วารณี ศรีสุจันทร์ : การป้องกันการเกิดตะกรันในกระบวนการผลิตเกลือด้วยหม้อเคี่ยวระบบสุญญากาศ (SCALE PREVENTION IN SALT PRODUCTION PROCESS USING VACUUM PAN) อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร.สุพรรณี จันทร์ภิรมณ์, 175 หน้า

หม้อเคี่ยวถือเป็นหัวใจสำคัญในกระบวนการผลิตเกลือด้วยหม้อเคี่ยวระบบสุญญากาศ เมื่อมีตะกรันเกิดขึ้นในหม้อเคี่ยวจะส่งผลให้ประสิทธิภาพในการถ่ายโอนความร้อนลดลงและสิ้นเปลืองพลังงานรวมถึงทำให้กำลังการผลิตเกลือลดลง ด้วยเหตุนี้งานวิจัยจึงมุ่งศึกษาแนวทางการป้องกันการเกิดตะกรัน พร้อมเสนอแนวทางที่เหมาะสมเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง การศึกษาในงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 8 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 การวิเคราะห์หาองค์ประกอบของน้ำเกลือดิบ ส่วนที่ 2 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของตะกรันด้วยเทคนิค XRD FTIR XRF และ STA ส่วนที่ 3 การศึกษาผลของปริมาณสารเคมีและลำดับการเติมที่มีต่อการกำจัดไอออนเจือปน และผลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อการป้องกันการเกิดตะกรัน ส่วนที่ 4 การศึกษาแนวทางในการแยกตะกอนที่ตกค้างในน้ำเกลือ ส่วนที่ 5 การศึกษาพฤติกรรมการเกิดตะกรันและการป้องกัน ส่วนที่ 6 การเสนอวิธีการป้องกันการเกิดตะกรัน ส่วนที่ 7 การศึกษาการนำกากตะกอนมาเพิ่มมูลค่า และส่วนที่ 8 การประเมินต้นทุนการผลิตเกลือ เมื่อมีการเพิ่มปริมาณสารเคมีในการกำจัดไอออน

จากผลการศึกษาพบว่า น้ำเกลือดิบประกอบด้วยไอออนโซเดียมและคลอไรด์เป็นหลัก มีไอออนแคลเซียม แมกนีเซียม และซัลเฟตเป็นไอออนเจือปน และผลการวิเคราะห์ตะกรันพบว่ามีสารแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์เป็นองค์ประกอบหลัก เมื่อศึกษาผลของปริมาณสารเคมีและลำดับการเติมสารต่อการกำจัดไอออนพบว่าการเพิ่มปริมาณสารเคมีจะกำจัดไอออนได้มากขึ้นเนื่องจากเป็นการเพิ่มปริมาณการทำปฏิกิริยา เพื่อให้แคลเซียมคาร์บอเนตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ตกตะกอนได้มากขึ้น แต่ลำดับการเติมสารไม่มีผลต่อการกำจัดไอออน สำหรับการศึกษาผลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์พบว่า ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายในน้ำเกลือ จะช่วยลดโอกาสในการเกิดตะกรัน เนื่องจากการละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะทำให้เกิดไบคาร์บอเนตมากขึ้น ส่งผลให้น้ำเกลือมีค่าความเป็นด่างลดลง ซึ่งทำให้ค่า pH ในน้ำเกลือไม่เหมาะต่อการตกตะกอนของแคลเซียมคาร์บอเนตและแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ สำหรับผลการศึกษาการแยกตะกอนที่เกิดจากกระบวนการกำจัดไอออนด้วยการเติมสารช่วยเร่งตกตะกอนและการตกตะกอนในท่อเอียง พบว่าสามารถลดระยะเวลาในการตกตะกอนได้ สำหรับการแยกตะกอนที่ตกค้างในน้ำเกลือด้วยการอุ่นร้อนพบว่า ตะกอนที่ตกค้างมีความสามารถในการละลายที่ต่ำลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น จึงทำให้การอุ่นร้อนสามารถแยกตะกอนตกค้างได้ แต่การเติมตัวล่อผลึกไม่มีผลต่อการตกตะกอนของ

ตะกอนตกค้างในน้ำเกลือบำบัด จากการศึกษาพฤติกรรมการเกิดตะกรันพบว่า เมื่อน้ำเกลือได้รับความร้อน จะมีการเดือดแบบฟองเกิดขึ้นที่ผิวท่อเนื่องจากมีการระเหยของน้ำ ส่งผลให้ความเข้มข้นของไอออนในน้ำเกลือสูงกว่าค่าการละลายได้ จึงเกิดการตกผลึกออกมาเป็นของแข็ง โดยของแข็งที่เกิดขึ้นจะก่อตัวเป็นตะกรันเกาะอยู่ที่ผิวท่อ ในการป้องกันการเกิดตะกรันโดยใช้สาร Anti-scaling พบว่า สามารถป้องกันการก่อตัวของตะกรันที่ผิวท่อได้ แต่อาจส่งผลต่อคุณภาพของเกลือ ดังนั้นข้อเสนอแนวทางในการป้องกันการเกิดตะกรันคือ การเพิ่มปริมาณสารเคมีในการกำจัดไอออน จะเป็นแนวทางที่ดำเนินการได้ง่ายและเป็นการแก้ไขปัญหาที่ต้นเหตุ โดยวิธีการที่เสนอให้มีการนำไปประยุกต์ใช้นี้ จะมีการเพิ่มต้นทุนในการผลิต ซึ่งจำเป็นต้องเพิ่มหน่วยแยกตะกอน เพื่อลดการสูญเสียน้ำเกลือและเพื่อให้ง่ายต่อการนำกากตะกอนไปเพิ่มมูลค่าแทนการปล่อยทิ้ง โดยแนวทางที่ศึกษาสำหรับนำกากตะกอนไปเพิ่มมูลค่าคือการสังเคราะห์เป็น CaO เพื่อใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จากการทดลองพบว่า กากตะกอนสามารถสังเคราะห์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการผลิตไบโอดีเซลได้ แต่ต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมในการเพิ่มความสามารถการทำปฏิกิริยา จากแนวทางที่ได้เสนอเพื่อป้องกันการเกิดตะกรันแล้ว ในส่วนสุดท้ายของการศึกษา ได้ทำการประเมินต้นทุนในการผลิตเกลือเมื่อมีการเพิ่มปริมาณสารเคมีในการกำจัดไอออน ผลจากการประเมินพบว่าต้นทุนต่อหน่วยการผลิตเกลือเพิ่มขึ้น แต่บริษัทยังคงมีรายได้สุทธิเป็นบวก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ปีการศึกษา 2559 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม_____

WARANEE SRISUCHAN : SCALE PREVENTION IN SALT PRODUCTION PROCESS USING VACUUM PAN. THESIS ADVISOR : SUPUNNEE JUNPIROM, Ph.D., 175 PP.

BRINE/MAGNESIUM HYDROXIDE/SALT PRODUCTION/SCALE PREVENTION/VACUUM PAN

One of the most important units in vacuum pan salt production process is the evaporators. The scale forming in evaporators reduces the heat transfer efficiency and increases energy requirement as well as reduces the production capacity. Therefore, the main objectives of this study are to investigate the causes of scaling and to propose the method to prevent it. This study was divided into 8 sections. First, the composition of raw brine was analyzed. Then, the scale was characterized by using the techniques of XRD, FTIR, XRF and STA. In the third part, the amount of chemicals, the order of adding the chemicals and the addition of CO_2 were studied to investigate their effect on scaling prevention. In the fourth section, ways of separating the precipitates remained in the treated brine were investigated. In order to understand scaling better, the scaling behavior and its prevention was studied in the fifth part. The feasible methods to reduce the scaling are then proposed in the sixth section. Next, the feasibility of using solid waste from chemical treatment as a catalyst of biodiesel production was evaluated. Finally, the cost estimation of salt production with the proposed process is conducted.

From experimental results, it was found that the main compositions of raw brine were Na^+ and Cl^- with Ca^{2+}, Mg^{2+} and SO_4^{2-} as the impurities and $Mg(OH)_2$ was

the main component of scale. From experiments on chemical addition, it was concluded that adding more chemicals yielded the better ion removal but the order of addition did not have any effect. For the investigation on the effect of CO_2, it was observed that soluble CO_2 decreased scaling since soluble CO_2 would lower the pH and shift the reversible reaction to bicarbonate. Based on the experimental result on an inclined surface and using flocculant, it was observed that both methods can be applied to reduce the precipitation time. By using pre-heat treatment, it was found that the solubility of precipitates decreased when temperature increased. However, no effect of seeding on enhancing precipitate removal was observed. From the study on scale behavior, it was found that the scale was formed on the surface of the tube because of the evaporation of water on the surface and anti-scaling could prevent scale formation. Based on all studies, the best way of scale prevention is increasing the amount of chemical added. From the study of utilizing solid waste from chemical treatment, it was found that this solid waste could be synthesized and used as a catalyst for biodiesel production. Based on the analysis of cost estimation, it was found that the average cost per kilogram would be increased; however, the net revenue was still positive.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Chemical Engineering

Academic Year 2016

Student's Signature_____

Advisor's Signature_____

Co-advisor's Signature_____