

แบบจำลองข่ายงานนิวรัลสำหรับการทำนายความเข้มข้นกรดและความเข้มข้นไอออนเหล็ก
ที่ได้รับจากกระบวนการนำกลับกรดไฮโดรคลอริกโดยการแลกเปลี่ยนไอออน



นายพันธวงศ์ ตั้งธีระสุนันท์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2547

ISBN 974-17-6760-9

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

NEURAL NETWORK MODEL FOR THE PREDICTION OF ACID CONCENTRATION
AND STEEL ION OBTAINED FROM HYDROCHLORIC ACID
RECOVERY SYSTEM BY ION EXCHANGE

Mr.Pantapong Tangteerasunun

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Chemical Engineering

Department of Chemical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2004

ISBN 974-17-6760-9

หัวข้อวิทยานิพนธ์

แบบจำลองข่ายงานนิวรัลสำหรับการทำนายความเข้มข้นกรด
และความเข้มข้นไอออนเหล็กที่ได้รับจากกระบวนการนำกลับ
กรดไฮโดรไฮโดรคลอริกโดยการแลกเปลี่ยนไอออน

โดย

นายพันธพงศ์ ตั้งธีระสุนันท์


สาขาวิชา

วิศวกรรมเคมี

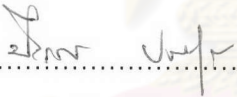
อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล กิตติศุภกร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

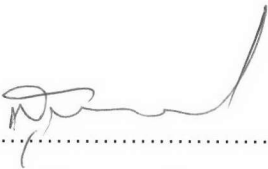

.....คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


.....ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.ปิยะसार ประเสริฐธรรม)


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล กิตติศุภกร)


.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.มนตรี วงศ์ศิริ)


.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.สุพจน์ พัฒนะศิริ)

4470435321 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEY WORD: NEURAL NETWORK MODELS / BASIC MODEL ADSORPTION / ION EXCHANGE RESIN / PICKLING PROCESS / HYDROCHLORIC ACID RECOVERY PROCESS

PANTAPONG TANGTEERASUNUN: NEURAL NETWORK MODEL FOR THE PREDICTION OF ACID CONCENTRATION AND STEEL ION OBTAINED FROM HYDROCHLORIC ACID RECOVERY SYSTEM BY ION EXCHANGE. THESIS ADVISOR: ASSOC.PROF.PAISAN KITTISUPAKORN,Ph.D., 160 pp. ISBN 974-17-6760-9.

This paper describes the neural network models for the prediction of the concentration profile of hydrochloric acid recovery process that consist of double fixed bed ion exchange columns. The ion exchange treatment is used to remove the Fe²⁺ and Fe³⁺ ion from the pickling liquor to increase the acid concentration for reuse in pickling process. This process is complexity and highly nonlinear cause its difficult to model by the first principle. Therefore, an attractive alternative technique, neural network has been applied to model this system because of its ability to model complex nonlinear process, ever when process understanding is limited. The process data are generated from hydrochloric acid recovery pilot plant and use for training and testing the neural network models. Backpropagation and Lenvenberg- Marquardt techniques are used to train the varied neural network architectures and the accuracy of the obtained models have been examined using test data set. The optimal neural network architectures of this process can be evaluated by MSE minimum technique. From this technique, the optimal architecture of cation resin column for 0-3000 ppm and 3000-6000 ppm [Fe] concentration are [5-11-13-2] and [5-8-9-2] architecture respectively. For anion resin column, the optimal neural network architecture of 0-2000 ppm [Fe] concentration is [5-13-13-2] architecture. The simulation results have shown that the multilayer feedforward neural network models with two hidden layers provide sufficiently accurate prediction of the concentration profile of the process.

Department Chemical Engineering
Field of study Chemical Engineering
Academic year 2004

Student's signature.....*Pantapong Tangteerasunun*
Advisor's signature.....*Paisan Kittisupakorn*

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดีจาก รองศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล กิตติศุภกร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ แนวคิดในการดำเนินงาน และการแก้ปัญหาระหว่างการวิจัยนี้ด้วยดีตลอดมาจนสำเร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.ปิยะสาร ประเสริฐธรรม ประธานกรรมการ อาจารย์ ดร. มนต์วี วงศ์ศรี และ อาจารย์ ดร.สุพจน์ พัฒนะศรี ที่กรุณาร่วมเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้ให้ข้อคิด และคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยเป็นอย่างมาก

นอกจากนี้ผู้ทำการวิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ญาติพี่น้อง และผู้ให้การสนับสนุนการศึกษา พร้อมทั้งเป็นกำลังใจด้วยดีตลอดมาจนสำเร็จการศึกษา

ทำน้ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ที่คอยให้กำลังใจพร้อมกับคำแนะนำ และการช่วยเหลืออย่างดีตลอดมา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	ง
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญภาพ.....	ฌ
สารบัญตาราง.....	ซ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	3
1.3 ขอบเขตงานวิจัย.....	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับในงานวิจัย.....	3
1.5 ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย.....	4
1.6 โครงสร้างของวิทยานิพนธ์.....	4
บทที่ 2 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 ผลงานเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสียของโลหะหนัก และการนำกลับกรดด้วยการแลกเปลี่ยนไอออน.....	5
2.2 ผลงานเกี่ยวกับแบบจำลองของการดูดซับ และการแลกเปลี่ยนไอออน...	6
2.3 ผลงานเกี่ยวกับขบวนการนิเวศ.....	7
บทที่ 3 ทฤษฎี.....	9
3.1 กระบวนการแปรรูปเหล็ก และกระบวนการกำจัดสนิม.....	9
3.2 การแลกเปลี่ยนไอออน และเรซินแลกเปลี่ยนไอออน.....	14
3.3 ทฤษฎีการดูดซับ.....	23
3.4 ทฤษฎีขบวนการนิเวศ.....	30

	หน้า
บทที่ 4	
ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	41
4.1 อุปกรณ์ และสารเคมี.....	41
4.2 การศึกษาองค์ประกอบ และการเตรียมกรดเสี้ยว (Pickling liquors).....	41
4.3 ขั้นตอนการทดลอง กระบวนการแลกเปลี่ยนไอออน.....	43
4.4 ขั้นตอนการทดลอง ข่ายงานนิวรัลสำหรับสร้างแบบจำลอง.....	47
4.5 สรุปขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	55
บทที่ 5	
ผลการจำลอง และวิเคราะห์ผลงานวิจัย.....	56
5.1 ผลการทดลองกระบวนการแลกเปลี่ยนไอออน.....	58
5.2 ผลการฝึก และการทดสอบข่ายงาน การคัดเลือกข่ายงาน.....	61
5.3 แสดงลักษณะโครงสร้างข่ายงานที่ใช้ทำนายผลการฝึกข่ายงาน.....	69
5.4 ผลการทำนายพฤติกรรมการดูดซับตามอัตราการใช้.....	72
5.5 ผลการเปรียบเทียบการทดลองจริง ข่ายงานนิวรัล และการแก้ปัญหา สมการเชิงอนุพันธ์ย่อย ด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข.....	91
5.6 สรุปผลการจำลอง.....	93
บทที่ 6	
สรุปผลงานวิจัย.....	94
6.1 สรุปผลงานวิจัย.....	94
6.2 บทสรุป.....	95
รายการอ้างอิง.....	97
ภาคผนวก.....	102
ภาคผนวก ก.....	102
ภาคผนวก ข.....	108
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	160

สารบัญภาพ

		หน้า
รูปที่ 3.1	แสดงโครงสร้างอุตสาหกรรมการแปรรูปเหล็กในประเทศไทย.....	10
รูปที่ 3.2	แสดงกระบวนการกำจัดสนิม.....	13
รูปที่ 3.3	แสดงโครงสร้างเรซินจากการโพลีเมอไรซ์ระหว่างสไตรีน.....	16
รูปที่ 3.4	แสดงตัวอย่างเรซินแลกเปลี่ยนประจุบวก.....	18
รูปที่ 3.5	แสดงตัวอย่างเรซินแลกเปลี่ยนประจุลบ.....	18
รูปที่ 3.6	แสดงกระบวนการแลกเปลี่ยนไอออนของเหล็ก.....	21
รูปที่ 3.7	แสดงเรซินแลกเปลี่ยนประจุลบ และเรซินแลกเปลี่ยนประจุบวก.....	22
รูปที่ 3.8	แสดงห่อเรซินแลกเปลี่ยนไอออน.....	22
รูปที่ 3.9	แสดงลักษณะกราฟ Breakthrough Curve.....	28
รูปที่ 3.10	แสดงกลไกการดูดซับ.....	29
รูปที่ 3.11	แสดงโครงสร้างเชื่อมโยงข่ายงานนิวรัล.....	32
รูปที่ 4.1	แสดงความเข้มข้นไอออนเหล็ก และความเข้มข้นกรดไฮโดรคลอริก.....	42
รูปที่ 4.2	แสดงผลการทดลองของห่อเรซินแลกเปลี่ยนไอออนบวก.....	45
รูปที่ 4.3	แสดงผลการทดลองของห่อเรซินแลกเปลี่ยนไอออนลบ.....	46
รูปที่ 4.4	แสดงการจัดรูปแบบชุดข้อมูลสำหรับห่อเรซินแลกเปลี่ยนไอออนบวก.....	48
รูปที่ 4.5	แสดงการจัดรูปแบบชุดข้อมูลสำหรับห่อเรซินแลกเปลี่ยนไอออนลบ.....	49
รูปที่ 4.6	แสดงการออกแบบข่ายงานป้อนไปข้างหน้าชั้นซ่อน 1 ชั้นซ่อน.....	51
รูปที่ 4.7	แสดงการออกแบบข่ายงานป้อนไปข้างหน้าชั้นซ่อน 2 ชั้นซ่อน.....	51
รูปที่ 4.8	แสดงขั้นตอนของโปรแกรมในการหาแบบจำลอง.....	53
รูปที่ 5.1	แสดงผลการฝึกข่ายงานนิวรัล 1 ชั้นซ่อน.....	61
รูปที่ 5.2	แสดงผลการฝึกข่ายงานนิวรัล 2 ชั้นซ่อน สำหรับ Cation Range 1.....	62
รูปที่ 5.3	แสดงผลการฝึกข่ายงานนิวรัล 2 ชั้นซ่อน สำหรับ Cation Range 2.....	63
รูปที่ 5.4	แสดงผลการฝึกข่ายงานนิวรัล 2 ชั้นซ่อน สำหรับ Anion.....	64
รูปที่ 5.5	แสดงลักษณะโครงสร้างข่ายงานนิวรัล [5-11-13-2].....	69
รูปที่ 5.6	แสดงลักษณะโครงสร้างข่ายงานนิวรัล [5-8-9-2].....	70
รูปที่ 5.7	แสดงลักษณะโครงสร้างข่ายงานนิวรัล [5-13-13-2].....	71

	หน้า
รูปที่ 5.23 แสดงค่าความผิดพลาดจากการทำนาย ณ อัตราการไหล 160 ลิตรต่อชั่วโมง สำหรับแลกเปลี่ยนประจุลบ.....	85
รูปที่ 5.24 แสดงผลการทำนายความเข้มข้น ณ อัตราการไหล 180 ลิตรต่อชั่วโมง สำหรับแลกเปลี่ยนประจุลบ.....	86
รูปที่ 5.25 แสดงค่าความผิดพลาดจากการทำนาย ณ อัตราการไหล 180 ลิตรต่อชั่วโมง สำหรับแลกเปลี่ยนประจุลบ.....	86
รูปที่ 5.26 แสดงผลการทำนายความเข้มข้น ณ อัตราการไหล 200 ลิตรต่อชั่วโมง สำหรับแลกเปลี่ยนประจุลบ.....	87
รูปที่ 5.27 แสดงค่าความผิดพลาดจากการทำนาย ณ อัตราการไหล 200 ลิตรต่อชั่วโมง สำหรับแลกเปลี่ยนประจุลบ.....	88
รูปที่ 5.28 แสดงลักษณะกราฟที่ช่างงานนิวัตรสามารถทำนายได้.....	90
รูปที่ 5.29 แสดงลักษณะการกระจายความเข้มข้นไอออนหลักที่คำนวณได้ตลอด ความสูงของหอเรซิน.....	91
รูปที่ 5.30 แสดงไฟล์ความเข้มข้นของสมการดูดซับทั่วไป.....	92
รูปที่ 5.31 แสดงการเปรียบเทียบไฟล์ความเข้มข้นระหว่าง วิธีเชิงตัวเลข แบบจำลอง ช่างงานนิวัตร และผลจากการทดลอง สำหรับการแลกเปลี่ยนไอออนบวก....	92
รูปที่ 5.32 แสดงการเปรียบเทียบไฟล์ความเข้มข้นระหว่าง วิธีเชิงตัวเลขแบบจำลอง ช่างงานนิวัตร และผลจากการทดลอง สำหรับการแลกเปลี่ยนไอออนลบ.....	93

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 3.1	คุณสมบัติของเรซินที่ใช้ทดลองทั้ง 2 ชนิด* Manufacture supplied.....	20
ตารางที่ 3.2	แสดงลักษณะสมการคณิตศาสตร์ของฟังก์ชันกระตุ้นแต่ละชนิด.....	33
ตารางที่ 4.1	แสดงองค์ประกอบกรดเสียตัวอย่างที่วิเคราะห์ได้.....	43
ตารางที่ 4.2	แสดงชนิดเรซิน และปริมาณเรซินที่ใช้ในการทดลอง.....	43
ตารางที่ 4.3	แสดงการทดลองโดยการเปลี่ยนแปลงอัตราการใช้.....	44
ตารางที่ 4.4	แสดงการแบ่งช่วงชุดข้อมูลสำหรับการฝึกข่ายงาน.....	47
ตารางที่ 4.5	แสดงจำนวนข่ายงานทั้งหมด.....	52
ตารางที่ 5.1	แสดงปริมาณเหล็กที่ถูกดูดซับในห่อเรซินของการแลกเปลี่ยนไอออนบวก.....	57
ตารางที่ 5.2	แสดงปริมาณเหล็กที่ถูกดูดซับในห่อเรซินของการแลกเปลี่ยนไอออนลบ.....	57
ตารางที่ 5.3	แสดงประสิทธิภาพเปอร์เซ็นต์การดูดซับไอออนเหล็กของเรซิน.....	58
ตารางที่ 5.4	แสดงปริมาณการนำกลับกรดของระบบที่ใช้ในงานวิจัย.....	58
ตารางที่ 5.5	แสดงประสิทธิภาพการดูดซับของเรซินแลกเปลี่ยนไอออน.....	59
ตารางที่ 5.6	แสดงผลการคัดเลือกโครงสร้างข่ายงาน 1 ชั้นซ่อน.....	61
ตารางที่ 5.7	แสดงผลการคัดเลือกโครงสร้างข่ายงาน 2 ชั้นซ่อน.....	65
ตารางที่ 5.8	แสดงการจัดแบบจำลองตั้งแต่ แบบจำลองที่ 1 ถึง แบบจำลองที่ 7.....	66
ตารางที่ 5.9	แสดงช่วงดัชนีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด MP และ RMSP ของการแลกเปลี่ยนไอออนบวก.....	80
ตารางที่ 5.10	แสดงช่วงดัชนีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด MP และ RMSP ของการแลกเปลี่ยนไอออนลบ.....	89