

การนำโลหะ निकเกิลกลับมาใช้ใหม่โดยใช้เรซินแลกเปลี่ยนไอออนที่ทำจากผักตบชวา



นาย ขจรศักดิ์ โกศลมนตรี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2538

ISBN 974-632-834-4

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I16696633

NICKEL RECYCLE BY ION-EXCHANGE RESIN MADE FROM WATER HYACINTH



Mr. Kajohnsak Kosolmontree

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Environmental Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1995

ISBN 974-632-834-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การนำโลหะหนักกลับมาใช้ใหม่โดยใช้เรซินแลกเปลี่ยนไอออนที่ทำจาก
ผักตบชวา
โดย นาย ขจรศักดิ์ โกศลมนตรี
ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เพ็ชรพร เซาวกิจเจริญ



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัย
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

Signature

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ ฤงสูววรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

Signature

ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. มั่นสิน ตันทุลเวศม์)

Signature

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เพ็ชรพร เซาวกิจเจริญ)

Signature

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ไพพรรณ พรประภา)

Signature

กรรมการและเลขานุการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประแส มงคลศิริ)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว



ขอคัดดี โทสมนตรี : การนำโลหะนิกเกิลกลับมาใช้ใหม่โดยใช้เรซินแลกเปลี่ยนไอออนที่ทำจากผักตบชวา
(NICKEL RECYCLE BY ION-EXCHANGE RESIN MADE FROM WATER HYACINTH)
อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ดร. เพ็ชรพร เชาวกิจเจริญ, 260 หน้า. ISBN 974-632-834-4

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาการใช้ผักตบชวาในการนำโลหะนิกเกิลที่อยู่ในน้ำล้างชิ้นงานจากกระบวนการชุบนิกเกิลด้วยไฟฟ้ากลับมาใช้ใหม่ โดยในการทำการวิจัยจะแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนคือ ในขั้นตอนแรกจะเปรียบเทียบความสามารถในการแลกเปลี่ยนนิกเกิลไอออนด้วยผักตบชวาที่ผ่านการแลกเปลี่ยนนิกเกิลไอออนมาแล้วและผักตบชวาใหม่ โดยทดลองกับน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิล 10 และ 100 มก./ล. ขั้นตอนที่สองจะแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 จะทำการทดลองเปรียบเทียบความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนของผักตบชวาด้วยอัตราเร็วในการไหล 3, 6, 9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมงของน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิลเข้มข้น 100 และ 250 มก./ล. ส่วนที่ 2 จะเปรียบเทียบความสามารถในการนำนิกเกิลกลับมาใช้ใหม่โดยการพ่นอำนาจด้วยความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก 0.25, 0.5, 0.75 N. และด้วยอัตราเร็วในการไหลผ่านผักตบชวาของกรดไฮโดรคลอริก 3, 6, 9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง หลังจากที่ได้ผักตบชวาเหล่านั้นผ่านการบริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิล 100 และ 250 มก./ล.

จากการทดลองขั้นแรกพบว่าถ้าน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิลที่เข้ามีความเข้มข้น 10 มก./ล. จะเห็นว่าการทดลองซ้ำครั้งที่สองจะมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนนิกเกิลที่ต่ำกว่าครั้งแรก ถ้าน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิลที่เข้ามีความเข้มข้น 100 มก./ล. จะไม่เห็นความแตกต่างของความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนนิกเกิลของแต่ละครั้งที่บริการซ้ำ

จากการทดลองขั้นที่สองจะพบว่า อัตราเร็วในการไหลผ่านผักตบชวา 3, 6, 9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมงของน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิล 100 และ 250 มก./ล. ไม่มีผลต่อความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนของผักตบชวา และจะเห็นว่าการพ่นอำนาจผักตบชวาที่ผ่านการแลกเปลี่ยนไอออนด้วยน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิล 100 มก./ล. จะมีประสิทธิภาพในการนำกลับมาใช้ใหม่มากที่สุด 83 % ด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.75 N. ที่อัตราเร็ว 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง ส่วนการแลกเปลี่ยนไอออนด้วยน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิล 250 มก./ล. จะมีประสิทธิภาพในการพ่นอำนาจมากที่สุด 78 % ด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.5 N. ที่อัตราเร็ว 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง

จะเห็นว่าผลการทดลองกับน้ำเสียจริงที่มีความเข้มข้นนิกเกิล 677 มก./ล. จะสามารถแลกเปลี่ยนไอออนนิกเกิลได้ 2937.1 มก. ซึ่งมากกว่าผลการทดลองกับน้ำเสียจริงที่มีความเข้มข้นนิกเกิล 445 มก./ล. ที่สามารถแลกเปลี่ยนไอออนนิกเกิลได้ 2191.5 มก. นอกจากนี้จะเห็นว่าเมื่อพ่นอำนาจด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.5 N. ด้วยอัตราเร็ว 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมงแล้วผักตบชวาที่แลกเปลี่ยนนิกเกิลได้มากกว่ากลับมีเปอร์เซ็นต์การนำกลับมาใช้ใหม่ได้น้อยกว่า

ผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนนิกเกิลไอออนของผักตบชวาจะน้อยกว่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนนิกเกิลไอออนของเรซินสังเคราะห์ชนิดพิเศษถึง 69-103 เท่า และเรซินสังเคราะห์ชนิดพิเศษจะมีค่าปริมาณนิกเกิลที่พ่นอำนาจออกมาได้ในหน่วยอิกคิวาเลนต่อปริมาณกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในหน่วยอิกคิวาเลน มีค่าสูงกว่าผักตบชวาถึง 22.4 เท่า ในขณะที่ความเข้มข้นของนิกเกิลทั้งหมดที่ออกมา มีค่าสูงสุด

ภาควิชา วิชาธรรมสังฆบาลศาสตร์
สาขาวิชา วิชาธรรมสังฆบาลศาสตร์
ปีการศึกษา 2538

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม



C617456: MAJOR SANITARY ENGINEERING

KEY WORD: ELECTROPLATING / WATER HYACINTH / ION EXCHANGE / RESIN
KAJORNSAK KOSOLMONTREE : NICKEL RECYCLE BY ION-EXCHANGE
RESIN MADE FROM WATER HYACINTH. THESIS ADVISOR :
ASSIST.PROF.PETCHPORN CHAWAKITCHAREON, Ph.D. 260 pp.
ISBN 974-632-834-4

This research used water hyacinth to recover nickel from rinse water of nickel electroplating process. The research was divided into 2 steps; the first step was the nickel exchange capacity comparison of new and reused water hyacinth with synthetic wastewater of 10 and 100 mg.Ni/l. Before reusing water hyacinth, it was regenerated by 0.5 N.HCl with 3 bed volume/hr. velocity. The second step was composed of experiments with synthetic wastewater of 100 and 250 mg.Ni/l. One test was to determine the best service flowrate among 3, 6, 9 bed volume/hr. velocities which had the highest efficiency in nickel exchange capacity. The other tested maximum nickel recovery of water hyacinth which was regenerated by HCl 0.25, 0.5, 0.75 N. with 3, 6, 9 bed volume/hr. velocities.

The results show that if the of synthetic nickel wastewater is passed through water hyacinth at 10 mg/l, the reused water hyacinth will have nickel ion exchange capacity more than the first. If the synthetic wastewater is 100 mg.Ni/l, no significant difference of nickel exchange capacity is found between new and reused water hyacinth.

Experimental results also show that at 3, 6, 9 bed volume/hr. of synthetic wastewater (100 and 250 mg.Ni/l) through water hyacinth, there is no effect on the nickel exchange capacity of water hyacinth. The optimum concentration of HCl to be used to recover nickel (at 83 %) from water hyacinth tested with synthetic wastewater 100 mg.Ni/l is 0.75 N. with the flowrate of 3 bed volume/hr. While at 250 mg.Ni/l, the maximum recovery is 78 % by regeneration with 0.5 N.HCl with flowrate 3 bed volume/hr.

Water hyacinth servicing with 677 mg.Ni/l synthetic wastewater has 2937.1 mg. nickel exchange capacity which is more than water hyacinth servicing with 445 mg.Ni/l having 2191.5 mg. nickel exchange capacity. In addition, water hyacinth regenerated by 0.5 N.HCl with 3 bed volume/Hr. velocity has more recovered nickel as it has less nickel exchange capacity.

Compared to special synthetic resin, water hyacinth's nickel exchange capacity is less than special synthetic resin's 69-103 times. The quantity ratio of recovery nickel and used hydrochloric belonging to water hyacinth is less than special synthetic resin's 22.4 times.

ภาควิชา..... วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

สาขาวิชา..... วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

ปีการศึกษา..... 2538

ลายมือชื่อนิติ..... 

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... 

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..... -



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เพ็ชรพร เชาวกิจเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆของการวิจัยมาด้วยดีตลอด ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ไพพรรณพรประภา รองศาสตราจารย์ ดร. มั่นสิน ตันทุลเวศม์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประแสง มงคลศิริ ที่กรุณาตรวจสอบและให้คำชี้แนะจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ ห้างหุ้นส่วน ร่วมพัฒนาอะไหล่ จำกัด ที่ให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำ และอำนวยความสะดวกทุกอย่างในการศึกษากระบวนการชุบโลหะ, คุณทิพย์ ชัยวิริยกุล ที่ให้ความช่วยเหลือในทางด้านเครื่องมือและคำแนะนำในการวิจัย, คุณวรรณภา พนมสุข ที่ให้ความช่วยเหลือในการใช้เครื่องมืออะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปคโตรโฟโตมิเตอร์

เนื่องจากทุนการวิจัยครั้งนี้ บางส่วนได้รับมาจากทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดามารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงินและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

ขจรศักดิ์ โกศลมนตรี



สารบัญเรื่อง

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญเรื่อง.....	ง
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูป.....	ช
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ.....	ฐ
บทที่ 1. บทนำ.....	1
บทที่ 2. วัตถุประสงค์ ขอบเขตการวิจัย.....	3
บทที่ 3. ทบทวนเอกสาร	
การชุบโลหะนิกเกิลด้วยไฟฟ้า.....	4
กระบวนการแลกเปลี่ยนไอออน.....	9
ผักตบชวา.....	19
งานวิจัยที่ผ่านมา.....	29
บทที่ 4. แผนการทดลอง	
การเตรียมผักตบชวาแบบไม่ได้ปรับสภาพ.....	39
การทดลองกับคอลลัมน์ขนาด \varnothing 2*50 ซม. ก่อนการทดลองจริง.....	44
การทดลองกับคอลลัมน์ขนาด \varnothing 6.75*100 ซม. กับน้ำเสียสังเคราะห์.....	44
การทดลองกับคอลลัมน์ขนาด \varnothing 6.75*100 ซม. กับน้ำเสียจริง.....	56
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้.....	56
บทที่ 5. ผลการทดลองและวิจารณ์	
ลักษณะทางกายภาพ.....	58
การทดลองกับคอลลัมน์ขนาด \varnothing 2*50 ซม. ก่อนการทดลองจริง.....	59
การทดลองกับคอลลัมน์ขนาด \varnothing 6.75*100 ซม.....	64
การทดลองกับน้ำเสียจริง.....	102

สารบัญเรื่อง

	หน้า
การเปรียบเทียบเรซินแลกเปลี่ยนไอออนที่ทำจากผักตบชวากับเรซิน สังเคราะห์ชนิดพิเศษ.....	112
บทที่ 6. สรุปผลการทดลอง.....	113
บทที่ 7. ข้อเสนอแนะในการวิจัยเพิ่มเติม.....	114
รายการอ้างอิง.....	115
ภาคผนวก ตารางข้อมูลที่ได้จากการทดลอง.....	118
ประวัติผู้เขียน.....	260

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 กระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่ของน้ำเสียชนิดต่างๆ.....	1
ตารางที่ 3.2 แสดงส่วนผสมของน้ำยาชุบนิกเกิลชนิดต่างๆ.....	8
ตารางที่ 3.3 ลักษณะและปริมาณของน้ำเสียของโรงงานชุบโลหะ	10
ตารางที่ 3.4 ชนิดของสารรีเจนเนอแรนต์ที่ใช้ในการฟื้นอำนาจให้กับเรซิน.....	12
ตารางที่ 3.5 หมู่ไอออนของเรซินประเภทต่างๆ.....	15
ตารางที่ 3.6 ความสัมพันธ์ของเรซินแบบกรดแก่ในการจับไอออนบวกต่างๆ...	16
ตารางที่ 3.7 การเลือกจับโลหะของ Chelating-Resin.....	17
ตารางที่ 3.8 องค์ประกอบในผักตบชวา.....	21
ตารางที่ 3.9 คุณสมบัติของ Serva Cellulose Ion Exchanges	28
ตารางที่ 3.10 ผลการทดลองความสามารถในการกำจัดโครเมียมของพืช ชนิดต่างๆ.....	33
ตารางที่ 4.1 ตารางลักษณะน้ำเสียที่เก็บจากถังน้ำล้าง.....	41
ตารางที่ 4.2 การทดลองหาอัตราไหลที่ดีที่สุดที่ให้ประสิทธิภาพมากที่สุด ในการแลกเปลี่ยนไอออน.....	51
ตารางที่ 4.3 การทดลองหาประสิทธิภาพที่ดีที่สุดของการฟื้นอำนาจ.....	53
ตารางที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณนิกเกิลที่แลกเปลี่ยนได้ทั้งหมดต่อ ปริมาณเรซินผักตบชวาที่ใช้และเปอร์เซ็นต์การนำกลับทั้งหมด หลังจากบริการด้วยน้ำเสียนิกเกิลสังเคราะห์ 100 มก /ล.....	74
ตารางที่ 5.2 แสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การนำกลับและปริมาณนิกเกิล ต่อปริมาณกรดไฮโดรคลอริกในหน่วยกรัม ขณะนิกเกิลรวม เข้มข้นสูงสุด หลังจากบริการด้วยน้ำเสียนิกเกิลสังเคราะห์ 100 มก /ล.....	75
ตารางที่ 5.3 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณนิกเกิลต่อปริมาณกรด ไฮโดรคลอริกในหน่วยอิกิวาเลนต์ ขณะนิกเกิลรวมเข้มข้น สูงสุด หลังจากบริการด้วยน้ำเสียนิกเกิลสังเคราะห์ 100 มก /ล.....	76

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 5.4 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณนิกเกิลที่แลกเปลี่ยนได้ทั้งหมดต่อปริมาณเรซินผักตบชวาที่ใช้และเปอร์เซ็นต์การนำกลับทั้งหมด หลังจากบริการด้วยน้ำเสียนิกเกิลสังเคราะห์ 250 มก./ล.....	85
ตารางที่ 5.5 แสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การนำกลับและปริมาณนิกเกิลต่อปริมาณกรดไฮโดรคลอริกในหน่วยกรัม ขณะนิกเกิลรวมเข้มข้นสูงสุด หลังจากบริการด้วยน้ำเสียนิกเกิลสังเคราะห์ 100 มก./ล.....	89
ตารางที่ 5.6 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณนิกเกิลต่อปริมาณกรดไฮโดรคลอริกในหน่วยอิกควาเลนท์ ขณะนิกเกิลรวมเข้มข้นสูงสุด หลังจากบริการด้วยน้ำเสียนิกเกิลสังเคราะห์ 100 มก./ล.....	90
ตารางที่ 5.7 แสดงลักษณะของน้ำเสียจากถังน้ำล้างใบที่ 3 ในกระบวนการชุบนิกเกิลด้วยไฟฟ้า.....	102
ตารางที่ 5.8 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณนิกเกิลที่แลกเปลี่ยนได้ทั้งหมดต่อปริมาณเรซินผักตบชวาที่ใช้และเปอร์เซ็นต์การนำกลับทั้งหมดระหว่างน้ำเสียจริงและน้ำเสียสังเคราะห์.....	111
ตารางที่ 5.9 แสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การนำกลับและปริมาณนิกเกิลต่อปริมาณกรดไฮโดรคลอริกในหน่วยกรัม ขณะนิกเกิลรวมเข้มข้นสูงสุด ระหว่างน้ำเสียจริงและน้ำเสียสังเคราะห์.....	111
ตารางที่ 5.10 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณนิกเกิลต่อปริมาณกรดไฮโดรคลอริกในหน่วยอิกควาเลนท์ ขณะนิกเกิลรวมเข้มข้นสูงสุด ระหว่างน้ำเสียจริงและน้ำเสียสังเคราะห์.....	112

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 3.1	กระบวนการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า 5
รูปที่ 3.2	แผนภูมิกระบวนการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า..... 7
รูปที่ 3.3	ลักษณะโครงสร้างของเรซินสังเคราะห์ 11
รูปที่ 3.4	กระบวนการแลกเปลี่ยนไอออนชนิดไหลตามและไหลสวนทาง... 13
รูปที่ 3.5	ส่วนประกอบต่างๆของผักตบชวา..... 20
รูปที่ 3.6	แผนภาพแสดงการแยกองค์ประกอบในเซลล์พีซ..... 22
รูปที่ 3.7	ลักษณะโครงสร้างของเซลลูโลส..... 23
รูปที่ 3.8	โครงสร้างของไซแลน Ac = Acetyl Group..... 25
รูปที่ 3.9	หน่วยย่อยในโครงสร้างลิกนิน..... 26
รูปที่ 4.1	แสดงจุดเก็บตัวอย่างจากถังน้ำล้างที่ 3 ในโรงงานชุบนิเกิล ด้วยไฟฟ้า..... 40
รูปที่ 4.2	ผักตบชวาในคลองรังสิตซึ่งนำมาใช้ในการเตรียมเรซิน แลกเปลี่ยนไอออน..... 40
รูปที่ 4.3	แสดงผักตบชวาที่เก็บมาใช้เตรียมเรซินแลกเปลี่ยนไอออน..... 42
รูปที่ 4.4	เครื่องลดขนาดอนุภาค (บดย่อย) ชนิด Pulverizer รุ่น JIYA MPV-2..... 42
รูปที่ 4.5	แสดงเครื่อง Test Sieve Shake รุ่น Octagon 200 และ Laboratory Test Sieve ขนาด 70-80 mesh ซึ่งใช้ในการคัดขนาด 43
รูปที่ 4.6	เรซินแลกเปลี่ยนไอออนที่เตรียมจากผักตบชวาซึ่งใช้ในการวิจัย 43
รูปที่ 4.7	แผนภูมิแสดงการทดลองกับคอลัมน์ขนาด \varnothing 2*50 ซม. ก่อนการทดลองจริง..... 45
รูปที่ 4.8	แบบจำลองของ ION-EXCHANGE COLUME ขนาด \varnothing 2*50 ซม..... 46
รูปที่ 4.9	แผนภูมิแสดงการทดลองจริงกับคอลัมน์ขนาด \varnothing 6.75*100 ซม. 47
รูปที่ 4.10	แบบจำลองของ ION-EXCHANGE COLUME ขนาด \varnothing 6.75*100 ซม..... 48

สารบัญรูป

	หน้า	
รูปที่ 4.11	แบบจำลองใช้ในการทำการวิจัยที่มีขนาดคอลัมน์ Ø 6.75*100 ซม. บรรจุด้วยฝักตบชวาที่ตัดขนาดแล้ว.....	50
รูปที่ 4.12	รูปขยายฝักตบชวาในคอลัมน์.....	50
รูปที่ 4.13	Atomic Absorption Spectrophotometer ของ Varian ซึ่งใช้ ในการวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของนิกเกิล.....	57
รูปที่ 5.1	เปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของ (ก) ฝักตบชวา หลังร้อนผ่านตะแกรง, (ข) ฝักตบชวาหลังกวนกับ HCl และ (ค) ฝักตบชวาหลังจากใช้งานแล้ว.....	58
รูปที่ 5.2	กราฟเปรียบเทียบ pH ของการทดลองซ้ำ 2 ครั้งด้วยน้ำเสีย สังเคราะห์ 10 mg/l หลังจากผ่านฝักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง.....	60
รูปที่ 5.3	กราฟเปรียบเทียบ conductivity ของการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง ด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 10 mg/l หลังจากผ่านฝักตบชวา ด้วยอัตราเร็ว 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง.....	60
รูปที่ 5.4	กราฟเปรียบเทียบ Nickel Concentration ของการทดลอง ซ้ำ 2 ครั้งด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 10 mg/l หลังจาก ผ่านฝักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง.....	61
รูปที่ 5.5	กราฟเปรียบเทียบ Ni _{eff} /Ni _{in} ของการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง ด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 10 mg/l หลังจากผ่านฝักตบชวา ด้วยอัตราเร็ว 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง.....	61
รูปที่ 5.6	กราฟเปรียบเทียบ pH ของน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิล 10 mg/l ที่มีการปรับ pH=5 และไม่มีการปรับ pH หลังจากผ่าน ฝักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง.....	62
รูปที่ 5.7	กราฟเปรียบเทียบ conductivity ของน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิล 10 mg/l ที่มีการปรับ pH=5 และไม่มีการปรับ pH หลังจาก ผ่านฝักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง.....	62

สารบัญรูป

	หน้า	
รูปที่ 5.8	กราฟเปรียบเทียบ Nickel Concentration ของน้ำเสียสังเคราะห์ นิกเกิล 10 mg/l ที่มีการปรับ pH=5 และไม่มี การปรับ pH หลังจากผ่านผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง.....	63
รูปที่ 5.9	กราฟเปรียบเทียบ Ni _{eff} /Ni _{in} ของน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิล 10 mg/l ที่มีการปรับ pH=5 และไม่มี การปรับ pH หลังจาก ผ่านผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง.....	63
รูปที่ 5.10	กราฟเปรียบเทียบ pH ของการทดลองซ้ำ 4 ครั้งด้วยน้ำเสีย สังเคราะห์ 100 mg/l หลังจากไหลผ่านผักตบชวาด้วย อัตราเร็ว 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง.....	65
รูปที่ 5.11	กราฟเปรียบเทียบ conductivity ของการทดลองซ้ำ 4 ครั้ง ด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 100 mg/l หลังจากไหลผ่าน ผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง.....	65
รูปที่ 5.12	กราฟเปรียบเทียบ Nickel Concentration ของการทดลอง ซ้ำ 4 ครั้งด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 100 mg/l หลังจากไหลผ่าน ผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง.....	66
รูปที่ 5.13	กราฟเปรียบเทียบ Ni _{eff} /Ni _{in} ของการทดลองซ้ำ 4 ครั้งด้วย น้ำเสียสังเคราะห์ 100 mg/l หลังจากไหลผ่านผักตบชวาด้วย อัตราเร็ว 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง.....	66
รูปที่ 5.14	กราฟเปรียบเทียบ pH ของน้ำเสียสังเคราะห์ 250 mg/l ที่ไหล ผ่านผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3, 6, 9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง.....	67
รูปที่ 5.15	กราฟเปรียบเทียบ conductivity ของน้ำเสียสังเคราะห์ 250 mg/l ที่ไหลผ่านผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3, 6, 9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง.....	67
รูปที่ 5.16	กราฟเปรียบเทียบ Nickel Concentration ของน้ำเสียสังเคราะห์ 250 mg/l ที่ไหลผ่านผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3, 6, 9 ชั้นเรซิน ต่อชั่วโมง.....	68
รูปที่ 5.17	กราฟเปรียบเทียบ Ni _{eff} /Ni _{in} ของน้ำเสียสังเคราะห์ 250 mg/l ที่ไหลผ่านผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3, 6, 9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง.....	68

สารบัญรูป

	หน้า	
รูปที่ 5.18	กราฟเปรียบเทียบ pH ของน้ำเสียสังเคราะห์ 100 mg/l ที่ไหลผ่านผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3, 6, 9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง.....	69
รูปที่ 5.19	กราฟเปรียบเทียบ conductivity ของน้ำเสียสังเคราะห์ 100 mg/l ที่ไหลผ่านผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3, 6, 9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง.....	69
รูปที่ 5.20	กราฟเปรียบเทียบ Nickel Concentration ของน้ำเสียสังเคราะห์ 100 mg/l ที่ไหลผ่านผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3, 6, 9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง.....	70
รูปที่ 5.21	กราฟเปรียบเทียบ Ni _{eff} /Ni _{in} ของน้ำเสียสังเคราะห์ 100 mg/l ที่ไหลผ่านผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3, 6, 9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง.....	70
รูปที่ 5.22	กราฟเปรียบเทียบ Ni _{eff} /Ni _{in} ของน้ำเสียสังเคราะห์ 100 mg/l และ 250 mg/l ที่ไหลผ่านผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3, 6, 9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง.....	71
รูปที่ 5.23	กราฟเปรียบเทียบ pH ของการทดลองในหลอดทดลองขนาด 2*50 และ 6.75*100 ซม. ด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 100 mg/l หลังจากผ่านผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมงในช่วงบริการ.....	72
รูปที่ 5.24	กราฟเปรียบเทียบ conductivity ของการทดลองในหลอดทดลองขนาด 2*50 และ 6.75*100 ซม. ด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 100 mg/l หลังจากผ่านผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมงในช่วงบริการ.....	72
รูปที่ 5.25	กราฟเปรียบเทียบ Nickel Concentration ของการทดลองในหลอดทดลองขนาด 2*50 และ 6.75*100 ซม. ด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 100 mg/l หลังจากผ่านผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมงในช่วงบริการ.....	73

สารบัญรูป

	หน้า	
รูปที่ 5.26	กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นนิกเกิลนำกลับทั้งหมดของ การทดลองในหลอดทดลองขนาด 2*50 และ 6.75*100 ซม. ด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 100 mg/l หลังจากผ่านผักตบชวา ด้วยอัตราเร็ว 3 ชั้นเรซินต่อชั่วโมงในช่วงบริการ.....	73
รูปที่ 5.27	กราฟเปรียบเทียบค่า pH ของ HCl ที่ไหลผ่านผักตบชวาซึ่ง บริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 100 mg/l.....	77
รูปที่ 5.28	กราฟเปรียบเทียบค่า conductivity ของ HCl ที่ไหลผ่านผักตบชวา ซึ่งบริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 100 mg/l	78
รูปที่ 5.29	กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นนิกเกิลของ HCl ที่ไหลผ่าน ผักตบชวาซึ่งบริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 100 mg/l	79
รูปที่ 5.30	กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นนิกเกิลของ HCl เข้มข้น 0.5 N. ที่ไหลผ่านผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3,6,9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง หลังจากบริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 100 mg/l.....	80
รูปที่ 5.31	กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นนิกเกิลของ HCl เข้มข้น 0.75 N. ที่ไหลผ่านผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3,6,9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง หลังจากบริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 100 mg/l.....	80
รูปที่ 5.32	กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นนิกเกิลของ HCl เข้มข้น 0.25 N. ที่ไหลผ่านผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3,6,9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมง หลังจากบริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 100 mg/l.....	81
รูปที่ 5.33	กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นนิกเกิลของ HCl ที่มีค่าสูงที่สุด จากกราฟรูปที่ 5.30,5.31,5.32 ที่ไหลผ่านผักตบชวา หลังจาก บริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 100 mg/l.....	81
รูปที่ 5.34	กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นนิกเกิลของ HCl ที่ไหลผ่าน ผักตบชวาต่อความเข้มข้นนิกเกิลที่แลกเปลี่ยนโดยผักตบชวา ซึ่งบริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 100 mg/l.....	82

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 5.35 กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นนิกเกิลของ HCl เข้มข้น 0.5 N. ที่ไหลผ่านผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3,6,9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมงต่อความเข้มข้นนิกเกิลที่แลกเปลี่ยนทั้งหมดหลังจากบริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 100 mg/l.....	83
รูปที่ 5.36 กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นนิกเกิลของ HCl เข้มข้น 0.75 N. ที่ไหลผ่านผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3,6,9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมงต่อความเข้มข้นนิกเกิลที่แลกเปลี่ยนทั้งหมดหลังจากบริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 100 mg/l.....	83
รูปที่ 5.37 กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นนิกเกิลของ HCl เข้มข้น 0.25 N. ที่ไหลผ่านผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3,6,9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมงต่อความเข้มข้นนิกเกิลที่แลกเปลี่ยนทั้งหมดหลังจากบริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 100 mg/l.....	84
รูปที่ 5.38 กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นนิกเกิลของ HCl ที่ไหลผ่านผักตบชวาต่อความเข้มข้นนิกเกิลที่แลกเปลี่ยนทั้งหมดที่มีค่าสูงที่สุดจากกราฟรูปที่ 5.35, 5.36, 5.37 หลังจากบริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 100 mg/l.....	84
รูปที่ 5.39 กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นนิกเกิลน้ำกลับทั้งหมดโดย HCl ที่ไหลผ่านผักตบชวาหลังจากที่บริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 100 mg/l.....	86
รูปที่ 5.40 กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นนิกเกิลน้ำกลับทั้งหมดโดย HCl เข้มข้น 0.5 N. ที่ไหลผ่านผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3,6,9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมงหลังจากที่บริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 100 mg/l.....	87
รูปที่ 5.41 กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นนิกเกิลน้ำกลับทั้งหมดโดย HCl เข้มข้น 0.75 N. ที่ไหลผ่านผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3,6,9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมงหลังจากที่บริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 100 mg/l.....	87

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 5.42 กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นนิกเกิลนากลับทั้งหมดโดย HCl เข้มข้น 0.25 N. ที่ไหลผ่านผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3,6,9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมงหลังจากที่บริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 100 mg/l.....	88
รูปที่ 5.43 กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นนิกเกิลนากลับทั้งหมดโดย HCl ที่มีค่าสูงที่สุดจากกราฟรูปที่ 5.40,5.41,5.42 ที่ไหลผ่านผักตบชวาหลังจากที่บริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 100 mg/l.....	88
รูปที่ 5.44 กราฟเปรียบเทียบค่า pH ของ HCl ที่ไหลผ่านผักตบชวาซึ่งบริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 250 mg/l.....	91
รูปที่ 5.45 กราฟเปรียบเทียบ conductivity ของ HCl ที่ไหลผ่านผักตบชวาซึ่งบริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 250 mg/l.....	92
รูปที่ 5.46 กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นนิกเกิลของ HCl ที่ไหลผ่านผักตบชวาซึ่งบริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 250 mg/l.....	93
รูปที่ 5.47 กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นนิกเกิลของ HCl เข้มข้น 0.5 N. ที่ไหลผ่านผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3,6,9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมงหลังจากบริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 250 mg/l.....	94
รูปที่ 5.48 กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นนิกเกิลของ HCl เข้มข้น 0.75 N. ที่ไหลผ่านผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3,6,9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมงหลังจากบริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 250 mg/l.....	94
รูปที่ 5.49 กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นนิกเกิลของ HCl เข้มข้น 0.25 N. ที่ไหลผ่านผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3,6,9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมงหลังจากบริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 250 mg/l.....	95
รูปที่ 5.50 กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นนิกเกิลของ HCl ที่มีค่าสูงที่สุดจากกราฟรูปที่ 5.47,5.48,5.49 ที่ไหลผ่านผักตบชวา หลังจากบริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 250 mg/l.....	95

สารบัญรูป

	หน้า	
รูปที่ 5.51	กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นนิกเกิลของ HCl ที่ไหลผ่าน ผักตบชวาต่อความเข้มข้นนิกเกิลที่แลกเปลี่ยนโดยผักตบชวา ซึ่งบริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 250 mg/l.....	96
รูปที่ 5.52	กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นนิกเกิลของ HCl เข้มข้น 0.5 N. ที่ไหลผ่านผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3,6,9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมงต่อ ความเข้มข้นนิกเกิลที่แลกเปลี่ยนทั้งหมดหลังจากบริการด้วย น้ำเสียสังเคราะห์ 250 mg/l.....	97
รูปที่ 5.53	กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นนิกเกิลของ HCl เข้มข้น 0.75 N. ที่ไหลผ่านผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3,6,9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมงต่อ ความเข้มข้นนิกเกิลที่แลกเปลี่ยนทั้งหมดหลังจากบริการด้วย น้ำเสียสังเคราะห์ 250 mg/l.....	97
รูปที่ 5.54	กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นนิกเกิลของ HCl เข้มข้น 0.25 N. ที่ไหลผ่านผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3,6,9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมงต่อ ความเข้มข้นนิกเกิลที่แลกเปลี่ยนทั้งหมดหลังจากบริการด้วย น้ำเสียสังเคราะห์ 250 mg/l.....	98
รูปที่ 5.55	กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นนิกเกิลของ HCl ที่ไหลผ่าน ผักตบชวาต่อความเข้มข้นนิกเกิลที่แลกเปลี่ยนทั้งหมดที่มี ค่าสูงที่สุดจากกราฟรูปที่ 5.52,5.53,5.54 หลังจากบริการด้วย น้ำเสียสังเคราะห์ 250 mg/l.....	98
รูปที่ 5.56	กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นนิกเกิลน้ำกลับทั้งหมดโดย HCl ที่ไหลผ่านผักตบชวาหลังจากที่บริการด้วยน้ำเสีย สังเคราะห์ 250 mg/l.....	99
รูปที่ 5.57	กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นนิกเกิลน้ำกลับทั้งหมดโดย HCl เข้มข้น 0.5 N. ที่ไหลผ่านผักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3,6,9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมงหลังจากที่บริการด้วยน้ำเสีย สังเคราะห์ 250 mg/l.....	100

สารบัญรูป

	หน้า	
รูปที่ 5.58	กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นนิกเกิลน้ำกลับทั้งหมดโดย HCl เข้มข้น 0.75 N. ที่ไหลผ่านฝักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3,6,9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมงหลังจากที่บริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 250 mg/l.....	100
รูปที่ 5.59	กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นนิกเกิลน้ำกลับทั้งหมดโดย HCl เข้มข้น 0.25 N. ที่ไหลผ่านฝักตบชวาด้วยอัตราเร็ว 3,6,9 ชั้นเรซินต่อชั่วโมงหลังจากที่บริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 250 mg/l.....	101
รูปที่ 5.60	กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นนิกเกิลน้ำกลับทั้งหมดโดย HCl ที่มีค่าสูงที่สุดจากกราฟรูปที่ 5.57,5.58,5.59 ที่ไหลผ่านฝักตบชวาหลังจากที่บริการด้วยน้ำเสียสังเคราะห์ 250 mg/l.....	101
รูปที่ 5.61	กราฟเปรียบเทียบ pH ของน้ำเสียจริงและน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไหลผ่านฝักตบชวาในช่วงบริการ.....	104
รูปที่ 5.62	กราฟเปรียบเทียบ conductivity ของน้ำเสียจริงและน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไหลผ่านฝักตบชวาในช่วงบริการ.....	104
รูปที่ 5.63	กราฟเปรียบเทียบความเข้มข้นนิกเกิลของน้ำเสียจริงและน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไหลผ่านฝักตบชวาในช่วงบริการ.....	105
รูปที่ 5.64	กราฟเปรียบเทียบ Total Dissolved Solid ของน้ำเสียจริงที่ไหลผ่านฝักตบชวาในช่วงบริการ.....	105
รูปที่ 5.65	กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นนิกเกิลออกต่อความเข้มข้นนิกเกิลเข้าของน้ำเสียจริงและน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไหลผ่านฝักตบชวาในช่วงบริการ.....	106
รูปที่ 5.66	กราฟเปรียบเทียบ pH ของน้ำเสียจริงและน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไหลผ่านฝักตบชวาในช่วงพีนอำนาจ.....	107
รูปที่ 5.67	กราฟเปรียบเทียบ conductivity ของน้ำเสียจริงและน้ำเสียสังเคราะห์ที่ไหลผ่านฝักตบชวาในช่วงพีนอำนาจ.....	107

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 5.68 กราฟเปรียบเทียบความเข้มข้นนิกเกิลของน้ำเสียจริงและ น้ำเสียสังเคราะห์ที่ไหลผ่านผักตบชวาในช่วงพื้นที่อำนาจ.....	109
รูปที่ 5.69 กราฟเปรียบเทียบ Total Dissolved Solid ของน้ำเสียจริงและ ที่ไหลผ่านผักตบชวาในช่วงพื้นที่อำนาจ.....	109
รูปที่ 5.70 กราฟเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นนิกเกิลของน้ำเสียจริงและ น้ำเสียสังเคราะห์ที่ไหลผ่านผักตบชวาต่อความเข้มข้นนิกเกิล แลกเปลี่ยนทั้งหมดในช่วงพื้นที่อำนาจ.....	110
รูปที่ 5.71 กราฟเปรียบเทียบผลรวมการนำกลับนิกเกิลของน้ำเสียจริงและ น้ำเสียสังเคราะห์ที่ไหลผ่านผักตบชวาในช่วงพื้นที่อำนาจ.....	110

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

column	คอลัมน์ แท่งกลวงทรงกระบอก
bed volume	ชั้นเรซิน หน่วยปริมาตรสารละลายที่ผ่านชั้นเรซินเทียบเท่าปริมาตรของ เรซิน
pH	พีเอช ค่าความเป็นกรด-ด่าง
eq	Equivalent หน่วยมวลสมมูลย์ หรือ อีควิวาเลนต์
HCl	กรดไฮโดรคลอริก
BV/Hr	bed volume per hour
mg/l	miligram per litre
cm ³	cubic centimetre
mg/l.resin	miligram per litre resin
Ni in	influent Nickel
Ni.eff	effluent Nickel
conc.	concentration
Ni reg	regenerated Nickel
cm.	centimetre