

การตกผลึกคอปเปอร์ซัลเฟตในเครื่องตกผลึกแบบซาห์นไฮส

นางสาว สุชาวดี ไหว่องกิจการ



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาเคมีเทคนิค

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2539

ISBN 974-633-823-4

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I17010928

CRYSTALLIZATION OF COPPER SULPHATE IN ZAHN HOSE CRYSTALLIZER

Miss Suchawadee Waiwongkijkarn

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Chemical Technology

Graduate School

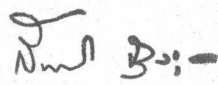
Chulalongkorn University

1996

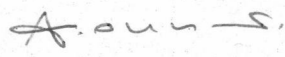
ISBN 974-633-823-4

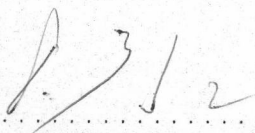
หัวข้อวิทยานิพนธ์ การตกผลึกคอปเปอร์ซัลเฟตในเครื่องตกผลึกแบบซาห์นไฮส
โดย นางสาวสุชาวดี ไหว่่องกิจการ
ภาควิชา เคมีเทคนิค
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธราพงษ์ วิจิตตสานต์

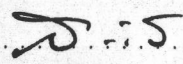
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

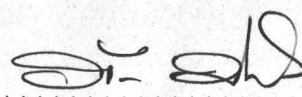

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ฤงสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ กัญญา บุญเกียรติ)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธราพงษ์ วิจิตตสานต์)


..... กรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ)


..... กรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.ภัทรพรรณ ประศาสน์สารกิจ)

พิมพ์ต้นฉบับบทความวิจัยวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

สุชาติ ไวร่องกิจการ : การตกผลึกคอปเปอร์ซัลเฟตในเครื่องตกผลึกแบบซาห์นโฮส
(CRYSTALLIZATION OF COPPER SULPHATE IN ZAHN HOSE CRYSTALLIZER)

อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.ธราพงษ์ วิจิตรสานต์

82 หน้า, ISBN 974-633-823-4



คอปเปอร์ซัลเฟต (CuSO_4) ผลิตได้จากการทำปฏิกิริยาระหว่าง คอปเปอร์ออกไซด์ (CuO) กับกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) เมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาจะยังคงมีกรดซัลฟิวริกมากเกินไป ดังนั้นจึงมีปัญหากการกัดกร่อนขณะทำการตกผลึก

งานวิจัยนี้ศึกษาการตกผลึกคอปเปอร์ซัลเฟต ความเข้มข้นประมาณ ร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก ในเครื่องตกผลึกแบบซาห์นโฮส ขนาดของหอตผลึกมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.25 เมตร สูง 2.3 เมตร และขนาดถังตกผลึกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.5 เมตร สูง 0.4 เมตร ทำการศึกษาผลของตัวแปรต่างๆ ที่มีต่อขนาดของผลึก ได้แก่ ความเร็วอากาศ 0.0819-0.186 ลูกบาศก์เมตร/วินาที อัตราการไหลของสารละลาย 0.0219-0.1076 กิโลกรัม/วินาที ขณะตกผลึกในหอตผลึก และ ความเร็วรอบใบพัด 1000-1750 รอบ/นาที เวลา 0-210 นาที เมื่อทำการขยายขนาดผลึกในถังตกผลึก

จากการทดลองได้ว่า ผลึกที่ได้จากการทดลองมีขนาดอยู่ในช่วง 150-240 ไมโครเมตร ขนาดของผลึกแปรผันตามค่าความเร็วอากาศ ความเร็วรอบใบพัด เวลา และแปรผกผันกับอัตราการไหลของสารละลาย โดยภาวะที่เหมาะสมที่ได้คือ ความเร็วอากาศ 0.1585 ลูกบาศก์เมตร/วินาที อัตราการไหลของสารละลาย 0.0595 กิโลกรัม/วินาที และเวลา 45 นาที

สมการอัตราการขยายขนาดของผลึกที่ได้คือ

$$R_g = 6.6303 \cdot 10^{-5} \Delta C^{1.1469}$$

เมื่อ R_g = อัตราการขยายขนาดของผลึก, กรัม/ซม².นาที

ΔC = สภาพอิ่มตัวด้วยด่าง, กรัม/100 กรัมสารละลาย

งานวิจัยโดยทั่วไปมีค่าอันดับของอัตราการขยายขนาดของเกลือของสารอนินทรีย์อยู่ในช่วง

1.5-2

ภาควิชา เคมีเทคนิค
สาขาวิชา เคมีเทคนิค
ปีการศึกษา 2538

ลายมือชื่อนิสิต *สุวิภา ใจดี*
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา *ป. 7/2*
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาอื่น.....

##C525625: MAJOR MAJOR CHEMICAL TECHNOLOGY

KEY WORD: COPPER SULPHATE/ZAHN HOSE/CRYSTALLIZATION/CRYSTALLIZER
SUCHAWADEE WAIWONGKIJKARN : CRYSTALLIZATION OF COPPER
SULPHATE IN ZAHN HOSE CRYSTALLIZATION .

THESIS ADVISOR : ASIST.PROF.THARAPONG VITIDSANT, Ph.D.
82 pp. ISBN 974-633-823-4

Copper sulphate is produced from the reaction between copper oxide and sulphuric acid. However, there are plenty of sulphuric acid left when the reaction is over which creates the corrosion.

This research attempts to find the factors that might effect the size of copper sulphate crystals(outcome product). Thirty percent by weight copper sulphate solution was studied in a Zahn Hose crystallizer (2.3 m hieght and 0.25 m inside diameter) and crystallized tank(0.4 m height and 0.5 m inside diameter) during 1)the crystallization process(in Zahn Hose crystallizer) with possible variable factors such as air velocity 0.0819-0.1868 m³/s and solution flowrate 0.0219-0.1076 kg/s and 2)the enhancing crystal growth(in crystallized tank) with variable factors which are stirrer speed(1000-1750 rpm)and time (0-210 min).

The experimental result shows that the median size of outcome crystal is varied between 150-240 μm. The size has positive correlation with air velocity, stirrer speed, and time, while the solution flowrate has negative correlation. The most appropriate factor of copper sulphate in this study are 0.1585 m³/s and of air velocity 0.0595 kg/s of solution flowrate, and 45 min of the time.

The formula of crystallizing growth rate is

$$R_g = 6.6303 \times 10^{-5} \Delta C^{1.1469}$$

where R_g = crystal growth rate, g/cm².min

ΔC = absolute supersaturation, g/100 g solution

Usually, the order of growth rate of inorganic salt crystallization is varied between 1.5-2.

ภาควิชา เคมีเทคนิค.....

สาขาวิชา เคมีเทคนิค.....

ปีการศึกษา 2538.....

ลายมือชื่อนิสิต.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธราพงษ์ วิจิตตานนท์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา และความช่วยเหลือให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และกราบขอบพระคุณ คณาจารย์ทุกท่านในภาควิชาเคมีเทคนิค ที่ได้คำแนะนำในงานวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณ คุณสังข์ ชมชื่น ที่กรุณาช่วยสร้าง และซ่อมแซมเครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิจัย และขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาเคมีเทคนิคทุกท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และความสะดวกตลอดการทำงานวิจัย

ขอขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย และ ศาสตราจารย์ ดร. ประสม สถาปิตานนท์ ที่ได้ให้การช่วยเหลือด้านทุนสนับสนุนงานวิจัย

ขอขอบคุณ เพื่อน ๆ พี่ ๆ และน้อง ๆ ในภาควิชาเคมีเทคนิค ทุกคนที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และให้กำลังใจ ทำให้การทำงานวิจัยสำเร็จลุล่วง

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้กำลังใจ ความช่วยเหลือ และให้การสนับสนุนเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูป.....	ฆ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
2. วารสารปริทัศน์.....	2
คำจำกัดความ.....	2
การตกผลึก.....	5
1. การเกิดนิวคลีเอชัน.....	5
2. การขยายขนาดของผลึก.....	9
การตกผลึกในอุตสาหกรรม.....	11
ชนิดของเครื่องตกผลึก.....	13
การทำความสะอาดผลึก.....	14
การหาขนาดของผลึก.....	14
คอปเปอร์ซัลเฟต.....	17
เครื่องตกผลึกแบบซาห์นไฮส.....	19
3. เครื่องมือและวิธีการทดลอง.....	21
อุปกรณ์การทดลอง.....	21
วิธีดำเนินการทดลอง.....	23
1. ขั้นตอนการตกผลึก.....	23
2. ขั้นตอนการหาความเข้มข้น.....	24
4. ผลการทดลอง.....	27
ขั้นตอนการเกิดนิวคลีเอชัน.....	27
1. ผลของความเร็วอากาศที่มีต่อขนาดของผลึก.....	27
2. ผลของอัตราการไหลที่มีต่อขนาดของผลึก.....	30

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ขั้นการขยายขนาดของผลึก.....	34
1. ผลของความเร็วยวรอบใบพัดที่มีการขยายขนาดของผลึก.....	34
2. ผลของการขยายขนาดของผลึกเมื่อความเร็วยวรอบในการกวนคงที่.....	36
ผลของความสัมพันธ์ของความถี่กับความถี่ของผลึก กับอัตราขยายขนาดของผลึก...38	38
5. วิจารณ์ผลการทดลอง.....	41
6. สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ.....	45
รายการอ้างอิง.....	47
ภาคผนวก.....	48
ภาคผนวก ก.....	49
ภาคผนวก ข.....	56
ภาคผนวก ค.....	79
ภาคผนวก ง.....	80
ประวัติผู้เขียน.....	82

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตัวอย่างผลการร่อนแยกขนาด.....	15
2.2 ค่าการละลายของคอปเปอร์ซัลเฟตที่อุณหภูมิต่าง ๆ.....	18
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วอากาศกับค่าขนาดมัธยฐานของผลึก ร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้ อุณหภูมิของสารละลายขาออก และสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนความร้อน เมื่ออัตราการไหลของสารละลายเท่ากับ 0.0468 กก/วินาที	28
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของสารละลายกับค่าขนาดมัธยฐานของผลึก ร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้ อุณหภูมิของสารละลายขาออก และค่าร้อยละของการลดขนาด เมื่อความเร็วอากาศเท่ากับ 0.0819 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที.....	31
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของสารละลายกับค่าขนาดมัธยฐานของผลึก ร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้ อุณหภูมิของสารละลายขาออก และค่าร้อยละของการลดขนาด เมื่อความเร็วอากาศเท่ากับ 0.1585 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที.....	31
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าขนาดมัธยฐานของผลึกที่เวลาต่าง ๆ กับความเร็วรอบใบพัดกวน เมื่อความเร็วอากาศ 0.1585 ลูกบาศก์เมตร/วินาที อัตราการไหลของสารละลาย 0.0468 กิโลกรัม/วินาที.....	34
4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของการขยายขนาดของผลึก เมื่อเทียบกับค่าขนาดมัธยฐานของขนาดผลึกที่เวลา 0 นาที กับความเร็วรอบใบพัดกวนเมื่อเวลาต่าง ๆ เมื่อความเร็วอากาศ 0.1585 ลูกบาศก์เมตร/วินาที อัตราการไหลของสารละลาย 0.0468 กิโลกรัม/วินาที.....	34
4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วอากาศ กับค่าขนาดมัธยฐานของผลึกที่เวลาต่าง ๆ เมื่ออัตราการไหลของสารละลาย 0.0468 กิโลกรัม/วินาที ความเร็วรอบใบพัดกวน 1500 รอบ/นาที.....	36
4.7 ค่าอัตราการเกิดปฏิกิริยา(R_c) สภาพอิ่มตัวด้วยสมบูรณ(ΔC) พื้นที่ผิวของหนึ่งผลึก(a_c) และมวลของตัวถูกละลายที่เกาะบนผิวผลึกต่อหนึ่งนาที (dm_c / dt).....	38

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ค.1 ค่า $\ln R_G$ และ $\ln \Delta C$	79
ง.1 น้ำหนักของผลึกในแต่ละชั้นของตะแกรงร่อน.....	80
ง.2 ปริมาณร้อยละของน้ำหนักสะสมของผลึก.....	80

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ผลของขนาดอนุภาคที่มีต่อค่าการละลาย.....	3
2.2 ค่าการละลาย และค่าอิ่มตัวด้วยด่าง.....	4
2.3 แผนภาพพลังงานอิสระในการเกิดนิวเคลียส เชน แสดงถึงขนาดวิกฤติของนิวเคลียส.....	6
2.4 การกระจายของความเข้มข้นของตัวถูกละลายจากสารละลายมายังผิวของผลึก.....	10
2.5 ผลของความเร็วในการปั่นต่ออัตราการขยายขนาดของ sodium thiosulphate ที่ 40 °C.....	11
2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของผลึก และค่าสัดส่วนร้อยละของน้ำหนักผลึก.....	15
2.7 สัดส่วนร้อยละของผลึกสะสมในแต่ละชั้นตะแกรงร่อน.....	16
2.8 ค่าการละลายของคอปเปอร์ซัลเฟตที่อุณหภูมิต่าง ๆ.....	19
2.9 เครื่องตกผลึกแบบซาห์นไฮส.....	20
3.1 สัดส่วนของถังเตรียมสาร เครื่องตกผลึก และถังตกผลึก.....	26
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วอากาศกับค่าขนาดมัธยฐานของผลึก เมื่ออัตรา การไหลของสารละลายเท่ากับ 0.0468 กก./วินาที.....	28
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วอากาศ กับค่าอุณหภูมิของสารละลายขาออก และค่าร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้ เมื่ออัตราการไหลของสารละลายเท่ากับ 0.0468 กก./วินาที.....	29
4.3 ความสัมพันธ์ของความเร็วอากาศกับค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนความร้อนเมื่อ อัตราการไหลของสารละลายเท่ากับ 0.0468 กก./วินาที.....	29
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของสารละลาย กับค่าขนาดมัธยฐานของผลึก เมื่อความเร็วอากาศเท่ากับ 0.0819 ลูกบาศก์เมตร/วินาที.....	32
4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของสารละลายกับ ค่าอุณหภูมิขาออกของ สารละลายและค่าร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้ เมื่อความเร็วอากาศเท่ากับ 0.0819 ลูกบาศก์เมตร/วินาที.....	32
4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของสารละลาย กับค่าขนาดมัธยฐานของผลึก เมื่อความเร็วอากาศเท่ากับ 0.1585 ลูกบาศก์เมตร/วินาที.....	33

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของสารละลาย กับค่าอุณหภูมิของสารละลาย ขาออก และค่าร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้ เมื่อความเร็วอากาศเท่ากับ 0.1585 ลูกบาศก์เมตร/วินาที.....	33
4.8 ความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าขนาดมัธยฐานของผลึกและเวลา เมื่อความเร็วรอบ ใบพัดกวนต่างกัน โดยที่ความเร็วอากาศ 0.1585 ลูกบาศก์เมตร/วินาที อัตราการ ไหลของสารละลาย 0.0468 กิโลกรัม/วินาที.....	35
4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วอากาศกับค่าขนาดมัธยฐานของผลึก ที่เวลาต่าง ๆ เมื่ออัตราการไหลของสารละลาย 0.0468 กก/วินาที และความเร็วรอบใบพัดกวน 1500 รอบ/นาที.....	37
4.10 การเปรียบเทียบค่าอัตราการขยายขนาดของผลึกที่ได้จากการทดลอง และค่าที่ได้ จากความสัมพันธ์ (4.6).....	40
ง.1 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของน้ำหนักระดม กับขนาดของผลึก.....	81