แบบจำลองหน่วยกำจัดกำมะถันโดยใช้ไฮโดรเจนของน้ำมันมิดเดิลดิสทิลเลท

นางสาวนิตยา บุญฤทธิ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2546
ISBN 974-17-4782-9
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

REACTOR MODEL FOR MIDDLE DISTILLATED VIA HYDRO-DESULFURIZATION UNIT

NITTAYA BOONYARIT

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering in Chemical Engineering

Department of Chemical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2003

ISBN 974-17-4782-9

หัวข้อวิทยานิพนธ์	แบบจำลองหน่วยกำจัดกำมะถันโดยใช้ไฮโดรเจนของน้ำมันมิดเดิลดิสทิลเลท
โดย	นางสาวนิตยา บุญฤทธิ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมเคมี
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.ธราธร มงคลศรี
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม (ถ้ามี)	นายสนกล้า พรพิศวนันท์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัลย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.อุรา ปานเจริญ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.ธราธร มงคลศรี)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(นายสนกล้า พรพิศวนันท์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ มล.ดร.ศุภกนก ทองใหญ่)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.สุพจน์ พัฒนะศรี)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นิตยา บุญฤทธิ์ : แบบจำลองหน่วยกำจัดกำมะถันโดยใช้ไฮโดรเจนของน้ำมันมิดเดิลดิสทิเลท. (Reactor Model for Middle Distillated via Hydro-desulfurization Unit) อ. ที่ปรึกษา : รศ.ดร.ธราธร มงคลศรี, อ.ที่ปรึกษาร่วม: นายสนกล้า พรพิศวนันท์ 61 หน้า. ISBN 974-17-4782-9.

ในกระบวนการกำจัดกำมะถันจากน้ำมันมิดเดิลดิสทิลเลทนั้น ตัวแปรในกระบวนการผลิตที่สำคัญคือปริมาณกำมะถันที่มีในน้ำมันมิดเดิลดิสทิลเลทที่เป็นสารป้อน เมื่อปริมาณกำมะถันในสารป้อนเปลี่ยนไป อุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์จะต้องถูกปรับตามไปด้วยเพื่อรักษาให้ปริมาณกำมะถันในผลิตภัณฑ์อยู่ในค่ามาตรฐานที่กำหนดตลอดเวลา ถ้าเราสามารถทำนายอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์ล่วงหน้าได้ จะทำให้การปรับอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์แม่นยำขึ้นและทำให้ปริมาณกำมะถันในผลิตภัณฑ์มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่กำหนดมากขึ้น ซึ่งจะช่วยลดค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการมีปริมาณกำมะถันในผลิตภัณฑ์สูงเกินค่าที่กำหนดและต่ำกว่าค่าที่กำหนด

สมการคณิตศาสตร์ที่หาได้ในการศึกษานี้มีส่วนประกอบหลัก 2 ส่วนคือ ส่วนของสมการทางจลน์ศาสตร์ที่หาได้จากทฤษฎี และส่วนของสมการตัวแปรแก้ไขซึ่งได้จากข้อมูลของกระบวนการผลิต โดยสมการของตัวแปรแก้ไขที่หาได้เป็นสมการเส้นตรงที่มีตัวแปรขึ้นอยู่กับปริมาณกำมะถันในสารป้อน ช่วงจุดเดือดของสารป้อน และระยะเวลาการใช้งานของตัวเร่งปฏิกิริยา สมการใหม่ที่ได้สามารถทำนายค่าอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์ล่วงหน้าเมื่อทราบคุณสมบัติของสารป้อน โดยค่าอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์ที่ทำนายได้นี้มีค่าคลาดเคลื่อนจากอุณหภูมิจริงอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ และเมื่อนำสมการมาทำนายค่าปริมาณกำมะถันในสารผลิตภัณฑ์ ค่าปริมาณกำมะถันที่ทำนายได้มีค่าคลาดเคลื่อนจากปริมาณกำมะถันจริงอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา 2546 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4371436021 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEY WORD: MIDDDLE DISTILLATED / HYDRO-DESULFURIZATION / REACTOR MODEL / DIESEL / GAS OIL

NITTAYA BOONYARIT : REACTOR MODEL FOR MIDDLE DISTILLATED VIA HYDRO-DESULFURIZTION UNIT. THESIS ADVISOR: ASSOCIATED PROFRESSOR THARATHON MONGKOLSRI, THESIS COADVISOR : MR. SONKLA PORPISSAWANUN, 61 pp. ISBN 974-17-4782-9.

For Hydro-desulfuriztion process, sulphur content in feed stock or in middle distillated is the most important parameter that effect the operating parameter of the unit.. When sulphur content in feed stock is changed, the reactor temperature has to be adjusted to maintain the same sulphur content in gas oil product. If there is a model to predict the reactor temperature, as well as sulphur content in product, the temperature of the reactor will be steady and close to the desired value, also sulphur content in product will be close to the operating target. The closer of sulphur content to operating target, the lower of loss from both product out of specification and from product giveaway.

Mathematic model from this study compose of 2 parts, the first part is the kinetic equation from theory and the second part is the correction equation that found from the operating condition of hydro-desulfurization unit. The correction equation is a linear equation, sulphur content in feed, boiling range of feed and life of catalyst are the parameter on this correction equation. This mathematic model can predict the reactor temperature when know the feed properties, the predicted reactor temperature gives a value in the acceptable range. Also this mathematic model can predict sulphur content in product, the predicted sulphur value are in acceptable range.

Department Chemical Engineering Student's signature.....

Field of study Chemical Engineering..... Advisor's signature.....

Academic year 2003 Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับการสนับสนุนอย่างดีจากบุคคลหลายท่าน ผู้เขียนขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ธราธร มงคลศรี (อาจารย์ที่ปรึกษา) สำหรับคำปรึกษาและการแนะนำแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.อุรา ปานเจริญ ที่ให้เกียรติเป็นประธานกรรมการสอบ ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มล.ศุภกนก ทองใหญ่ และ ดร.สุพจน์ พัฒนาศรี ที่ให้เกียรติเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ขอขอบพระคุณ คุณสนกล้า พรพิศวนันท์ (ที่ปรึกษาร่วม) รวมทั้งบริษัทอัลลายแอนซ์รีไฟนิ่ง จำกัด ที่ให้ข้อมูลในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

บทที่ หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญภาพ..... ญ

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 9

1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 9

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 9

บทที่ 2 การกำจัดกำมะถันในน้ำมันมิดเดิลดิสทิลเลท

2.1 แนวคิดและทฤษฎี..... 10

2.2 ตัวแปรในกระบวนการผลิตที่มีผลต่อปฏิกิริยาการกำจัดกำมะถัน..... 16

2.3 จลศาสตร์ของปฏิกิริยาการกำจัดกำมะถัน..... 22

บทที่ 3 วิธีการหาแบบจำลองหน่วยกำจัดกำมะถันโดยใช้ไฮโดรเจนของน้ำมันมิดเดิลดิสทิลเลท

3.1 วิธีการที่ใช้ในการทำวิจัย..... 28

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล..... 29

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลและการหาสมการทางคณิตศาสตร์ของแบบจำลอง..... 34

4.2 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองที่หาได้กับข้อมูลจริงของหน่วยกำจัดกำมะถัน..... 39

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย..... 43

5.2 ข้อเสนอแนะ..... 43

รายการอ้างอิง..... 45

ภาคผนวก..... 46

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 61

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

บทที่ หน้า

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างของผู้ผลิตตัวเร่งปฏิกิริยาสำหรับกระบวนการกำจัดกำมะถัน..... 20
ตารางที่ 2.2 ค่าตัวแปรทางจลศาสตร์ที่ใช้ในสมการจลศาสตร์สำหรับ Trickle flow reaction. 27
ตารางที่ 3.1 ข้อมูลของหน่วยกำจัดกำมะถันโดยใช้ไฮโดรเจนของน้ำมันมิดเดิลดิสทิลเลทที่ใช้ในการศึกษา..... 30

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ หน้า

ภาพที่ 1.1 กระบวนการกลั่นน้ำมัน..... 4
ภาพที่ 1.2 กระบวนการกำจัดกำมะถัน..... 6
ภาพที่ 3.1 ขอบเขตของการศึกษาและเก็บข้อมูล..... 33
ภาพที่ 4.1 ผลของปริมาณกำมะถันในสารป้อนที่มีต่ออัตราส่วนที่แตกต่างกันของสมการทั้งสองฝั่ง..... 36
ภาพที่ 4.2 ผลของช่วงการกลั่นของสารป้อนที่มีผลกับ “อัตราส่วนที่แตกต่าง” กันระหว่างสมการฝั่งซ้ายต่อสมการฝั่งขวา..... 37
ภาพที่ 4.3 อุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์ที่ทำนายได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากอุณหภูมิที่ได้จากข้อมูลของหน่วยผลิต..... 40
ภาพที่ 4.4 ความแตกต่างของอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์ที่ทำนายได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับที่ได้กับอุณหภูมิที่ได้จากข้อมูลของหน่วยผลิต..... 41
ภาพที่ 4.5 ความแตกต่างของปริมาณกำมะถันในผลิตภัณฑ์ที่ทำนายได้กับปริมาณจริงที่ได้จากการข้อมูลของกระบวนการผลิต..... 42

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สัญลักษณ์และคำย่อ

Ea	คือ	พลังงานกระตุ้น (activation Energy) kcal/kmol
F	คือ	แฟกเตอร์ของชนิดของสารป้อน (Feed Stock Factor)
K	คือ	ค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยา (Rate Constant) ton/m^3 hr
k_0	คือ	ค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยา (Rate Constant) ton/m^3 hr
M	คือ	แฟกเตอร์ของช่วงของการกลั่นของสารป้อน (Boiling Range Factor)
N	คือ	อันดับของการเกิดปฏิกิริยา (Reaction Order)
P	คือ	รากที่สองของความดันย่อยของไฮโดรเจน (Square Root of Hydrogen Partial Pressure) (Bar)
R	คือ	ค่าคงที่ของแก๊ส (Gas Constant) มีค่า 1.987 kcal/kmol/K
RIT	คือ	อุณหภูมิขาเข้าของเครื่องปฏิกรณ์ (Reactor inlet temperature) องศาเซลเซียส
ROT	คือ	อุณหภูมิขาออกของเครื่องปฏิกรณ์ (Reactor outlet temperature) องศาเซลเซียส
Sf	คือ	ปริมาณกำมะถันในสารป้อน (Sulphur Content in Feed) %wt
Sp	คือ	ปริมาณกำมะถันในผลิตภัณฑ์ (Sulphur Content in Product) %wt
T	คือ	อุณหภูมิเฉลี่ยของเครื่องปฏิกรณ์ (Average Bed Temperature) K ในการศึกษาคือ WABT
T_B	คือ	จุดเดือดเฉลี่ยโดยโมลของน้ำมัน (Average Molar Boiling Point) K
WABT	คือ	อุณหภูมิเฉลี่ยตามน้ำหนัก (Weight Average Bed Temperature) K
WHSV	คือ	Weight Hourly Space Velocity (ton/m^3 of catalyst hr)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย