

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

المبادلات الحرارية

أدائها وتصميمها حراريا

عمر محمد علي شتيان الرباعي

قسم الهندسة الميكانيكية، كلية الهندسة
جامعة الملك عبد العزيز

مركز النشر العلمي
جامعة الملك عبد العزيز
ص ب: ٨٠٢٠٠ - جدة: ٢١٥٨٩

تقديم

الحمد لله رب العالمين و الصلاة و السلام على خاتم الأنبياء و المرسلين.

يأتي هذا الكتاب نتيجة تدريس مقرر مادة تصميم المبادلات الحرارية في كلية الهندسة-جامعة الملك عبد العزيز لسنوات عديدة. و هذا المقرر هو من ضمن المواد الاجبارية المقررة على الطلاب في خطة برنامج الهندسة الحرارية في قسم الهندسة الميكانيكية. و يأتي مباشرة بعد المقرر الاجباري انتقال الحرارة الذي يعتبر من ضمن المقررات الاجبارية في الخطط الدراسية لكثير من الأقسام الهندسية مثل قسم الهندسة الكيميائية و الهندسة النووية، و هندسة الطيران بالإضافة لقسم الهندسة الميكانيكية. و على ذلك فان هذا الكتاب موجه للطلاب و المهندسين المعنيين بتشغيل و صيانة و تصميم المبادلات الحرارية، و يمكن استخدامه ككتاب دراسي للمادة و مرجع في تحليل و تصميم المبادلات الحرارية.

ان موضوع المبادلات الحرارية و تطبيقاتها لا يمكن الاستغناء عنه في كل الصناعات الصغيرة و الكبيرة، و في محطات انتاج الطاقة و المياه، و في مصافي البترول و المصانع البتروكيميائية و في التبريد و تكييف الهواء، و في استغلال الطاقة المتجددة. و في ايسط صورة فان التبادل الحراري يحصل طالما هناك فرق في درجة الحرارة بين جسمين او مائعين او جسم و مائع.

يمكن تقسيم محتويات هذا الكتاب الى قسمين رئيسيين. في القسم الأول و هو يعتبر الاساس و يحتوي على خمسة فصول. تم مراجعة أسس انتقال الحرارة في الفصل الأول، و في الفصل الثاني تم مراجعة الزعانف و طرق حساب كفاءتها. و في الفصل الثالث تم الحديث عن تغير طور المائع من سائل الى بخار و العكس (الغليان و التكثف) و استعراض العلاقات الرياضية المناسبة لكل حالة. اما في الفصل الرابع فتم تقديم طريقتين لتحليل و تصميم المبادلات الحرارية و هما طريقة متوسط فرق درجات الحرارة اللوغارتمية و الطريقة الثانية و هي طريقة فعالية المبادل الحرارية و عدد وحدات النقل الحرارية. في الفصل الخامس تم استعراض أنواع و تطبيقات المبادلات الحرارية. في الفصل السادس تم الحديث عن الترسبات على أسطح المبادلات الحرارية و ما تسببه من انخفاض في نقل كمية الحرارة و زيادة في فقد الضغط. القسم الثاني من الكتاب يحتوي على تحليل و تصميم خمسة أنواع من المبادلات الحرارية و هي: المبادل الحراري مزدوج الانبواب، و المبادل الحراري غلاف و

أنبوب، و المبادلات الحرارية المضغوطة، ثم المبادل الحراري ذو الصفيحة و الإطار و أخيراً أبراج التبريد.

خلال التدريس و خلال اعداد هذا الكتاب تم اعداد كثير من البرامج الخاصة بتحليل و تصميم و تقدير اداء المبادلات الحرارية. من هذه البرامج: برنامج ماتلاب (MATLAB) و إيز (EES: Engineering Equation Solver)، كما ان كثيراً من الاشكال و الرسومات تم اعدادها باستخدام برنامج اوتوكاد (AutoCad) و برنامج paint.net.

أحمد الله عز وجل على توفيقه و إحسانه و ان أعانني على إخراج هذه الكتاب بهذه الصورة، راجياً منه القبول و العفو و أن يكون هذا الكتاب لبنة في مجال ترجمة و تعريب العلوم الهندسية، و أن يستفيد منه الطلاب و المختصون. و أتقدم بالشكر الجزيل لوالديّ على ما قدماه من أجلي سائلاً الله لهما المغفرة و الرحمة { رَبِّ أَوْزِعْنِي أَنْ أَشْكُرَ نِعْمَتَكَ الَّتِي أَنْعَمْتَ عَلَيَّ وَعَلَى وَالِدَيَّ وَأَنْ أَعْمَلَ صَالِحًا تَرْضَاهُ وَأَصْلِحْ لِي فِي دَرْيَبَتِي إِلَيَّ تُبْتُ إِلَيْكَ وَإِلَيَّ مِنَ الْمُسْلِمِينَ، (الاحقاف. آية ١٥) }، كما اشكر اسرتي و اساتذتي و كل من له حق عليّ تربيةً و تعليماً. و لا يفوتني ان اذكر سعادة أ.د. قدري فتح الله (برحمه الله) الذي كان أستاذاً لي ثم زميلاً حيث كان اقترح قبل سنين طويلاً عملاً مشتركاً لإعداد برنامج كمبيوتر باستخدام Visual Basic لتصميم المبادلات الحرارية المضغوطة و لكن بسبب انشغالنا لم يتم. كما لا يفوتني شكر سعادة الزميل د. سيد عبد الفتاح شبانة الذي قام مشكوراً في مدة وجيزة بمراجعة فصول الكتاب.

المحتويات

الصفحة	تقديم
هـ	
١	الفصل الأول: مقدمة ومراجعة لانتقال الحرارة
٣	١,١ مقدمة
٧	١,٢ طرق انتقال الحرارة
١٠	١,٣ المقاومة الحرارية
١٢	١,٤ معامل انتقال الحرارة الكلي
١٣	١,٥ حساب درجة حرارة خروج مائع من أنبوب
١٦	١,٦ مختصر معادلات إيجاد معامل انتقال الحرارة بالحمل
٢١	١,٧ حساب فقد الضغط
٢٣	١,٨ الأرقام الابعدية
٢٥	١,٩ أمثلة محلولة
٣١	١,١٠ الرموز ومعانيها
٣٤	١,١١ قائمة المراجع
٣٤	١,١٢ مسائل
٣٩	الفصل الثاني: الأسطح الممتدة (الزعانف)
٤١	٢,١ مقدمة
٤٢	٢,٢ الزعانف وحسابات كفاءتها
٤٨	٢,٣ القشور
٤٩	٢,٤ أمثلة محلولة
٥٦	٢,٥ الرموز ومعانيها
٥٨	٢,٦ قائمة المراجع
٥٨	٢,٧ مسائل
٦١	الفصل الثالث: الغليان والتكثف
٦٣	٢,١ مقدمة
٦٤	٣,٢ أنواع الغليان

٧٣	٣,٣ التكتف وأنواعه
٧٤	٣,٤ التكتف الفلمي
٨٠	٣,٥ التكتف على الأشكال الدائرية
٨١	٣,٦ تحسين معدل التكتف باستخدام زعانف على سطح الأنبوب
٨٢	٣,٧ التكتف داخل أنبوب
٨٣	٣,٨ التكتف النقطي
٨٤	٣,٩ أمثلة محلولة
٩٣	٣,١٠ الرموز ومعانيها
٩٦	٣,١١ قائمة المراجع
٩٧	٣,١٢ مسائل
٩٩	الفصل الرابع: طرق تحليل وتصميم المبادلات الحرارية
١٠١	٤,١ مقدمة
١٠١	٤,٢ المبادلات الحرارية وأنواعها الأساسية
١٠٥	٤,٣ طريقة متوسط فرق درجات الحرارة اللوغاريتمي
١١١	٤,٤ طريقة الفاعلية ووحدات انتقال الحرارة
١١٧	٤,٥ خاتمة مختصرة
١١٨	٤,٦ أمثلة محلولة
١٣٢	٤,٧ الرموز ومعانيها
١٣٤	٤,٨ قائمة المراجع
١٣٥	٤,٩ مسائل
١٣٧	الفصل الخامس: أنواع وتطبيقات المبادلات الحرارية
١٣٩	٥,١ مقدمة
١٤١	٥,٢ المبادلات الحرارية التخزينية
١٤٦	٥,٣ تقسيمات المبادلات الحرارية
١٦١	٥,٤ أنواع أخرى من المبادلات الحرارية
١٦٣	٥,٥ قائمة المراجع
١٦٥	٥,٦ مسائل
١٦٩	الفصل السادس: الترسيبات على أسطح المبادلات الحرارية
١٧١	٦,١ مقدمة

١٧١	٦,٢ تأثير الترسبات على معدل انتقال الحرارة
١٧٣	٦,٣ تأثير الترسبات على فقد الضغط
١٧٦	٦,٤ أنواع الترسبات على أسطح المبادلات الحرارية
١٧٨	٦,٥ تقدير معامل الاتساخ التصميمي بسبب الترسبات
١٨٠	٦,٦ التنبؤ بالترسب
١٨٢	٦,٧ التحكم في الترسبات
١٨٧	٦,٨ أمثلة محلولة
١٩١	٦,٩ الرموز المستخدمة ومعانيها
١٩٣	٦,١٠ قائمة المراجع
١٩٣	٦,١١ مسائل
١٩٥	الفصل السابع: المبادل الحراري المزدوج
١٩٧	٧,١ مقدمة
١٩٩	٧,٢ مبادل حراري مزدوج الأنبوب بدون زعانف على السطح الخارجي للأنبوب الداخلي
٢٠٢	٧,٣ مبادل حراري مزدوج بزعانف على السطح الخارجي للأنبوب الداخلي
٢٠٤	٧,٤ توصيل المبادلات الحرارية على التوازي و التسلسل
٢٠٨	٧,٥ طريقة تصميم مبادل حراري مزدوج بطريقة المحاولة المتكررة
٢١١	٧,٦ أمثلة محلولة
٢٢٦	٧,٧ الرموز المستخدمة و معانيها
٢٢٨	٧,٨ قائمة المراجع
٢٢٨	٧,١٠ مسائل
٢٣٣	الفصل الثامن: المبادلات الحرارية من نوع غلاف وأنبوب
٢٣٥	٨,١ مقدمة
٢٣٧	٨,٢ الأجزاء الرئيسية لمبادل حراري من نوع غلاف وأنبوب
٢٤٣	٨,٣ تقدير مبدئي لحجم مبادل حراري من نوع غلاف وأنبوب بطريقة مبسطة
٢٥١	٨,٤ تقدير أداء مبادل حراري من نوع غلاف وأنبوب باستخدام طريقة كيرن (Kern)
٢٥٤	٨,٥ تقدير أداء مبادل حراري من نوع غلاف وأنبوب باستخدام طريقة بل-ديلاور (Bell-Delaware)
٢٦١	٨,٦ الحسابات الهندسية لمبادل حراري من نوع غلاف وأنبوب

٢٧٣	٨,٧ أمثلة محلولة
٢٨٦	٨,٨ قائمة الرموز ومعانيها
٢٩٠	٨,٩ قائمة المراجع
٢٩٢	٨,١٠ مسائل
٣٠١	الفصل التاسع: المبادلات الحرارية المضغوطة
٣٠٣	٩,١ مقدمة
٣٠٤	٩,٢ المبادلات الحرارية المضغوطة من نوع أنبوب وز عنفة
٣١٢	٩,٣ المبادلات الحرارية المضغوطة من نوع صفيحة وز عنفة
٣١٩	٩,٤ تصميم المبادلات الحرارية المضغوطة
٣٢٧	٩,٥ أمثلة محلولة
٣٤٣	٩,٦ الرموز ومعانيها
٣٤٦	٩,٧ قائمة المراجع
٣٤٧	٩,٨ أسئلة
٣٥١	الفصل العاشر: المبادلات الحرارية من نوع صفيحة وإطار
٣٥٣	١٠,١ مقدمة
٣٥٥	١٠,٢ صفات وميزات المبادل الحراري من نوع صفيحة وإطار
٣٦١	١٠,٣ حسابات الأبعاد والشكل الهندسي
٣٦٤	١٠,٤ حسابات انتقال الحرارة وفقد الضغط
٣٦٦	١٠,٥ أمثلة محلولة
٣٨١	١٠,٦ قائمة الرموز ومعانيها
٣٨٣	١٠,٧ قائمة المراجع
٣٨٤	١٠,٨ مسائل
٣٨٧	الفصل الحادي عشر: أبراج التبريد
٣٨٩	١١,١ مقدمة
٣٩٩	١١,٢ أنواع أبراج التبريد
٤٠١	١١,٣ المقارنة والتشابه بين انتقال الحرارة وانتقال الكتلة
٤٠٦	١١,٤ طرق حساب الرقم المميز لبرج التبريد
٤٠٨	١١,٥ فعالية برج التبريد
٤١٣	١١,٦ حشوات برج التبريد

٤١٨	١١,٧ أمثلة محلولة
٤٢٤	١١,٨ الرموز ومعانيها
٤٢٦	١١,٩ المراجع
٤٢٩	١١.١٠ مسائل
٤٣١	الملاحق
٤٨٥	المسرد

