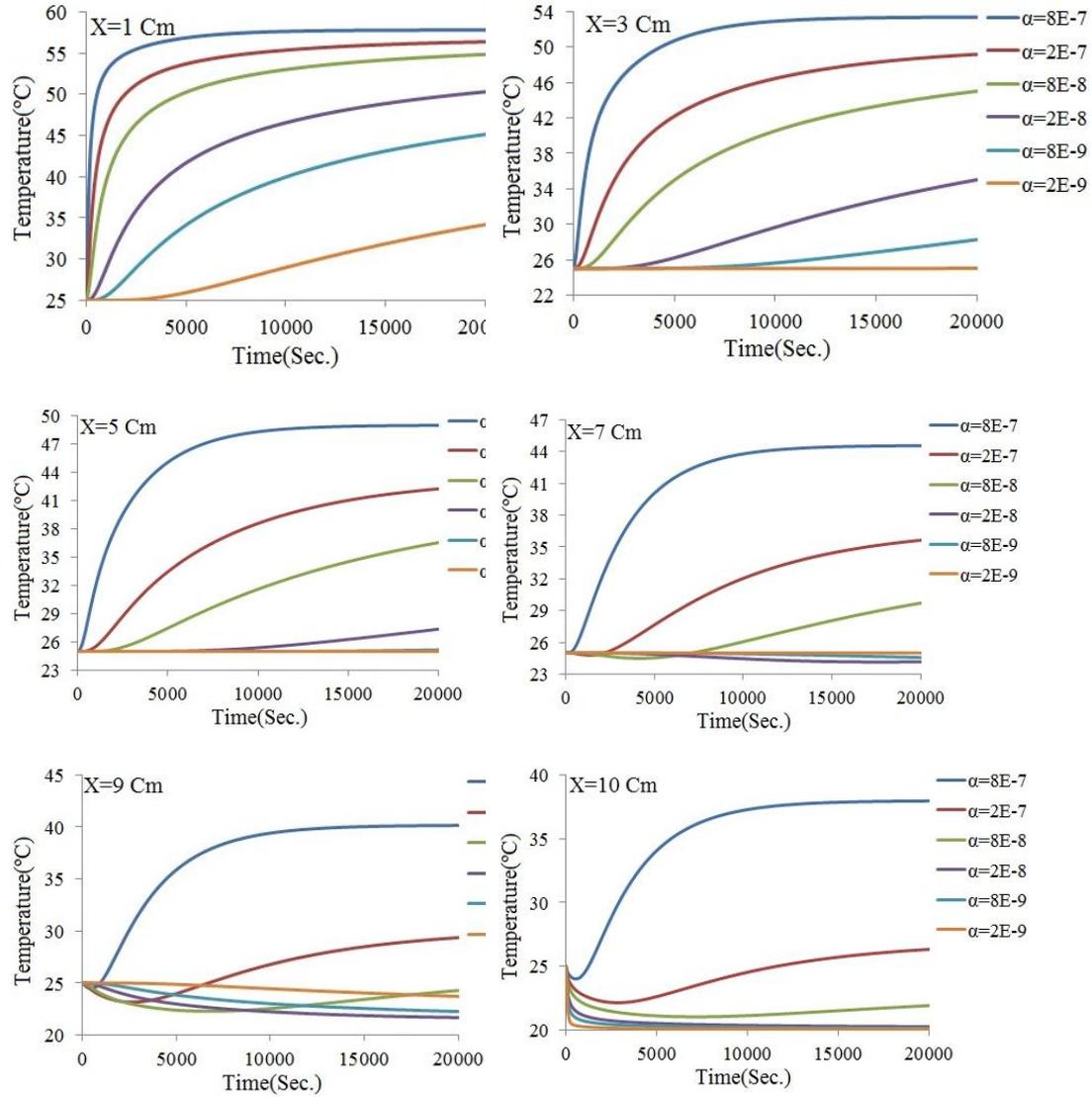
ت- العلاقة بين درجة الحرارة في نهاية زمن التسخين و الانتشارية الحرارية علاقة طردية، فكلما انخفضت الانتشارية الحرارية انخفضت درجة الحرارة لذلك النموذج.



شكل (٤): تأثير الابتعاد عن مصدر التسخين على توزيع درجات الحرارة خلال الجدار

٢- تأثير البعد عن مصدر التسخين على توزيع درجات الحرارة: الشكل (٥) يوضح:

- أ- العينات القريبة من مصدر التسخين كانت العلاقة طردية بين درجة الحرارة والزمن لجميع العينات ذات الانتشارية الحرارية المختلفة، لكن تلك العلاقة لم تكن خطية.
- ب- العينات القريبة من مصدر التبريد (في الجهة الأخرى من الجدار) نلاحظ انخفاض درجة حرارتها في بداية تسليط الحمل الحراري بسبب تأثرها بمصدر التبريد، لكن بعد فترة من الزمن تعود وترتفع درجة الحرارة لتلك العينات بسبب تأثير مصدر التسخين وبمعدلات مختلفة حسب قيم الانتشارية الحرارية ومقدار الابتعاد عن مصدري التسخين والتبريد.



شكل (٥): تأثير الانتشارية الحرارية على توزيع درجات عبر الجدار مع الزمن

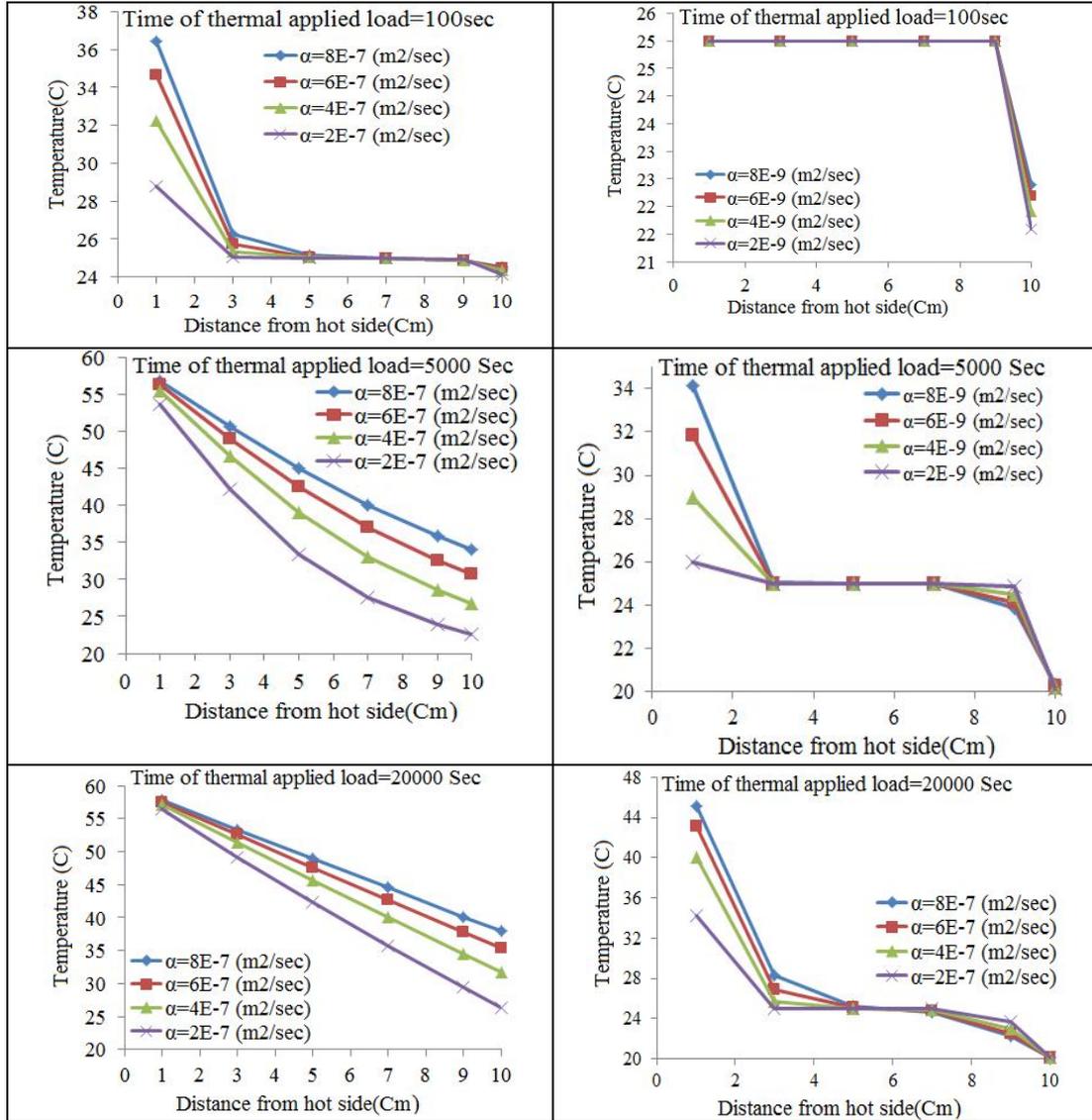
٣- يوضح الشكل (٦) تأثير الابتعاد عن مصدر التسخين على توزيع درجات الحرارة.

- أ- عند زمن (١٠٠) ثانية نلاحظ انخفاض واضح في درجة حرارة العينات ذات الانتشارية الحرارية (E-07) عند الابتعاد عن مصدر التسخين مقارنة بالعينات ذات الانتشارية الحرارية (E-09) والتي بقيت درجة حرارتها عند ٢٥ °م، اما الوجه الداخلي المواجه للتبريد فانخفضت درجة حرارته بمعدلات مختلفة حسب انتشارية الجسم.

ب- بعد (٥٠٠٠) ثانية من تسليط الجهد الحراري نلاحظ انخفاض كبير في درجات وخاصة للعينات ذات الانتشارية الحرارية (E-07) كلما ابتعدنا عن مصدر التسخين. أما العينات ذات الانتشارية الحرارية (E-09) فقد انخفضت درجة حرارتها بصورة واضحة مقارنة مع الزمن (١٠٠) ثانية.

ت- بعد (٢٠٠٠٠) ثانية من تسليط الجهد الحراري نلاحظ اقتراب العينات ذات الانتشارية الحرارية (E-07) من حالة الاستقرار (steady state). أما العينات ذات الانتشارية الحرارية (E-09) فقد بقيت ضمن مرحلة انتقال الحرارة غير المستقر.

الشكل (٦) يظهر بوضوح تأثير قيمة الانتشارية الحرارية على توزيع درجات الحرارة خلال ابعاد واوقات مختلفة من تسليط الجهد الحراري.



الشكل (٦): تأثير الابتعاد عن مصدر التسخين على توزيع درجات الحرارة

٤- يوضح الجدول (٣) بعض نتائج درجات الحرارة والزمن في بداية تغير درجة الحرارة وعند الوصول الى حالة الاستقرار لأبعاد مختلفة من مصدر التسخين ولعدد من النماذج ذات الانتشارية الحرارية المختلفة. على فرض ان النقطة تصل الى حالة الاستقرار اذا تساوت درجة الحرارة في نفس النقطة خلال زمنين متتاليين أو كان الفرق بينهما أقل من (0.001°C) .

حيث نلاحظ ما يلي:

أ- عند النقاط القريبة من مصدر التسخين ($x=1Cm$) نلاحظ تأثر سريع لتلك النقاط بمصدر التسخين حيث ارتفعت درجة حرارتها بعد مرور (100sec فقط عدا النموذج ذو الانتشارية الحرارية ($2.00E-09 m^2/sec$) حيث بدأت درجة الحرارة بالارتفاع بعد (١٣٠٠) ثانية. أما مقدار التغير في درجة الحرارة فتراوح بين ($25.01-36.5$ °C) حسب الانتشارية الحرارية للنماذج. وفيما يخص الزمن اللازم للوصول الى حالة الاستقرار (steady state) فنلاحظ ان النموذج الوحيد الذي وصل الى حالة الاستقرار هو ذو الانتشارية الحرارية ($8.00E-07 m^2/sec$) بعد مرور (17900sec) بسبب انتشاريته الحرارية العالية وكانت درجة حرارته عندها (57.711 °C)، اما بقية النماذج فلم تصل لحالة الاستقرار.

ب- النقاط الواقعة في وسط النموذج أي على بعد ($x=5Cm$) من مصدر التسخين، نلاحظ ان مقدار التغير في درجة حرارتها كان بسيطاً جداً بسبب ابتعادها عن مصدر التسخين، كما نلاحظ ان النموذج ذي الانتشارية الحرارية المنخفضة جداً ($2.00E-09 m^2/sec$) لم تتغير درجة حرارته طول فترة التسخين. كما لم تصل جميع النماذج عند تلك النقطة الى حالة الاستقرار (steady state).

ت- النقاط الواقعة على بعد ($x=9Cm$) من مصدر التسخين أي القريبة من مصدر التبريد، فان جميعها تأثر بمصدر التبريد حيث انخفضت درجة حرارتها قليلاً في بداية تسليط الجهد الحراري، عدا النموذج ذو الانتشارية الحرارية المنخفضة جداً ($2.00E-09 m^2/sec$) فان درجة حرارته انخفضت بعد (4200sec). كما نلاحظ ان جميع النماذج عند تلك النقطة لم تصل لحالة الاستقرار. نستنتج من ذلك ان جميع تلك النماذج ذات كفاءة عزل حراري عالية جداً، وتزداد تلك الكفاءة بانخفاض الانتشارية الحرارية.

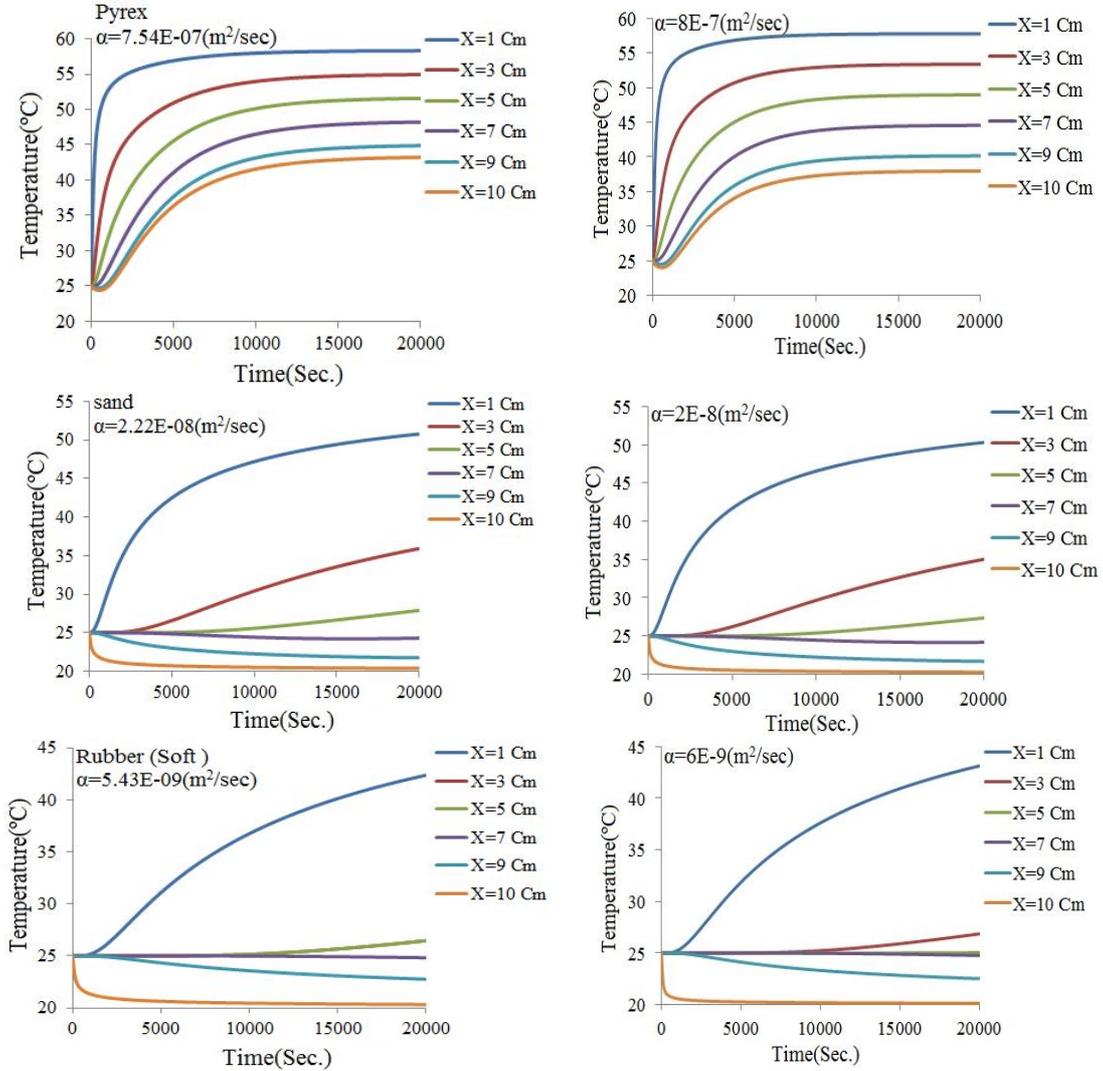
الجدول(٣): نتائج درجة الحرارة والزمن عند بداية تغيير درجة الحرارة وعند الوصول لحالة الاستقرار

	$\alpha(m^2/sec)$	$x=1Cm$	$x=5Cm$	$x=9Cm$
زمن بداية تغير درجة الحرارة (ثانية)	8.00E-07	100	100	100
	2.00E-07	100	600	100
	8.00E-08	100	900	100
	2.00E-08	100	4100	200
	2.00E-09	1300	*	4200
درجة حرارة الجسم في بداية تغير درجة الحرارة (°م)	8.00E-07	36.5	25.1	24.8
	2.00E-07	28.8	25.1	24.91
	8.00E-08	26.04	25.01	24.96
	2.00E-08	25.03	25.01	24.99
	2.00E-09	25.01	*	24.99
زمن الوصول الى حالة الاستقرار (ثانية)	8.00E-07	17900	**	**
	2.00E-07	**	**	**
	8.00E-08	**	**	**
	2.00E-08	**	**	**
	2.00E-09	**	**	**
درجة حرارة الجسم عند الاستقرار (°م)	8.00E-07	57.711	**	**
	2.00E-07	**	**	**
	8.00E-08	**	**	**
	2.00E-08	**	**	**
	2.00E-09	**	**	**

* درجة حرارة تلك النقطة لم تتغير خلال (٢٠٠٠٠) ثانية من التعرض للظروف الحرارية.

** لم يصل الجسم عند تلك النقطة لحالة الاستقرار خلال (٢٠٠٠٠) ثانية من التعرض للظروف الحرارية.

٥- مقارنة النماذج المفترضة مع بعض العينات الحقيقية: بعد تطبيق نفس الظروف الحرارية المستخدمة في البحث على كل من البايركس والرمل والمطاط ظهرت نتائج توزيع درجات الحرارة مشابهة لنظائرها من العينات المفترضة ذات الانتشارية الحرارية المتقاربة وبالتالي يمكننا القول بان نتائج هذه الدراسة يمكن تطبيقها على أي مادة معروفة بعد معرفة خواصها الحرارية. الشكل (٧) يوضح تلك النتائج.



الشكل (٧)

نتائج توزيع درجات الحرارة لكل من البايركس والرمل والمطاط ومقارنتها مع النماذج المفترضة ذات العازلية الحرارية المتقاربة

٦- من خلال استخدام البيانات الاحصائية في برنامج الاكسل (analysis tools-Regression) تم الاستفادة من نتائج الدراسة لإيجاد معادلة لحساب درجة الحرارة أي مادة ذات انتشارية تتراوح بين (2- 10^{-9} (m²/s) 800) خلال أي زمن أقل أو يساوي (٢٠٠٠٠) ثانية. والتي يمكن من خلالها احتساب درجة الحرارة عند أي بعد عن مصدر الجهد الحراري على ان لا يتجاوز سمكها ١٠ سم.

$$T=44.189-2.7841(x)+5.922E-4(t)+1.3767716 E07(\alpha) \quad R^2=0.915 \quad \dots (1)$$

(T) = درجة حرارة الجسم في النقطة المحددة (C).

(α) = الانتشارية الحرارية للجسم (m^2/s).

(x) = المسافة بين النقطة المراد قياس درجة حرارتها ومصدر التسخين (Cm).

(t) = الزمن المراد قياس درجة حرارة الجسم عنده (Sec).

الاستنتاجات:

من خلال نتائج البحث يمكن التوصل للاستنتاجات التالية:

- ١- العلاقة بين قيمة الانتشارية الحرارية للجسم المسلط عليه الجهد الحراري ومعدل ارتفاع درجة حرارة الجسم علاقة طردية غير خطية.
- ٢- العلاقة بين قيمة الانتشارية الحرارية للجسم المسلط عليه الجهد الحراري والزمن اللازم لبدية ارتفاع درجة حرارة الجسم علاقة عكسية أي كلما ازدادت الانتشارية ارتفعت درجة حرارة الجسم أسرع.
- ٣- العلاقة بين قيمة الانتشارية الحرارية للجسم المسلط عليه الجهد الحراري ودرجة الحرارة التي يصل إليها الجسم علاقة طردية.
- ٤- العلاقة بين قيمة الانتشارية الحرارية للجسم المسلط عليه الجهد الحراري والزمن اللازم للوصول إلى حالة الاستقرار علاقة عكسية، فالنماذج ذات الانتشارية الحرارية المنخفضة تحتاج إلى زمن كبير للوصول إلى حالة الاستقرار.
- ٥- وعلى هذا الأساس فإن العلاقة بين قيمة الانتشارية الحرارية للجسم المسلط عليه الجهد الحراري وبين معدل انتقال الحرارة علاقة طردية.
- ٦- تتخفف درجة الحرارة بالابتعاد عن مصدر التسخين بثبوت الانتشارية الحرارية. وتظهر هذه النتائج بوضوح عند العينات ذات الانتشارية الحرارية الأقل كونها تساهم في تقليل أثر الجهد الحراري في نقل الحرارة.
- ٧- التأثير المشترك للتبريد والتسخين لطرفي الجدار أدى إلى ظهور سلوك مختلف لمعدلات التبريد والتسخين عند كل نقطة من نقاط الجدار.
- ٨- نتائج الدراسة كان مطابقاً للمنطق الهندسي لانتقال الحرارة غير المستقر، فعلاقة درجة الحرارة تتناسب طردياً مع الزمن بثبوت المسافة لكن معدل الارتفاع في درجة يبدأ بالانخفاض مع مرور الزمن حتى الوصول لحالة الاستقرار. أما علاقة درجة الحرارة مع السمك فإنها تتخفف بالابتعاد عن مصدر التسخين بثبوت الزمن. نتائج البحوث السابقة بشكل عام كانت متوافقة مع هذه الدراسة.
- ٩- إمكانية استخدام مواد مفترضة ذات انتشارية حرارية مختلفة يسهل الحصول على بيانات لتوزيع درجات الحرارة خلال مادة وبالتالي الاستفادة من تلك البيانات لتطبيقها على المواد الموجودة.
- ١٠- إن نتائج الدراسة مفيدة لمهندسي المواد والبناء والميكانيك إضافة إلى إمكانية إضافة قاعدة بيانات بشكل جداول ومخططات ومعادلات رياضية توفر للمهندس معلومات مفيدة جداً تجعله يتصور السلوك الحراري للمادة التي يتعامل معها تحت تأثير احتمالات حرارية متغيرة ولكافة التخصصات.

المصادر

- Akhilendra, Indra, R. Prakash, 2006, Meshless element free Galerkin method for unsteady nonlinear heat transfer problems, . International Journal of Heat and Mass Transfer, . page (1212–1219).
- KUMLUTAS, D., TAVMAN, I. H., 2006. A Numerical and Experimental Study on Thermal Conductivity of Particle Filled Polymer Composites, . Journal of Thermoplastic Composite Materials page (441-455).
- Ramesha, D., Kumar, B. S., Madhusudan, Shekar, B, 2012, TEMPERATURE DISTRIBUTION ANALYSIS OF ALUMINIUM COMPOSITE AND CAST IRON BRAKE DRUM USING ANSYS ,. International Journal of Emerging trends in Engineering and Development ISSN 2249-6149 Issue 2, Vol.3 page(281-291).
- de Monte, F., 2000, Transient heat conduction in one-dimensional composite slab. A 'natural' analytic approach,. International Journal of Heat and Mass Transfer, 43,page(3607-3619).
- H. K. Jobair, 2017, Analytical Study of Temperature Distribution of a Plane Wall Subjected to a Constant Heat Generation with Variable Thermal Conductivity Using Different Materials,. International Journal of Science and Research (IJSR),. Volume 6 Issue pp(882-888).
- Kim, J. G., Huh, K.Y., 2000, Prediction of Transient Slab Temperature Distribution in the Re-heating Furnace of a Walking-beam Type for Rolling of Steel Slabs,. ISIJ International, Vol. 40, No. 11, page (1115–1123).
- Selinger, J., Timofeeva, E. V., Gavrilov, A. N., 2007, Thermal Conductivity and Particle Agglomeration in Alumina Nano fluids: Experiment and Theory,. The American Physical Society, page(1-16).
- Ooi, K.T., Phua, K. K., 1998, Effects of Materials on Temperature Distribution of a Compressor, International Compressor Engineering Conference. Paper 1352. Page(877-882).
- Ferreira, L., Spinelli, E., 2005, The effect of melt temperature profile on the transient metal/mold heat transfer coefficient during solidification,. Materials Science and Engineering,. Page(317–325).
- Coquard, R., Baillis, D., 2009, Numerical investigation of conductive heat transfer in high-porosity foams,. Science direct, Acta Material, page(7- 44).
- Patil, R. P., Patil, A., Patil, V. H., Koli, T. A., 2015, Analysis of Steady State Heat Conduction in Different Composite Wall,. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, Vol. 4, Issue 7, page(5394-5400).
- Krishnan, S., Garimella, S.V., Murthy, J. Y., 2008, Simulation of Thermal Transport in Open-Cell Metal Foams: Effect of Periodic Unit-Cell Structure,. Cooling Technologies Research Center, Journal of Heat Transfer, vol. 130, Paper 263. 5 pages.
- Singh, S., Jain, P. K., uddin, R., 2008, Analytical solution to transient heat conduction in polar coordinates with multiple layers in radial direction,. International Journal of Thermal Sciences 47,page(261–273).
- Rohsenow, W.M., Hartnett, J.R., Cho, Y.I., HANDBOOK OF HEAT TRANSFER,. 3rd ed,. 1998,. MCGRAW-HILL,. New York,. P(267,268).