

العنوان:	دراسة عملية لانتقال الحرارة بالحمل القسري من اسطوانة مسخنة في صف من الاسطوانات الافقية الطليقة و المغموسة في وسط مسامي في جريان متعامد
المؤلف الرئيسي:	السامرائي، احمد توفيق احمد
مؤلفين آخرين:	الموسوي، محمد حسن عبود، الظاهر، مهند عبدالفتاح<مشرف>
التاريخ الميلادي:	2002
موقع:	تكريت
الصفحات:	1 - 100
رقم MD:	552324
نوع المحتوى:	رسائل جامعية
اللغة:	Arabic
الدرجة العلمية:	رسالة ماجستير
الجامعة:	جامعة تكريت
الكلية:	كلية الهندسة
الدولة:	العراق
قواعد المعلومات:	Dissertations
مواضيع:	الحرارة، الهندسة الميكانيكية
رابط:	<a href="https://search.mandumah.com/Record/552324">https://search.mandumah.com/Record/552324</a>

## Abstract

An experimental study on forced convection heat transfer from a heated cylinder in free and embedded horizontal cylinders array in a porous medium in cross flow was carried out under constant heated cylinder surface temperature condition. The study included the effect of flow velocity, heated cylinder location in array, and the spaces between cylinders on the heat loss ability from this cylinder, as well as the enhancement in heat transfer rate due to embedding cylinders array in a porous medium.

An experimental set-up was used for this purpose which consist of blower, air duct, test section, and heating element which is represented by a copper cylinder with a (12.7 mm) in diameter heated internally by an electrical source, which represents transfer and heat loss element through this set-up.

The experiments were done on two stages, the first stage included the experiments of heat transfer by forced convection from heated cylinder in an array consisted of five free horizontal cylinders in cross flow at the range of spacing ratio between ( $1.2 \leq S/D \leq 2$ ) in a turbulent flow at Reynolds number between ( $1200 < Re < 5100$ ). The second stage included the experiments of heat transfer by forced convection from heated cylinder in an array consisted of five embedded horizontal cylinders in a porous medium consisted of Alumina granules with a particle diameter rate of (3.938 mm) in cross flow at the same range of spacing ratio in above, in a turbulent flow at Peclet number between ( $15 < Pe < 56$ ).

The study showed that the ability of heated cylinder to heat loss is a function of flow velocity, its location in array, and the spaces between cylinders. This ability is increased by increasing of flow velocity and it was showed that this ability reaches maximum value at the third cylinder in array at spacing ratio ( $S/D=1.6$ ) in both cases of free and embedded cylinders in a porous medium. Also, it was showed that the heated cylinder at any location in array for all most spacing ratio in both cases of free and embedded cylinders there was increasing in heat transfer as maximum (21%) in comparison with a single free or embedded cylinder in a porous medium respectively. It was noticed that the maximum enhancement value of heat transfer from a heated cylinder in cylinders array, due to embedding it in a porous medium, was nearly five times more than heat transfer from the same array in case of free cylinders at the same flow velocity.

The effective variables on forced convection heat transfer in the two arrangements above is related by two correlating equations, each one explains heat transfer dimensionless relation that represented by Nusselt number against the spacing ratio and heated cylinder location in array, in addition to Reynolds number in case of free cylinders in cross flow and Peclet number in case of embedded cylinders in a porous medium as the following:

1-The case of free cylinders in a cross flow:

$$Nu = 0.042(S/D)^{0.073} Re^{0.814} n^{0.016} ; \begin{cases} 1.2 \leq S/D \leq 2 \\ 1 \leq n \leq 5 \end{cases}$$

2-The case of embedded cylinders in a porous medium in a cross flow:

$$Nu = 0.529(S/D)^{-0.072} Pe^{0.386} n^{0.024} ; \begin{cases} 1.2 \leq S/D \leq 2 \\ 1 \leq n \leq 5 \end{cases}$$

## الخلاصة

أجريت دراسة عملية لانتقال الحرارة بالحمل القسري من اسطوانة مسخنة في صف من الاسطوانات الأفقية الطليقة والمغموسة في وسط مسامي في جريان متعامد تحت شرط ثبوت درجة حرارة سطح الاسطوانة المسخنة. شملت الدراسة بيان تأثير كل من سرعة الجريان وموقع الاسطوانة المسخنة ضمن الصف والمسافات الفاصلة بين الاسطوانات على قابلية هذه الاسطوانة لتبديد الحرارة، فضلاً عن التعرف على مقدار التحسن في معدل انتقال الحرارة تبعاً لغمس الاسطوانات في الوسط المسامي.

أقيم لهذا الغرض منشأ تجريبي مؤلف أساساً من دافعة هواء ومجرى هواء ومقطع اختبار وعنصر التسخين الذي هو عبارة عن اسطوانة نحاسية قطرها (12.7 mm) تسخن من الداخل كهربائياً والتي تعد عنصر نقل وتبديد الحرارة خلال هذا المنشأ. أنجزت الاختبارات على مرحلتين، تضمنت المرحلة الأولى اختبارات انتقال الحرارة بالحمل القسري من اسطوانة مسخنة في صف مكون من خمس اسطوانات أفقية طليقة في جريان متعامد ضمن مدى من نسب المسافة الفاصلة بين الاسطوانات تراوح بين  $(1.2 \leq S/D \leq 2)$  في جريان مضطرب عند أعداد رينولدز تراوحت بين  $(1200 < Re < 5100)$ ، أما المرحلة الثانية فتضمنت إجراء اختبارات انتقال الحرارة بالحمل القسري من اسطوانة مسخنة في صف مكون من خمس اسطوانات مغموسة في وسط مسامي مكون من حبيبات الألومينا بمعدل قطر حبيبي مقداره (3.938 mm) في جريان متعامد ضمن نفس المدى من نسب المسافة الفاصلة في أعلاه في جريان مضطرب عند أعداد بكليت تراوحت بين  $(15 < Pe < 56)$ .

بينت الدراسة أن قابلية الاسطوانة المسخنة على تبديد الحرارة هي دالة لسرعة الجريان وموقع هذه الاسطوانة ضمن الصف والمسافات الفاصلة بين الاسطوانات.. إذ تزداد هذه القابلية بزيادة سرعة الجريان، وقد لوحظ أن هذه القابلية تصل أعلى قيمة لها عند الاسطوانة الثالثة في الصف وعند نسبة مسافة فاصلة مقدارها  $(S/D=1.6)$  في كلتا حالتها الاسطوانات الطليقة والمغموسة في وسط مسامي. كما أظهرت الاسطوانة المسخنة الموضوعة في أي موقع ضمن الصف ولأغلب نسب المسافة الفاصلة ضمن حالتها الاسطوانات الطليقة والمغموسة زيادة في انتقال الحرارة مقدارها الأعظم (21%) مقارنة باسطوانة مفردة طليقة أو مغموسة في وسط مسامي على التوالي. كذلك لوحظ أن أعلى قيمة للتحسن في انتقال الحرارة من الاسطوانة المسخنة في صف الاسطوانات نتيجة استخدام الوسط المسامي في غمس هذا الصف كانت خمس مرات تقريباً بقدر انتقال الحرارة من نفس الصف ضمن حالة الاسطوانات الطليقة عند نفس سرعة الجريان.

تم ربط المتغيرات المؤثرة على انتقال الحرارة بالحمل القسري من الترتيبين في أعلاه بمعادلتين ارتباطيتين تصف كل منهما العلاقة اللابعدية لانتقال الحرارة ممثلاً بعدد نسلت مقابل نسبة المسافة الفاصلة وموقع الاسطوانة المسخنة ضمن الصف، فضلاً عن عدد رينولدز لحالة الاسطوانات الطليقة في جريان متعامد وعدد بكليت لحالة الاسطوانات المغموسة في وسط مسامي وكما يأتي:

١- حالة الاسطوانات الطليقة في جريان متعامد:

$$Nu = 0.042(S/D)^{0.073} Re^{0.814} n^{0.016} ; \begin{cases} 1.2 \leq S/D \leq 2 \\ 1 \leq n \leq 5 \end{cases}$$

٢- حالة الاسطوانات المغموسة في وسط مسامي في جريان متعامد:

$$Nu = 0.529(S/D)^{-0.072} Pe^{0.386} n^{0.024} ; \begin{cases} 1.2 \leq S/D \leq 2 \\ 1 \leq n \leq 5 \end{cases}$$

العنوان:	دراسة عملية لانتقال الحرارة بالحمل القسري من اسطوانة مسخنة في صف من الاسطوانات الافقية الطليقة و المغموسة في وسط مسامي في جريان متعامد
المؤلف الرئيسي:	السامرائي، احمد توفيق احمد
مؤلفين آخرين:	الموسوي، محمد حسن عبود، الظاهر، مهند عبدالفتاح<مشرف>
التاريخ الميلادي:	2002
موقع:	تكريت
الصفحات:	1 - 100
رقم MD:	552324
نوع المحتوى:	رسائل جامعية
اللغة:	Arabic
الدرجة العلمية:	رسالة ماجستير
الجامعة:	جامعة تكريت
الكلية:	كلية الهندسة
الدولة:	العراق
قواعد المعلومات:	Dissertations
مواضيع:	الحرارة، الهندسة الميكانيكية
رابط:	<a href="https://search.mandumah.com/Record/552324">https://search.mandumah.com/Record/552324</a>

## المحتويات

الصفحة	الموضوع
أ	الخلاصة
ب	المحتويات
ج	قائمة الرموز
١	الفصل الأول: المقدمة
٢	١,١: تمهيد
٣	٢,١: انتقال الحرارة من حزم الاسطوانات أو الأنابيب في الجريان المتعامد
٥	٣,١: انتقال الحرارة خلال الوسط المسامي
٧	٤,١: الهدف من البحث الحالي
٩	الفصل الثاني: استعراض البحوث السابقة
١٠	١,٢: تمهيد
١٠	٢,٢: انتقال الحرارة من الاسطوانات الأفقية الطليقة في جريان متعامد
١٤	٣,٢: انتقال الحرارة من الاسطوانات الأفقية المغموسة في وسط مسامي في جريان متعامد
٢١	الفصل الثالث: المنشأ التجريبي والقياسات
٢٢	١,٣: تمهيد
٢٢	٢,٣: المنشأ التجريبي
٢٢	١,٢,٣: دافعة الهواء
٢٣	٢,٢,٣: مجرى الهواء
٢٤	٣,٢,٣: مقطع الاختبار
٢٤	٤,٢,٣: عنصر التسخين
٢٥	٣,٣: منظومة القياس
٢٦	١,٣,٣: قياس تدفق الهواء

الصفحة	الموضوع
٢٧	٢,٣,٣ : قياس القدرة المجهزة للمسخن
٢٧	١,٢,٣,٣ : جهاز مثبت فرق الجهد
٢٧	٢,٢,٣,٣ : جهاز محول القدرة
٢٨	٣,٢,٣,٣ : جهاز قياس فرق الجهد
٢٨	٤,٢,٣,٣ : جهاز قياس التيار
٢٨	٣,٣,٣ : قياس درجات الحرارة
٢٨	١,٣,٣,٣ : جهاز قياس درجة الحرارة
٢٨	٢,٣,٣,٣ : المزدوج الحراري
٢٩	٣,٣,٣,٣ : لوح انتقائي
٢٩	٤,٣ : حساب الحرارة المفقودة
٣٢	٥,٣ : طريقة إجراء الاختبارات
٣٣	٦,٣ : القياسات
٣٣	٧,٣ : طريقة إجراء الحسابات
٣٣	١,٧,٣ : طريقة إجراء الحسابات لحالة الاسطوانات الطليقة في جريان متعامد
٣٣	١,١,٧,٣ : حسابات انتقال الحرارة
٣٤	٢,١,٧,٣ : حسابات سرعة الجريان وعدد رينولدز
٣٥	٢,٧,٣ : طريقة إجراء الحسابات لحالة الاسطوانات المغموسة في وسط مسامي
٣٥	١,٢,٧,٣ : حساب قطر الحبيبات والمسامية الظاهرية للوسط المسامي
٣٦	٢,٢,٧,٣ : حسابات انتقال الحرارة
٣٧	٣,٢,٧,٣ : حسابات سرعة الجريان وعدد بكليت
٣٧	٨,٣ : تحليل الخطأ التجريبي

الصفحة	الموضوع
٣٨	٩,٣: انموذج الحسابات
٣٨	١,٩,٣: انموذج الحسابات لحالة الاسطوانات الطليقة في جريان متعامد
٣٩	٢,٩,٣: انموذج الحسابات لحالة الاسطوانات المغموسة في وسط مسامي
٤٨	الفصل الرابع: النتائج والمناقشة
٤٩	١,٤: تمهيد
٥٠	٢,٤: معايرة المنشأ التجريبي
٥٠	٣,٤: تأثير سرعة الجريان على انتقال الحرارة
٥٢	٤,٤: تأثير موقع الاسطوانة المسخنة ضمن الصف والمسافات الفاصلة بين الاسطوانات على انتقال الحرارة
٥٥	٥,٤: تحسن انتقال الحرارة تبعا لغمس الاسطوانات في الوسط المسامي
٥٧	٦,٤: معادلات الربط للنتائج التجريبية
٧٧	الفصل الخامس: الاستنتاجات والتوصيات
٧٨	١,٥: الاستنتاجات
٧٩	٢,٥: التوصيات
٨٠	المصادر
٨٤	الملاحق
٨٥	ملحق (A) البرامج الحاسوبية المعدة بلغة (Quick Basic) لحسابات النتائج المختبرية
٨٧	ملحق (B) تحليل الخطأ التجريبي
٩٠	ملحق (C) جداول نتائج الاختبارات

## قائمة الرموز

الرمز	المعنى	الوحدات
$A$	المساحة	$m^2$
$A_d$	المساحة العرضية لمقطع الاختبار	$m^2$
$A_{net}$	صافي مساحة التدفق خلال مقطع الاختبار	$m^2$
$A_{or.}$	مساحة الثقب الدائري للصفحة المثقوبة	$m^2$
$a$	ثابت تجريبي في المعادلة (١,٤)	-
$B$	ثابت في المعادلة (١٨,٣)	-
$b$	ثابت تجريبي في المعادلة (١,٤)	-
$C_p$	الحرارة النوعية بثبوت الضغط	J/kg K
$c$	ثابت تجريبي في المعادلة (١,٤)	-
$D$	قطر الاسطوانة	m
$d$	ثابت تجريبي في المعادلة (٢,٤)	-
$d_p$	معدل قطر الحبيبة	m
$e$	ثابت تجريبي في المعادلة (٢,٤)	-
$f$	ثابت تجريبي في المعادلة (٢,٤)	-
$g$	التعجيل الأرضي	$m/s^2$
$H$	ارتفاع مجرى الهواء ، ارتفاع مقطع الاختبار	m
$H_n$	قراءة فرق ارتفاع السائل في مرواز الضغط	m
$h$	متوسط معامل انتقال الحرارة	$W/m^2 K$
$I$	التيار	A
$i$	ثابت تجريبي في المعادلة (٥,٤)	-
$j$	ثابت تجريبي في المعادلة (٦,٤)	-
$k$	الموصلية الحرارية	$W/m K$
$L$	طول الاسطوانة	m

الرمز	المعنى	الوحدات
$M$	معامل التدفق للصفحة المثقوبة	-
$m$	الكتلة	kg
$n$	رقم موقع الاسطوانة المسخنة ضمن الصف	-
$Q_{in}$	القدرة الكلية المجهزة للمسخن	W
$Q_{Loss}$	الحرارة المفقودة من طرفي الاسطوانة المسخنة	W
$Q_l$	النسبة المئوية للحرارة المفقودة من طرفي الاسطوانة المسخنة	-
$Q_{n.c.}$	الحرارة المفقودة بالحمل الطبيعي من سطح الاسطوانة المسخنة	W
$Q_{net}$	صافي الحرارة المنتقلة بالحمل القسري من سطح الاسطوانة المسخنة	W
$Q_{rad}$	الحرارة المفقودة بالإشعاع من سطح الاسطوانة المسخنة	W
$S$	المسافة الفاصلة بين مركز اسطوانة وأخرى	m
$T$	درجة الحرارة	K
$U$	معدل سرعة جريان الهواء	m/s
$V$	فرق الجهد	V
$\nabla$	الحجم	$m^3$
$\nabla_o$	حجم الفراغات في الوسط المسامي	$m^3$
$\nabla_t$	الحجم الكلي للوسط أو الحشوة المسامية	$m^3$
$W$	مقدار الخطأ في تحليل الخطأ التجريبي	-

## الرموز اليونانية

الوحدات	المعنى	الرمز
m <sup>2</sup> /s	الانتشارية الحرارية	$\alpha$
K <sup>-1</sup>	معامل التمدد الحجمي	$\beta$
m	سمك الطبقة المتاخمة	$\delta$
-	الفرق بين قيمتين	$\Delta$
-	ابتعاثية الإشعاع	$\varepsilon$
Degree	زاوية	$\theta$
-	ثابت في المعادلة (١٨,٣)	$\lambda$
m <sup>2</sup> /s	اللزوجة الكينماتية	$\nu$
kg/m <sup>3</sup>	الكثافة الكتلية	$\rho$
W/m <sup>2</sup> K <sup>4</sup>	ثابت ستيفان - بولتزمان	$\sigma$
-	المسامية	$\phi$

## الأعداد اللابعديّة

### لانتقال الحرارة والجريان حول اسطوانة

المعادلة	المعنى	الرمز
$\frac{\beta g \Delta T D^3}{\nu^2}$	عدد كراشوف	Gr
$\frac{hD}{k}$	عدد نسلت	Nu
$\frac{UD}{\alpha}$	عدد بكليت	Pe
$\frac{\nu}{\alpha}$	عدد براندتل	Pr
$\frac{\beta g \Delta T D^3}{\nu \alpha}$	عدد رالي	Ra
$\frac{UD}{\nu}$	عدد رينولدز	Re

## الرموز التحتية

الرمز	الدلالة
a	الهواء
c	الحر
d	محسوب على أساس قطر الحبيبة
e	الفعالة
f	الغشائية
k	محسوب على أساس النفاذية
p	حبيبات الوسط المسامي
n	النفط الأبيض
s	سطح الاسطوانة
$\theta$	موضعي بالاتجاه المماسي
$\infty$	المحيط

العنوان:	دراسة عملية لانتقال الحرارة بالحمل القسري من اسطوانة مسخنة في صف من الاسطوانات الافقية الطليقة و المغموسة في وسط مسامي في جريان متعامد
المؤلف الرئيسي:	السامرائي، احمد توفيق احمد
مؤلفين آخرين:	الموسوي، محمد حسن عبود، الظاهر، مهند عبدالفتاح<مشرف>
التاريخ الميلادي:	2002
موقع:	تكريت
الصفحات:	1 - 100
رقم MD:	552324
نوع المحتوى:	رسائل جامعية
اللغة:	Arabic
الدرجة العلمية:	رسالة ماجستير
الجامعة:	جامعة تكريت
الكلية:	كلية الهندسة
الدولة:	العراق
قواعد المعلومات:	Dissertations
مواضيع:	الحرارة، الهندسة الميكانيكية
رابط:	<a href="https://search.mandumah.com/Record/552324">https://search.mandumah.com/Record/552324</a>



جمهورية العراق  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
جامعة تكريت- كلية الهندسة

دراسة عملية لانتقال الحرارة بالحمل القسري من اسطوانة  
مسخنة في صف من الاسطوانات الأفقية الطليقة  
والمغموسة في وسط مسامي في جريان متعامد

رسالة

مقدمة إلى كلية الهندسة-جامعة تكريت

وهي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير في علوم الهندسة الميكانيكية

من قبل

**احمد توفيق احمد السامرائي**

بكلوريوس هندسة ميكانيكية ١٩٩٩

بإشراف

د. محمد حسن عبود الموسوي

د. مهند عبد الفتاح الظاهر

شباط ٢٠٠٢ م

ذي القعدة ١٤٢٢ هـ

## إقرار المشرفين

نشهد بأن الرسالة الموسومة (دراسة عملية لانتقال الحرارة بالحمل القسري من اسطوانة مسخنة في وسط من الاسطوانات الأفقية الطليقة والمغموسة في وسط مسامي في جريان متعامد) المقدمة من قبل الطالب احمد توفيق احمد قد تمت تحت إشرافنا وهي جزء من متطلبات نيل درجة ماجستير علوم في الهندسة الميكانيكية - قدرة.

د. محمد حسن عبود الموسوي  
مدرس  
٢٠٠٢/٢/٣

د. مهند عبد الفتاح الظاهر  
أستاذ مساعد  
٢٠٠٢/٢/٣

## إقرار رئيس القسم

نشهد بأن الرسالة الموسومة (دراسة عملية لانتقال الحرارة بالحمل القسري من اسطوانة مسخنة في وسط من الاسطوانات الأفقية الطليقة والمغموسة في وسط مسامي في جريان متعامد) المقدمة من قبل الطالب احمد توفيق احمد قد تمت تحت إشراف القسم.

د. محمد حسن عبود الموسوي  
رئيس القسم  
٢٠٠٢/٢/٣

## إقرار المقوم اللغوي

أشهد أنني راجعت الرسالة الموسومة (دراسة عملية لانتقال الحرارة بالحمل القسري من اسطوانة مسخنة في وسط من الاسطوانات الأفقية الطليقة والمغموسة في وسط مسامي في جريان متعامد) المقدمة من قبل الطالب احمد توفيق احمد من الناحية اللغوية، وصحت ما ورد فيها من أخطاء لغوية وتعبيرية وهي بذلك سليمة قدر تعلق الأمر بالاسلوب وصحة التعبير.

د. محمد صابر عبيد  
أستاذ  
٢٠٠٢/٢/٣

## قرار لجنة المناقشة

نشهد إننا أعضاء لجنة المناقشة قد اطلعنا على الرسالة الموسومة (دراسة عملية لانتقال الحرارة بالحمل القسري من اسطوانة مسخنة في صف من الاسطوانات الأفقية الطليقة والمغموسة في وسط مسامي في جريان متعامد) وناقشنا الطالب احمد توفيق احمد في محتوياتها وفيما له علاقة بها ونقر بأنها جديرة بالقبول لنيل درجة ماجستير علوم في الهندسة الميكانيكية - قدرة.

أ.م.د. حسين حمود جعفر القيم  
(رئيس اللجنة)  
٢٠٠٢/ /

د. سامي رضا اسلان البياتي  
(عضواً)  
٢٠٠٢/ /

أ.م.د. سعد محسن صالح المشاط  
(عضواً)  
٢٠٠٢/ /

د. محمد حسن عبود الموسوي  
(عضواً ومشرفاً)  
٢٠٠٢/ /

أ.م.د. مهند عبد الفتاح الظاهر  
(عضواً ومشرفاً)  
٢٠٠٢/ /

مصادقة عميد الكلية

نصادق على ما جاء بقرار لجنة المناقشة المشكلة لمناقشة رسالة الطالب احمد توفيق احمد الموسومة (دراسة عملية لانتقال الحرارة بالحمل القسري من اسطوانة مسخنة في صف من الاسطوانات الأفقية الطليقة والمغموسة في وسط مسامي في جريان متعامد).

د. هشام مصطفى العناز  
عميد كلية الهندسة  
٢٠٠٢/ /



الرَّحْمَنُ ﴿١﴾ عَلَّمَ الْقُرْآنَ ﴿٢﴾ خَلَقَ الْإِنْسَانَ ﴿٣﴾ عَلَّمَهُ  
الْبَيَانَ ﴿٤﴾ الشَّمْسُ وَالْقَمَرُ حُسْبَانُ ﴿٥﴾ وَالنَّجْمُ وَالشَّجَرُ  
يَسْجُدَانِ ﴿٦﴾ وَالسَّمَاءَ رَفَعَهَا وَوَضَعَ الْمِيزَانَ ﴿٧﴾

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

سورة الرحمن

الآية (١-٧)

مخبرة

يأبى الله أن يكون هناك كتاب كامل غير كتابه

فالحمد لله من قبل ومن بعد

## الإهداء

إلى الذين ضحوا بدمائهم و أرواحهم من اجل تحرير  
الأرض المغتصبة والقدس الشريف.. **شهداء الانتفاضة**  
إلى المنهل العذب الذي اغترف منه معاني الطيبة  
والفضيلة.. **أبي**  
إلى الأرض الطيبة والوالدة الحنون والمضحية الكبيرة  
التي علمتني الإقدام والاندفاع.. **أمي**  
إلى الذين احبهم ما حييت.. **اخوتي**  
إلى الذين قيل فيهم (رب أخ لك لم تلده أمك)..  
**أصدقائي الأوفياء**  
إلى كل هؤلاء.. أهدي هذا العمل المتواضع

أحمد

## شكر وتقدير

الحمد لله وحده لا نحصي ثناء "عليه بل هو كما أتى على نفسه وصلى الله تعالى على سيدنا محمد وعلى اله وصحبه صفوة الله وخير خلقه وبعد...

فبعد أن وفقني الله سبحانه وتعالى بهدايته وتسديده لإنهاء هذا البحث أود أن أتقدم بفائق شكري وامتناني إلى الأستاذين الفاضلين المشرفين على البحث، الدكتور **مهند عبد الفتاح الظاهر** والدكتور **محمد حسن عبود الموسوي**، على ما بذلاه من جهود قيمة ومتابعة دائمة وتوجيهات سديدة في جميع مراحل إعداد هذه الرسالة والتي كان لها الأثر الكبير في تخطي المعوقات وإنجازها بصورتها المتواضعة الحالية.

كما أتقدم بالشكر الجزيل إلى عمادة كلية الهندسة ورئاسة قسم الهندسة الميكانيكية/ جامعة تكريت لتذليلهم كافة المعوقات وتوفيرهم العناية اللازمة والاهتمام المثمر بطلبة الدراسات العليا، كذلك اشكر كافة الكادر التدريسي في قسم الهندسة الميكانيكية (سدد الله خطاهم لخدمة هذا الوطن).

كما أسجل تقديري وامتناني لمنتسبي القسم وخاصة "السيد **سالار عبد الله** والمهندسة **كزنكه فريق** لما قدماه من مساعدات كبيرة ذلت الكثير من العقبات في إنجاز هذا البحث.

كما ويسعدني أن أسجل كلمات شكري وتقديري وفائق امتناني إلى قسم الهندسة الميكانيكية / جامعة بغداد، وأخص بالذكر الدكتور **إحسان يحيى** والأستاذ **حسين يوسف** والمهندسة **سحر شهاب الجنابي**، لما قدموه من مساعدات جليلة كان لها الأثر البالغ في إنهاء البحث.

كما وأتقدم بالشكر الجزيل إلى المعهد المتخصص للصناعات الهندسية ممثلاً "بمديره المهندس **قيس احمد محمد روؤف** لتحمله تكاليف البحث. كما أتقدم بشكري إلى المهندسة **ماجدة خالد** والمهندس **عادل علوش** لما قدماه من مساعدات وتسهيلات داخل المعهد أثناء فترة إنجاز البحث.

كما أتقدم بالشكر والامتنان إلى زملائي طلبة الدراسات العليا وأخص بالذكر الزميل **نصير ضامن** والزميل **احمد حسن** وكذلك الأصدقاء **وقاص شريف** و**عبد الخالق طه** على ما أبدوه من مساعدات قيمة أثناء مسيرة البحث وأسأل الله لهم الخير والموفقية والنجاح الدائم. وأخيراً لكل من ساندني ولو بكلمة طيبة أقدم شكري وامتناني والله الموفق.

الباحث

## المحتويات

الصفحة	الموضوع
أ	الخلاصة
ب	المحتويات
ج	قائمة الرموز
١	الفصل الأول: المقدمة
٢	١,١: تمهيد
٣	٢,١: انتقال الحرارة من حزم الاسطوانات أو الأنابيب في الجريان المتعامد
٥	٣,١: انتقال الحرارة خلال الوسط المسامي
٧	٤,١: الهدف من البحث الحالي
٩	الفصل الثاني: استعراض البحوث السابقة
١٠	١,٢: تمهيد
١٠	٢,٢: انتقال الحرارة من الاسطوانات الأفقية الطليقة في جريان متعامد
١٤	٣,٢: انتقال الحرارة من الاسطوانات الأفقية المغموسة في وسط مسامي في جريان متعامد
٢١	الفصل الثالث: المنشأ التجريبي والقياسات
٢٢	١,٣: تمهيد
٢٢	٢,٣: المنشأ التجريبي
٢٢	١,٢,٣: دافعة الهواء
٢٣	٢,٢,٣: مجرى الهواء
٢٤	٣,٢,٣: مقطع الاختبار
٢٤	٤,٢,٣: عنصر التسخين
٢٥	٣,٣: منظومة القياس
٢٦	١,٣,٣: قياس تدفق الهواء

الصفحة	الموضوع
٢٧	٢,٣,٣ : قياس القدرة المجهزة للمسخن
٢٧	١,٢,٣,٣ : جهاز مثبت فرق الجهد
٢٧	٢,٢,٣,٣ : جهاز محول القدرة
٢٨	٣,٢,٣,٣ : جهاز قياس فرق الجهد
٢٨	٤,٢,٣,٣ : جهاز قياس التيار
٢٨	٣,٣,٣ : قياس درجات الحرارة
٢٨	١,٣,٣,٣ : جهاز قياس درجة الحرارة
٢٨	٢,٣,٣,٣ : المزدوج الحراري
٢٩	٣,٣,٣,٣ : لوح انتقائي
٢٩	٤,٣ : حساب الحرارة المفقودة
٣٢	٥,٣ : طريقة إجراء الاختبارات
٣٣	٦,٣ : القياسات
٣٣	٧,٣ : طريقة إجراء الحسابات
٣٣	١,٧,٣ : طريقة إجراء الحسابات لحالة الاسطوانات الطليقة في جريان متعامد
٣٣	١,١,٧,٣ : حسابات انتقال الحرارة
٣٤	٢,١,٧,٣ : حسابات سرعة الجريان وعدد رينولدز
٣٥	٢,٧,٣ : طريقة إجراء الحسابات لحالة الاسطوانات المغموسة في وسط مسامي
٣٥	١,٢,٧,٣ : حساب قطر الحبيبات والمسامية الظاهرية للوسط المسامي
٣٦	٢,٢,٧,٣ : حسابات انتقال الحرارة
٣٧	٣,٢,٧,٣ : حسابات سرعة الجريان وعدد بكليت
٣٧	٨,٣ : تحليل الخطأ التجريبي

الصفحة	الموضوع
٣٨	٩,٣: انموذج الحسابات
٣٨	١,٩,٣: انموذج الحسابات لحالة الاسطوانات الطليقة في جريان متعامد
٣٩	٢,٩,٣: انموذج الحسابات لحالة الاسطوانات المغموسة في وسط مسامي
٤٨	الفصل الرابع: النتائج والمناقشة
٤٩	١,٤: تمهيد
٥٠	٢,٤: معايرة المنشأ التجريبي
٥٠	٣,٤: تأثير سرعة الجريان على انتقال الحرارة
٥٢	٤,٤: تأثير موقع الاسطوانة المسخنة ضمن الصف والمسافات الفاصلة بين الاسطوانات على انتقال الحرارة
٥٥	٥,٤: تحسن انتقال الحرارة تبعا لغمس الاسطوانات في الوسط المسامي
٥٧	٦,٤: معادلات الربط للنتائج التجريبية
٧٧	الفصل الخامس: الاستنتاجات والتوصيات
٧٨	١,٥: الاستنتاجات
٧٩	٢,٥: التوصيات
٨٠	المصادر
٨٤	الملاحق
٨٥	ملحق (A) البرامج الحاسوبية المعدة بلغة (Quick Basic) لحسابات النتائج المختبرية
٨٧	ملحق (B) تحليل الخطأ التجريبي
٩٠	ملحق (C) جداول نتائج الاختبارات

## قائمة الرموز

الرمز	المعنى	الوحدات
$A$	المساحة	$m^2$
$A_d$	المساحة العرضية لمقطع الاختبار	$m^2$
$A_{net}$	صافي مساحة التدفق خلال مقطع الاختبار	$m^2$
$A_{or.}$	مساحة الثقب الدائري للصفحة المثقوبة	$m^2$
$a$	ثابت تجريبي في المعادلة (١,٤)	-
$B$	ثابت في المعادلة (١٨,٣)	-
$b$	ثابت تجريبي في المعادلة (١,٤)	-
$C_p$	الحرارة النوعية بثبوت الضغط	J/kg K
$c$	ثابت تجريبي في المعادلة (١,٤)	-
$D$	قطر الاسطوانة	m
$d$	ثابت تجريبي في المعادلة (٢,٤)	-
$d_p$	معدل قطر الحبيبة	m
$e$	ثابت تجريبي في المعادلة (٢,٤)	-
$f$	ثابت تجريبي في المعادلة (٢,٤)	-
$g$	التعجيل الأرضي	$m/s^2$
$H$	ارتفاع مجرى الهواء ، ارتفاع مقطع الاختبار	m
$H_n$	قراءة فرق ارتفاع السائل في مرواز الضغط	m
$h$	متوسط معامل انتقال الحرارة	$W/m^2 K$
$I$	التيار	A
$i$	ثابت تجريبي في المعادلة (٥,٤)	-
$j$	ثابت تجريبي في المعادلة (٦,٤)	-
$k$	الموصلية الحرارية	$W/m K$
$L$	طول الاسطوانة	m

الرمز	المعنى	الوحدات
$M$	معامل التدفق للصفحة المثقوبة	-
$m$	الكتلة	kg
$n$	رقم موقع الاسطوانة المسخنة ضمن الصف	-
$Q_{in}$	القدرة الكلية المجهزة للمسخن	W
$Q_{Loss}$	الحرارة المفقودة من طرفي الاسطوانة المسخنة	W
$Q_l$	النسبة المئوية للحرارة المفقودة من طرفي الاسطوانة المسخنة	-
$Q_{n.c.}$	الحرارة المفقودة بالحمل الطبيعي من سطح الاسطوانة المسخنة	W
$Q_{net}$	صافي الحرارة المنتقلة بالحمل القسري من سطح الاسطوانة المسخنة	W
$Q_{rad}$	الحرارة المفقودة بالإشعاع من سطح الاسطوانة المسخنة	W
$S$	المسافة الفاصلة بين مركز اسطوانة وأخرى	m
$T$	درجة الحرارة	K
$U$	معدل سرعة جريان الهواء	m/s
$V$	فرق الجهد	V
$\nabla$	الحجم	$m^3$
$\nabla_o$	حجم الفراغات في الوسط المسامي	$m^3$
$\nabla_t$	الحجم الكلي للوسط أو الحشوة المسامية	$m^3$
$W$	مقدار الخطأ في تحليل الخطأ التجريبي	-

## الرموز اليونانية

الوحدات	المعنى	الرمز
m <sup>2</sup> /s	الانتشارية الحرارية	$\alpha$
K <sup>-1</sup>	معامل التمدد الحجمي	$\beta$
m	سمك الطبقة المتاخمة	$\delta$
-	الفرق بين قيمتين	$\Delta$
-	ابتعاثية الإشعاع	$\varepsilon$
Degree	زاوية	$\theta$
-	ثابت في المعادلة (١٨,٣)	$\lambda$
m <sup>2</sup> /s	اللزوجة الكينماتية	$\nu$
kg/m <sup>3</sup>	الكثافة الكتلية	$\rho$
W/m <sup>2</sup> K <sup>4</sup>	ثابت ستيفان - بولتزمان	$\sigma$
-	المسامية	$\phi$

## الأعداد اللابعديّة

### لانتقال الحرارة والجريان حول اسطوانة

المعادلة	المعنى	الرمز
$\frac{\beta g \Delta T D^3}{\nu^2}$	عدد كراشوف	Gr
$\frac{hD}{k}$	عدد نسلت	Nu
$\frac{UD}{\alpha}$	عدد بكليت	Pe
$\frac{\nu}{\alpha}$	عدد براندتل	Pr
$\frac{\beta g \Delta T D^3}{\nu \alpha}$	عدد رالي	Ra
$\frac{UD}{\nu}$	عدد رينولدز	Re

## الرموز التحتية

الرمز	الدلالة
a	الهواء
c	الحر
d	محسوب على أساس قطر الحبيبة
e	الفعالة
f	الغشائية
k	محسوب على أساس النفاذية
p	حبيبات الوسط المسامي
n	النفط الأبيض
s	سطح الاسطوانة
$\theta$	موضعي بالاتجاه المماسي
$\infty$	المحيط

## الخلاصة

أجريت دراسة عملية لانتقال الحرارة بالحمل القسري من اسطوانة مسخنة في صف من الاسطوانات الأفقية الطليقة والمغموسة في وسط مسامي في جريان متعامد تحت شرط ثبوت درجة حرارة سطح الاسطوانة المسخنة. شملت الدراسة بيان تأثير كل من سرعة الجريان وموقع الاسطوانة المسخنة ضمن الصف والمسافات الفاصلة بين الاسطوانات على قابلية هذه الاسطوانة لتبديد الحرارة، فضلاً عن التعرف على مقدار التحسن في معدل انتقال الحرارة تبعاً لغمس الاسطوانات في الوسط المسامي.

أقيم لهذا الغرض منشأ تجريبي مؤلف أساساً من دافعة هواء ومجرى هواء ومقطع اختبار وعنصر التسخين الذي هو عبارة عن اسطوانة نحاسية قطرها (12.7 mm) تسخن من الداخل كهربائياً والتي تعد عنصر نقل وتبديد الحرارة خلال هذا المنشأ. أنجزت الاختبارات على مرحلتين، تضمنت المرحلة الأولى اختبارات انتقال الحرارة بالحمل القسري من اسطوانة مسخنة في صف مكون من خمس اسطوانات أفقية طليقة في جريان متعامد ضمن مدى من نسب المسافة الفاصلة بين الاسطوانات تراوح بين  $(1.2 \leq S/D \leq 2)$  في جريان مضطرب عند أعداد رينولدز تراوحت بين  $(1200 < Re < 5100)$ ، أما المرحلة الثانية فتضمنت إجراء اختبارات انتقال الحرارة بالحمل القسري من اسطوانة مسخنة في صف مكون من خمس اسطوانات مغموسة في وسط مسامي مكون من حبيبات الألومينا بمعدل قطر حبيبي مقداره (3.938 mm) في جريان متعامد ضمن نفس المدى من نسب المسافة الفاصلة في أعلاه في جريان مضطرب عند أعداد بكليت تراوحت بين  $(15 < Pe < 56)$ .

بينت الدراسة أن قابلية الاسطوانة المسخنة على تبديد الحرارة هي دالة لسرعة الجريان وموقع هذه الاسطوانة ضمن الصف والمسافات الفاصلة بين الاسطوانات.. إذ تزداد هذه القابلية بزيادة سرعة الجريان، وقد لوحظ أن هذه القابلية تصل أعلى قيمة لها عند الاسطوانة الثالثة في الصف وعند نسبة مسافة فاصلة مقدارها  $(S/D=1.6)$  في كلتا حالتي الاسطوانات الطليقة والمغموسة في وسط مسامي. كما أظهرت الاسطوانة المسخنة الموضوعة في أي موقع ضمن الصف ولأغلب نسب المسافة الفاصلة ضمن حالتي الاسطوانات الطليقة والمغموسة زيادة في انتقال الحرارة مقدارها الأعظم (21%) مقارنة باسطوانة مفردة طليقة أو مغموسة في وسط مسامي على التوالي. كذلك لوحظ أن أعلى قيمة للتحسن في انتقال الحرارة من الاسطوانة المسخنة في صف الاسطوانات نتيجة استخدام الوسط المسامي في غمس هذا الصف كانت خمس مرات تقريباً بقدر انتقال الحرارة من نفس الصف ضمن حالة الاسطوانات الطليقة عند نفس سرعة الجريان.

تم ربط المتغيرات المؤثرة على انتقال الحرارة بالحمل القسري من الترتيبين في أعلاه بمعادلتين ارتباطيتين تصف كل منهما العلاقة اللابعدية لانتقال الحرارة ممثلاً بعدد نسلت مقابل نسبة المسافة الفاصلة وموقع الاسطوانة المسخنة ضمن الصف، فضلاً عن عدد رينولدز لحالة الاسطوانات الطليقة في جريان متعامد وعدد بكليت لحالة الاسطوانات المغموسة في وسط مسامي وكما يأتي:

١- حالة الاسطوانات الطليقة في جريان متعامد:

$$Nu = 0.042(S/D)^{0.073} Re^{0.814} n^{0.016} ; \begin{cases} 1.2 \leq S/D \leq 2 \\ 1 \leq n \leq 5 \end{cases}$$

٢- حالة الاسطوانات المغموسة في وسط مسامي في جريان متعامد:

$$Nu = 0.529(S/D)^{-0.072} Pe^{0.386} n^{0.024} ; \begin{cases} 1.2 \leq S/D \leq 2 \\ 1 \leq n \leq 5 \end{cases}$$

# CHAPTER ONE

الفصل الاول

المقدمة

## ١,١ : تمهيد:-

يعد انتقال الحرارة بالحمل القسري من الاسطوانات وحزم الأنابيب الأساس في تصميم وتحليل الأداء لمعظم أنواع المبادلات الحرارية (Heat Exchangers) التي هي من أهم وسائل التبادل الحراري بين مائعين اعتماداً على مجموعة من العوامل المؤثرة على انتقال الحرارة مثل الفرق في درجة الحرارة بين المائعين والموصلية الحرارية للمائعين والمعدن المصنوع منه المبادل وسرعة الجريان والمساحة السطحية المعرضة للتبادل الحراري والترتيب الهندسي لحزم الأنابيب وخشونة السطح.. إذ إن جريان مائعين مختلفين في درجة حرارتهما خلال المبادل الحراري يكون إما بأن يجري أحدهما داخل أنابيب والآخر يجري خارجها بصورة موازية (Parallel Flow) أو معاكسة (Counter Flow) أو معامدة (Cross Flow) لاتجاه جريان المائع الأول، فضلاً عن الأنواع الأخرى التي يتلامس فيها المائعين مع بعضهما البعض مباشرة" (Direct Contact) مثل أبراج التبريد.

بناءً على ما سبق فقد تم التوسع في دراسة هذا النوع من انتقال الحرارة بنحو كبير ليشمل عدداً كبيراً من البحوث التي عنيت بالإحاطة الكاملة بكافة الجوانب المؤثرة على انتقال الحرارة من الاسطوانات وحزم الأنابيب، فضلاً عن محاولة تحسين انتقال الحرارة من هذا الترتيب وذلك بزيادة مقدار التبادل الحراري بين السطح الناقل للحرارة والمائع الخارجي.. إذ أمكن الحصول على زيادات في انتقال الحرارة نتيجة معالجة السطح بزيادة الاضطراب أو بزيادة المساحة السطحية أو بزيادة مزج أو دوامية الجريان.

لذلك فقد اتجه مجال البحث في العقود الثلاثة الأخيرة وتحديداً بعد أزمة الطاقة التي برزت عند قطع النفط العربي عن الأسواق العالمية في حرب تشرين عام (١٩٧٣) إلى تحفيز العمل باتجاهين، أولهما إيجاد بدائل جديدة للطاقة النفطية كالطاقات المتجددة (الطاقة الشمسية وطاقة الرياح وطاقة الشلالات وطاقات باطن الأرض) وثانيهما ترشيد استهلاك الطاقة من خلال تحسين كفاءة أداء منظومات التبادل الحراري والدورات الحرارية عن طريق البحث عن محفزات يمكن استخدامها بصورة عملية بحيث تعمل على زيادة مقدار الحرارة المنتقلة من هذه المنظومات كالأوساط المسامية بنوعها الطبقات المحشوة والطبقات المميعة.. إذ إن استخدام الوسط المسامي كمحفز لانتقال الحرارة في المبادلات الحرارية المتكونة أساساً من حزم الأنابيب قد يزيد من نقل الحرارة ويعطي الفرصة لتقليل المساحة السطحية اللازمة للتبادل الحراري مما يؤدي إلى تقليل حجم المبادل الحراري وكلفته، علاوة

على السماح بفروق اقل في درجات الحرارة وبالتالي زيادة كفاءة تلك المبادلات للحجم المستخدم نفسه أو تقليل حجم المبادل وللكفاءة نفسها.

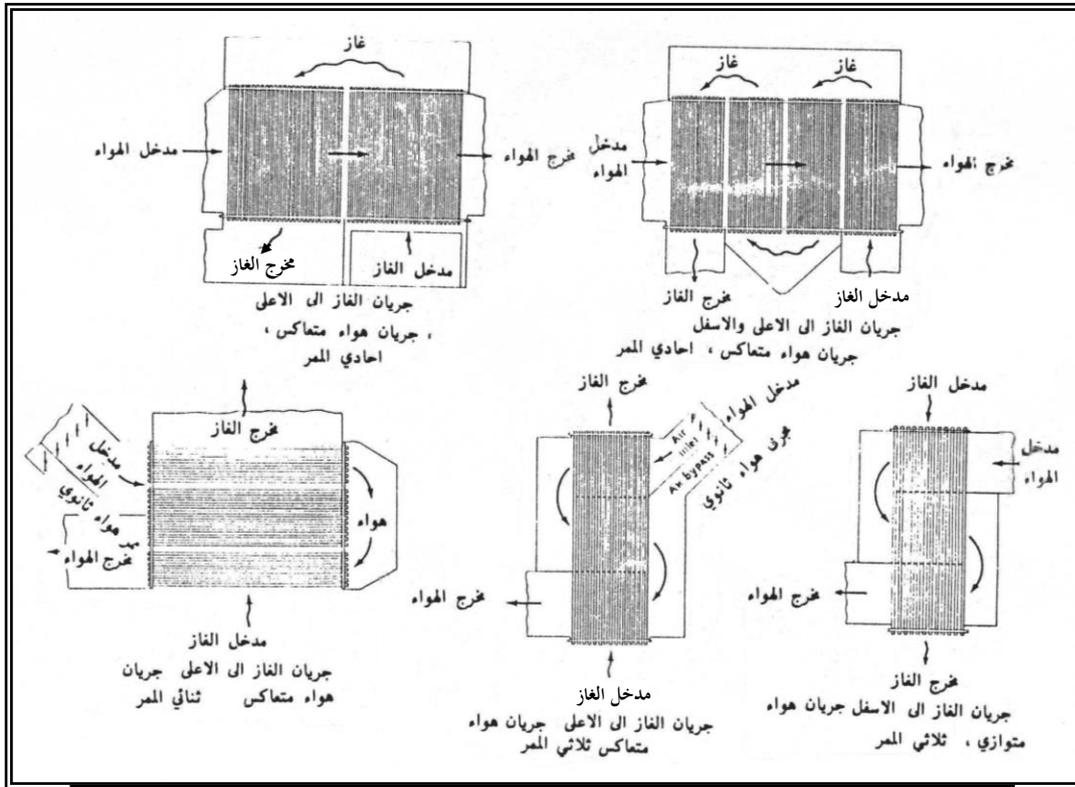
### ٢,١: انتقال الحرارة من حزم الاسطوانات أو الأنابيب في الجريان المتعامد:-

إن عملية انتقال الحرارة من أو إلى اسطوانة أفقية لها أهمية كبيرة في اغلب التطبيقات الهندسية كما هو الحال في تصميم أجهزة التدفئة والتبريد وأنابيب نقل البخار والمبادلات الحرارية وغيرها، لذلك فقد حظيت الاسطوانة بجهد وافر من البحث النظري والتجريبي لتخمين قابليتها على امتصاص أو تبديد الحرارة لكافة أنواع الجريان وبوضعياتها المختلفة [1].

وكما أسلفنا سابقاً فإن انتقال الحرارة وحساب موصلية الحمل بين حزم الأنابيب أو الاسطوانات ومائع يجري بصورة عمودية عليها ذو أهمية بالغة في كثير من التطبيقات الهندسية وخاصة في تصميم وتحليل أداء معظم أنواع المبادلات الحرارية التي بضمنها المبادلات الحرارية المدماجية (Compact Heat Exchangers)، وهناك على سبيل المثال عدد كبير من مسخنات الهواء أو الغاز التي هي بطبيعة الحال مبادلات حرارية مدماجية يقوم فيها المائع الساخن الداخل إلى الأنابيب بتسخين الغاز المار بصورة عمودية على سطحها الخارجي.. إذ يوضح الشكل (١,١) الأشكال المختلفة لمسخنات الهواء الأنبوبية التي تستعمل فيها نواتج الاحتراق بعد تركها المرجل (Boiler) أو المقتصد (Economizer) أو المحمص (Superheater) في التسخين المسبق للهواء الذاهب إلى وحدات إنتاج البخار.

إن نمط الجريان وانتقال الحرارة على حزم الأنابيب أو الاسطوانات عند أعداد رينولدز العالية معقد إلى درجة لا يمكن معها معالجته تحليلياً وذلك لأن انتقال الحرارة لهذا النوع من الجريان يعتمد بنحو كبير على شكل الجريان ودرجة اضطرابه اللذين يعتمدان على سرعة المائع وحجم وشكل ترتيب الأنابيب، لذا فإن المعادلات المتوافرة لحساب معاملات انتقال الحرارة للجريان على هذا الترتيب الهندسي تعتمد بشكل كبير على المعلومات العملية التجريبية، وفي السنوات الأخيرة على المعلومات العددية ضمن مدى الجريان الطباقى لهذا الترتيب الهندسي ( $Re \leq 800$ ) [2,3]، وقد جدول (Kays و London) [4] المعلومات الخاصة بهبوط الضغط وانتقال الحرارة لعدد كبير من المبادلات الحرارية المدماجية بضمنها المبادلات ذات حزم الأنابيب الملساء (Bare Tubes) والمبادلات ذات الأنابيب المزعنفة (Finned Tubes) المحتوية على مختلف أشكال الزعانف (القطرية والشريطية والوتدية)،

لترتيب الأنابيب المتراصة (In-line Tubes) والمتخالفة (Staggered Tubes) .. إذ وجد هنالك فارق في الأداء بين الترتيبين يرجح كفة الترتيب الثاني في انتقال الحرارة، إلا إن الترتيب الأول أسهل في عملية التنظيف وذو كلفة إنتاج اقل [5].



شكل (١,١) بعض الترتيبات لمسخنات الهواء الأنبوبية [5]

٣,١: انتقال الحرارة خلال الوسط المسامي:-

إن الوسط المسامي هو ذلك الوسط الذي يحتوي على فراغات (مسامات) بينية متصلة مع بعضها البعض والتي من الممكن أن ينفذ خلالها المائع بتأثير انحدار الضغط الموضوعي، أما الوسط المسامي المشبع فهو الوسط الذي يشغل مساماته مائع بطور واحد كما هو الحال بتشبع الرمل والصخور بالمياه الجوفية أو بتشبع الوسط بمائع ذي طورين كما هو الحال بالصخور المسحوقة الحارة التي تحتوي على الماء والبخار تحت سطح الأرض أو بمائعين بنفس الطور مثل الصخور المحتوية على النفط الطافي فوق الماء في المكامن النفطية تحت الأرض [6].

كما تعرف المسامية على إنها نسبة حجم الفراغات الموجودة داخل حجم معين من الوسط المسامي والتي يمكن أن يشغلها المائع إلى الحجم الكلي للوسط [7] أو بتعبير رياضي:

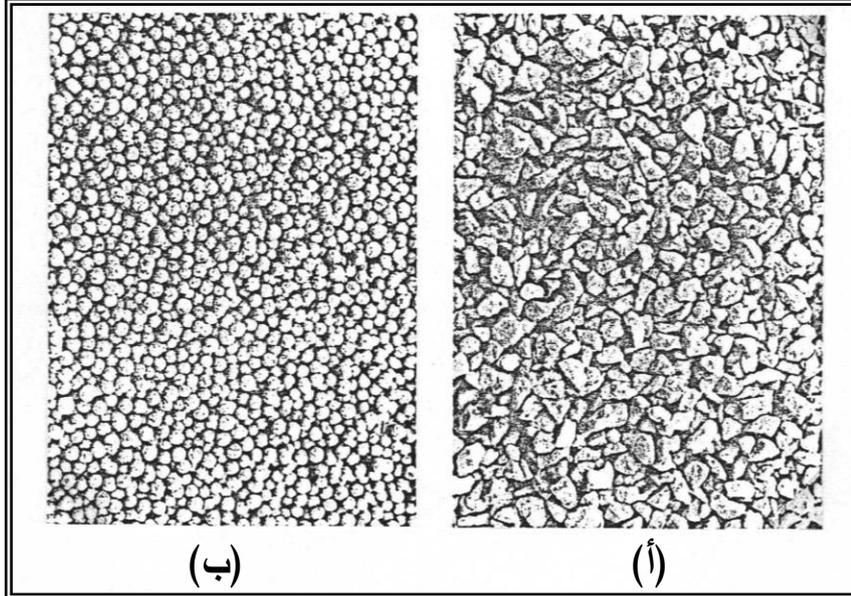
$$\phi = \frac{V_o}{V_t} \dots\dots\dots(1.1)$$

إن المسامية في أغلب الأحيان تعتمد على حجم الدقائق أو الحبيبات وشكلها وكذلك على عملية التعبئة (Packing Process) لهذه الدقائق أو الحبيبات المكونة للوسط المسامي خلال أي وعاء أو مقطع يوضع فيه هذا الوسط.

أن حقل ميكانيك الموائع وخاصة "جريان الموائع خلال هذا الوسط يعد قديماً" نسبياً لارتباطه المباشر بتنظيم المستوى المناسب للمياه الجوفية عند إنشاء المدن وكذلك في منظومات الري. يعد العالم دارسي أول من بحث في حقل جريان الموائع خلال الأوساط المسامية في القرن التاسع عشر.. إذ إن انموذج دارسي للجريان خلال الوسط المسامي والموضوع عام (١٨٥٦) هو الانموذج الأكثر قبولاً لحل هذا النوع من الجريان ولحد الآن [8] مع العلم انه قد طور ليعمم على جميع أنواع حالات الجريان خلال هذا الوسط.

أما بالنسبة لانتقال الحرارة بالحمل خلال الوسط المسامي فانه يعد تطبيقاً حديثاً نسبياً وذلك لأن المعالجة التحليلية لانتقال الحرارة بالحمل خلال هذا الوسط تبدو ولأول وهلة بأنها عملية معقدة، فلو نظرنا إلى مثالين من المواد المسامية كما مبين في الشكل (٢،١) وحاولنا تصور جريان المائع والطاقة خلاله في هذه المتاهات لكان من المغري جداً "سرف النظر عن التعقيدات والظواهر التي لايمكن تخمينها موضعياً" والتركيز على القابلية الكلية للمنظومة لنقل المائع والطاقة. إن هذه المحاولة تدخل في صلب اهتمام المهندسين الذين

يركزون على أداء حجم محدد مملوء بالوسط المسامي بدلا" من السلوك الموضوعي للمائع خلال ذلك الوسط [9].



شكل (٢,١) أمثلة على المواد المسامية المتكونة من دقائق ذات أشكال مختلفة [9]: (أ): أحجار كلسية بحجم (10 mm)، (ب): كريات بلاستيكية بقطر (5 mm)

إن للوسط المسامي قابلية جيدة على نقل وتبديد وامتصاص الحرارة بطرائق انتقال الحرارة الثلاث (التوصيل والحمل والإشعاع).. إذ إن انتقال الحرارة بالحمل خلال هذا الوسط يعتمد على مبدأ زيادة اضطراب الجريان موضعيا" والناتج عن وجود الوسط المسامي وإزالته لطبقة المائع اللزجة، فضلا" عن مساهمة المادة المسامية في نقل الحرارة بالتوصيل واعتمادا" على مقدار موصليتها الحرارية.

لذلك فقد أصبح الوسط المسامي أحد الوسائل المهمة في عزل وتخزين وتبديد الحرارة .. حيث يستخدم الوسط المسامي حاليا" في العديد من التطبيقات الصناعية والتي تشمل تقنيات العزل الحراري في الأبنية وكذلك الحبيبات الخازنة للطاقة (Grain Storage) واستغلال طاقات باطن الأرض الحرارية (Geothermal Activities) والهندسة النووية والكيميائية ومجمعات الطاقة الشمسية والمبادلات الحرارية من نوع المجددات (Regenerators) التي تحتوي على حشوات مؤلفة من هذه الأوساط المسامية [10].

أجرى العديد من الباحثين دراسات نظرية وتجريبية لانتقال الحرارة من أو إلى الاسطوانات الأفقية المفردة وحزم الأنابيب أو الاسطوانات في الجريان المتعامد والتي شملت حالتها الاسطوانات الطليقة والاسطوانات المغموسة في وسط مسامي.. إذ يلحظ من طرائق حلول ونتائج البحوث السابقة أن الجانب العملي أو التجريبي ضمن حالة الاسطوانات الطليقة قد أخذ حيزاً أوسع مما أخذه الجانب النظري وذلك لأنه كما قلنا سابقاً فإن الحل التحليلي لمسائل انتقال الحرارة على حزم الأنابيب الطليقة يعد نادراً وذلك لكون طبيعة الجريان على هذا الترتيب تكون معقدة إلى درجة لا يمكن معها معالجته تحليلياً مما جعل الباحثين يلجأون للحل العددي وضمن مدى الجريان الطبقي فقط. أما بالنسبة لحالة الاسطوانات المغموسة في وسط مسامي فيلحظ أن الجانب النظري قد أخذ حيزاً أوسع مما أخذه الجانب العملي أو التجريبي وذلك لأن نموذج دارسي الذي يعتمد على فرضية الجريان الانزلاقي خلال الوسط المسامي قد سهل الحل النظري وضمن مدى دارسي وفورشماير للجريان خلال هذا الوسط، وعليه فإن الحل التجريبي للجريان خلال هذا الوسط يعد قليلاً.

#### ٤,١ : الهدف من البحث الحالي:-

بناءً على ما سبق فقد خطط في هذا البحث لإجراء دراسة عملية لانتقال الحرارة بالحمل القسري من اسطوانة مسخنة في صف من الاسطوانات الأفقية الطليقة والمغموسة في وسط مسامي في جريان متعامد تحت شرط ثبوت درجة حرارة سطح الاسطوانة المسخنة وضمن أهداف محددة هي:

- ١- دراسة انتقال الحرارة بالحمل القسري من الاسطوانة المسخنة في صف الاسطوانات المبين في أعلاه لكلتا حالتها الاسطوانات الطليقة والمغموسة في وسط مسامي والتعرف على العلاقة التي تربط متوسط معامل انتقال الحرارة (h) بسرعة الجريان (U) عند مسافات فاصلة ثابتة بين الأسطوانات.
- ٢- بيان تأثير موقع الأسطوانة المسخنة الموضوعة ضمن صف مكون من خمس أسطوانات أفقية على انتقال الحرارة بالحمل القسري من هذه الأسطوانة عند سرع جريان مختلفة لحالتها الاسطوانات الطليقة والمغموسة في وسط مسامي.
- ٣- بيان تأثير المسافات الفاصلة بين الأسطوانات على انتقال الحرارة بالحمل القسري من الأسطوانة المسخنة عند سرع جريان مختلفة لحالتها الاسطوانات الطليقة والمغموسة في وسط مسامي لمدى من نسب المسافة الفاصلة يتراوح بين  $(1.2 \leq S/D \leq 2)$ .

- ٤- بيان تأثير الوسط المسامي على انتقال الحرارة بالحمل القسري من الاسطوانة المسخنة في صف من الأسطوانات الأفقية في جريان متعامد عند غمسه في هذا الوسط.
- ٥- استخراج معادلات ارتباطيه (Correlating Equations) ذات دقة عالية تصف انتقال الحرارة بالحمل القسري من الاسطوانة المسخنة ضمن الترتيبين المبيينين في أعلاه.

# CHAPTER TWO

الفصل الثاني

استعراض

البحوث السابقة

## ١,٢: تمهيد:-

من خلال مراجعة وافية للبحوث المنشورة في مجال انتقال الحرارة بالحمل القسري من الاسطوانات الأفقية المفردة وحزم الأنابيب أو الاسطوانات في الحالتين الطليقة والمغموسة في وسط مسامي خلال جريان متعامد على الرغم من محدودية البحوث حول الحالة الثانية، فقد اعتمد في تصنيف البحوث إلى مجموعتين أساسيتين هما كون الاسطوانات طليقة أو مغموسة في وسط مسامي.

## ٢,٢: انتقال الحرارة من الاسطوانات الأفقية الطليقة في جريان متعامد:-

إن انتقال الحرارة بالحمل القسري من اسطوانة أفقية في جريان متعامد قد حظي بجهد مركز من البحث لاستخراج علاقة بين عدد نسلت (Nu) وكل من عدد رينولدز (Re) وعدد براندتل (Pr). إن هذا الجهد كان كافياً لفهم طبيعة الجريان وانتقال الحرارة بالحمل القسري من أو إلى الاسطوانة الأفقية.. إذ كانت حصيلتها استخراج علاقة أو معادلة ارتباطيه لانتقال الحرارة من قبل الباحثين Churchill و Bernstein [11] ولمدى واسع جداً من أعداد رينولدز وبراندتل تراوحت بين  $(10^2 < Re < 10^7)$  و  $(0 < Pr < 10^3)$  على التوالي.

إن صيغة هذه المعادلة هي:

$$Nu = 0.3 + \frac{0.62 Re^{1/2} Pr^{1/3}}{[1 + (0.4/Pr)^{2/3}]^{1/4}} \left[ 1 + \left( \frac{Re}{282000} \right)^{5/8} \right]^{4/5} \dots\dots\dots(2.1)$$

اعتمد في استنباط هذه المعادلة على النتائج المختبرية لأكثر من عشرين بحثاً عملياً لانتقال الحرارة بالحمل القسري من الاسطوانة الأفقية ضمن مديات معينة من أعداد رينولدز وبراندتل.. إذ يتبين من خلال منحنى المعادلة وتلك النتائج المختبرية أن هذه المعادلة لا تتطابق في كثير من الأحيان مع النتائج المختبرية ضمن بعض المديات من عدد رينولدز مثل  $(10^3 < Re < 10^4)$  وكذلك  $(10^5 < Re < 10^6)$  وذلك نتيجة لكون هذه المعادلة هي المعدل لجميع النتائج المختبرية ضمن المدى الواسع جداً من أعداد رينولدز وبراندتل المأخوذين في هذه الدراسة.

أما انتقال الحرارة بالحمل القسري من حزمة من الاسطوانات أو الأنابيب فقد حظي هو الآخر بجهد مركز من البحث وذلك للاستخدامات الواسعة لهذا الترتيب في المبادلات الحرارية على اختلاف أنواعها.. إذ أن أولى الدراسات التي عنيت بانتقال الحرارة من حزم

العنوان:	دراسة عملية لانتقال الحرارة بالحمل القسري من اسطوانة مسخنة في صف من الاسطوانات الافقية الطليقة و المغموسة في وسط مسامي في جريان متعامد
المؤلف الرئيسي:	السامرائي، احمد توفيق احمد
مؤلفين آخرين:	الموسوي، محمد حسن عبود، الظاهر، مهند عبدالفتاح<مشرف>
التاريخ الميلادي:	2002
موقع:	تكريت
الصفحات:	1 - 100
رقم MD:	552324
نوع المحتوى:	رسائل جامعية
اللغة:	Arabic
الدرجة العلمية:	رسالة ماجستير
الجامعة:	جامعة تكريت
الكلية:	كلية الهندسة
الدولة:	العراق
قواعد المعلومات:	Dissertations
مواضيع:	الحرارة، الهندسة الميكانيكية
رابط:	<a href="https://search.mandumah.com/Record/552324">https://search.mandumah.com/Record/552324</a>



جمهورية العراق  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
جامعة تكريت- كلية الهندسة

دراسة عملية لانتقال الحرارة بالحمل القسري من اسطوانة  
مسخنة في صف من الاسطوانات الأفقية الطليقة  
والمغموسة في وسط مسامي في جريان متعامد

رسالة

مقدمة إلى كلية الهندسة-جامعة تكريت

وهي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير في علوم الهندسة الميكانيكية

من قبل

**احمد توفيق احمد السامرائي**

بكلوريوس هندسة ميكانيكية ١٩٩٩

بإشراف

د. محمد حسن عبود الموسوي

د. مهند عبد الفتاح الظاهر

شباط ٢٠٠٢ م

ذي القعدة ١٤٢٢ هـ

Republic of Iraq  
Ministry of Higher Education  
and Scientific Research  
University of Tikrit  
College of Engineering



A *An Experimental Study On Forced Convection  
Heat Transfer From A Heated Cylinder In Free  
And Embedded Horizontal Cylinders Array In  
A Porous Medium In Cross Flow*

THESIS  
SUBMITTED TO THE  
COLLEGE OF ENGINEERING - UNIVERSITY OF TIKRIT  
IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIRMENTS  
FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE  
IN  
MECHANICAL ENGINEERING

BY  
*AHMED TAWFIQ AHMED AL-SAMMARAI*  
B.Sc. 1999

**Supervised By**

**Dr. Mohanad A. Al-Dhaher**

**Dr. Mohammed H. Al-Mosawi**