ภาคผนวก 2-2

กระบวนการผลิต

2.6 กระบวนการผลิต

การผลิตโพรพิลีนของโครงการมีการใช้โพรเพนที่รับมาจากโรงแยกก๊าซธรรมชาติเป็นวัตถุดิบผ่านกระบวนการ Propane Dehydrogenation (PDH) หรือ Catalytic Dehydrogenation ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์หลัก ได้แก่ สารโพรพิลีนที่มีความบริสุทธิ์สูง สามารถนำไปใช้งานในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้อย่างหลายหลาก เช่น นำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเม็ดพลาสติกที่มีคุณภาพสูง เป็นต้น ทั้งนี้ ในการเปลี่ยนแปลงรายละเอียดโครงการครั้งนี้เป็นการขอเปลี่ยนแปลงรายละเอียดท่อขนส่งโพรพิลีนจากโครงการไปยังโรงงานผลิตเม็ดพลาสติกโพลีโพรพิลีน (PP) เปลี่ยนแปลงรายละเอียดท่อขนส่งโมโนเมอร์ที่นำกลับมาใช้ใหม่ (Liquid Recycle) จากโรงงานผลิตเม็ดพลาสติกโพลีโพรพิลีน (PP) ส่งมายังโครงการ ปรับเปลี่ยนมาตรวัดของท่อขนส่งโมโนเมอร์ที่นำกลับมาใช้ใหม่ และเปลี่ยนขนาดใบพัดของปั๊มโพรพิลีนให้มีขนาดใหญ่มากขึ้น เพื่อเพิ่มแรงดันในระบบ ซึ่งการดำเนินการดังกล่าวไม่ได้ส่งผลให้กระบวนการผลิตของโครงการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมแต่อย่างใด

2.6.1 กระบวนการผลิตโพรพิลีน

กระบวนการผลิตโพรพิลีนแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ หน่วยเตรียมวัตถุดิบ (Feed Treatment Section) หน่วยปฏิกิริยา Propane Dehydrogenation (PDH Reactor Section) และหน่วยปรับปรุงผลิตภัณฑ์ (Product Treatment Section; PTS) ซึ่งดุลมวลการผลิตก่อนและหลังการเปลี่ยนแปลงฯ แสดงดัง**รูปที่ 2.6.1-1** และ**รูปที่ 2.6.1-2**

(1) หน่วยเตรียมวัตถุดิบ (Feed Treatment Section)

หน่วยเตรียมวัตถุดิบ เป็นการเตรียมสารตั้งต้น (โพรเพน) ให้บริสุทธิ์โดยการแยกสารประกอบไนโตรเจน โลหะหนัก น้ำ และสารประกอบคาร์บอนที่หนักกว่าโพรเพนออก อีกทั้งเป็นการปรับสภาพหรือสภาวะของโพรเพนให้เหมาะสมก่อนป้อนเข้าสู่ถังปฏิกิริยา PDH ดังแสดงใน**รูปที่ 2.6.1-3**

1) ขั้นตอนการแยกไนโตรเจนและโลหะหนักออกจากโพรเพน

ขั้นตอนเริ่มจากลำเลียงโพรเพนจากถังเก็บกักเข้าสู่ถังดูดซับไนโตรเจนและโลหะหนัก (หรือเรียกว่า Feed Guard Beds) จำนวน 2 ถัง ภายในถังบรรจุเรซิ่นเพื่อใช้เป็นสารดูดซับสารประกอบไนโตรเจนและโลหะหนักแยกออกจากโพรเพน ซึ่งในสภาวะปกติจะเดินระบบต่อเนื่องทั้ง 2 ถัง โดยที่เรซิ่นดังกล่าวมีอายุใช้งานประมาณ 4 ปี อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่ต้องการเปลี่ยนเรซิ่นจะสลับกันเปลี่ยนครั้งละ 1 ถัง เท่านั้น ซึ่งถังดูดซับแต่ละถังถูกออกแบบให้มีประสิทธิภาพในการดูดซับไนโตรเจนและโลหะหนักได้อย่างเพียงพอแม้จะเดินระบบเพียงถังเดียวก็ตาม โดยโพรเพนที่ได้จะถูกส่งไปยังขั้นตอนต่อไป

หน่วย : ตัน/ปี

Recycle Propane 674,685.35

Fresh Catalyst 5.48
Condensate 12,509.28
Caustic 10 % 731.46
Cl_2 47.30
$NaHSO_3$ 145.64
N_2 (Liquid) 867.24
Air 4,528.92

Continuous Catalyst Regeneration (CCR)

Fines Catalyst 5.66
ระบายออกสู่บรรยากาศ 5,431.20
น้ำเสียปนเปื้อนด่าง 13,359.22
N_2 to Fired Heater 245.28
(เป็นเชื้อเพลิง)

Spent Catalyst from Rx4 to CCR 6,162.85

Regenerated Catalyst 5,956.80

Condensate 2,952.12
Caustic 10 % 3,351.58
DMDS 210.24
N_2 (Gas) 814.68
Dispersant 78.84
Recycle Monomer (Gas) from HMC 3 234.33
Propane 1,063,696.14

PDH Reactor Section

N_2 to Fired Heater 167.35
(เป็นเชื้อเพลิง)
Propylene 1,039,771.35
(Mixed Hydrocarbon)
Spent Sulfide Caustic 6,446.82

Recycle Monomer (Liquid) from HMC 3 547.50

Product Treatment Section (PTS)

Propylene Off Spec. 100
Ethane 36,552.20
Propylene Product 329,132.91

Propane 404,673.68

Feed Treatment Section

Heavy Residue 3,468.96

Excess Fuel Gas to FGS 13,499.16

Heavy Residue $C4^+$ Tank

Heavy Residue 78.84

Heavy Residue (by Product) 3,547.80

Condensate 7,665.00
Caustic 10 % 3,249.96
Steam 1,611.84
Air 11,650.80

Spent Caustic Treatment Unit (SCTU)

น้ำเสียปนเปื้อนด่าง 17,160.30

Wet Air to Fired Heater 13,464.12

Natural Gas to FGS 1,037.18

Fuel Gas System

Hydrogen Rich from Red Regen to FGS 23,310.69

Excess Fuel Gas to Fired Heater 30,493.56

Natural Gas to Flare Pilot 29.78

Natural Gas to Fired Heater Pilot 1,007.40

Excess Fuel Gas (by Product) 6,316.29

Hydrogen Tail to Depropanizer Bottom Stripper 1,305.24

Hydrogen Rich to PSA 7,919.04

Hydrogen Purification PSA Unit

Hydrogen Pure to SHP 51.60

Hydrogen Pure to Catalyst Tranfer 474.00
Hydrogen Pure to Oleflex Reactor Loop 3,057.24
Hydrogen Tail to RED Regen 3,030.96

หมายเหตุ : กำลังการผลิตในหน่วย ตัน/ปี ก่อนและภายหลังการเปลี่ยนแปลงฯ เท่ากัน

= มลพิษทางอากาศ
= น้ำเสีย
= ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเฉพาะในช่วงที่มีความผิดปกติ หรือช่วง Shutdown Turnaround เท่านั้น และไม่นำมาคำนวณในดุลมวลสาร

การคำนวณ
กำลังการผลิตต่อปี / (8,760/24) = กำลังการผลิตต่อวัน

รูปที่ 2.6.1-1 ดุลมวลการผลิตก่อนและหลังการเปลี่ยนแปลงฯ ในหน่วย ตัน/ปี

หน่วย : ตัน/วัน

Recycle Propane 1,848.45

Fresh Catalyst 0.02
Condensate 34.27
Caustic 10 % 2.00
Cl_2 0.13
$NaHSO_3$ 0.40
N_2 (Liquid) 2.38
Air 12.41

Continuous Catalyst Regeneration (CCR)

Fines Catalyst 0.02
ระบายออกสู่บรรยากาศ 14.88
น้ำเสียปนเปื้อนด่าง 36.60
N_2 to Fired Heater (เป็นเชื้อเพลิง) 0.67

Spent Catalyst from Rx4 to CCR 16.88

Regenerated Catalyst 16.32

Condensate 8.09
Caustic 10 % 9.18
DMDS 0.57
N_2 (Gas) 2.23
Dispersant 0.21
Recycle Monomer (Gas) from HMC 3 0.64

PDH Reactor Section

N_2 to Fired Heater (เป็นเชื้อเพลิง) 0.46
Propylene (Mixed Hydrocarbon) 2,848.68
Spent Sulfide Caustic 17.66

Recycle Monomer (Liquid) from HMC 3 1.50

Propane 1,108.69

Feed Treatment Section

Propane 2,914.24

Heavy Residue 9.50

Heavy Residue $C4^+$ Tank

Heavy Residue 0.22

Heavy Residue (by Product) 9.72

Excess Fuel Gas to FGS 36.98

Product Treatment Section (PTS)

Propylene Off Spec. 100
Ethane 100.14
Propylene Product 901.73

Condensate 21.00
Caustic 10 % 8.90
Steam 4.42
Air 31.92

Spent Caustic Treatment Unit (SCTU)

น้ำเสียปนเปื้อนด่าง 47.01

Wet Air to Fired Heater 36.89

Hydrogen Pure to Catalyst Tranfer 1.30
Hydrogen Pure to Oleflex Reactor Loop 8.38
Hydrogen Tail to RED Regen 8.30

Natural Gas to FGS 2.84

Fuel Gas System

Hydrogen Rich from Red Regen to FGS 63.86

Hydrogen Rich to PSA 21.70

Excess Fuel Gas to Fired Heater 83.54

Natural Gas to Flare Pilot 0.08

Excess Fuel Gas (by Product) 17.30

Natural Gas to Fired Heater Pilot 2.76

Hydrogen Tail to Depropanizer Bottom Stripper 3.58

Hydrogen Purification PSA Unit

Hydrogen Pure to SHP 0.14

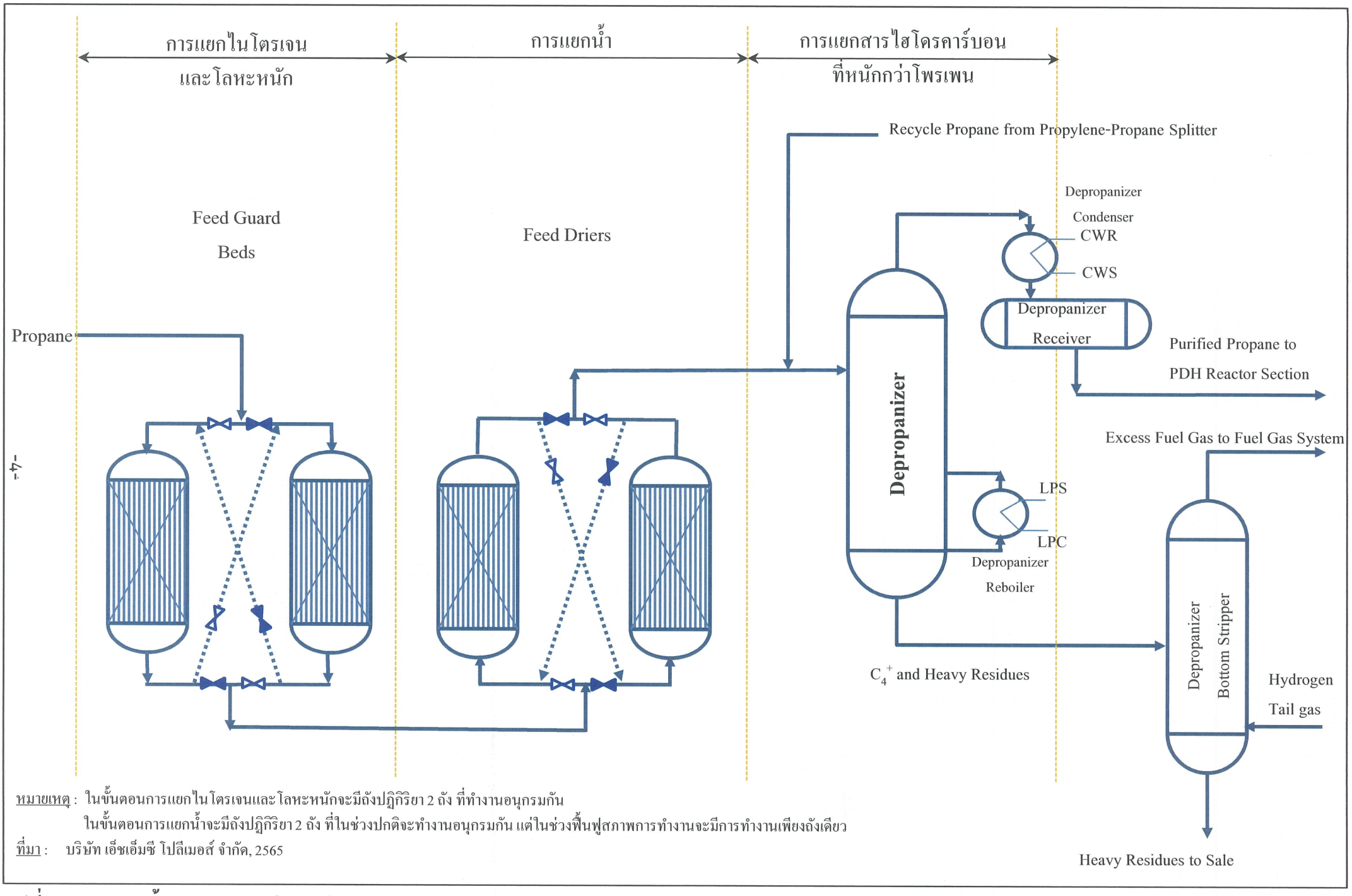
หมายเหตุ : กำลังการผลิตในหน่วยตัน/วัน ก่อนและภายหลังการเปลี่ยนแปลงฯ เท่ากัน

= มลพิษทางอากาศ
= น้ำเสีย
= ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเฉพาะในช่วงที่มีความผิดปกติ หรือช่วง Shutdown Turnaround เท่านั้น และไม่นำมาคำนวณในดุลมวลสาร

การคำนวณ

กำลังการผลิตต่อวัน x (8,760/24) = กำลังการผลิตต่อปี

รูปที่ 2.6.1-2 ดุลมวลการผลิตก่อนและหลังการเปลี่ยนแปลงฯ ในหน่วย ตัน/วัน



หมายเหตุ : ในขั้นตอนการแยกไนโตรเจนและโลหะหนักจะมีถังปฏิกิริยา 2 ถัง ที่ทำงานอนุกรมกัน
ในขั้นตอนการแยกน้ำจะมีถังปฏิกิริยา 2 ถัง ที่ในช่วงปกติจะทำงานอนุกรมกัน แต่ในช่วงฟื้นฟูสภาพการทำงานจะมีการทำงานเพียงถังเดียว

ที่มา : บริษัท เอ็ชเอ็มซี โปลีเมอส์ จำกัด, 2565

รูปที่ 2.6.1-3 ผังขั้นตอนของหน่วยเตรียมวัตถุดิบ (Feed Treatment Section)

2) การแยกน้ำออกจากโพรเพน

โพรเพนที่ถูกแยกไนโตรเจนและโลหะหนักออกแล้วจะถูกป้อนเข้าสู่ถังดูดซับน้ำ (หรือเรียกว่า Feed Driers) จำนวน 2 ถัง ซึ่งภายในบรรจุสารดูดซับโมลิกูล่าซีฟเพื่อดูดซับน้ำแยกออกจากโพรเพน โดยที่ในสภาวะปกติจะทำงานทั้งสองถัง แต่เมื่อมีการฟื้นฟูสภาพของสารดูดซับ ประมาณ 1 ครั้ง/เดือน ระบบจะทำงานเพียงถังเดียวโดยที่ไม่ต้องหยุดกระบวนการผลิต ซึ่งถังดูดซับน้ำแต่ละถังถูกออกแบบให้มีประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำได้อย่างเพียงพอแม้จะเดินระบบเพียงถังเดียว โดยโพรเพนที่แยกน้ำออกแล้วจะถูกส่งไปยังขั้นตอนต่อไป

3) การแยกสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่หนักกว่าสารโพรเพนออก

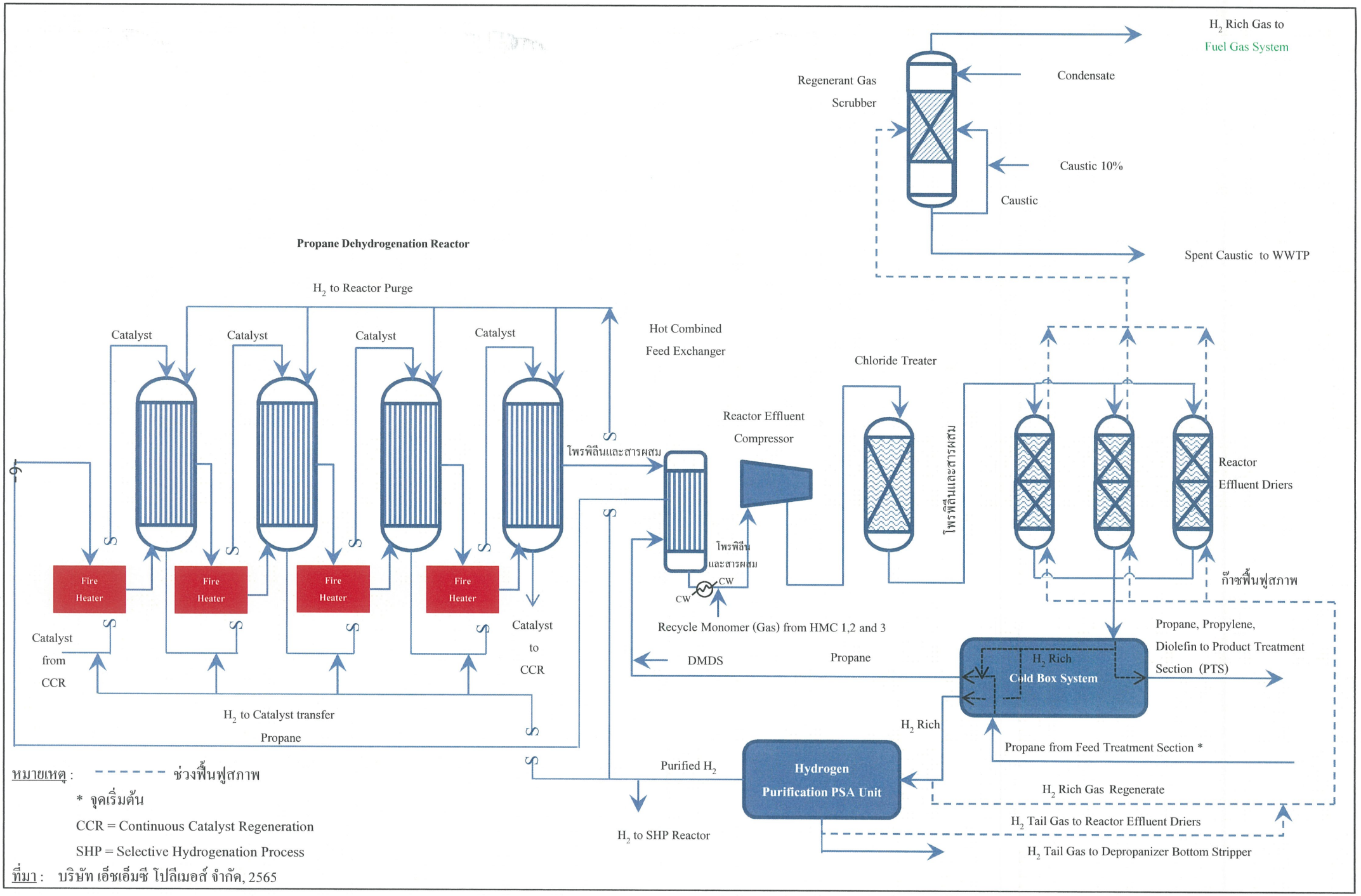
โพรเพนที่ผ่านการแยกน้ำออกแล้วรวมทั้ง Recycle Propane จาก Propylene-Propane Splitter จะถูกป้อนเข้าสู่หอแยกสารไฮโดรคาร์บอนที่หนักกว่าโพรเพนออก (หรือเรียกว่า Depropanizer) โดยโพรเพนจะถูกแยกออกทางด้านบนของหอก่อนป้อนเข้าสู่ขั้นตอนทำปฏิกิริยา PDH ต่อไป ส่วนสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่หนักกว่าโพรเพน (C4+ and Heavy Residues) เช่น บิวเทน เป็นต้น จะถูกแยกออกทางด้านล่างของหอ ก่อนป้อนเข้าสู่หอแยกก๊าซเชื้อเพลิงหรือเรียกว่า "Depropanizer Bottom Stripper" เพื่อแยกก๊าซเชื้อเพลิง (Fuel Gas) โดยทำการป้อน Hydrogen Tail Gas เข้าด้านล่างเพื่อพาสารประกอบไฮโดรคาร์บอนตัวเบาออกจาก Heavy Residues ทางด้านบนของหอแยกก๊าซเชื้อเพลิง จากนั้นก๊าซเชื้อเพลิงที่แยกได้บางส่วนจะถูกนำไปใช้ในกระบวนการผลิต และบางส่วนจะส่งจำหน่ายทางระบบท่อขนส่งต่อไป สำหรับ Heavy Residues ที่ถูกแยกออกมาทางด้านล่างหอ ซึ่งเรียกว่า สารประกอบคาร์บอนตั้งแต่ 4 อะตอมขึ้นไป จัดเป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้ของโครงการจะถูกรวบรวมเข้าสู่ถังเก็บกักก่อนจำหน่ายให้กับลูกค้าต่อไป

(2) หน่วยปฏิกิริยา Propane Dehydrogenation (PDH) (Reactor Section)

หน่วยปฏิกิริยา Propane Dehydrogenation เป็นขั้นตอนหลักที่เปลี่ยนรูปโพรเพนให้กลายเป็นโพรพิลีน ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ การเพิ่มอุณหภูมิโพรเพนก่อนป้อนเข้าถังปฏิกิริยา การทำปฏิกิริยา Propane Dehydrogenation การแยกสิ่งเจือปนออกจากโพรพิลีน และสารผสม การทำไฮโดรเจนให้บริสุทธิ์ (**รูปที่ 2.6.1-4**) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) การเพิ่มอุณหภูมิโพรเพนก่อนป้อนเข้าถังปฏิกิริยา

โพรเพนที่ผ่านหน่วยเตรียมวัตถุดิบมาแล้วจะถูกเพิ่มอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 600-650 องศาเซลเซียส และลดความดันให้อยู่ในช่วง 2-4 บาร์ เพื่อเปลี่ยนสถานะโพรเพนจากของเหลวให้กลายเป็นไอด้วยเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Cold Box System) โดยสารโพรเพนจะถูกแลกเปลี่ยนความร้อนกับสารโพรพิลีนและสารผสมที่ออกจาก Reactor Effluent Driers หลังจากนั้นโพรเพนที่ถูกแลกเปลี่ยนความร้อนแล้วจะมีการเติมสารไดเมทิลไดซัลไฟด์เพื่อป้องกันไม่ให้ Coke ที่เกิดจากปฏิกิริยาการแตกตัว (Cracking)



รูปที่ 2.6.1-4 ผังขั้นตอนของหน่วยปฏิกิริยา Propane Dehydrogenation (PDH) (Reactor Section)

ของสารโพรเพนเกาะกับวัสดุของถังปฏิกิริยา ซึ่งจะทำให้ถังปฏิกิริยาชำรุดเสียหายได้ ก่อนส่งเข้าไปยังเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Hot Combined Feed Exchanger) เพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับสารโพรพิลีนและสารผสมที่ออกจากถังปฏิกิริยา Propane Dehydrogenation Reactor อีกครั้งหนึ่ง หลังจากนั้นโพรเพนที่ถูกแลกเปลี่ยนความร้อนจะถูกส่งเข้า Fire Heater เพื่อเพิ่มความร้อนก่อนป้อนเข้าสู่ถังปฏิกิริยา Propane Dehydrogenation Reactor ต่อไป สำหรับการเพิ่มอุณหภูมิด้วยเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Cold Box System) และเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Hot Combined Feed Exchanger) จะใช้เทคนิคการถ่ายเทความร้อนจากผลิตภัณฑ์โพรพิลีนให้กับโพรเพน ซึ่งทำให้สามารถลดการใช้พลังงานจากภายนอก อีกทั้ง ยังทำให้ลดการใช้น้ำหล่อเย็นเพื่อควบคุมอุณหภูมิของสารผลิตภัณฑ์ได้อีกด้วย ในส่วนของ Fire Heater จะใช้เชื้อเพลิงจากก๊าซเชื้อเพลิงซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้ของโครงการ

2) การทำปฏิกิริยา Propane Dehydrogenation

โพรเพนที่ถูกเพิ่มอุณหภูมิให้เท่ากับ 600-650 องศาเซลเซียสแล้ว จะถูกป้อนเข้าสู่ถังปฏิกิริยา Propane Dehydrogenation จำนวน 4 ชุด ซึ่งวางต่อกันแบบอนุกรม สารผสมของโพรเพนจะถูกป้อนเข้าทางด้านล่างของถัง ในขณะที่สารเร่งปฏิกิริยาจะถูกป้อนเข้าทางด้านบนของถังและไหลลงตามแรงโน้มถ่วงของโลก เมื่อโพรเพนสัมผัสกับสารเร่งปฏิกิริยาจะเกิดปฏิกิริยา Propane Dehydrogenation ที่อุณหภูมิ 600-650 องศาเซลเซียส และความดัน 0.05-4.0 บาร์-เกจ และได้โพรพิลีนและก๊าซไฮโดรเจนเป็นผลิตภัณฑ์โดยส่วนใหญ่ ดังสมการที่ (1) อย่างไรก็ตาม มีการป้อนก๊าซไฮโดรเจนบางส่วน (ที่ได้จากกระบวนการผลิตเอง) เข้าสู่ถังปฏิกิริยาด้วย ทั้งนี้ เพื่อควบคุมการเกิดปฏิกิริยา Propane Dehydrogenation ให้มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุด

$$\underset{\text{Propane}}{C_3H_8\,(gas)} \xrightarrow{\text{Catalyst} + H_2} \underset{\text{Propylene}}{C_3H_6\,(gas)} + \underset{\text{Hydrogen}}{H_2\,(gas)} \qquad \text{---------- (1)}$$

ผลจากปฏิกิริยา Propane Dehydrogenation จะได้โพรพิลีนและก๊าซไฮโดรเจน (Hydrogen Rich) เป็นผลิตภัณฑ์หลัก โดยโพรพิลีนที่ได้อาจจะมีการปนเปื้อนของสารอื่น เช่น ไฮโดรเจน เมทิล-อะเซทิลีน โพรพาไดอีน ไฮโดรเจนซัลไฟด์ และคลอไรด์ เป็นต้น ซึ่งในที่นี้ขอเรียกสารที่ได้จากปฏิกิริยาข้างต้นว่า "โพรพิลีนและสารผสม" ดังนั้นจึงต้องนำโพรพิลีนและสารผสมที่ได้เข้าสู่ขั้นตอนแยกสิ่งเจือปนออกจากโพรพิลีนและหน่วยปรับปรุงผลิตภัณฑ์ก่อนนำไปจำหน่ายต่อไป ในส่วนของสารเร่งปฏิกิริยาจะถูกระบายออกจากถังปฏิกิริยาที่ 4 และถูกนำไปฟื้นฟูที่หน่วยฟื้นฟูสารเร่งปฏิกิริยา (Continuous Catalyst Regeneration; CCR) ซึ่งแยกส่วนออกจากถังปฏิกิริยาอย่างชัดเจน ก่อนนำกลับมาใช้ใหม่อีกครั้ง

3) การแยกสิ่งเจือปนออกจากโพรพิลีนและสารผสม

โพรพิลีนและสารผสมที่ได้จากถังปฏิกิริยา Propane Dehydrogenation Reactor จะถูกลดอุณหภูมิลงให้เท่ากับ 45-70 องศาเซลเซียส (ด้วยการถ่ายเทความร้อนให้กับสารตั้งต้นโดยผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนและการใช้น้ำหล่อเย็น) ซึ่งในขั้นตอนนี้จะมีการเติม Recycle Monomer Gas ซึ่งมีองค์ประกอบของสารโพรเพนและโพรพิลีนที่อยู่ในรูปของก๊าซที่เหลือจากการเกิดปฏิกิริยาจาก HMC 1, 2 และ 3 เข้าสู่กระบวนการผลิตใหม่ จากนั้นจะทำการเพิ่มความดันให้เท่ากับ 12 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร-เกจ ด้วยเครื่องคอมเพรสเซอร์ (Reactor Effluent Compressor) ก่อนป้อนเข้าสู่ถังดูดซับคลอไรด์ (Chloride Treater) ซึ่งภายในบรรจุสารดูดซับเพื่อแยกคลอไรด์ออกจากสารผสม จากนั้นสารผสมจะถูกป้อนเข้าสู่ Reactor Effluent Driers จำนวน 3 ถัง ทำหน้าที่ในการดูดซับน้ำและก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ออกเพื่อป้องกันการแข็งของน้ำใน Cold Box (เดินระบบเพียงครั้งละ 1 ถัง ทำงานสลับกัน และสามารถฟื้นฟูสารดูดซับได้โดยไม่จำเป็นต้องหยุดกระบวนการผลิต) โดยที่ภายในถังจะบรรจุสารดูดซับเพื่อกำจัดน้ำและไฮโดรเจนซัลไฟด์ออกจากโพรพิลีน หลังจากนั้นโพรพิลีนและสารผสมจะถูกส่งเข้า Cold Box System เพื่อทำการแลกเปลี่ยนความร้อนและลดอุณหภูมิลงถึง -120 องศาเซลเซียส ในขั้นตอนนี้ก๊าซไฮโดรเจน (Hydrogen Rich Gas) จะถูกแยกออก โดย Hydrogen Rich Gas ส่วนหนึ่งถูกนำไปทำให้บริสุทธิ์ที่หน่วยทำก๊าซไฮโดรเจนให้บริสุทธิ์ (Hydrogen Purification PSA Unit) อีกส่วนหนึ่งส่งไปใช้ในการฟื้นฟูสภาพสารดูดซับใน Reactor Effluent Driers

สำหรับการฟื้นฟูสารดูดซับใน Reactor Effluent Driers ข้างต้นจะใช้ Hydrogen Rich Gas ที่ออกจาก Cold Box System เป็นสารฟื้นฟูสภาพ โดยน้ำและไฮโดรเจนซัลไฟด์ในสารดูดซับจะถูกแยกออกมาผสมกับ Hydrogen Rich Gas โครงการได้ติดตั้งหอพ่นจับ (Regenerate Gas Scrubber) ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 เพื่อดักจับไฮโดรเจนซัลไฟด์ออกจาก Hydrogen Rich Gas ดังสมการ

$$H_2S + 2NaOH \rightarrow Na_2S + 2H_2O$$

ไฮโดรเจนซัลไฟด์ โซเดียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมซัลไฟด์ น้ำ

หลังจากนั้น Hydrogen Rich Gas ดังกล่าวจะถูกล้างด้วยน้ำ Condensate เพื่อดักจับโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ตกค้างก่อนถูกแยกออกทางด้านบนของถังและถูกรวบรวมเข้าสู่ Fuel Gas System ต่อไป สำหรับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จะถูกหมุนเวียนกลับมาใช้ดักจับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์อย่างต่อเนื่องจนกว่าจะเสื่อมคุณภาพ จึงจะถูกนำมาบำบัดด้วยวิธี Sulfide Oxidation ก่อนระบายเข้าสู่ถังปรับสภาพให้เป็นกลางและบ่อพักน้ำทิ้งของโครงการ ก่อนระบายลงสู่ระบบบำบัดน้ำเสียส่วนกลางของนิคมฯ ต่อไป

4) หน่วยทำไฮโดรเจนให้บริสุทธิ์ (Hydrogen Purification PSA Unit)

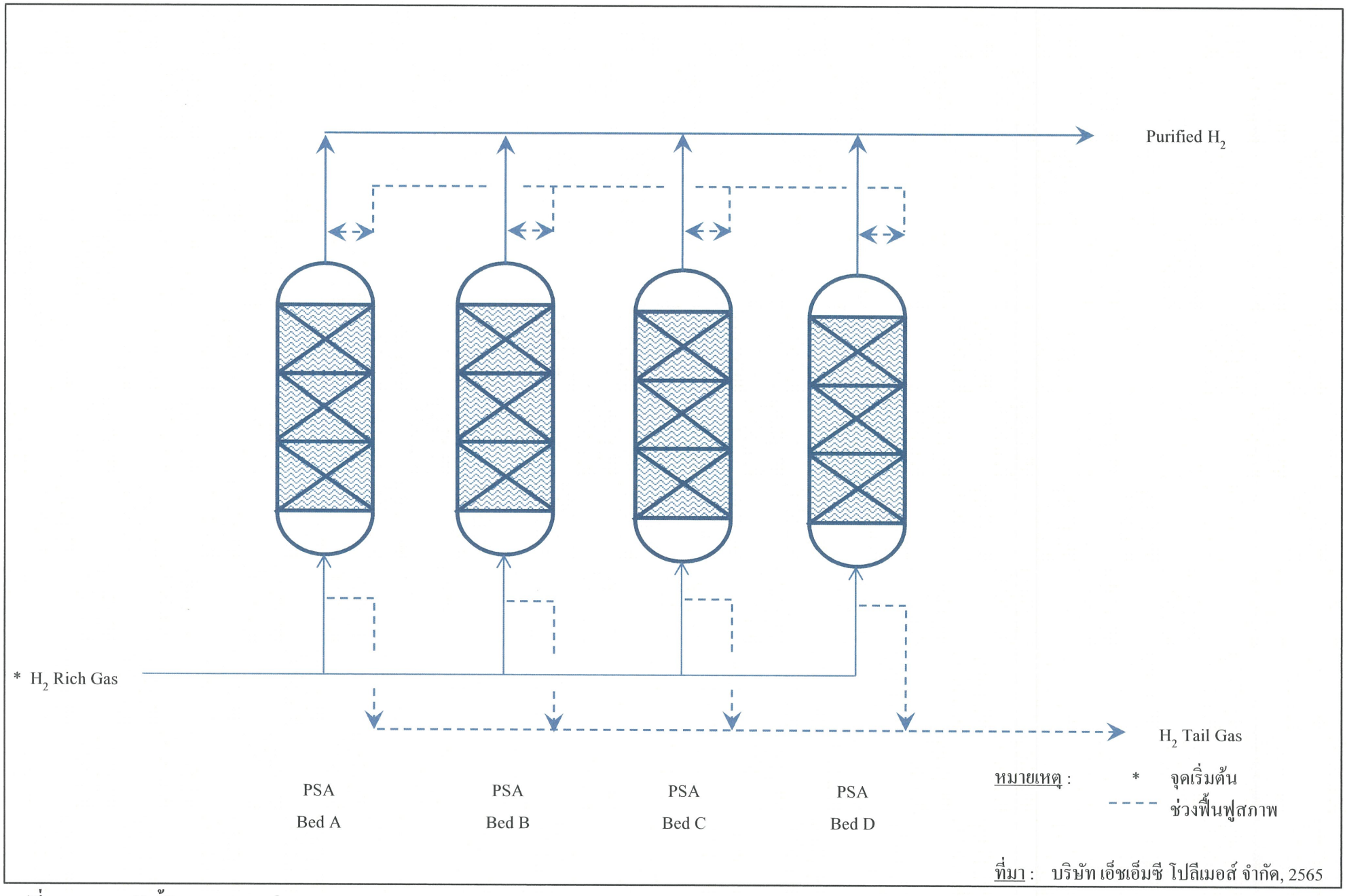
ก๊าซไฮโดรเจน (Hydrogen Rich Gas) จาก Cold Box System บางส่วนจะถูกป้อนเข้าสู่หน่วยทำหน่วยทำก๊าซไฮโดรเจนให้บริสุทธิ์ หรือเรียกว่า Hydrogen Purification PSA Unit ประกอบด้วยถังดูดซับ (Adsorber) ที่บรรจุสารดูดซับ (Adsorbent) จำนวน 4 ถัง โดยมีหลักการทำงาน คือ ป้อน Hydrogen Rich Gas ผ่านถังดูดซับที่มีสารดูดซับอยู่ภายใน ซึ่งสารดูดซับจะทำการดูดจับสารปนเปื้อนต่าง ๆ ออกจาก Hydrogen Rich Gas จนได้ก๊าซไฮโดรเจนบริสุทธิ์ร้อยละ 99.99 หรือที่เรียกว่า Purified Hydrogen ซึ่งจะถูกส่งออกทางด้านบนของถังดูดซับ หลังจากนั้นเมื่อครบระยะเวลาที่กำหนดจะมีการฟื้นฟูสารดูดซับเพื่อกำจัดสารปนเปื้อนออกจากสารดูดซับโดยการลดความดันภายในถังดูดซับจาก 7 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร-เกจให้เหลือความดันต่ำกว่า 1 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร-เกจ ซึ่งในขั้นตอนนี้จะได้ก๊าซไฮโดรเจนที่มีความบริสุทธิ์ประมาณร้อยละ 84.5 หรือที่เรียกว่า Hydrogen Tail Gas ออกทางด้านล่างของถังดูดซับ ทั้งนี้ ในการทำงานของหน่วยนี้จะใช้ถังดูดซับครั้งละ 1 ถัง ถังเตรียมพร้อมใช้งาน 1 ถัง และถังสำหรับกำจัดสารปนเปื้อนออก จำนวน 2 ถัง ทำงานสลับต่อเนื่องกันไปเรื่อย ๆ โดยผังการผลิตของหน่วยทำไฮโดรเจนให้บริสุทธิ์และผังดุลไฮโดรเจนในหน่วยทำไฮโดรเจนให้บริสุทธิ์ (Hydrogen Purification PSA Unit) แสดงดัง**รูปที่ 2.6.1-5** และ**รูปที่ 2.6.1-6** ตามลำดับ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

(1) ก๊าซไฮโดรเจนบริสุทธิ์ หรือที่เรียกว่า Purified Hydrogen ซึ่งเป็นไฮโดรเจนที่มีความบริสุทธิ์ร้อยละ 99.99 มีปริมาณ 3,582.84 ตัน/ปี จะถูกส่งไปใช้ในกระบวนการ Selective Hydrogenation Process (SHP) ในปริมาณ 51.60 ตัน/ปี นำไปใช้ในถังปฏิกิริยา Propane Dehydrogenation Reactor ในปริมาณ 3,057.24 ตัน/ปี และนำไปใช้ในการส่งถ่ายสารเร่งปฏิกิริยา ในปริมาณ 474 ตัน/ปี

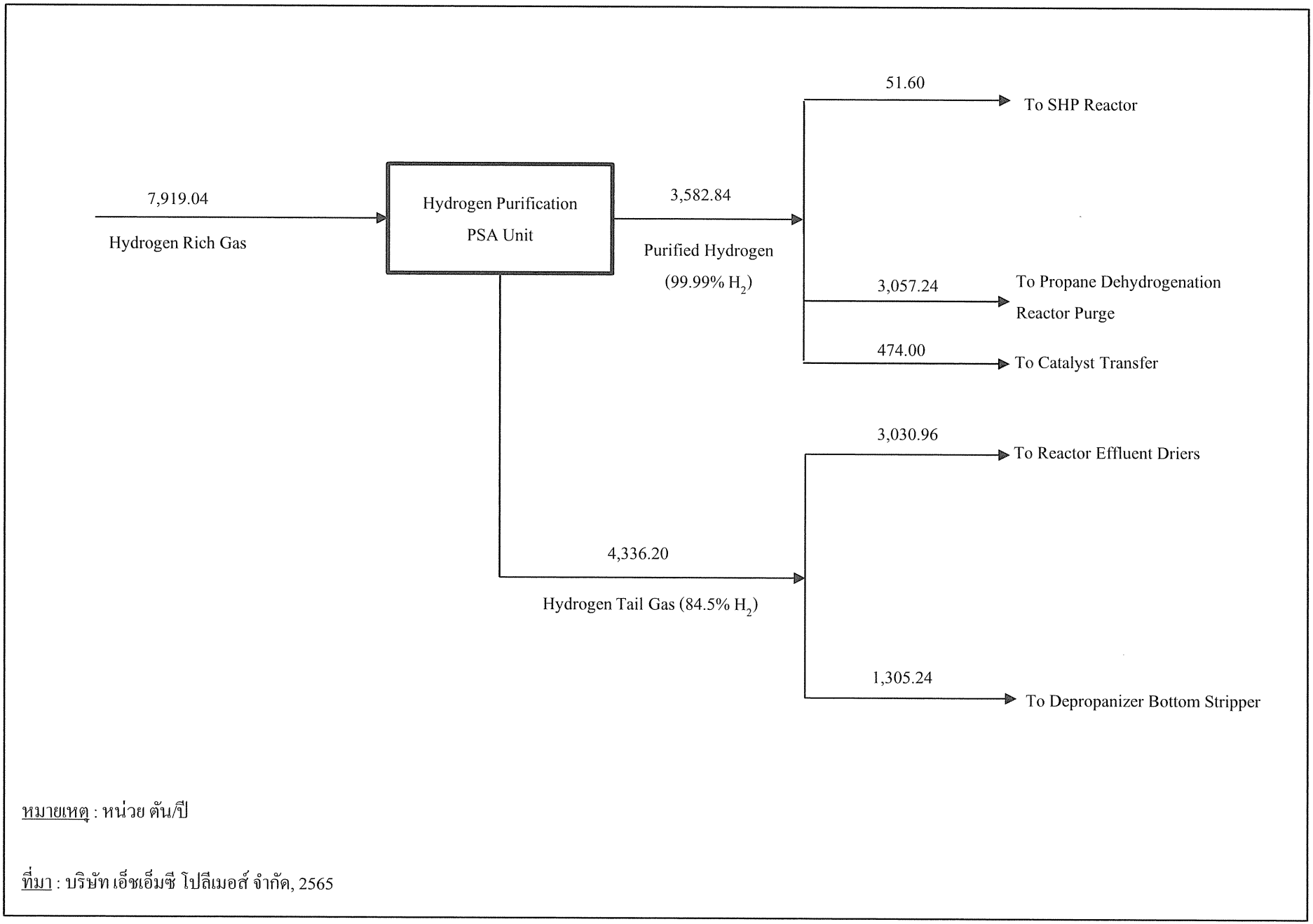
(2) ก๊าซไฮโดรเจนที่มีความบริสุทธิ์ประมาณร้อยละ 84.5 หรือที่เรียกว่า Hydrogen Tail Gas มีปริมาณ 4,336.20 ตัน/ปี จะถูกนำกลับไปใช้ใหม่โดยนำไปฟื้นฟูสภาพของถังดูดซับน้ำและไฮโดรเจนซัลไฟด์ หรือ Reactor Effluent Driers ปริมาณ 3,030.96 ตัน/ปี และอีกส่วนหนึ่งจะส่งเข้า Deporanizer Bottom Stripper ปริมาณ 1,305.24 ตัน/ปี จากนั้นจะรวบรวมเข้าสู่ระบบ Fuel Gas System เพื่อใช้ในโครงการหรือจำหน่ายต่อไป

(3) หน่วยปรับปรุงผลิตภัณฑ์ (Product Treatment Section; PTS)

หน่วยปรับปรุงผลิตภัณฑ์เป็นหน่วยที่นำโพรพิลีนและสารผสมที่ได้จากขั้นตอนการทำปฏิกิริยา Propane Dehydrogenation และมีการรับโมโนเมอร์ที่นำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle Monomer) จากโรงงานผลิตสารโพลีโพรพิลีน ของบริษัท เอ็ชเอ็มซี โปลีเมอส์ จำกัด (HMC 3) ซึ่งตั้งอยู่ในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดมาทำให้มีความบริสุทธิ์มากขึ้น โดยใช้กระบวนการกลั่นแยก ขั้นตอนการปรับปรุงผลิตภัณฑ์เริ่มจากโพรพิลีนและสารผสมที่อยู่ในสภาวะที่เป็นของเหลวที่ได้จากขั้นตอน Cold Box จะถูกป้อนเข้าสู่ Selective Hydrogenation Process (SHP) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาการเติมไฮโดรเจนเพื่อเปลี่ยนสารเมทิลอะเซทิลีน และโพรพาไดอีน (Diolefin) (ที่เจือปนอยู่ในสารผสมโพรพิลีน) ให้กลายเป็นโพรพิลีน (**รูปที่ 2.6.1-7**) โดยใช้สารเร่งปฏิกิริยา ซึ่งจะมีอีเทนและโพรเพนเป็นผลพลอยได้ หลังจากนั้นสารผสม



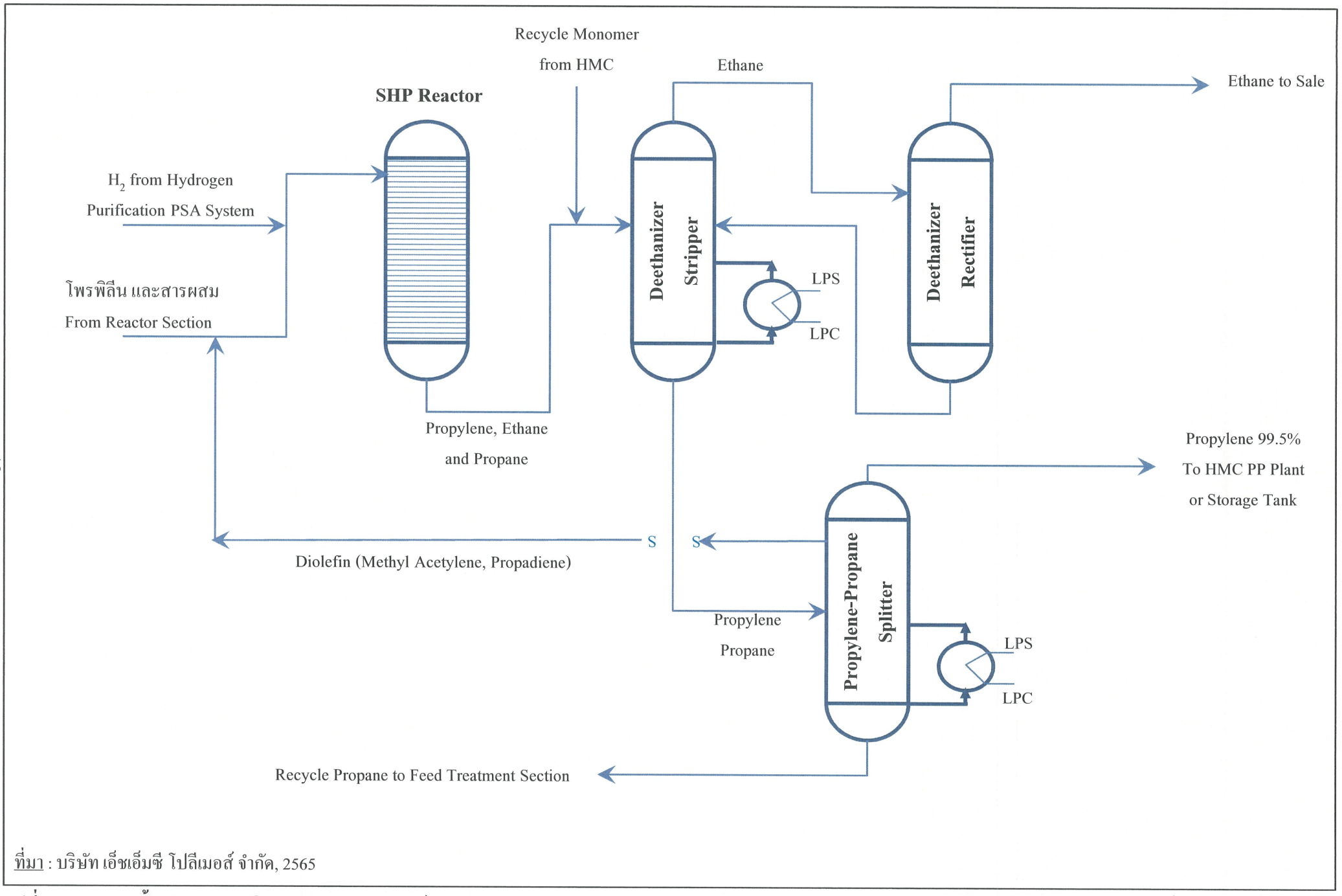
รูปที่ 2.6.1-5 ผังขั้นตอนของหน่วย **Hydrogen Purification PSA Unit**



หมายเหตุ : หน่วย ตัน/ปี

ที่มา : บริษัท เอ็ชเอ็มซี โปลีเมอส์ จำกัด, 2565

รูปที่ 2.6.1-6 ผังดุลไฮโดรเจนในหน่วย Hydrogen Purification PSA Unit



ที่มา : บริษัท เอ็ชเอ็มซี โปลีเมอส์ จำกัด, 2565

รูปที่ 2.6.1-7 ผังขั้นตอนของหน่วยปรับปรุงผลิตภัณฑ์ (Product Treatment Section, PTS)

ดังกล่าวจะถูกป้อนเข้าสู่ Deethanizer Stripper และ Deethanizer Rectifier เพื่อแยกอีเทนออกทางด้านบนหอ เพื่อส่งจำหน่ายต่อไป ส่วนสารผสมระหว่างโพรเพนและโพรพิลีนที่ออกทางด้านล่างหอ Deethanizer Stripper จะถูกส่งเข้าสู่ Propylene-Propane Splitter เพื่อแยกผลิตภัณฑ์โพรพิลีนที่มีความบริสุทธิ์ประมาณร้อยละ 99.5 ออกทางด้านบนของหอและส่งให้กับโรงงานผลิตสารโพลีโพรพิลีน ของบริษัท เอ็ชเอ็มซี โปลีเมอส์ จำกัด ซึ่งตั้งอยู่ในนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด เพื่อใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตโพลีโพรพิลีนต่อไป ส่วนโพรเพนที่แยกออกทางด้านล่างหอ Propylene-Propane Splitter จะถูกส่งกลับเข้าสู่หน่วยการเตรียมวัตถุดิบ นอกจากนี้บริเวณกลางหอจะทำการแยกสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่เป็นพันธะคู่มากกว่า 1 พันธะ (ไดโอเลฟินส์) และส่งย้อนกลับเข้าสู่ SHP Reactor เพื่อทำปฏิกิริยาการแตกพันธะต่อไป

2.6.2 การฟื้นฟูสภาพสารเร่งปฏิกิริยา (Continuous Catalyst Regeneration; CCR)

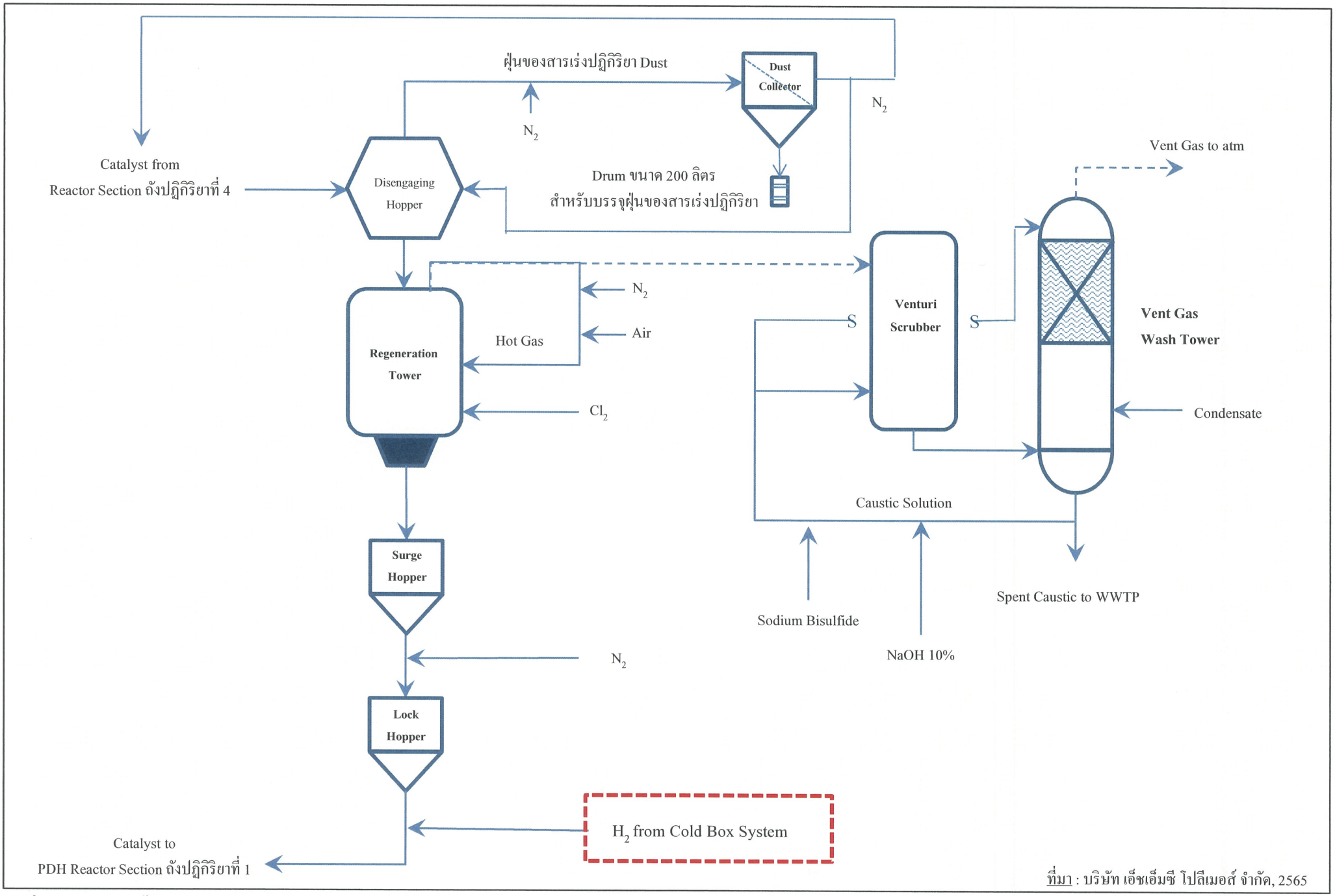
การฟื้นฟูสภาพสารเร่งปฏิกิริยาจากปฏิกิริยา Propane Dehydrogenation เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่เป็นการทำงานแบบต่อเนื่อง (แสดงดัง**รูปที่ 2.6.2-1**) โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนแยกฝุ่นสารเร่งปฏิกิริยา และส่วนเผาทำลายสารปนเปื้อนต่าง ๆ ในสารเร่งปฏิกิริยา ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

(1) ส่วนแยกฝุ่นสารเร่งปฏิกิริยา

เริ่มจากการนำสารเร่งปฏิกิริยาที่ผ่านการใช้งานแล้วจากถังปฏิกิริยา Propane Dehydrogenation ถังที่ 4 ลำเลียงเข้าสู่ Disengaging Hopper ซึ่งสารเร่งปฏิกิริยาจะถูกเป่าด้วยไนโตรเจนเพื่อแยกฝุ่นของสารเร่งปฏิกิริยาซึ่งมีขนาดเล็กออก ที่ Dust Collector โดยฝุ่นของสารเร่งปฏิกิริยาที่แยกได้จะถูกรวบรวมใส่ถัง 200 ลิตร เพื่อส่งไปบำบัดโดยบริษัทผู้ผลิตเพื่อแยกแพลทินัมกลับมาใช้ใหม่ สำหรับไนโตรเจนหลังจากผ่าน Dust Collector แล้ว จะถูกส่งกลับไปใช้ซ้ำสำหรับลำเลียงสารเร่งปฏิกิริยาต่อไป

(2) ส่วนเผาทำลายสารปนเปื้อนต่าง ๆ ในสารเร่งปฏิกิริยา

สารเร่งปฏิกิริยาที่ผ่านส่วนแรกของหอ (Regeneration Tower) จะถูกให้ความร้อนด้วยไนโตรเจนผสมกับอากาศร้อนจนกระทั่งมีอุณหภูมิ 450-550 องศาเซลเซียส เพื่อให้สามารถเผาทำลายสารปนเปื้อนต่าง ๆ ในสารเร่งปฏิกิริยาได้ทันที ในขั้นตอนนี้จะมีการป้อนก๊าซคลอรีนเข้าไปในหอฟื้นฟู เพื่อป้องกันการเกาะตัวกันเป็นก้อนของแพลทินัมในสารเร่งปฏิกิริยา และเมื่อสารปนเปื้อนต่าง ๆ ในสารเร่งปฏิกิริยาถูกเผาไหม้จนหมดแล้ว สารเร่งปฏิกิริยาจะตกลงสู่ Surge Hopper และถูกลำเลียงไปที่ Lock Hopper เพื่อทำการไล่ก๊าซออกซิเจนที่เหลือโดยแทนที่ด้วยไนโตรเจน ก่อนลำเลียงโดยก๊าซไฮโดรเจนที่มาจาก Cold Box System เพื่อกลับไปใช้ใหม่ในถังปฏิกิริยาถังที่ 1 (ในขั้นตอนปฏิกิริยา PDH) ส่วนก๊าซที่เกิดจากการเผาทำลายสารปนเปื้อนในสารเร่งปฏิกิริยาบางส่วนจะถูกส่งไปรวมกับไนโตรเจนและอากาศร้อนเพื่อใช้ในการเผาทำลายสารปนเปื้อนต่าง ๆ ในหอ Regeneration Tower และบางส่วนจะถูกระบายออกทางด้านบนของห้องเผาไหม้ก่อนถูกรวบรวมเข้าสู่ Venturi Scrubber ซึ่งจะมีการป้อนสารละลายโซเดียมไฮดอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก และสารละลายโซเดียมไบซัลไฟต์เพื่อดักจับก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ ก๊าซคลอรีน และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ดังสมการ



ที่มา : บริษัท เอ็ชเอ็มซี โปลีเมอส์ จำกัด, 2565

รูปที่ 2.6.2-1 ผังขั้นตอนการฟื้นฟูสภาพสารเร่งปฏิกิริยาเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ (Continuous Catalyst Regeneration; CCR)

HCl-Adsorption

$HCl + NaOH \longrightarrow NaCl + H_2O$

ไฮโดรคลอริก โซเดียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมคลอไรด์ น้ำ

Cl_2-Adsorption

$Cl_2 + 2NaOH \longrightarrow NaCl + NaOCl + H_2O$

คลอรีน โซเดียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมคลอไรด์ โซเดียมไฮโปคลอไรท์ น้ำ

$NaOCl + NaHSO_3 + NaOH \longrightarrow NaCl + Na_2SO_4 + H_2O$

โซเดียม โซเดียม โซเดียม โซเดียม โซเดียม น้ำ
ไฮโปคลอไรท์ ไฮโดรเจนซัลไฟต์ ไฮดรอกไซด์ คลอไรด์ ซัลเฟต

SO_2-Adsorption

$SO_2 + 2NaOH \longrightarrow Na_2SO_3 + H_2O$

ซัลเฟอร์ โซเดียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมซัลไฟต์ น้ำ
ไดออกไซด์

ก๊าซที่ผ่าน Venturi Scrubber แล้วจะถูกรวบรวมเข้าสู่ Vent Gas Wash Tower เพื่อล้างก๊าซด้วยสารละลายโซเดียมไฮดอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก อีกครั้งก่อนระบายออกสู่บรรยากาศทางปล่อง Wash Tower ต่อไป นอกจากนี้จะมีการเติมน้ำ Condensate เพื่อรักษาระดับของสารละลายให้คงที่ชดเชยน้ำที่ระเหยออกจากระบบ หลังจากนั้นสารละลายโซเดียมไฮดอกไซด์บางส่วนจะถูกหมุนเวียนนำกลับไปใช้ใหม่ใน Venturi Scrubber แต่มีบางส่วนจะถูกระบายลงสู่ถังปรับสภาพให้เป็นกลางเพื่อปรับค่าความเป็นกรดด่างก่อนจะส่งไประบบบำบัดน้ำเสียขั้นต้นของโครงการต่อไป