

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กัลยลักษณ์ เอาเอกสินธุ์ . การพัฒนาระเบียบวิธีออฟติไมเซชันแบบพลวัตของการทำความสะอาด
ข่างานแลกเปลี่ยนความร้อนโดยใช้วิธีการสร้างปัญหาเวลาต่อเนื่อง, วิทยานิพนธ์
ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551.

ประพิศพรรณ เตชะวานิชชัย. ผลกระทบของการเกิดฟาวลิงของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนใน
หน่วยไฮโดรทรีตเตอร์ต่อการปฏิบัติการและการบำรุงรักษาที่เหมาะสม, วิทยานิพนธ์
ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551.

ภาษาอังกฤษ

Auwar, K.S., Syed, M.Z., Younas, M., and Budair, M.O. A risk based heat exchanger
analysis subject to fouling Part II: Economics of heat exchanger cleaning.
Energy Fuels. 25(2000): 445-461.

David, A.S. Water jetting technology. London: E&FN Spon, an imprint of Chapman Hall.
1995.

Field, R.W., and Howell, J.A. Process engineering in the food industry: developments
and opportunities. New York, Elsevier Science Publishers LTD, 1989.

Fraas, A.P. Heat exchanger design, 2nd ed. United States of America John Wiley
& Sons, Inc. 1989.

Joana L. et al., Fouling management in crude oil preheat trains through stream split
optimization. Chemical Engineering. 27(2009): 1587-1592.

Kumar, D.A., and Kumar, D.S. Dynamics of heat exchangers subject to flow variations.
International Journal of Heat and Mass. 14(2007): 2733-2743.

Mariusz M. et al., Optimal cleaning schedule for heat exchangers in a heat exchanger
network. App. Therm. Eng. 25(2004): 1019-1032.

- Petermeier H. et al., Hybrid model of the fouling process in tubular heat exchangers for the dairy industry. Journal of Food Engineering. 55(2002): 9-17.
- Rodriguez C., Smith R, Optimization of operating conditions for mitigating fouling in heat exchanger networks. Chemical Engineering Research and Design. 85(2007):839-851.
- Smaili, F., Vassiliadis, V.S. and Wilson, D.I., Optimization of scheduling of cleaning in heat exchanger networks subject to fouling. Food and Bioproducts Processing. 77(1999):159-164.
- Syed, M.Z., Anwar, K.S., Younas, M., and Budair, M.O. A risk based heat exchanger analysis subject to fouling Part I: Performance evaluation. Energy Fuels. 25(2000): 427-443

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก คุณสมบัติของน้ำมันดิบ

น้ำมันดิบ (Crude Oil) มาจากใต้ดิน มีลักษณะเป็นของเหลวสีดำ ๆ จึงสูบขึ้นมาได้ มีสารไฮโดรคาร์บอนอยู่มากมาย จึงเผาแล้วได้พลังงานสูง ถ้ามีสิ่งเจือปนมาก เช่น มีกำมะถันมาก หากเผาแล้วจะเกิดก๊าซพิษมาก ก็ถือว่าเป็นน้ำมันดิบเกรดต่ำ ส่วนน้ำมันดิบที่มีกำมะถันเจือปนน้อยถือว่าเป็นน้ำมันดี จึงมีราคาแพง น้ำมันดิบนี้จะเอามาใช้โดยตรงไม่ได้ ต้องเอาไปกลั่นที่โรงกลั่นน้ำมัน ทำเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ เอาไว้เติม รถยนต์ รถดีเซล เรือ รถไฟ หรือเครื่องบิน น้ำมันเหล่านี้มีสมบัติต่าง ๆ กันไปและราคาก็ไม่เท่ากัน

น้ำมันดิบประกอบด้วยธาตุไฮโดรเจน และคาร์บอน รวมตัวกันเป็นไฮโดรคาร์บอนอะตอม ซึ่งส่วนใหญ่จะมีจำนวนตั้งแต่ 4 อะตอมขึ้นไป นอกจากนี้ยังมีธาตุหรือสารอื่นๆ ประกอบอยู่ด้วย เช่น ไนโตรเจน ออกซิเจน กำมะถัน วานาเดียม เหล็ก และนิกเกิล น้ำมันดิบที่เกิดขึ้นในแหล่งกำเนิดที่ต่างๆ กัน อาจมีคุณสมบัติแตกต่างกัน จึงได้มีการจัดประเภทน้ำมันดิบตามลักษณะหรือคุณสมบัติของน้ำมันดิบออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. น้ำมันดิบพื้นฐานชนิดที่ไม่มีไขมาก (paraffin base) เช่น น้ำมันดิบจากราชอาณาจักรซาอุดีอาระเบีย หรือพบได้ในประเทศไทยที่แหล่งน้ำมันดิบจากแหล่งสิริกิติ์ เป็นต้น
2. น้ำมันดิบพื้นฐานชนิดที่มียางมะตอยมาก (asphalt/naphthenic base) เช่น น้ำมันดิบจากแหล่งฝาง เป็นต้น
3. น้ำมันดิบพื้นฐานชนิดผสม (mixed base) เป็นน้ำมันดิบพื้นฐานชนิดผสมกันระหว่างพื้นฐานชนิดมีไขมากและชนิดที่มียางมะตอยมาก

ประโยชน์ของน้ำมันดิบ ภายหลังจากผ่านกระบวนการกลั่นน้ำมันแล้วจะได้ผลิตภัณฑ์น้ำมันต่างๆ ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดังนี้ คือ เป็นก๊าซหุงต้ม (liquefied petroleum gas หรือ LPG) ใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับหุงต้ม เครื่องยนต์ รถยนต์ รวมทั้งเตาเผา และเตาอบต่างๆ เป็นน้ำมันเชื้อเพลิง ได้แก่ เบนซินและน้ำมันซูเปอร์สำหรับรถยนต์ นอกจากนี้ ยังมีน้ำมันเชื้อเพลิงเครื่องบินใบพัดและน้ำมัน เชื้อเพลิงเครื่องบินไอพ่น เป็นน้ำมันก๊าดใช้ประโยชน์เป็นเชื้อเพลิงเครื่องบินใบพัดและน้ำมันเชื้อเพลิงเครื่องบินไอพ่น เป็นน้ำมันก๊าดใช้ประโยชน์เป็นเชื้อเพลิงสำหรับตะเกียง เป็นส่วนผสมของยาฆ่าแมลง สีทาบ้าน น้ำมันชักเงา น้ำมันทำความสะอาด เป็นเชื้อเพลิง

บ่มยาสูบ อบพืชผล และใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิก นอกจากนี้ ยังเป็นน้ำมันดีเซลหรือโซล่า น้ำมันเตา น้ำมันหล่อลื่น ยางมะตอย และจาระบี

น้ำมันดิบ คือปิโตรเลียมที่มีสถานะเป็นของเหลวในธรรมชาติ ส่วนมากมีสีดำหรือน้ำตาล มีลักษณะเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดต่าง ๆ ปะปนกันอยู่ และในบางครั้งอาจมีสารอื่น ๆ ปนอยู่ด้วย เช่น กำมะถัน (S), ไนโตรเจน (N), ออกซิเจน (O) เป็นต้น ด้วยเหตุนี้ น้ำมันดิบที่รับเข้ามาจากการขุดจะยังไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันที จำเป็นต้องมีการนำเข้าสู่กระบวนการต่าง ๆ เพื่อนำมาแยกสารประกอบไฮโดรคาร์บอนต่าง ๆ ออกเป็น กลุ่ม ๆ ก่อน จึงจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ตามชนิดของสารเหล่านั้นได้

คุณสมบัติของน้ำมันดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิต

จากการออกแบบกระบวนการผลิตของช่างงานแลกเปลี่ยนความร้อน ที่ยกนำมาศึกษานั้น น้ำมันดิบที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิต ได้รับน้ำมันดิบมาจากแหล่งน้ำมันดิบแถบตะวันออกกลาง (Arabian Light Crude Oil) ซึ่งถือว่าเป็นแหล่งน้ำมันดิบที่มีคุณภาพดี ไม่มีไขมาก และมีสิ่งปนเปื้อนน้อย (paraffin base) มีคุณสมบัติโดยรวมดังตาราง

The feed origins are listed below:

Design Intent (Feed Origin)		
Design Crude	Other ME Crudes	FE Crudes
- Arabian Light	- Arabian Medium - Arabian Heavy - Kuwait - Kirkuk - Iranian Light - Basrah - Quatar - Oman - Murban	- Minas - Durri - Tapis - Bach Ho - Brunei Light - Gippsland

The feedstock properties are listed below:

Feedstock Properties		
Feed origin	-	Arabian Light
Crude pour point	max C	36
Nitrogen content bulk	max ppm wt	120
Nitrogen content waxy	max ppm wt	1800
Sulphur content	wt%	1.75
Salt content (as NaCl)	ppm	1.50
Acid value (TAN)	mg KOH/g	0.01
Density at 15 C	kg/m ³	852

ภาคผนวก ข

การทำความสะอาดเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

1. การทำความสะอาดโดยวิธีไม่ถอดออกจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

การทำความสะอาดสิ่งสกปรกที่เกาะติด และตกค้างอยู่ในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน โดยไม่ต้องถอดอุปกรณ์ต่าง ๆ ออกจากเครื่องนั้นเป็นวิธีที่ง่าย และทำได้สะดวก ส่วนใหญ่การใช้วิธีนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งจุดประสงค์การทำความสะอาดภายในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนนั้น เพื่อชำระสิ่งสกปรกออกจากผิวผนังของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

หลักการทำความสะอาดวิธีนี้ จะเป็นการใช้สารเคมีเติมเข้าไปภายในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน แทนของเหลวที่ใช้ในกระบวนการผลิตและแช่ทิ้งไว้ สารเคมีจะไปชะล้าง สิ่งสกปรกโดยอาศัยปฏิกิริยาทางเคมี แต่การสะสมสิ่งสกปรกมีอยู่หลายชนิดด้วยกัน ดังนั้น การทำความสะอาดด้วยสารเคมีต้องพิจารณาว่า ใช้สารเคมีที่เป็นอินทรีย์หรืออนินทรีย์ในการทำความสะอาดเนื่องจากอาจทำให้เกิดคราบ หรือทำปฏิกิริยากับโลหะหรือสิ่งสกปรกนั้นได้ และมีอีก หลายกรณีที่ต้องพิจารณา ร่วม เช่น ความเหนียวของสิ่งสกปรก การเป็นคราบไขมัน และการเกิดสนิม การเลือกใช้สารเคมีในการทำความสะอาดนั้นขึ้นอยู่กับรายละเอียดภายในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน และองค์ประกอบทางเคมี ซึ่งอาจใช้ชนิดสารเคมีที่มีความแข็งหรืออ่อนนุ่ม ส่วนผสมที่เป็นอินทรีย์หรือส่วนผสมประเภทกรดธรรมชาติ โดยเฉพาะภายในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนบางชนิด ไม่สามารถใช้วิธีทำความสะอาดด้วยสารเคมีได้ อาจจะต้องเลือกใช้วิธีอื่นในการทำความสะอาด ซึ่งวิธีการสลัดช่องทางการไหลก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถทำความสะอาดได้ ขึ้นอยู่กับลักษณะของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน การใช้วิธีนี้เมื่อของไหลฝั่งหนึ่งมีแนวโน้มทำให้เกิดคราบ สิ่งสกปรก และของไหลฝั่งหนึ่งเป็นของไหลที่สะอาด ดังนั้นการสลัดช่องทางการไหลจึงสามารถกำจัดสิ่งสกปรกที่ตกค้างได้ ส่วนวิธีการใช้พองน้ำชนิดยางที่มีลักษณะเป็นลูกบอลกลม สามารถครูดกับผิวผนังแลกเปลี่ยนความร้อนได้ แต่ก็มีข้อขัดข้องกับการใช้งานกับระบบน้ำเย็นเป็นส่วนใหญ่และในระบบของน้ำวิธีที่ใช้ คือวิธีการใช้เม็ดทรายในการทำ ฟลูอิดไดเบด เพื่อขจัดคราบผิวผนังภายในของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน โดยทั้งหมดนี้เป็นการทำความสะอาดแบบไม่ถอดอุปกรณ์ออกจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

2. การทำความสะอาดวิธีถอดล้างออกจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

การทำความสะอาดแบบนี้ใช้ในกรณีเมื่อการทำ ความสะอาดด้วยวิธีไม่ถอดออกจากเครื่องแลกเปลี่ยน ความร้อนไม่สามารถชำระสิ่งสกปรกที่เกาะติดและตกค้างออกมาได้ หรือภายในระบบไม่สามารถใช้วิธีต่าง ๆ ในวิธีไม่ถอดล้างมาทำความสะอาดได้ อีกกรณีหนึ่งคือ สิ่งสกปรกที่ตกค้างอยู่ด้านล่างภายในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนและแข็งตัวเกาะติดอยู่ สารเคมีหรือวิธีอื่น ๆ ไม่สามารถทำความสะอาดส่วนนี้ได้ ดังนั้น จึงมีวิธีการใช้แรงดันสูงของน้ำโดยมีหัวฉีดทำให้เกิดแรงดันของน้ำ และในการทำความสะอาดนั้นต้องถอดอุปกรณ์ต่าง ๆ ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนออกเพื่อทำความสะอาด ส่วนประสิทธิผลในการทำความสะอาดวิธีนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและความหนาของสิ่งสกปรกที่เกาะติดนั้น ในบางครั้งอาจใช้แปรงขัดบริเวณพื้นผิวที่สิ่งสกปรกเกาะติดได้ซึ่งความยากง่ายขึ้นอยู่กับ การเข้าถึงในการทำความสะอาดและกำลังของแรงคน ส่วนการเจาะท่อเพื่อทำความสะอาดสิ่งสกปรกที่สะสม และมีคราบเหนียวมากที่อยู่ภายในระบบท่อไม่เป็นที่ยอมรับ แต่สมควรเปลี่ยนท่อส่วนนั้น

การทำความสะอาดโดยวิธีขัดถูหรือครูดสิ่งสกปรกเป็นวิธีที่ดีที่สุดสำหรับผิวผนังแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดโลหะที่มีการเคลือบผิว วัสดุจะเป็นชนิดแบบครูดได้ โดยใช้แรงดันสูงของอากาศที่ส่งวัสดุที่สามารถขัดถู หรือครูดสิ่งสกปรกที่เกาะติดที่ผิวผนังแลกเปลี่ยนความร้อน สำหรับเทคโนโลยีที่ดีสำหรับการทำความสะอาดเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนนั้น ต้องไม่สมควรมีค่าใช้จ่ายในส่วน of แรงงาน เช่น วิธีการเป่าเขม่า ซึ่งเป็นการพัฒนาการทำความสะอาดสำหรับอุตสาหกรรมที่ใช้หม้อไอน้ำและขบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อได้ก๊าซ สำหรับใช้กับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน เช่น การทำความสะอาดสิ่งสกปรกเล็ก ๆ หรือฝุ่นละอองที่เกาะติด โดยใช้อากาศหรือไอน้ำก็ได้ไปทำลายไม่ให้เกาะติด ด้วยความเร็วที่สูงกว่าความเร็วของไอน้ำที่มีการทำงานแบบปกติ ส่วนไอน้ำที่ใช้ทำความสะอาดจะมีประโยชน์ทำความสะอาดพวกสารคาร์บอนขนาดเล็กๆ ภายในอุตสาหกรรมที่ใช้หม้อไอน้ำ

วิธีการใช้กับสัญญาณสันสะท้อน ซึ่งมีความพยายามใช้โดยประสบความสำเร็จในบางกรณีเท่านั้น จากการใช้วิธีคลื่นความร้อนในการทำความสะอาดภายในนั้นเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนต้องมีค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาสูงขึ้น ดังนั้น การทำความสะอาดเป็นปัจจัยหนึ่งของประสิทธิภาพของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายต่าง ๆ รวมถึงต้นทุนการผลิตสินค้า

การแก้ปัญหาสิ่งสกปรกที่เกาะติดและตกค้าง ภายในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนนั้น วิศวกร และเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง จำเป็นต้องมีประสบการณ์ในการทำงานร่วมกับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน เนื่องจากต้องทราบแหล่งที่มาและสาเหตุที่เกิดการสะสมของสิ่งสกปรกที่เกาะติดและตกค้าง ภายในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน เพื่อนำมาวิเคราะห์ถึงสาเหตุนั้น ๆ เช่นการเกิดคราบสิ่งสกปรก ชนิดจำพวกสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กเกาะติดอยู่ภายในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน เหล่านี้จะทำให้มีการเจริญเติบโตอยู่เรื่อย ๆ จนเป็นแผ่นฟิล์ม บางและหนาขึ้น ๆ จนขวางทางการไหลของของเหลวทำให้อุณหภูมิ, ความดันของของไหลเปลี่ยนแปลงไป และตัวแปรอื่น ๆ ด้วย และยังส่งผลถึงคุณภาพของกระบวนการผลิตและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ดังนั้น สิ่งที่ต้องระวังได้แก่เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน มีประสิทธิภาพต่ำลง โดยสังเกตจากตัวแปรต่างๆ คือ อุณหภูมิและความดันของของไหล เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นหรือต่ำลงผิดปกตินั้นอาจวิเคราะห์ได้ว่าเกิดสิ่งสกปรกที่เกาะติดและตกค้างภายในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ขณะที่กระบวนการผลิตยังทำงานอยู่อย่างต่อเนื่องนั้นจะทำให้วิศวกร และเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องไม่สามารถถอดอุปกรณ์ต่าง ๆ มาพิสูจน์ได้ ซึ่งถ้าหยุดการทำงาน หมายถึงต้องเสียค่าใช้จ่ายของระบบการผลิต ดังนั้น ส่วนใหญ่จะวิเคราะห์ได้จากเครื่องมือวัด อุณหภูมิและ ความดันของของไหลที่ติดตั้งไว้กับระบบท่อส่งของของไหล อีกตัวแปรหนึ่งที่นำมาวิเคราะห์เบื้องต้น โดยต้องมีความชำนาญการและขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตเป็นประจำ คือ การวิเคราะห์จากอัตราการไหลของของไหล เนื่องจากทำให้ปริมาณการผลิตต่ำกว่าปกติในระยะเวลาที่เท่ากัน อัตราการไหลจะแยกวิเคราะห์ตัวแปรออกเป็น 2 ตัวแปร คือ ความเร็วและพื้นที่หน้าตัดของการไหลผ่านโดยต้องหยุดกระบวนการผลิตเพื่อถอดอุปกรณ์ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนมาวิเคราะห์

ก่อนจะแก้ไขปัญหสิ่งสกปรกที่เกาะติดและตกค้างภายในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ถ้าเป็นไปได้ การวางแผนในการออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนในขั้นตอนแรกควรเน้นเรื่องจุดที่ทำให้เกิดสิ่งสกปรกที่ เกาะติดและตกค้างเพื่อลดปัญหาในระดับหนึ่ง เหมือนกับการเลือกใช้วัสดุของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนและการเลือกวัสดุในส่วน of ระบบการผลิต โดยวัสดุนั้นต้องไม่ทำปฏิกิริยาเคมีและไม่ทำให้เกิดสิ่งสกปรกที่เกาะติดและตกค้าง ส่วนการดำเนินงานก่อนการจัดสร้างโรงงานจำเป็นต้องมีแผนผังโรงงาน เพื่อเตรียมพร้อมในการจัดองค์ประกอบต่าง ๆ ทั้งระบบการผลิต แต่สำหรับทางอ้อมก็เป็นส่วนช่วยลดปัญหาสิ่งสกปรกที่เกาะติดและตกค้างทั้งในระบบการผลิตและเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

ด้านการสะสมของสิ่งสกปรกอยู่เรื่อย ๆ ขณะระบบการผลิตทำงาน ดังนั้นสิ่งสกปรกจะสะสมจนเกิดเป็นแผ่นฟิล์มบางและมีความหนาขึ้น ส่งผลถึงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตทั้งระบบ การทำความสะอาดเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนนั้น ถือเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดของการรักษาประสิทธิภาพของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนให้คงที่มากที่สุดเท่าที่ทำได้ และยืดอายุการใช้งานให้ยาวนาน ขั้นตอนการทำความสะอาดเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ง่ายและสะดวก โดยไม่ใช้ระยะเวลาและค่าใช้จ่ายนั้น คือ การทำความสะอาดเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนโดยวิธีไม่ถอดอุปกรณ์ต่าง ๆ ออกจากเครื่อง และการใช้สารเคมีก็เป็นวิธีแรกที่นิยมใช้กันมากที่สุด เพื่อชำระล้างสิ่งสกปรกที่เกาะติดและตกค้างภายในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน โดยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของสารเคมี และรายละเอียดต่าง ๆ ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน จากนั้นวิธีสลับช่องทางการไหลก็เป็นวิธีการที่ใช้ได้ในบางกรณี โดยต้องวางแผนออกแบบมาเพื่อทำวิธีการนี้ซึ่งจะลดการใช้จ่ายได้พอสมควร แต่นั้นวิศวกรและเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องต้องเข้าใจวิธีการนี้ วิธีต่อมาคือ วิธีการใช้ลูกบอลฟองน้ำชนิดยาง ซึ่งสามารถใช้ได้เฉพาะกับระบบน้ำเย็นและน้ำที่อุณหภูมิบรรยากาศเท่านั้น ซึ่งลูกบอลฟองน้ำชนิดยางจะถูกและครูดผิวผนังภายในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ส่วนวิธีใช้เม็ดทรายในการทำฟลูอิดไดเบดนั้นก็คล้ายกับวิธีใช้ลูกบอลฟองน้ำชนิดยาง ซึ่งทั้งหมดนี้มีจุดประสงค์เดียวกัน เพื่อทำความสะอาดเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนโดยวิธีไม่ถอดอุปกรณ์ต่าง ๆ ออกจากเครื่อง อีกวิธีที่ตรงกันข้ามกับวิธีทำความสะอาดเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนโดยวิธีไม่ถอดอุปกรณ์ต่าง ๆ ออกจากเครื่อง คือ วิธีทำความสะอาดเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนโดยถอดอุปกรณ์ต่าง ๆ ออกจากเครื่อง ซึ่งแน่นอนขั้นตอนการถอดและประกอบนั้นยุ่งยาก ต้องใช้วิศวกรและเจ้าหน้าที่ที่มีความเชี่ยวชาญกับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดนั้น ๆ แต่ก็เป็นที่ทำความสะอาดที่ดีที่สุด โดยการถอดอุปกรณ์ต่าง ๆ มาทำการขัดถูโดยใช้แปรงขัด หรือใช้น้ำที่มีแรงดันสูง โดยมีหัวฉีดเป็นตัวทำให้เกิดแรงดันน้ำสูง เพื่อไปทำความสะอาด เมื่อทำการถอดก็จะสังเกตการสะสมสิ่งสกปรกได้ด้วยตา ดังนั้น จึงเป็นวิธีทำความสะอาดที่ทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนอยู่ในระดับที่ดี

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีอยู่ในปัจจุบัน ต้องมีการทำความสะอาดทุกเครื่อง เนื่องจากกระบวนการผลิตต่าง ๆ มีการใช้งานเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนอยู่ตลอดเวลา จึงเป็นต้นกำเนิดที่สิ่งสกปรกมาสะสมจนเป็นคราบ และมีความหนาของสิ่งสกปรกเกาะติดและตกค้างภายในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน การวิเคราะห์จากอุณหภูมิ ความดัน ความเร็ว และพื้นที่หน้าตัดของการไหลผ่านของของไหล จึงสามารถใช้เป็นการตรวจสอบได้ว่าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนยังทำงานอย่างมีประสิทธิภาพคงที่อยู่ แต่ที่สำคัญสิ่งที่ควรดำเนินการก่อนเพื่อช่วยลดปัญหาสิ่งสกปรกที่เกาะติด

และตกค้าง คือการวางแผนผังโรงงานการออกแบบและการเลือกใช้ชนิดของวัสดุมาทำโครงสร้าง เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน สุดท้ายเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนก็ยังคงต้องมีการทำความสะอาดอยู่ แต่วิธีการทำความสะอาดสามารถดำเนินการ โดยต้องวิเคราะห์ถึงสาเหตุการเกิดสิ่งสกปรกให้ได้ ก่อนว่าจะใช้วิธีทำความสะอาดเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนโดยวิธีไม่ถอดอุปกรณ์ต่าง ๆ ออกจาก เครื่องหรือถอดอุปกรณ์ต่าง ๆ ออกจากเครื่อง ซึ่งแบ่งวิธีทำความสะอาดเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนโดยวิธีไม่ถอดอุปกรณ์ต่าง ๆ ออกจากเครื่องได้ ดังนี้ การใช้สารเคมี การสลับช่องทางการไหล การใช้ลูกบอลฟองน้ำชนิดยาง และการใช้เม็ดทรายในการทำฟลูอิดไดเบด ส่วนการถอดอุปกรณ์ต่าง ๆ มาทำการขัดถูโดยใช้แปรงขัด หรือใช้น้ำที่มีแรงดันสูงโดยมีหัวฉีด เป็นวิธีทำความสะอาดเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนโดยวิธีถอดอุปกรณ์ต่าง ๆ ออกจากเครื่อง ดังนั้น โรงงานควรมีการวางแผนบำรุงรักษาเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน โดยมีวิศวกรและเจ้าหน้าที่ที่มีความเชี่ยวชาญช่วย ในการบำรุงรักษาเพื่อให้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนมีประสิทธิภาพคงที่ และยังช่วยลดปัญหาอื่นที่เกี่ยวข้องกับระบบการใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

ภาคผนวก ค
การประชุมทางวิชาการ

1. Waraporn Srisukcharoenpanya and Soorathep Kheawhom. Study of fouling formation and the effect on thermal performance of heat exchanger network in preheating of crude oil. The 3rd SUT Graduate Conference, Nakhon Ratchasima, Thailand, November 21-23, 2010: GD32010160 (IN THAI)



ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาววราภรณ์ ศรีสุขเจริญปัญญา เกิดเมื่อวันที่ 15 ตุลาคม พ.ศ. 2526 อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี สำเร็จการศึกษาในระดับอุดมศึกษาโรงเรียนอุดรพัฒนาการ (วิทย์-คณิต) จังหวัดอุดรธานี, สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยรังสิต จังหวัดปทุมธานี และเข้าศึกษาในระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2551

