بسمه تعالی

طرح درس طراحی مبدلهای حرارتی برای دوره کارشناسی مهندسی مکانیک و مهندسی شیمی به ارزش ۳ واحد نظری

(نیمسال دوم ۱۴۰۳-۱۴۰۲)

۲۴ جلسه کلاس ۲ ساعتی معادل ۱۶ جلسه ۳ ساعتی برای ۳ واحد درسی و ۶ جلسه ۲ ساعتی برای حل تمرینات بعلاوه آزمون میان ترم معادل ۱ جلسه و همچنین آزمون نهائی طبق برنامه گروه مهندسی مکانیک

(حداقل یک بازدید از شرکت های تولید کننده مبدلهای حرارتی در شهرک های صنعتی منطقه توصیه میگردد)

پیش نیاز : دروس انتقال حرارت (۱)- ترمودینامیک (۲) دوره کارشناسی

سرفصل های درس :

هفته اول : مقدمه شامل معرفی مبادله کن و کاربردهای انواع آن در نیروگاهها و پالایشگاهها و پتروشیمی و صنایع نفت و گاز و تاسیسات عمومی - اشاره ای بر طراحی عملکردی (Rating) و طراحی ابعادی (Sizing)

هفته دوم : طبقه بندی جامع انواع مبادله کن ها و رده بندی آنها - دما (دمای متوسط، میانگین، متوسط حجمی Bulk Temperature ، دمای کالوریک، دمای فیلم، دمای دیواره، دمای جریان آزاد و ....)

هفته سوم : مقدمات طراحی شامل مفروضات، مدار گرمائی، محاسبه دمای دیواره، فیلم کنترل کننده، معادلات ضرایب کنوکسیون در رژیم های مختلف جریان ، معادلات ضریب عمومی و ضریب کلی انتقال گرما ، اعداد بی بعد و سیستم یکاها - محاسبات هیدرودینامیک شامل انواع افت فشار در مبادله کن و ضرایب اصطکاک از جمله روابط هگن- پوآزوی ، کلبروک ، بلازیوس ، مک آدامز ، سلزر و درو و کوو ، موودی ، سوامی- جین (کلبروک تسهیلی) ، هالند و تحلیل دیاگرام موودی.

هفته چهارم : روشهای طرح حرارتی مبادله کنها شامل LMTD صریح و تکراری ، ε-Ntu ، $P\text{-}Ntu_T$ و ψ-P و اصول علمی طراحی انواع مبادله کنها- حل تمرینات و مسائل کاربردی انواع طرح مبادله کنهای گرمایی طبقه بندی شده.

هفته پنجم : نحوه استخراج و استفاده از معادلات و نمودارهای های ضریب تصحیح LMTD و تفاوت بین LMTD و AMTD - نحوه استخراج و استفاده از معادلات و نمودارهای $\varepsilon = F(Ntu\ \&\ C)$ و مفهوم سیال مینیمم و ماکزیمم از نظر شار ظرفیت گرمائی .

هفته ششم : مقایسه روش ε-Ntu با LMTD تکراری و حل مثالهای نمونه برای مقایسه نتایج - حل تمرینات و مسائل روشهای ε-Ntu و LMTD .

هفته هفتم : نحوه استحصال روش $P\text{-}Ntu_T$ از ε-Ntu و اهمیت روش جدید از نظر قابلیت و توانایی حل مسائل مربوطه در استفاده از معادلات و نمودارهای حاصله - نحوه استحصال روش ψ-P از LMTD و اهمیت روش جدید از نظر قابلیت و توانایی حل مسائل مربوطه در استفاده از معادلات و نمودارهای حاصله.

هفته هشتم : طرح هندسی مبادله کنهای دو لوله ای Double Pipe (Hair-Pin) و کاربرد و مزایا و معایب از نظر دانسیته سطح و نقاط نشتی و سهولت ساخت و نحوه تمیزکاری نوبتی- انتخاب اصلح محل عبور جریانها از لوله Pipe و حلقه Annulus - محاسبات Rating مبادله کنهای دو لوله ای از نظر طرح حرارتی و هیدرودینامیکی و حل مسائل کاربردی.

هفته نهم : حل تمرینات مربوط به ترکیب اتصال سری- موازی مبادله کنهای دولوله ای و دلایل استفاده از این نوع ترکیب و نحوه محاسبه اختلاف دمای صحیح در حالت ترکیبی به دو طریق متداول - معرفی طرح مبادله کنهای دو لوله ای پره دار با استخراج روابط هندسی و محاسبه بازده انواع پره ها، ضرایب انتقال گرما و افت فشار.

هفته دهم : طرح هندسی انواع مبادله کن پوسته-لوله Shell&Tube و معرفی طرح FTS وUTB و انواع بفل ها و اثرات آنها در عملکرد مبادله کن و همچنین مقایسه ضریب انتقال گرما و افت فشار وابسته به آرایش مربعی، مربعی دوران یافته و مثلثی بسته لوله ها در پوسته و نهایتاً محاسبه قطر معادل در انتقال گرما و قطر هیدرولیکی در افت فشار جریان پوسته.

هفته یازدهم : معرفی استاندارد TEMA و طبقه بندی ترکیب اجزاء مبادله کنهای پوسته-لوله از نظر استاندارد مربوطه ، جداول شمار لوله ها، در صد برش بفل ها و ارتباط آن با فاصله بفل ها، تعداد میل های الحاق و شولدر فاصله انداز بفل ها، قطر نازل ها و شکل سرگاهها و...- روشهای طرح حرارتی مبادله کنهای پوسته- لوله شامل روش های Taborek، Thinker ، Bell-Delaware و Kern.

هفته دوازدهم : آنالوژی های رینولدز ، شیلتون-کولبرن و دیسلر در اصلاح اثر پروفیل سرعت در معادلات ناسلتی و استنتونی- محاسبات Rating مبادله کنهای پوسته- لوله (Shell&Tube) با حل مثال عددی و نحوه استفاده از دیاگرامهای Tate&Sieder و Eagle-Ferguson برای ضریب کنوکسیون سیالات و آب .

هفته سیزدهم : نحوه محاسبه ضریب همرفت جریان سیال پوسته برای بسته لوله های ساده Plain Tubes و لوله ها با پره های کوتاه Low-Finne Tubes - اشاره ای بر ضریب رسوب اعم Dirty or Fouling Factor و Mass Scale در محاسبه مقاومت رسوب و نحوه استفاده از جداول متعدد.

هفته چهاردهم : معرفی و نحوه کد گذاری انواع هندسه های بکار رفته در مبادله کنهای فشرده برای بانک لوله های گرد ساده و پره دار (Circular Tube Bank)

هفته پانزدهم : اشاره ای به مبدلهای فشرده Compact و معرفی پارامترهای هندسی آنها (a_{fr} و a_c و L و α و β و σ و D_h) در نمودارهای مربوطه - نحوه استفاده دیاگرامهای $St.Pr^{2/3}=f(Re)$ و $f=g(Re)$ و معادلات بازده پره های صفحه ای و بازده کلی سطح مرکب از لوله و پره .

هفته شانزدهم : معادلات بازده پره های صفحه ای و بازده کلی برای سطوح گسترش یافته Extended Surfaces -حل مثال های نمونه ازمبادله کنهای فشرده با استفاده از دیاگرامهای مرجع - معرفی نرم افزارهای طراحی مبدل برای مدل سازی و شبیه سازی و بهینه سازی ، ازجمله : Ansys و AHED و Xchanger Suite و Heatex و Heat run و Aspen-B-Jac و +Aspen و موارد دیگر.

مراجع درس :

۱- *طراحی مبادله کنهای گرما* ، تالیف: دکترسید فرامرز رنجبر، مهندس امین شمس خرمی ، ویراستار علمی و ادبی دکترمحمد اسماعیل خوشروان آذر

انتشارات فن آذر- انتشارات آشینا ، ویراست اول ، چاپ اول – بهار ۱۳۹۳

2. Kays, W. M., and A. L. London: *Compact Heat Exchangers*, Third Edition: 2018 ,Special arranged with Krieger Publishing Company, Inc. USA

3. Theodore, Louis. *Heat transfer applications for the practicing engineer*. Vol. 7. Wiley. com, 2011.

4. Tubular Exchanger Manufacturers Association. *Standards of Tubular Exchanger Manufacturers Association*. TEMA, 1959.

5. Kakaç, Sadık, Anchasa Pramuanjaroenkij, and Hongtan Liu. *Heat exchangers: selection, rating, and thermal design*. CRC press, 2012.

6. Rohsenow, Warren M., James P. Hartnett, and Ejup N. Ganic. *Handbook of heat transfer applications*. New York, McGraw-Hill Book Co., 1985.

7. Bejan, Adrian, and Allan D. Kraus, *Heat transfer handbook*. J. Wiley, 2003.

8. Taborek, J., Shell-and-tube heat exchangers, in *Heat Exchanger Design Handbook*, Vol. 3, Hemisphere Publishing Corp., New York, 1988.

9. Bell, K. J. and A. C. Mueller, *Wolverine Engineering Data Book II*, Wolverine Tube, Inc., www.wlv.com, 2001.

10. Saunders, E. A. D. Heat Exchangers: *Selection, Design and Construction*, 1988

11. Kern, Donald Quentin. *Process heat transfer*. Tata McGraw-Hill Education,1950.

12. Thome, John R. *Engineering data book III*. Wolverine Tube Inc. (2004).

13. Kraus, Allan D., Abdul Aziz, and James Welty. *Extended surface heat transfer*. Wiley. com, 2002.

14. Smith, Eric M. *Advances in thermal design of heat exchangers: a numerical approach: direct-sizing, step-wise rating, and transients*. Wiley, 2005.

15. Ludwig, Ernest E. *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants: Volume 3*. Vol. 3. Access Online via Elsevier, 1997.

16. Cao, Eduardo. *Heat transfer in process engineering*. McGraw Hill Professional, 2010.

17. Shah, Ramesh K., and Dušan P. Sekulić. *Fundamentals of heat exchanger design*. (2002).