

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ



246295

การศึกษาดาราศาสตร์ไฟฟ้าวัดแสงและผลกระทบต่อสมรรถนะทางความร้อนของเข้างานเครื่องผลิตเป็ดขึ้น
ความร้อนในการอุ่นน้ำดื่ม

นางสาววราภรณ์ ศรีสุขเจริญปัญญา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

600251310

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



246295

การศึกษาการเกิดฟาวลิงและผลกระทบต่อสมรรถนะทางความร้อนของข่่างงานเครื่องแลกเปลี่ยน
ความร้อนในการอุ่นน้ำมันดิบ



นางสาว วราภรณ์ ศรีสุขเจริญปัญญา

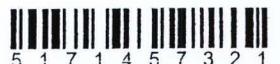
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2553

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



5 1 7 1 4 5 7 3 2 1

STUDY OF FOULING FORMATION AND IMPACT ON THERMAL PERFORMANCE OF
HEAT EXCHANGER NETWORK IN PREHEATING CRUDE OIL

Miss Waraporn Srisukcharoenpanya

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Chemical Engineering

Department of Chemical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2010

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การศึกษาการเกิดฟาวลิงและผลกระทบต่อสมรรถนะทาง
ความร้อนของข่่างานเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนในการ
อุ่นน้ำมันดิบ

โดย

นางสาววราภรณ์ ศรีสุขเจริญปัญญา

สาขาวิชา

วิศวกรรมเคมี

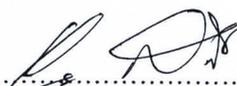
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรเทพ เขียวหอม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต


..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. บุญสม เลิศธีรณรงค์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อนงค์นาฏ สมหวังธโรจน์)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรเทพ เขียวหอม)


..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. กษิติศ นนุทอง)


..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรพล เกียรติกิตติพงษ์)

วารสารศรีสุขเจริญปัญญา: การศึกษาการเกิดฟาวลิงและผลกระทบต่อสมรรถนะทางความร้อนของข่ายงานเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนในการอุ่นน้ำมันดิบ. (STUDY OF FOULING FORMATION AND IMPACT ON THERMAL PERFORMANCE OF HEAT EXCHANGER NETWORK IN PREHEATING CRUDE OIL) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร. สุรเทพ เขียวหอม, 157 หน้า.

246295

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนถูกนำมาใช้ในกระบวนการอุ่นน้ำมันดิบ เพื่อให้ น้ำมันดิบ มีอุณหภูมิสูงจนใกล้เคียงกับอุณหภูมิเริ่มต้นที่จะใช้สำหรับการกลั่น ปัญหาที่พบคือเมื่อเวลาผ่านไปช่วงระยะหนึ่งฟาวลิงจะเกิดการสะสมเพิ่มมากขึ้น ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อน และทำให้ความสามารถในการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างสายร้อนและสายเย็นลดลง

งานวิจัยนี้ศึกษาการเกิดฟาวลิง และผลกระทบต่อสมรรถนะทางความร้อนของข่ายงานเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนจำนวน 19 ตัวที่ต่อเนื่องกัน โดยใช้แบบจำลองการเกิดฟาวลิงแบบเชิงเส้น แบบกฏยกกำลัง แบบอัตราลดลง และแบบมีเส้นแนวโน้ม เพื่อเทียบกับรูปแบบการเกิดฟาวลิงจริงในกระบวนการ พบว่าส่วนใหญ่ที่ 42 เปอร์เซ็นต์ข่ายงานเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนมีพฤติกรรมการเกิดฟาวลิงเป็นแบบอัตราลดลง นอกจากนี้ยังได้พัฒนาแบบจำลองการเกิดฟาวลิงที่มีผลต่อสมรรถนะทางความร้อน จนกระทั่งทำให้ต้องสูญเสียพลังงานความร้อนในการเพิ่มอุณหภูมิให้กับน้ำมันดิบก่อนเข้าสู่กระบวนการหลัก พบว่าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีผลทำให้ระบบข่ายงานต้องสูญเสียพลังงานความร้อนมากที่สุดเมื่อปริมาณฟาวลิงเพิ่มสูงขึ้นคือ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน E3 และเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน E2 โดยสูญเสียพลังงานความร้อนเท่ากับ 9.30×10^7 กิโลวัตต์ และ 5.48×10^8 กิโลวัตต์ ตามลำดับที่เวลาดำเนินการต่อเนื่อง 600 วัน

ภาควิชา.....วิศวกรรมเคมี..... ลายมือชื่อนิสิต.....^๖ศรีสุขเจริญปัญญา.....
สาขาวิชา.....วิศวกรรมเคมี..... ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....^๖สุรเทพ.....
ปีการศึกษา...2553.....

5171457321 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEYWORDS : FOULING/ THERMAL EFFECT / HEAT EXCHANGER NETWORK

WARAPORN SRISUKCHAROENPANYA: STUDY OF FOULING FORMATION AND IMPACT ON THERMAL PERFORMANCE OF HEAT EXCHANGER NETWORK IN PREHEATING CRUDE OIL. THESIS ADVISOR: ASST. PROF. SOORATHEP KHEAWHOM, Ph. D., 157 pp.

246295

Heat exchangers are widely used in the oil refining industry to preheat crude oil to the temperature suitable for the refining process. After operating the heat exchanger for a certain period of time, fouling will start to accumulate on its surface. As a result, the efficiency of heat transfer in cold tube and hot tube decreases substantially.

This research is conducted to study fouling formation and the effect on the thermal performance of 19 heat exchangers network by using linear fouling model, power-law fouling model, falling-rate fouling model and asymptotic fouling model in order to compare the result with that of actual fouling which occurs in the process. The results obtained shows that 42 percent of heat exchanger network obey the falling-rate fouling model. Additionally, this research has developed the fouling model that illustrates the effect of fouling on the thermal performance which causes the loss of heat used to increase the temperature of crude oil before entering the subsequent main process. The finding indicates that heat exchanger which causes network to lose the heat at the maximum level when the fouling increases are heat exchanger E3 and E2. The loss of heat is 9.30×10^7 kW and 5.48×10^8 kW in 600 consecutive days.

Department : Chemical Engineering

Student's Signature Waraporn Srisukcharoenpanya

Field of Study : Chemical Engineering

Advisor's Signature Soorathep Kheawhom

Academic Year : 2010

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ต้องขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรเทพ เขียวหอม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ สำหรับความรู้ ความกรุณา ความช่วยเหลือ และคำแนะนำในการดำเนินงานวิจัยตลอดจนแนวทางการแก้ปัญหา อันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อนงค์นาฏ สมหวังธนโรจน์ ประธานกรรมการ อาจารย์ ดร. กษิติศ หนูทอง กรรมการ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรพล เกียรติกิตติพงษ์ กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย ที่กรุณาสละเวลาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และกรุณาให้ข้อคิดคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่เป็นแหล่งให้ศึกษา วิชาความรู้ ให้คำปรึกษา ข้อชี้แนะ เอื้อเพื่อเอกสาร และข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินงานให้แก่ผู้วิจัยจนสำเร็จการศึกษา

ขอขอบคุณผู้มีพระคุณทุกท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเพื่อนๆ พี่ๆ วิศวกรรมเคมีทุกท่าน ที่ให้ทั้งคำแนะนำ ความช่วยเหลือในทุกๆ ด้านตลอดมา

สุดท้ายนี้ผู้ทำวิจัยใคร่ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ญาติ พี่ น้อง ทุกคนที่ให้ความรัก กำลังใจ และการสนับสนุนในการศึกษามาโดยตลอด

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ฎ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ.....	ฒ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.5 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	3
1.6 ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอผลการวิจัย.....	3
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
บทที่ 3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	8
3.1 กระบวนการอุ่นน้ำมันดิบ.....	8
3.2 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน.....	9
3.3 ฟาวลิงแพกเตอร์.....	11
3.4 การถ่ายเทความร้อน.....	14
3.5 การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์.....	20
3.6 การหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม.....	24
บทที่ 4 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	28
4.1 การศึกษารูปแบบการเกิดฟาวลิงที่เหมาะสมกับขบวนการเครื่องแลกเปลี่ยน ความร้อน.....	28
4.2 การพัฒนาแบบจำลองการเกิดฟาวลิงที่มีผลต่อสมรรถนะทางความร้อน และ การเพิ่มพลังงานความร้อนให้กับระบบ.....	47

	หน้า
บทที่ 5 ผลการดำเนินการวิจัย.....	52
5.1 ผลการศึกษารูปแบบการเกิดฟาวลิงที่เหมาะสมกับข่างานเครื่องแลกเปลี่ยน ความร้อน.....	52
5.2 ผลการพัฒนาแบบจำลองการเกิดฟาวลิงที่มีผลต่อสมรรถนะทางความร้อน และการเพิ่มพลังงานความร้อนให้กับระบบ.....	116
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัย.....	141
รายการอ้างอิง.....	145
ภาคผนวก.....	147
ภาคผนวก ก: คุณสมบัติของน้ำมันดิบ.....	148
ภาคผนวก ข: การทำความสะอาดเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน.....	151
ภาคผนวก ค: การประชุมทางวิชาการ.....	156
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	157

ตารางที่ 5.19	เปรียบเทียบค่าข้อมูลจากโรงงานกับค่าจากการจำลองของเครื่อง แลกเปลี่ยนความร้อน E19.....	108
ตารางที่ 5.20	แสดงผลจากการจำลองรูปแบบการเกิดฟาวลิงเทียบระหว่างกับข้อมูล อุณหภูมิขาออกน้ำมันดิบที่ได้จากโรงงานกับค่าที่ได้จากการจำลอง.....	111
ตารางที่ 5.21	แสดงค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองที่ค่าซึ่งขึ้นกับ ส่วนประกอบสายร้อนและสายเย็นคงที่.....	132
ตารางที่ 5.22	แสดงผลจากการจำลองค่าพลังงานที่ต้องสูญเสียในระบบ กรณีที่ กำหนดให้ลดค่าคงเวลาการเกิดฟาวลิง 10 เปอร์เซ็นต์.....	133
ตารางที่ 5.23	แสดงค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองที่ค่าเวลาการเกิด ฟาวลิงคงที่.....	136
ตารางที่ 5.24	แสดงผลจากการจำลองค่าพลังงานที่ต้องสูญเสียในระบบ กรณีที่ กำหนดให้เพิ่มค่าที่ซึ่งขึ้นกับส่วนประกอบสายร้อนสายเย็น 10 เปอร์เซ็นต์..	137

สารบัญญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 3.1	แผนภาพถ่ายภาพงานเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนในกระบวนการอุ่นน้ำมันดิบ... 9
ภาพที่ 3.2	เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเซชล์และท่อ..... 10
ภาพที่ 3.3	แสดงทิศทางการแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเซชล์และท่อ..... 10
ภาพที่ 3.4	การแลกเปลี่ยนความร้อนแบบสองกลับ..... 11
ภาพที่ 3.5	การเกิดฟาวลิงบนเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเซชล์และท่อ..... 12
ภาพที่ 3.6	ลักษณะการถ่ายเทอุณหภูมิ (ก) ไหลแบบขนาน (ข) ไหลแบบสวนทาง..... 16
ภาพที่ 3.7	ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนรวม..... 18
ภาพที่ 3.8	ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน..... 19
ภาพที่ 3.9	แผนผังขั้นตอนการนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการวิจัย..... 21
ภาพที่ 3.10	แผนภาพการแลกเปลี่ยนความร้อนส่วนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน E1.. 22
ภาพที่ 4.1	แผนภาพแสดงถ่ายภาพงานเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน..... 29
ภาพที่ 4.2	อุณหภูมิสายเย็นขาเข้าของถ่ายภาพงานเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (E1-E19)... 37
ภาพที่ 4.3	อุณหภูมิสายร้อนขาเข้าของถ่ายภาพงานเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (E1-E19)... 38
ภาพที่ 4.4	แผนภาพกระบวนการหลัก 3 กระบวนการในถ่ายภาพงานแลกเปลี่ยนความร้อน.. 48
ภาพที่ 5.1	กราฟแสดงอุณหภูมิขาออกสายน้ำมันดิบผลิตภัณฑ์ของเครื่องแลกเปลี่ยน ความร้อน E1 เปรียบเทียบระหว่างข้อมูลในโรงงานกับผลการจำลอง..... 53
ภาพที่ 5.2	กราฟแสดงอุณหภูมิขาออกสายน้ำมันดิบผลิตภัณฑ์ของเครื่องแลกเปลี่ยน ความร้อน E2 เปรียบเทียบระหว่างข้อมูลในโรงงานกับผลการจำลอง..... 56
ภาพที่ 5.3	กราฟแสดงอุณหภูมิขาออกสายน้ำมันดิบผลิตภัณฑ์ของเครื่องแลกเปลี่ยน ความร้อน E3 เปรียบเทียบระหว่างข้อมูลในโรงงานกับผลการจำลอง..... 58
ภาพที่ 5.4	กราฟแสดงอุณหภูมิขาออกสายน้ำมันดิบผลิตภัณฑ์ของเครื่องแลกเปลี่ยน ความร้อน E4 เปรียบเทียบระหว่างข้อมูลในโรงงานกับผลการจำลอง..... 61
ภาพที่ 5.5	กราฟแสดงอุณหภูมิขาออกสายน้ำมันดิบผลิตภัณฑ์ของเครื่องแลกเปลี่ยน ความร้อน E5 เปรียบเทียบระหว่างข้อมูลในโรงงานกับผลการจำลอง..... 64
ภาพที่ 5.6	กราฟแสดงอุณหภูมิขาออกสายน้ำมันดิบผลิตภัณฑ์ของเครื่องแลกเปลี่ยน ความร้อน E6 เปรียบเทียบระหว่างข้อมูลในโรงงานกับผลการจำลอง..... 67
ภาพที่ 5.7	กราฟแสดงอุณหภูมิขาออกสายน้ำมันดิบผลิตภัณฑ์ของเครื่องแลกเปลี่ยน ความร้อน E7 เปรียบเทียบระหว่างข้อมูลในโรงงานกับผลการจำลอง..... 70

	หน้า
ภาพที่ 5.22 กราฟแสดงค่าพลังงานความร้อนที่สูญเสียในข่ายงาน เมื่อเพิ่มค่าที่ซึ่งขึ้นกับ ส่วนประกอบของสยร้อนและสายเย็นขึ้น 10 เปอร์เซ็นต์.....	138
ภาพที่ 5.23 กราฟแสดงค่าพลังงานความร้อนที่สูญเสียในข่ายงาน เมื่อเพิ่มค่าที่ซึ่งขึ้นกับ ส่วนประกอบของสยร้อนและสายเย็นขึ้นทุกๆ 1 เปอร์เซ็นต์.....	139

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

คำอธิบายสัญลักษณ์

ตัวแปร	ความหมาย	หน่วย
A	พื้นที่การถ่ายเทความร้อน	m^2
$C_{p,c}$	ค่าความจุความร้อนของสายเย็น	$kJ/kg^\circ C$
$C_{p,h}$	ค่าความจุความร้อนของสายร้อน	$kJ/kg^\circ C$
F_c	อัตราการไหลของสายเย็น	kg/s
F_h	อัตราการไหลของสายร้อน	kg/s
h_i	ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนภายใน	$W/m^2^\circ C$
h_o	ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนภายนอก	$W/m^2^\circ C$
\dot{m}	อัตราการไหลเชิงมวล	kg/s
n	ค่าคงที่ซึ่งขึ้นกับส่วนประกอบของสายร้อนและสายเย็น	-
Q	การถ่ายเทความร้อน	kW
$R_{f,c}$	ค่าคงที่ของการเกิดฟาวลิง	$m^2^\circ C/W$
$R_{f(t)}$	ค่าการเกิดฟาวลิงที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา	$m^2^\circ C/W$
t	เวลา	day
$t_{p,c}$	ค่าคงที่ของเวลาในการเกิดฟาวลิง	day
$T_{c,in}$	อุณหภูมิสายเย็นขาเข้า	$^\circ C$
$T_{c,out}$	อุณหภูมิสายเย็นขาออก	$^\circ C$
$T_{h,in}$	อุณหภูมิสายร้อนขาเข้า	$^\circ C$
$T_{h,out}$	อุณหภูมิสายร้อนขาออก	$^\circ C$
U	ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม	$W/m^2^\circ C$
U_c	ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมที่เริ่มต้น	$W/m^2^\circ C$
$U_{(t)}$	ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา	$W/m^2^\circ C$
ΔT	ค่าต่างอุณหภูมิ	$^\circ C$
ΔT_{lm}	ค่าผลต่างอุณหภูมิเฉลี่ยลอการิทึม	$^\circ C$

คำอธิบายคำย่อ

ตัวแปร	ความหมาย	หน่วย
N	จำนวนค่าการเทียบทั้งหมด	-
$predict$	ค่าที่ได้จากข้อมูลโรงงาน	-
obs	ค่าที่ได้จากการจำลอง	-
$RMSE$	ค่าความคลาดเคลื่อนผลต่างกำลังสอง	-