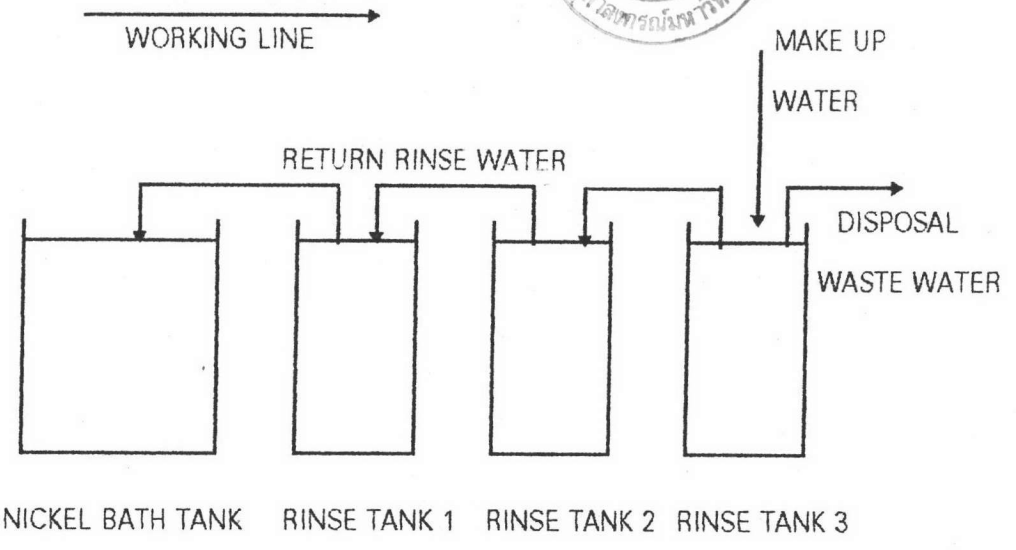
บทที่ 4

แผนการทดลอง

การวิจัยนี้ใช้น้ำเสียสังเคราะห์และน้ำเสียจริงจากถังน้ำล้างใบที่ 3 ดังรูปที่ 4.1 ของกระบวนการชุบโลหะนิกเกิลของ บริษัท ร่วมพัฒนาอะไหล่ จำกัด โดยทดลองใช้เรซินที่ทำจากผักตบชวาแลกเปลี่ยนไอออนนิกเกิลที่อยู่ในถังน้ำล้างใบที่ 3 แล้วฟื้นอำนาจด้วยกรดไฮโดรคลอริคเพื่อให้โลหะนิกเกิลมีความเข้มข้นขึ้น จะได้เทใส่กลับเข้าไปในถังชุบนิกเกิล ซึ่งลักษณะน้ำเสียที่เก็บจากถังน้ำล้างใบที่ 3 นี้มีลักษณะดังแสดงในตารางที่ 4.1 ซึ่งการทดลองแต่ละการทดลองจะใช้ผักตบชวาเฉลี่ย 75 กรัมซึ่งจะทำให้ได้ชั้นของเรซินผักตบชวาปริมาตร 1 ลิตรในทรงกระบอกทดลอง การทดลองจะเปลี่ยนผักตบชวาใหม่ทุกครั้ง โดยแบ่งเป็นขั้นตอนดังต่อไปนี้คือ

<u>การเตรียมผักตบชวาแบบไม่ได้ปรับสภาพ</u> แบ่งเป็นขั้นตอนย่อยๆได้ดังนี้

1. เก็บผักตบชวามาจากคลองรังสิต (รูปที่ 4.2)
2. นำผักตบชวา (รูปที่ 4.3) มาล้างด้วยน้ำประปาจนสะอาด
3. นำผักตบชวาไปตากแดดให้แห้งนานประมาณ 1-2 วัน
4. ตัดรากออกให้เหลือเฉพาะลำต้นและใบที่มีสีเขียวของคลอโรฟิล
5. นำไปอบที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลานาน 24 ชั่วโมงด้วยตู้อบ
6. ปั่นด้วยเครื่องปั่นให้มีขนาดเล็กประมาณ 0.2 มม. ด้วยเครื่องลดขนาดอนุภาค (บดย่อย) ชนิด Pulverizer รุ่น JIYA MPV-2 ของบริษัท NARA MACHINERY Co.,Ltd. ที่ศูนย์เทคโนโลยีอนุภาคไทย คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (รูปที่ 4.4)
7. คัดให้มีขนาดระหว่างตะแกรงเบอร์ 70 และ 80 (0.212-0.180) (รูปที่ 4.5)
8. เทกวนกับสารละลาย HCl เข้มข้น 1 N. นาน 30 นาที
9. นำไปล้างด้วย Demineral Water จนสะอาด
10. นำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 80°C. (รูปที่ 4.6)



รูปที่ 4.1 แสดงจุดเก็บตัวอย่างจากถังน้ำล้างที่ 3 ในโรงงานชุบนิกเกิลด้วยไฟฟ้า (ทิพย์,2537)

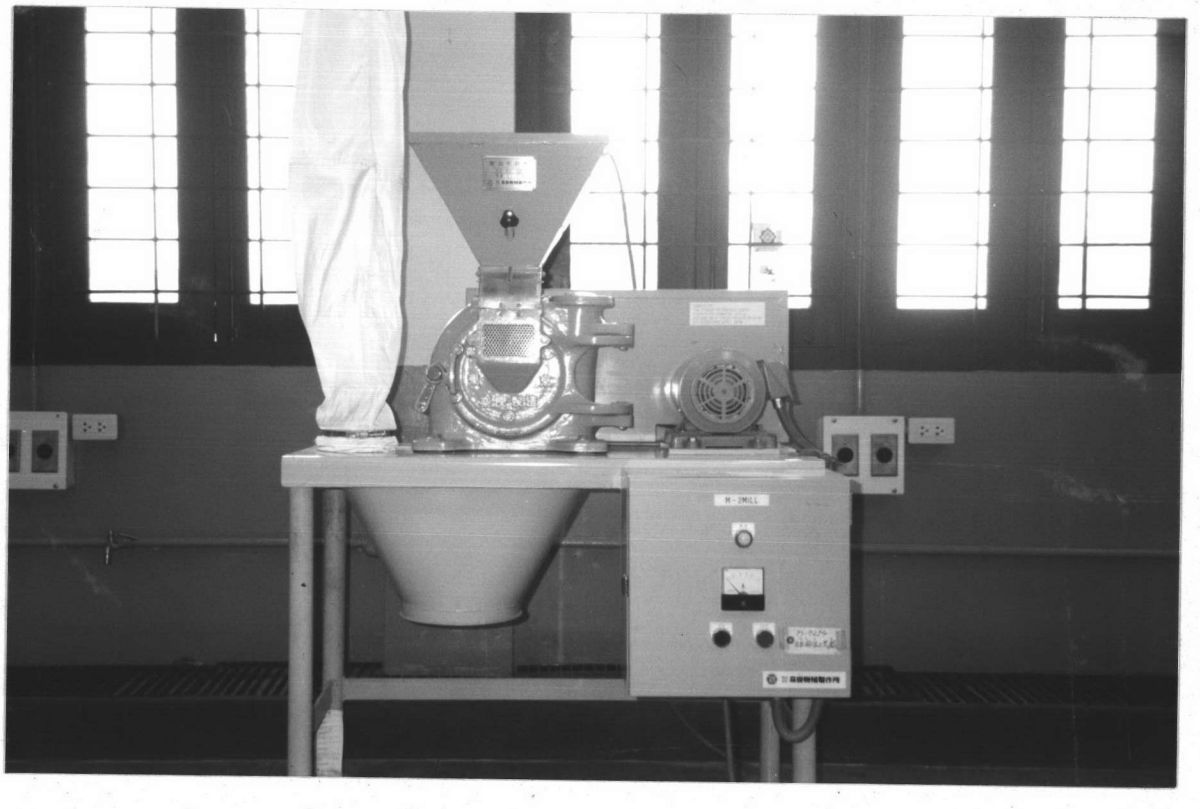
รูปที่ 4.2 ผักตบชวาในคลองรังสิตซึ่งนำมาใช้ในการเตรียมเรซินแลกเปลี่ยนไอออน

ตารางที่ 4.1 ตารางลักษณะน้ำเสียที่เก็บจากถังน้ำล้าง (ทิพย์, 2537)

วัน-เดือน-ปี Parameters	14-12-35	16-12-35	18-12-35	20-12-35	ค่าเฉลี่ย $X \pm \sigma$
Q (l/min)	0.51	0.60	0.54	0.53	0.55 ± 0.03
pH	7.51	7.73	7.69	7.60	7.63 ± 0.08
Turbidity (NTU)	70.3	72.8	71.5	73.0	71.9 ± 1.08
conductity (μohms/cm)	1166	978	1017	1065	1056 ± 70.3
TDS.(ppm)	641	538	730	612	630 ± 68.7
SS.(ppm)	30	40	35	39	36 ± 3.9
P-alkalinity	nd	nd	nd	nd	-
M-alkalinity	215	210	230	256	240 ± 17.7
Total Hardness	220	220	210	202	213 ± 7.5
Ca-Hardness	120	118	124	116	119 ± 2.9
Cl^-(ppm)	86	74	68	66	73.5 ± 7.8
Total Fe.(ppm)	0.09	0.01	0.02	0.02	0.04 ± 0.03
SO_4^{2-}(ppm)	308	251	390	320	317 ± 49.4
OH^- alkalinity	nd	nd	nd	nd	-
CO_3^{2-} alkalinity	nd	nd	nd	nd	-
HCO_3^- alkalinity	215	210	230	260	228 ± 19.4
Ni^{2+} (ppm)	293	273	281	282	282 ± 7.1

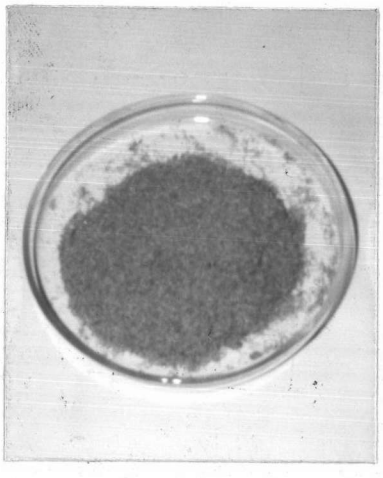
nd = non detect

รูปที่ 4.3 แสดงผักตบชวาที่เก็บมาใช้เตรียมเรซินแลกเปลี่ยนไอออน



รูปที่ 4.4 เครื่องลดขนาดอนุภาค (บดย่อย) ชนิด Pulverizer รุ่น JIYA MPV-2

รูปที่ 4.5 แสดงเครื่อง Test Sieve Shake รุ่น Octagon 200 และ Laboratory Test Sieve ขนาด 70-80 mesh ซึ่งใช้ในการคัดขนาด



รูปที่ 4.6 เรซินแลกเปลี่ยนไอออนที่เตรียมจากผักตบชวาซึ่งใช้ในการวิจัย

การทดลองกับคอลัมน์ขนาด ∅ 2*50 ซม. ก่อนการทดลองจริง

ใช้คอลัมน์ขนาด ∅ 2*50 ซม. ทดลองกับน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิล 10 และ100 มก./ล. ตามแผนภูมิรูปที่ 4.7 ด้วยเครื่องมือตามรูปที่ 4.8 การทดลองแบ่งเป็น 3 การทดลองคือ

1. ใช้น้ำเสียนิกเกิลสังเคราะห์ 10 มก./ล. ไม่ปรับ pH ทดลองกับผักตบชวาที่มีปริมาตร 60 ซม.^{3} ด้วยอัตราการไหล 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง

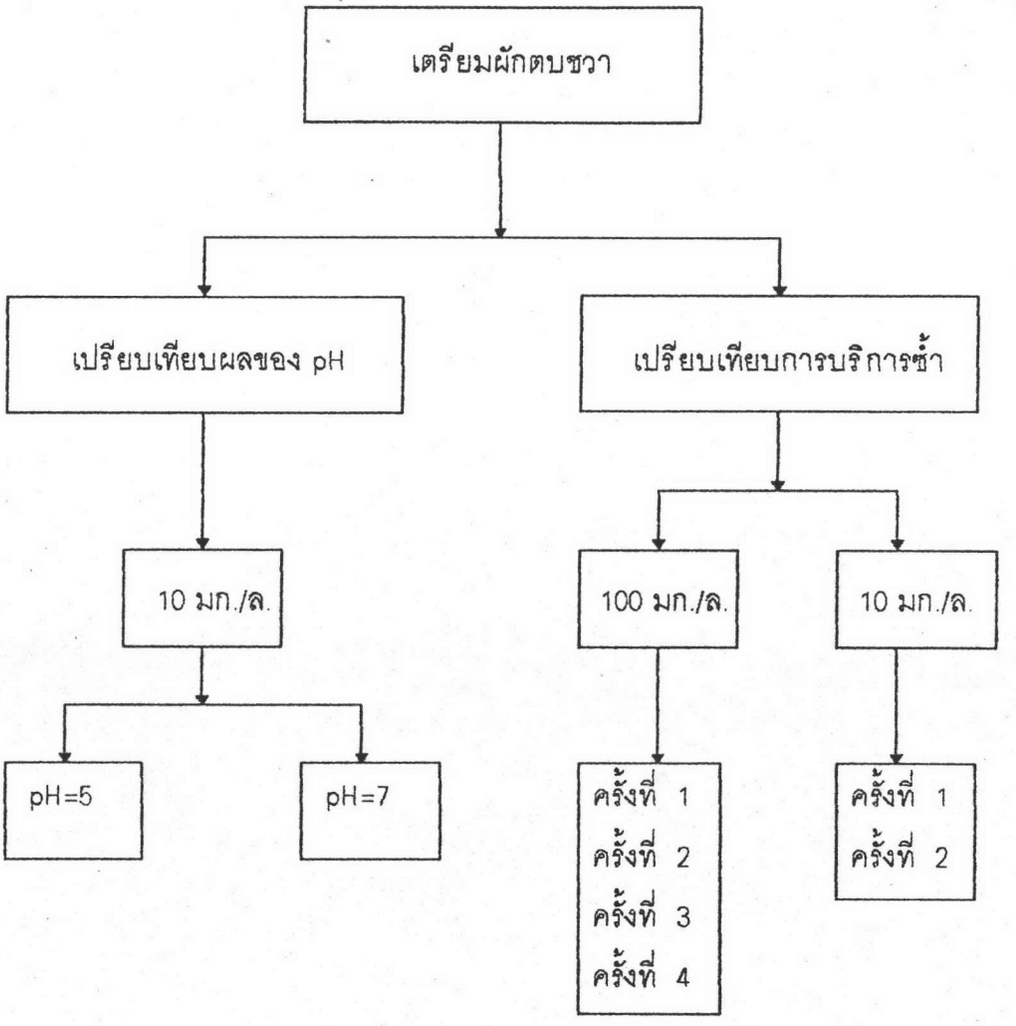
2. ใช้น้ำเสียนิกเกิลสังเคราะห์ 100 มก./ล. ปรับ pH=5 ทดลองกับผักตบชวาที่มีปริมาตร 60 ซม.^{3} ด้วยอัตราการไหล 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง โดยทำการทดลองซ้ำ 4 ครั้งกับผักตบชวาเดิม โดยแต่ละครั้งจะฟื้นอำนาจเรซินด้วยกรด HCl 0.5 N ไหลด้วยอัตราเร็ว 10 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง

3. ใช้น้ำเสียสังเคราะห์ 10 มก./ล. ปรับ pH=5 ทดลองกับผักตบชวาที่มีปริมาตร 60 ซม.^{3} ด้วยอัตราไหล 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง โดยทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้งกับผักตบชวาเดิม โดยแต่ละครั้งจะฟื้นอำนาจเรซินด้วยกรด HCl 0.5 N ไหลด้วยอัตราเร็ว 10 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง

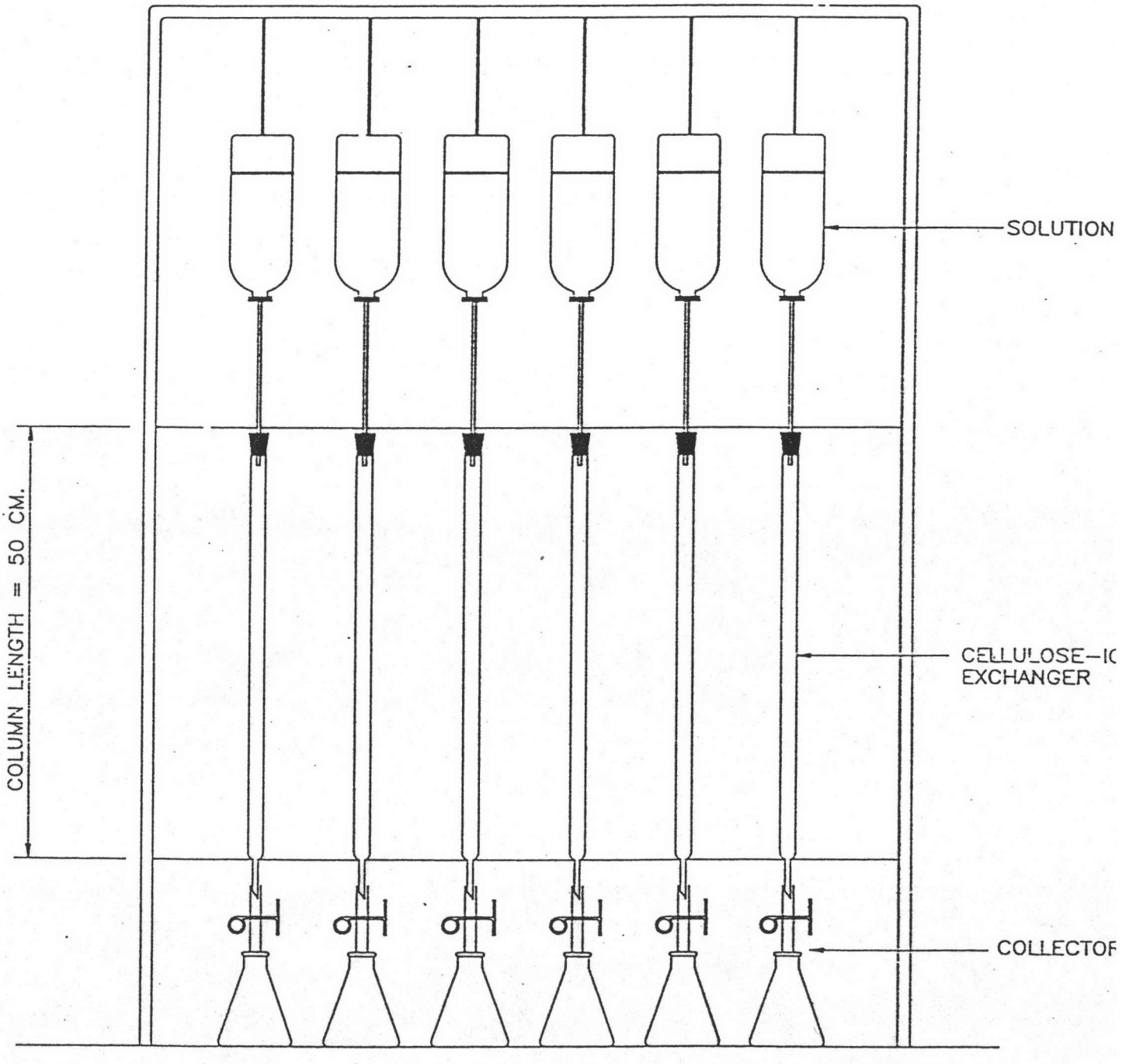
การทดลองกับคอลัมน์ขนาด ∅ 6.75*100 ซม. กับน้ำเสียสังเคราะห์

ใช้คอลัมน์ขนาด ∅ 6.75*100 ซม. ทดลองกับน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิล 100 และ 250 มก./ล. ตามแผนภูมิรูปที่ 4.9 ด้วยเครื่องมือตามรูปที่ 4.10, 4.11 และ 4.12 การทดลองแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนคือ

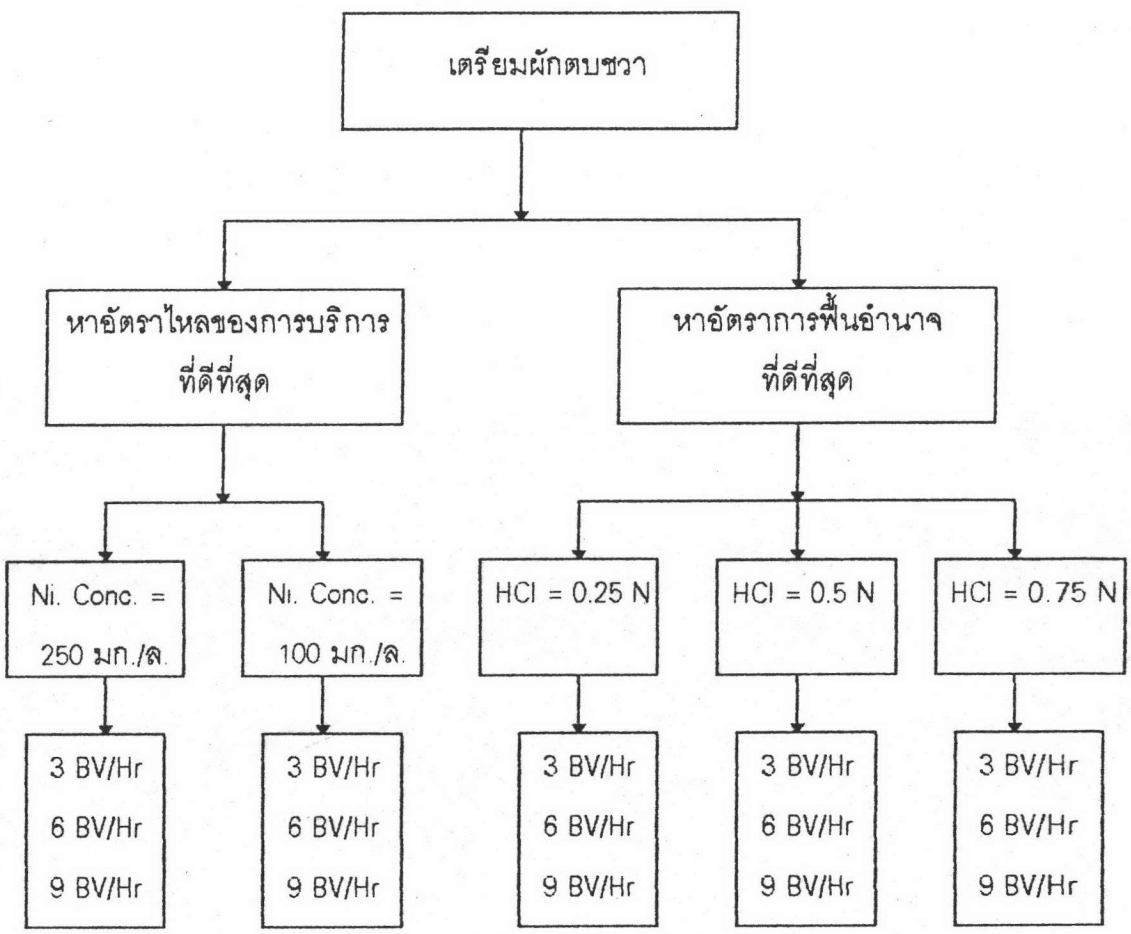
1. การหาอัตราไหลที่ดีที่สุดที่ให้ประสิทธิภาพที่มากที่สุดในการแลกเปลี่ยนไอออน คือการหาอัตราเร็วที่ดีที่สุดระหว่าง 3,6 และ 9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมงของน้ำเสียนิกเกิลสังเคราะห์ที่สามารถแลกเปลี่ยนประจุนิกเกิลกับผักตบชวาได้ วิธีการทดลองเริ่มจากการนำเรซินผักตบชวาที่ได้มา 1 ลิตร บรรจุลงใน column ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.75 ซม. นำน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของนิกเกิล 250, 300 mg/l ไหลผ่านชั้นของผักตบชวาด้วยความเร็ว 3,6 และ 9 BV/Hr จนกระทั่งค่าความเข้มข้นของนิกเกิลออกเท่ากับ 95 % ของความเข้มข้นของนิกเกิลเข้า ล้างย้อนด้วยน้ำ Demineral ด้วยอัตราเร็ว 9 BV/Hr นาน 2 ชั่วโมง ฟื้นอำนาจเรซินด้วยกรด HCl เข้มข้น 0.5 N ด้วยอัตราเร็ว 3 BV/Hr ล้างด้วยน้ำ Demineral 3 BV/Hr ดังสรุปในตารางที่ 4.2 โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วนคือ



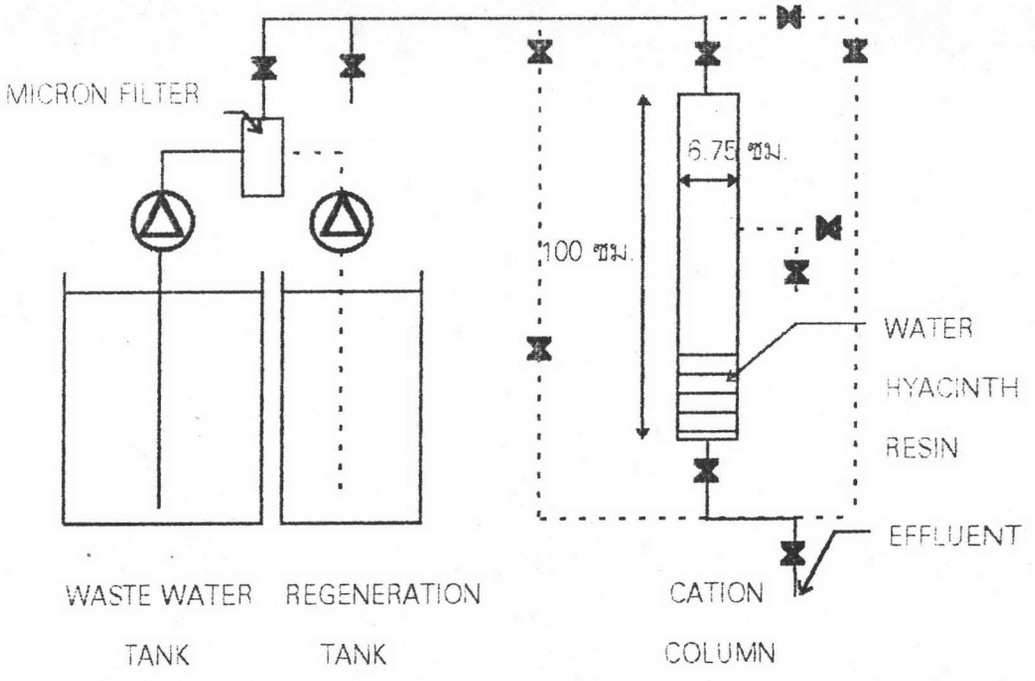
รูปที่ 4.7 แผนภูมิแสดงการทดลองกับคอลัมน์ขนาด ∅ 2*50 ซม.ก่อนการทดลองจริง



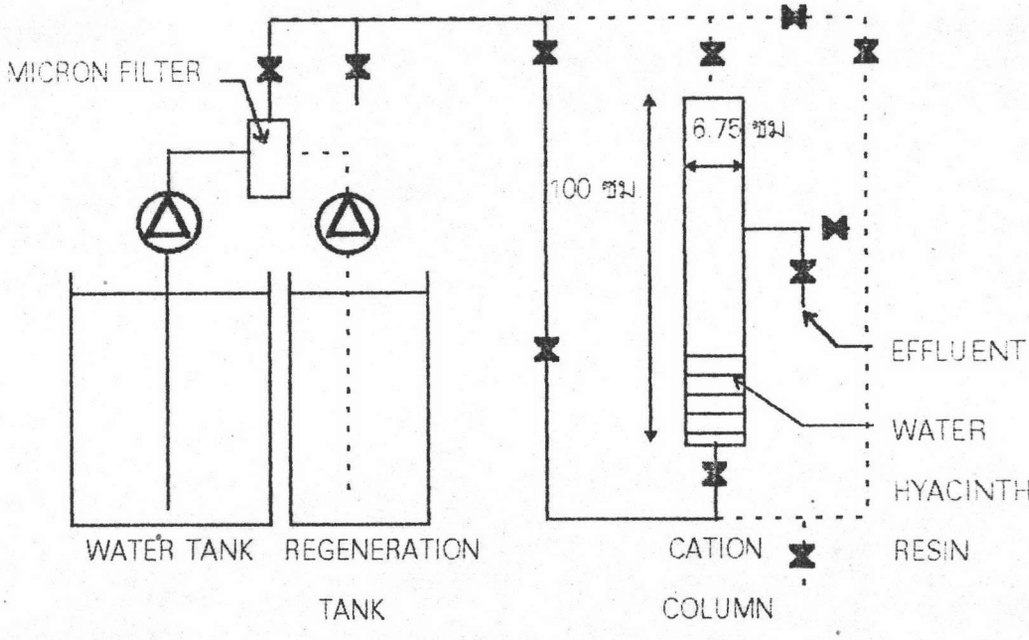
รูปที่ 4.8 แบบจำลองของ ION-EXCHANGE COLUME ขนาด ∅ 2*50 ซม. (เกศสุชา, 2537)



รูปที่ 4.9 แผนภูมิแสดงการทดลองจริงกับคอลัมน์ขนาด ∅ 6.75*100 ซม.

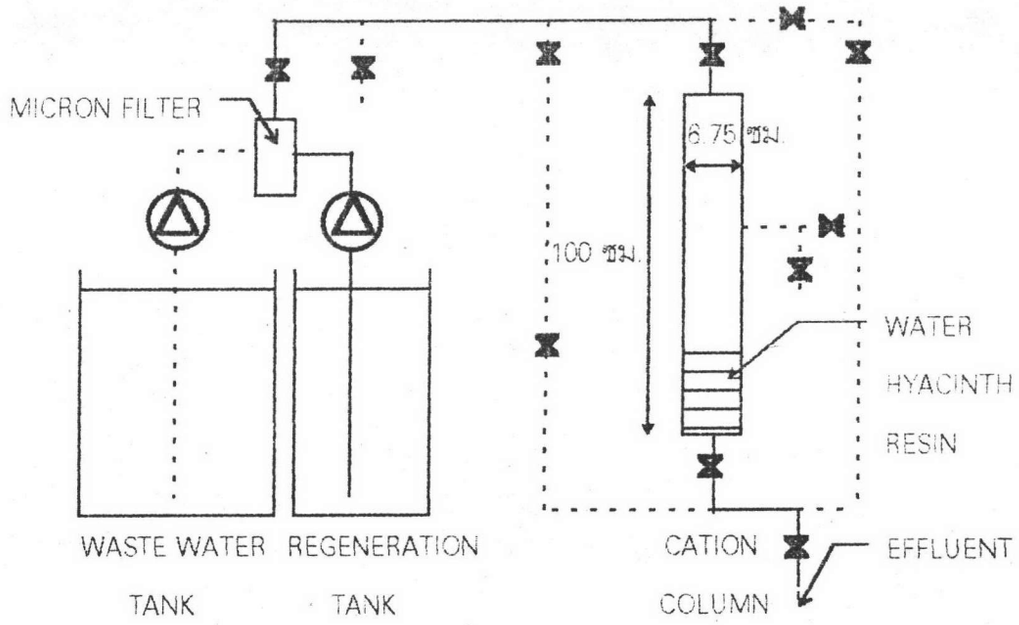


ก. การแลกเปลี่ยนไอออน

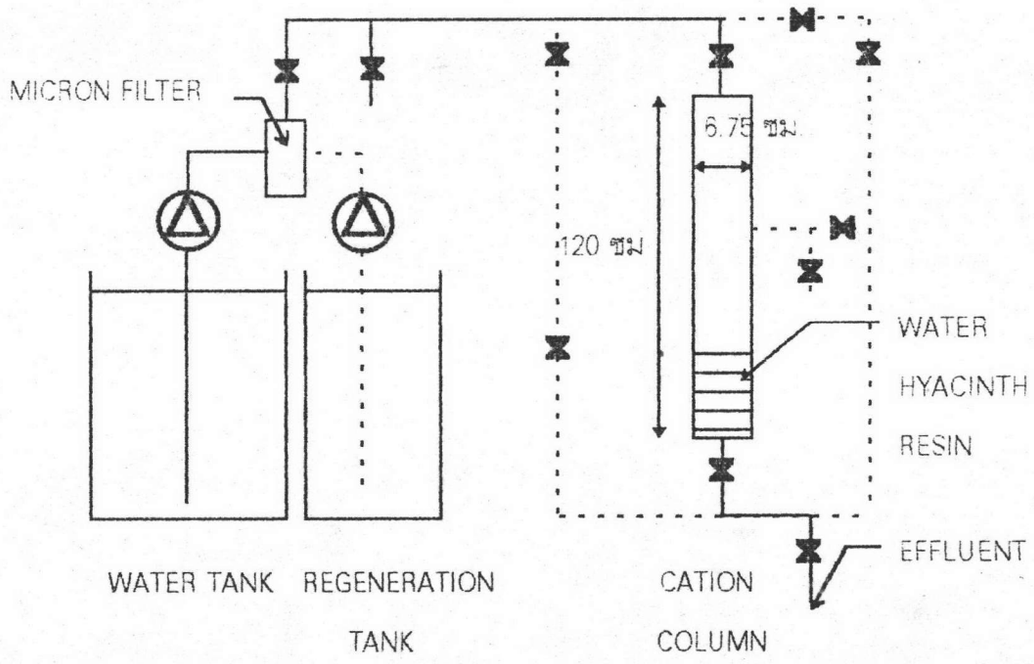


ข. การล้างย้อน

รูปที่ 4.10 แบบจำลองของ ION-EXCHANGE COLUME ขนาด ∅ 6.75*100 ซม.

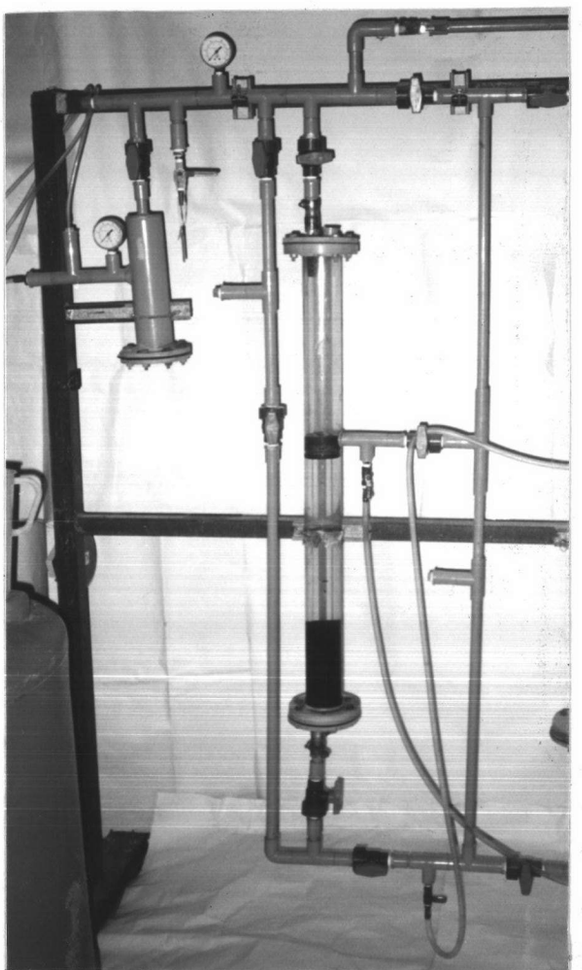


ค. การรีเจนเนอเรชั่น



ง. การล้าง

รูปที่ 4.10 แบบจำลองของ ION-EXCHANGE COLUME ขนาด ∅ 6.75*100 ซม. (ต่อ)



รูปที่ 4.11 แบบจำลองใช้ในการทำการวิจัยที่มีขนาดคอลัมน์ ∅ 6.75*100 ซม. บรรจุด้วยผักตบชวาที่คัดขนาดแล้ว

รูปที่ 4.12 รูปขยายผักตบชวาในคอลัมน์

ตารางที่ 4.2 การทดลองหาอัตราไหลที่ดีที่สุดที่ให้ประสิทธิภาพมากที่สุดในการแลกเปลี่ยนไอออน

ความเข้มข้นของนิกเกิลในน้ำเสียสังเคราะห์ (มก./ล.)	อัตราเร็วในการไหลของน้ำเสียนิกเกิลสังเคราะห์ (ชั้นเรซินต่อชั่วโมง)
250	3
250	6
250	9
100	3
100	6
100	9

1.1 การทดลองกับน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิล 250 มก./ล. แบ่งเป็น 3 การทดลอง คือ

1.1.1 ใช้น้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิลผ่านผักตบชวาที่มีปริมาตร 1 ลิตร ด้วยอัตราเร็ว 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง

1.1.2 ใช้น้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิลผ่านผักตบชวาที่มีปริมาตร 1 ลิตร ด้วยอัตราเร็ว 6 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง

1.1.3 ใช้น้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิลผ่านผักตบชวาที่มีปริมาตร 1 ลิตร ด้วยอัตราเร็ว 9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง

1.2 การทดลองกับน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิล 100 มก./ล. แบ่งเป็น 3 การทดลอง คือ

1.1.1 ใช้น้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิลผ่านผักตบชวาที่มีปริมาตร 1 ลิตร ด้วยอัตราเร็ว 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง

1.1.2 ใช้น้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิลผ่านผักตบชวาที่มีปริมาตร 1 ลิตร ด้วยอัตราเร็ว 6 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง

1.1.1 ใช้น้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิลผ่านผักตบชวาที่มีปริมาตร 1 ลิตร ด้วยอัตราเร็ว 9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง

1.3 ตัวแปรต่างๆที่ใช้ในการทดลอง แบ่งออกได้ดังต่อไปนี้คือ

1.3.1 ตัวแปรคงที่ มีตัวแปรดังต่อไปนี้

1.3.1.1 เรซินผักตบชวาที่เตรียมไว้จำนวน 1 ลิตร

1.3.1.2 การล้างย้อนด้วยน้ำ Demineral ด้วยอัตราเร็ว 9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมงนาน 2 ชั่วโมง

1.3.1.3 การฟื้นอำนาจเรซินด้วยกรดไฮโดรคลอริคเข้มข้น 0.5 N ด้วยอัตราเร็ว 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง

1.3.2 ตัวแปรต้น มีตัวแปรดังต่อไปนี้

1.3.2.1 น้ำเสียสังเคราะห์ของนิกเกิลเข้มข้น 100, 250 มก./ล.

1.3.2.2 อัตราเร็วในการแลกเปลี่ยนไอออน 3, 6 และ 9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง

1.3.3 ตัวแปรตาม มีตัวแปรดังต่อไปนี้

1.3.3.1 ค่าสภาพนำไฟฟ้า

1.3.3.2 ค่า pH

1.3.3.3 ค่าความเข้มข้นของนิกเกิล

2. <u>การหาประสิทธิภาพที่ดีที่สุดของการฟื้นอำนาจ</u>

คือการหาความเข้มข้นของกรด HCl และอัตราเร็วในการฟื้นอำนาจที่ดีที่สุดระหว่างความเข้มข้นของกรด HCl เท่ากับ 0.25, 0.5 และ 0.75 N และอัตราความเร็วในการฟื้นอำนาจเท่ากับ 3, 6 และ 9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมงที่สามารถนำนิกเกิลกลับมาใช้ใหม่ วิธีการทดลองเริ่มจากผ่านน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิลความเข้มข้น 100 และ 250 มก./ล. ด้วยอัตราเร็วที่ดีที่สุดในการแลกเปลี่ยนไอออนจากการทดลองที่ผ่านมา แล้วล้างย้อนด้วยน้ำ Demineral 9 BV/Hr นาน 2 ชั่วโมง ฟื้นอำนาจเรซินด้วยกรด HCl เข้มข้น 0.25, 0.5, 0.75 N. ด้วยอัตราเร็ว 3,6 และ 9 BV./Hr ดังตารางที่ 4.3 โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วนคือ

2.1 การทดลองกับน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิล 100 มก./ล. โดยไหลน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิลเข้มข้น 100 มก./ล. ผ่านผักตบชวาปริมาตร 1 ลิตร ด้วยอัตราเร็วที่ดีที่สุดในการแลกเปลี่ยนไอออนที่ได้จากการทดลองที่ผ่านมา ล้างย้อนด้วยน้ำ Demineral 9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง

นาน 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นจะฟื้นอำนาจด้วยกรดไฮโดรคลอริค ซึ่งแบ่งได้เป็น 9 การทดลอง ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.3 การทดลองหาประสิทธิภาพที่ดีที่สุดของการฟื้นอำนาจ

ความเข้มข้นน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิล (มก./ล.)	อัตราเร็วในการฟื้นอำนาจ (ชั้นเรซินต่อชั่วโมง)	ความเข้มข้นกรดไฮโดรคลอริคในการฟื้นอำนาจ (N)
100	3	0.5
100	6	0.5
100	9	0.5
100	3	1
100	3	0.75
100	6	0.75
100	9	0.75
100	3	0.25
100	6	0.25
100	9	0.25
250	3	0.5
250	6	0.5
250	9	0.5
250	3	0.75
250	6	0.75
250	9	0.75
250	3	0.25
250	6	0.25
250	9	0.25

2.1.1 ฟื้นอำนาจด้วยกรดไฮโดรคลอริค เข้มข้น 0.5 N. ด้วยอัตราเร็ว 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง

2.1.2 ฟื้นอำนาจด้วยกรดไฮโดรคลอริค เข้มข้น 0.5 N. ด้วยอัตราเร็ว 6 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง

2.1.3 ฟื้นอำนาจด้วยกรดไฮโดรคลอริค เข้มข้น 0.5 N. ด้วยอัตราเร็ว 9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง

2.1.4 ฟื้นอำนาจด้วยกรดไฮโดรคลอริค เข้มข้น 1 N. ด้วยอัตราเร็ว 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง

2.1.5 ฟื้นอำนาจด้วยกรดไฮโดรคลอริค เข้มข้น 0.75 N. ด้วยอัตราเร็ว 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง

2.1.6 ฟื้นอำนาจด้วยกรดไฮโดรคลอริค เข้มข้น 0.75 N. ด้วยอัตราเร็ว 6 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง

2.1.7 ฟื้นอำนาจด้วยกรดไฮโดรคลอริค เข้มข้น 0.75 N. ด้วยอัตราเร็ว 9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง

2.1.8 ฟื้นอำนาจด้วยกรดไฮโดรคลอริค เข้มข้น 0.25 N. ด้วยอัตราเร็ว 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง

2.1.9 ฟื้นอำนาจด้วยกรดไฮโดรคลอริค เข้มข้น 0.25 N. ด้วยอัตราเร็ว 6 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง

2.1.10 ฟื้นอำนาจด้วยกรดไฮโดรคลอริค เข้มข้น 0.25 N. ด้วยอัตราเร็ว 9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง

2.2 การทดลองกับน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิล 250 มก./ล. โดยไหลน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิลเข้มข้น 250 มก./ล. ผ่านผักตบชวาปริมาตร 1 ลิตร ด้วยอัตราเร็วที่ดีที่สุดในการแลกเปลี่ยนไอออนที่ได้จากการทดลองที่ผ่านมา ล้างย้อนด้วยน้ำ Demineral 9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง นาน 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นจะฟื้นอำนาจด้วยกรดไฮโดรคลอริค ซึ่งแบ่งได้เป็น 9 การทดลอง ดังต่อไปนี้

2.2.1 ฟื้นอำนาจด้วยกรดไฮโดรคลอริค เข้มข้น 0.5 N. ด้วยอัตราเร็ว 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง

2.2.2 ฟื้นอำนาจด้วยกรดไฮโดรคลอริค เข้มข้น 0.5 N. ด้วยอัตราเร็ว 6 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง

2.2.3 ฟื้นอำนาจด้วยกรดไฮโดรคลอริค เข้มข้น 0.5 N. ด้วยอัตราเร็ว 9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง

2.2.4 ฟื้นอำนาจด้วยกรดไฮโดรคลอริค เข้มข้น 0.75 N. ด้วยอัตราเร็ว 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง

2.2.5 ฟื้นอำนาจด้วยกรดไฮโดรคลอริค เข้มข้น 0.75 N. ด้วยอัตราเร็ว 6 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง

2.2.6 ฟื้นอำนาจด้วยกรดไฮโดรคลอริค เข้มข้น 0.75 N. ด้วยอัตราเร็ว 9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง

2.2.7 ฟื้นอำนาจด้วยกรดไฮโดรคลอริค เข้มข้น 0.25 N. ด้วยอัตราเร็ว 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง

2.2.8 ฟื้นอำนาจด้วยกรดไฮโดรคลอริค เข้มข้น 0.25 N. ด้วยอัตราเร็ว 6 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง

2.2.9 ฟื้นอำนาจด้วยกรดไฮโดรคลอริค เข้มข้น 0.25 N. ด้วยอัตราเร็ว 9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง

2.3 ตัวแปรต่างๆที่ใช้ในการทดลอง แบ่งออกได้ดังต่อไปนี้คือ

2.3.1 ตัวแปรคงที่ มีตัวแปรดังต่อไปนี้

2.3.1.1 เรซินผักตบชวาที่เตรียมไว้จำนวน 1 ลิตร

2.3.1.2 อัตราเร็วในการแลกเปลี่ยนไอออนที่ได้จากการทดลอง

2.3.1.3 การล้างย้อนด้วยน้ำ Demineral ด้วยอัตราเร็ว 9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมงนาน 2 ชั่วโมง

2.3.2 ตัวแปรต้น มีตัวแปรดังต่อไปนี้

2.3.2.1 น้ำเสียสังเคราะห์ของนิกเกิลเข้มข้น 100, 250 มก./ล.

2.3.2.2 การฟื้นอำนาจเรซินด้วยกรดไฮโดรคลอริคเข้มข้น 0.25,0.5 และ 0.75 N. ด้วยอัตราเร็ว 3, 6 และ 9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง

2.3.3 ตัวแปรตาม มีตัวแปรดังต่อไปนี้

2.3.3.1 ค่าสภาพนำไฟฟ้า

2.3.3.2 ค่า pH

2.3.3.3 ค่าความเข้มข้นของนิกเกิล

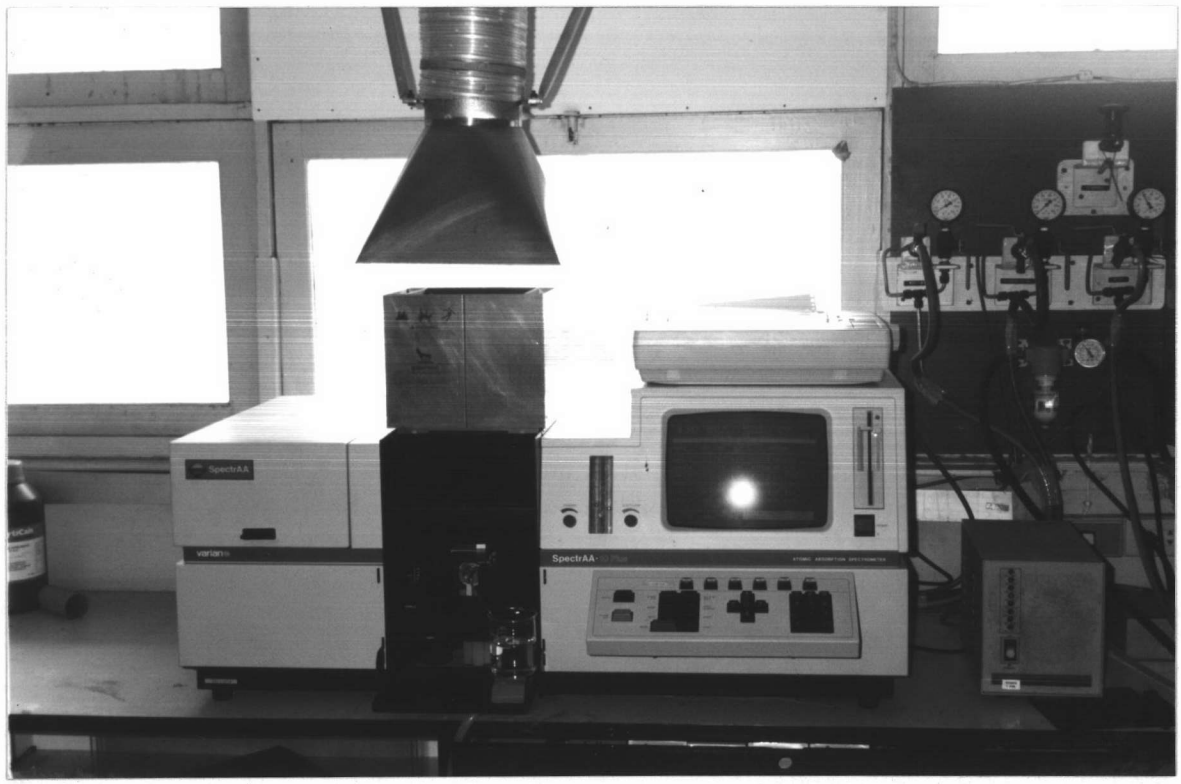
<u>การทดลองกับคอลัมน์ขนาด ∅ 6.75*100 ซม. กับน้ำเสียจริง</u>

ใช้อัตราเร็วของการแลกเปลี่ยนไอออนที่ทดลองได้ กับอัตราเร็วและความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริคที่ดีที่สุดในการฟื้นอำนาจที่ทดลองได้ ทดลองกับน้ำเสียจริงจากถังน้ำล้างใบที่ 3 ของโรงงานชุบนิกเกิลด้วยไฟฟ้าของ บริษัท ร่วมพัฒนาอะไหล่ จำกัด

<u>เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้</u>

1. เครื่องชั่งสารเคมีของ Sartorius (analytic and basic)
2. เครื่องชั่งแบบสมดุลของ Ohaus รุ่น Fisher
3. เครื่องวัด pH ของ Horiba
4. เครื่องวัด conductivity ของ Horiba
5. เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer ของ Varian รุ่น Spectra AA.10 plus รูปที่ 4.13
6. เครื่องปั่นของ Moulinex รุ่น Moulinette S
7. เครื่องลดขนาดอนุภาค (บดย่อย) ชนิด Pulverizer รุ่น JIYU MPV- 2
8. Test sieve shaker ของ บริษัท Endecotts Ltd. รุ่น octagon 200
9. Laboratory test sieve ของ บริษัท Endecotts Ltd.. ขนาด 70-80 mesh
10. เครื่องกวนของ Framo รุ่น LR 20 electronic
11. ตู้อบของ Gallenkamp รุ่น Hot box oven with fan size 3
12. ถังเตรียมน้ำบริสุทธิ์และน้ำสังเคราะห์ขนาด 500 ลิตร
13. ถังเตรียมสารรีเจนเนอแรนต์สำหรับ Cation Resin ขนาด 100 ลิตร
14. เครื่องสูบน้ำของ Iwaki ชนิด Metering รุ่น LK-32VS-03 และ รุ่น LK-31VS-03
15. Resin Column ขนาด ∅ 6.75*100 cm. และ ∅ 2*50 cm.
16. เตาอบแห้งของ Heraeus
17. โถทำแห้ง (desiccator) และจานระเหย (evaporating dish)
18. เตาและเครื่องอังน้ำ (Waterbath และ Streambath)

ที่ระลึกฉลอง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.13 Atomic Absorption Spectrophotometer ของ Varian รุ่น Spectra AA.10 plus ซึ่งใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของนิกเกิล