บทที่ 6

สรุปผลการวิจัย

6.1 บทสรุป

กระบวนการนำโลหะนิกเกิลกลับมาใช้ใหม่โดยเรซินแลกเปลี่ยนไอออน โดยเปรียบเทียบแคทไอออนเรซินชนิดธรรมดาประเภท Strong acid cation resin และแคทไอออนเรซินชนิดพิเศษประเภทชีเลทเรซิน ที่มีหมู่อิมิโนไดอะซีเตทเป็นตัวแลกเปลี่ยนไอออน ใช้น้ำเสียสังเคราะห์แทนน้ำเสียจากโรงงานในการทดสอบพบว่าแคทไอออนเรซินชนิดพิเศษมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนปริมาณนิกเกิลได้สูงกว่า และความสามารถในการนำนิกเกิลกลับมาใช้ขั้นตอนการล้างด้วยกรดแบบไหลย้อนเรซินชนิดพิเศษ จะให้ค่าประสิทธิภาพในการนำนิกเกิลกลับเมื่อเทียบกับกรดที่ใช้สูงกว่าเรซินชนิดธรรมดา โดยทดสอบกับน้ำเสียสังเคราะห์ที่ความเข้มข้นนิกเกิล 300 มก/ล. เรซินชนิดธรรมดาสามารถกำจัดค่านิกเกิลให้หมดสิ้นตามอัตราการแลกเปลี่ยน 20BV./hr น้ำเสียที่ผ่านแคทไอออนเรซินชนิดธรรมดาให้ค่าความเข้มข้นต่ำกว่า 1 มก/ล.ส่วนค่าความเข้มข้นนิกเกิลที่ออกจากเรซินชนิดพิเศษจะไม่ถูกกำจัดอย่างหมดสิ้น มีค่าความเข้มข้นนิกเกิลที่สูงเกินกว่า มก/ล.ทำให้ไม่สามารถทำให้กระบวนการกำจัดพร้อมที่จะทิ้งน้ำเสียเมื่อไหลผ่านคอลัมภ์เรซินชนิดพิเศษครั้งเดียว ในการวิจัยใช้น้ำเสียจริงให้น้ำเสียผ่านแล้วทิ้งออกนอกโรงงานจึงต้องใช้กระบวนการแบบที่ละเท โดยให้น้ำเสียผ่านแล้วไหลวนกลับถังเก็บน้ำเสียเดิมก่อนจะเข้าสู่ถังปฏิกรณ์แคทไอออนชนิดพิเศษ เพื่อให้ค่าความเข้มข้นเจือจางลงจนกระทั่งได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้ง

การเปรียบเทียบความสามารถในการนำโลหะนิกเกิลกลับมาใช้ใหม่ จะทำการทดสอบด้วยลักษณะน้ำเสียสังเคราะห์ชนิดต่าง ๆ เพื่อทดสอบความสามารถในการนำนิกเกิลกลับมาใช้ใหม่ นอกจากนี้ได้ทำการศึกษาในกรณี ถ้าลักษณะน้ำเสียแปรเปลี่ยนไปจากน้ำเสียสังเคราะห์เป็นน้ำเสียจริง ความสามารถในการแลกเปลี่ยนของไอออนแต่ละชนิดจะแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด ซึ่งบางครั้งอาจจะต้องเปลี่ยนแปลงลักษณะน้ำเสียบ้าง จะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของเรซินมากกว่า ที่จะใช้ลักษณะน้ำเสียจริง จากผลการทดลองสรุปได้ดังนี้

6.1.1 การเปรียบเทียบเรซินชนิดพิเศษและชนิดธรรมดา

1. ความเข้มข้นของนิกเกิลในน้ำเสียสังเคราะห์ มีผลต่อความสามารถในการแลกเปลี่ยนปริมาณนิกเกิลไอออน ของแคทไอออนเรซินพิเศษ ถ้าความเข้มข้นนิกเกิลสูง ในขณะที่อัตราการไหลผ่านที่ 20 BV./hr จะมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนนิกเกิลไอออนได้น้อยกว่าความเข้มข้นต่ำ แต่ประสิทธิภาพในการนำโลหะนิกเกิลกลับมาใช้จะสูงกว่า (ตารางที่ 5.4) ส่วนเรซินธรรมดาแล้ว น้ำเสียสังเคราะห์ชนิดที่โลหะนิกเกิลเพียงอย่างเดียวความเข้มข้นของนิกเกิลจะไม่มีผลดังกล่าว

2. ผลของประจุบวกอื่นในน้ำเสียสังเคราะห์ มีผลต่อการนำโลหะนิกเกิลกลับมาใช้ใหม่ โดยประสิทธิภาพการนำนิกเกิลกลับมาใช้ต่ำลง ถ้าในน้ำเสียมีประจุบวกตัวอื่นเป็นสัดส่วนที่มากกว่าน้ำเสียสังเคราะห์ ที่มีสัดส่วนน้อยกว่า (ตารางที่ 5.4)

3. โดยเฉลี่ยแล้วความสามารถในการแลกเปลี่ยนนิกเกิลไอออนของเรซินชนิดพิเศษจะสูงกว่าชนิดธรรมดา และประสิทธิภาพในการนำนิกเกิลกลับมาใช้ใหม่ เมื่อเทียบกับปริมาณกรดที่ล้าง สำหรับน้ำเสียสังเคราะห์แต่ละชนิดแล้วเรซินชนิดพิเศษ จะมีประสิทธิภาพในการนำกลับที่สูงกว่าเรซินธรรมดา

6.1.2 การทดลองหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการแลกเปลี่ยนไอออนและใช้พารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับน้ำเสียจากโรงงาน

จากผลการทดลองเปรียบเทียบชนิดของเรซินแล้ว จึงได้เลือกเรซินชนิดพิเศษทำการทดลองหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม โดยทำการฟื้นอำนาจเรซินในการทดลองแต่ละการทดลองจะทำให้เรซินหมดสภาพโดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์แทนน้ำเสียที่มีนิกเกิลขนาด 300 มก./ล.หลังจากนั้นทำรีเจนเนอเรชั่นด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 3%, 5%, 7%, 9%, และ 12% โดยน้ำหนักใช้อัตราการล้างด้วยกรดที่ 3 BV/hr, 4.5 BV/hr และ 6 BV/hr สรุปเลือกใช้อัตราการล้างที่ 4.5 BV/hr เพราะให้ค่าความเข้มข้นรวมนิกเกิลสูงสุด สูงกว่าที่อัตราการล้าง 3 และ 6 BV/hr ยกเว้นความเข้มข้นกรดล้างที่ 7% และตำแหน่งความเข้มข้นสูงสุดที่ 9% และ 12% จะให้ค่าความเข้มข้นรวมนิกเกิลสูงกว่าที่อัตราการล้าง 3 และ 6 BV/hr และที่จุดนี้ประสิทธิภาพในการนำนิกเกิลกลับเมื่อเทียบกับกรดที่ใช้จะสูงกว่าด้วยคือที่อัตราการล้าง 4.5 BV/hrความเข้มข้นกรด 9% และ 12% ให้ประสิทธิภาพ 45.2 และ 39.6 % ส่วนที่อัตราการล้าง 3 BV/hr ความเข้มข้นกรด 9% และ 12% ให้ประสิทธิภาพ 38 และ 32.9 % และที่อัตราการล้าง 6 BV/hr ความเข้มข้นกรด 9% และ 12% ให้ประสิทธิภาพ 34 และ 28.9 %

และจากประสิทธิภาพดังกล่าวสามารถเลือกความเข้มข้นกรดที่เหมาะสมคือ ที่ 9% และการนำกลับมาใช้ในกรณีศึกษา ถ้าใช้ความเข้มข้นกรด 12% จะให้ค่าความเป็นกรดที่สูงกว่าน้ำยาในถังชุบซึ่งเมื่อวัดจากค่า pH อยู่ในช่วง 3-4 ซึ่งที่ 12%ให้ค่า pH 0-1 ส่วนที่ 9%จะให้ค่า pHอยู่ในช่วงดังกล่าว

เมื่อนำน้ำเสียจริงจากโรงงาน ทำการแลกเปลี่ยนไอออนในขั้นแรกผ่านตัวไมครอนฟิลเตอร์ เพื่อกำจัดความขุ่นเนื่องอนุภาพของแข็งเล็ก ๆ น้ำเสียก่อน จะเป็นการป้องกันไม่ให้เรซินเสื่อมคุณภาพอย่างรวดเร็ว เพราะอุดตันทำการผ่านน้ำเสียสังเคราะห์จนกระทั่งเรซินไม่สามารถแลกเปลี่ยนไอออน แล้วนำไปล้างด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 9% ที่อัตราการไหล 4.5 BV/hr ได้ความเข้มข้นนิกเกิลสูงสุดที่ 19359 mg/l ที่ปริมาณกรดล้างที่ 2.25 BV. ประสิทธิภาพ ในการนำนิกเกิลกลับเมื่อเทียบกับกรดที่ใช้ เท่ากับ 33.7 %

จากผลของการศึกษาสามารถสรุปเป็นข้อ ๆ ได้ดังนี้

1. การใช้เรซินชนิดธรรมดา (strong acid cation resin)น้ำเสียสังเคราะห์แทนน้ำเสียจริงที่ค่าความเข้มข้นนิกเกิลต่ำมีค่าความจุรวมและความจุปฏิบัติงานสูงกว่าที่ค่าความเข้มข้นนิกเกิลสูง ช่วงประมาณความเข้มข้นของนิกเกิล 200-300 มก./ล.และใกล้เคียงกับค่าความจุรวมที่ผู้ผลิตให้

2. การใช้เรซินชนิดพิเศษ (imminodiacetic acid group) มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนนิกเกิลไอออน และการนำนิกเกิลมาใช้ใหม่ที่ค่าความเข้มข้นนิกเกิลต่ำจะดีกว่าที่ค่าความเข้มข้นนิกเกิลสูงที่ค่าความเข้มข้นนิกเกิลประมาณ 200-300 มก./ล.

3. ประจุบวกที่ปะปนในน้ำประปา จะมีผลต่อความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนของเรซินชนิดธรรมดามากกว่าเรซินชนิดพิเศษมาก คือที่น้ำสังเคราะห์แทนน้ำเสียจริงความเข้มข้นนิกเกิล 300 มก./ล. เมื่อผ่านเรซิน 2 ชนิด คือเรซินชนิดธรรมดาสามารถหาค่าความจุรวมได้ 1.16 eq./l.resin ส่วนเรซินชนิดพิเศษสามารถหาค่าความจุรวมได้ 2.07 eq./l.resin

4. ความเข้มข้นกรดซัลฟิวริกที่เหมาะสม ที่ใช้เป็นสารรีเจนเนอแรนท์ ในการนำโลหะนิกเกิลกลับมาใช้ใหม่อยู่ที่ 9%โดยน้ำหนักในการแลกเปลี่ยนด้วยน้ำเสียสังเคราะห์แทนน้ำเสียจริง ซึ่งสามารถนำโลหะนิกเกิลกลับมาใช้ใหม่ที่ความเข้มข้นนิกเกิลสูงสุดที่ 25,937 มก./ล.ที่ 2.63

BV. ปริมาณนิกเกิลที่ได้รับ 68,084 มก./ลิตรเรซิน ประสิทธิภาพในการนำนิกเกิลกลับเมื่อเทียบกับกรดที่ใช้ เท่ากับ 45.2%

5. อัตราการล้างกรดแบบไหลขึ้น (uplow regeneration) ที่เหมาะสมที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับทุกอัตราการไหล คือ 4.5 BV/hr ยกเว้นที่ความเข้มข้นกรดที่ 7% โดยน้ำหนัก

6. เมื่อนำความเข้มข้นกรดที่ 9% และอัตราการล้างกรดแบบไหลขึ้นที่ 4.5% ไปใช้กับน้ำเสียจริงจากโรงงานจะได้ค่าความเข้มข้นนิกเกิลสูงสุดที่ 19,359 มก./ล. ที่ปริมาตรกรดล้าง 2.25 BV คิดเป็นปริมาณนิกเกิล คือ 4,557 มก.ต่อลิตรเรซิน ประสิทธิภาพในการนำนิกเกิลกลับเมื่อเทียบกับกรดที่ใช้ เท่ากับ 33.7%

7. ค่า pH ที่เหมาะสมสำหรับแคทไอออนเรซินชนิดพิเศษในการนำโลหะนิกเกิลกลับมาใช้ใหม่อยู่ในช่วง 5-7

6.1.3 ข้อเสนอแนะในการศึกษาต่อไป

1. เนื่องจากในการวิจัยครั้งนี้ช่วงการฟื้นอำนาจ ขั้นตอนการล้างด้วยกรดแบบไหลย้อนจะต้องใช้อากาศกั้นการเคลื่อนที่ของชั้นเรซิน ในการศึกษาต่อไปเพื่อความสะดวกในการใช้งานให้ทำการทำลองขั้นตอนการฟื้นอำนาจเรซิน ให้ทำการล้างด้วยแบบไหลตามการแลกเปลี่ยน (Co - Current regenneration) ซึ่งไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์เกี่ยวกับลมอัด

2. ทำการทดลองโดยใช้น้ำเสียจริงโดยการปรับสภาพให้ได้ค่าpH ใกล้เคียง 7 ในถังน้ำดิบให้เหมาะสมตลอดช่วงการแลกเปลี่ยนแบบวนซ้ำ เพื่อให้ค่านิกเกิลที่ออกจากถังปฏิกรณ์แคทไอออนและแอนไอออนได้ค่าตามมาตรฐานซึ่งจะทำให้เรซินใช้การอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

3. ทำการศึกษาหาสภาวะการทำงานของเรซินชนิดพิเศษ แบบชั้นเรซินอยู่กับที่ในคอลัมภ์ให้น้ำเสียเมื่อไหลผ่านเรซิน ให้ได้ค่าความเข้มข้นนิกเกิลตามมาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรม สามารถวิเคราะห์ค่าความจุปฏิบัติงานได้