

การศึกษาเครื่องระเหยหมุนแบบแผ่นฟิล์มบาง



นายบรรพต วิทิตศานต์

004235

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคณะหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาเคมีเทคนิค

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2524

I 1582A55X

STUDY OF ROTARY THIN-FILM EVAPORATOR

Mr. THARAPONG VITIDSANT

A Thesis Submitted in partial Fulfillment of the Requirments
for the Degree of Master of Science
Department of Chemical Technology
Graduate School
Chulalongkorn University

1981

หัวข้อวิทยานิพนธ์
โดย
ภาควิชา
อาจารย์ที่ปรึกษา

การศึกษาเครื่องระเหยหมุนแบบแผ่นฟิล์มบาง
นายชราพงษ์ วิทิศานต์
เคมีเทคนิค
รองศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ คำรงค์เลิศ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาคำหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... *สมศักดิ์ คำรงค์เลิศ* คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุประสิทธิ์ บุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... *ชูชาติ บาวมี* ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชูชาติ บาวมี)

..... *สมศักดิ์ คำรงค์เลิศ* กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ คำรงค์เลิศ)

..... *ศักรินทร์ ภูมิรัตน* กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศักรินทร์ ภูมิรัตน)

..... *ภัทรพรณ ประศาสนสารกิจ* กรรมการ
(อาจารย์ ดร. ภัทรพรณ ประศาสนสารกิจ)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์
ชื่อนิสิต
อาจารย์ที่ปรึกษา
ภาควิชา
ปีการศึกษา

การศึกษาเครื่องระเหยหมุนแบบแผ่นฟิล์มบาง
นาย ชราพงษ์ วิทิตสานต์
รองศาสตราจารย์ คร. สมศักดิ์ คำรงค์เลิศ
เคมีเทคนิค
2523

บทคัดย่อ



เครื่องระเหยหมุนแบบแผ่นฟิล์มบาง เป็นเครื่องมือออกแบบสำหรับงานที่ใช้กับสารละลายประเภทที่มีความไวต่อความร้อน ให้ความเข้มข้นสูงขึ้น เครื่องมือประกอบด้วย drum หมุนอยู่ใน shell ภายในสูญญากาศ จักความเร็วของ drum ให้พอเหมาะ คือ 60 รอบ/นาที สารละลายก็จะเกาะเป็นฟิล์มอยู่บนผิวของ drum เป็นระยะเวลาสั้น ๆ ภายใต้ออกจากฟิล์มมากน้อยเท่าไรยังขึ้นอยู่กับขนาดของความหนาของฟิล์มด้วย

การศึกษาได้แบ่งงานออกเป็นหลายขั้นตอนดังนี้

ตอนที่หนึ่ง ทำการทดลองแบบไม่ต่อเนื่อง โดยใช้สารละลายน้ำตาล เป็นสารละลายตัวอย่าง พบว่าอัตราการระเหยของน้ำสูงสุด 70 ลบ.ซม. ต่อ นาที ปริมาตรของสารละลายที่อยู่ในเครื่องควรมีขนาด 3 ถึง 5 ลิตร ความดันภายในเครื่องที่เหมาะสม -450 มม.ปรอท ความดันไอน้ำ 2.08 กก./ตร.ซม.

ตอนที่สอง ทำแบบต่อเนื่อง ใช้ไอน้ำที่มีความดัน 2.43 กก./ตร.ซม. ใช้สารละลายน้ำตาลป้อนเข้าเครื่องด้วยอัตรา 80-90 ลบ.ซม./นาที ไค้สารละลายเข้มข้น 30-40 ลบ.ซม./นาที

ตอนที่สาม เพิ่มอีเจกเตอร์เข้ากับเครื่องระเหย แล้วทำการทดลองทั้งแบบไม่ต่อเนื่อง และต่อเนื่อง เช่นครั้งแรก ชนิดไม่ต่อเนื่องพบว่า อัตราการระเหยเพิ่มขึ้นเป็น 80-90 ลบ.ซม./นาที และชนิดต่อเนื่องมีอัตราเกี่ยวกับตอนที่ยังไม่ใส่อีเจกเตอร์

ตอนที่สี่ เปลี่ยนชนิดของสารละลาย มีสารละลายกลูโคส น้ำส้มเปรี้ยว
ยาขม ปรากฏว่า สารละลายกลูโคสมีอัตราการระเหยมากที่สุด ถัดมาไตแก สารละลายน้ำ
ตาล ยาขม น้ำส้มเปรี้ยว ตามลำดับ

26

Thesis Title Study of Rotary Thin-Film Evaporator
Name Mr. Tharapong Vitidsant
Thesis Advisor Associate Professor SomSak Damronglerd, Ph.D
Department Chemical Technology
Academic Year 1980

Abstract

Rotary Thin-Film Evaporator is an equipment designed for concentrating heat sensitive solution. It consists of a drum which rotates in a shell under vacuum condition. The suitable speed of drum that was 60 r.p.m. . The solution deposited as a thin film on the surface of the drum in very short time. The rate of evaporation of water was proportional inversely to the thickness of the film.

In this study, it was divided into many parts:

Part one, batch process was performed with sugar solution. The maximum evaporation rate was $70 \text{ cm}^3/\text{min}$ and the suitable amount of solution in equipment would be 3 to 5 litres. The operating pressure and steam pressure which gave highest rate evaporation would be -450 mm Hg and 2.08 kg/cm^2 respectively.

Part two, continuous process was achieved with feed rate of sugar solution about $80-90 \text{ cm}^3/\text{min}$ and obtained product about $30-40 \text{ cm}^3/\text{min}$. The steam pressure in drum was 2.43 kg/cm^2 .

Part three, One ejector was added into steam line passing the shell side. Evaporation rate in batch type increased to 80-90 cm³/min which the continuous type had the same as part two.

Part four, many types of sensitive solution were studied such as glucose solution, pine apple juice, bitter pill solution. More evaporation rate was in order as followed glucose solution, sugar solution, bitter pill solution and pine apple juice.

กติกกรมประกาศ



ผู้เขียนขอแสดงความขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ คำรงค์เลิศ
ที่ได้ให้คำแนะนำ ความช่วยเหลือทางวิชาการเป็นอย่างดี และให้ความสะดวกในการ
ใช้สถานที่ทำงานของภาควิชาเคมีเทคนิค และต้องขอขอบคุณ คุณ ชวน ชรรณสุริยะ ที่
ได้สนับสนุนทุนในการวิจัย ตลอดจนให้คำแนะนำเกี่ยวกับการทำงานของเครื่องมือ จนทำ
ให้การศึกษาวิจัยสำเร็จลงด้วยดี

ผู้เขียนขอขอบคุณ ท่านอาจารย์ พี่ ๆ เจ้าหน้าที่ ที่ได้ช่วยเหลืองานบางอย่าง
เป็นอย่างดีตลอดมา ทำให้งานดำเนินไปได้อย่างมีอุปสรรคไม่มากนัก และสำเร็จอย่างรวดเร็ว

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ
กิตติกรรมประกาศ
รายการตารางประกอบ
รายการรูปประกอบ
บทที่



หน้า

ง
จ
ช
ฐ
ฑ

1. บทนำ	1
2. วารสารปริทัศน์	2
2.1 การระเหยของสารละลายในเครื่องระเหยหมุน	3
2.1.1 การระเหย	3
2.1.2 ความสัมพันธ์ของความดันไอกับอุณหภูมิและ สมคณย์ของสถานะ	4
2.2 วัสดุที่สร้างเครื่องระเหย	5
2.3 การเกิดฟอง (Foaming)	5
2.4 สารที่มีความไวต่ออุณหภูมิ (Temperature sensitivity)	6
2.5 การส่งถ่ายความร้อนไปยังของไหลโดยการพา	6
2.6 ลูกอบกลมหมุน (Rotary drum dryer)	10
2.6.1 ลักษณะการเคลื่อนที่ของสารละลายบนลูกอบ	12
2.6.2 การระเหยบนแผ่นฟิล์ม	13
2.7 เครื่องระเหยหมุนแบบแผ่นฟิล์มบาง	18
2.8 อีเจกเตอร์ (Ejector)	20
2.8.1 ลักษณะและการทำงานของหัวฉีด	20

2.8.2	การใช้จอเคเตอร์	21
3.	อุปกรณ์และวิธีการ	25
3.1	เครื่องมือ	25
3.1.1	ตัวเครื่องระเหย	25
3.1.2	เครื่องควบแน่นแบบบารอเมตริก	25
3.1.3	บับสูญญากาศ	26
3.2	วิธีปฏิบัติการ	26
3.2.1	การทดลองแบบไม่ต่อเนื่อง	26
3.2.2	การวัดความหนืด	26
3.2.3	การหาความหนาแน่น	27
3.2.4	การวัดความตึงผิว	27
4.	ผลการทดลอง	42
4.1	การทดลองแบบไม่ต่อเนื่อง	42
4.1.1	ความสัมพันธ์ของปริมาตรน้ำบริสุทธิ์กับเวลา	42
4.1.2	ความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพเครื่องระเหยกับปริมาตรของสารละลายน้ำตาล	42
4.1.3	ความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพเครื่องระเหยกับความดันไอน้ำ	42
4.1.4	ความสัมพันธ์ของอัตราการระเหยน้ำกับความดันในเครื่องระเหย	42
4.1.5	ความสัมพันธ์ของอัตราการระเหยน้ำกับความดันไอน้ำ	42
4.1.6	ผลของสารละลายต่างชนิดกันต่ออัตราการระเหยน้ำ	42
4.1.7	ความสัมพันธ์ของสัมประสิทธิ์การส่งถ่ายความ	

	หน้า	๘
	หน้า	๘
		หน้า
	รอนกับปริมาณสารละลายนำตาล	42
4.1.8	ความสัมพันธ์ของสัมประสิทธิ์การส่งถ่ายความ รอนกับปริมาณสารละลายนำตาล	42
4.2	การทดลองแบบต่อเนื่อง	42
4.2.1	ความสัมพันธ์ของอัตราการไหลเข้ากับความ เข้มข้นของสารละลายนำตาล	42
4.2.2	ความสัมพันธ์ของอัตราการไหลออกกับความ เข้มข้นของสารละลายนำตาล	43
4.2.3	การทดลองเพื่อสนับสนุนงานในข้อ 4.2.1 และ 4.2.2	43
4.3	การทดลองแบบไม่ต่อเนื่องและต่อเนื่องโดยมีฮีแจคเตอร์	43
4.3.1	ความสัมพันธ์ของปริมาณนำบริสุทธิ์กับเวลา	43
4.3.2	ความสัมพันธ์ของอัตราการระเหยของนำกับ ปริมาณและประสิทธิภาพของเครื่องระเหย ของสารละลายนำตาล	43
4.3.3	ความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพของเครื่องระเหย อัตราการระเหยนำ กับความดันไอนำ	43
4.3.4	แสดงผลการทดลองแบบต่อเนื่องโดยใช้ ฮีแจคเตอร์	43
5.	วิจารณ์	61
5.1	บทนำ	61
5.2	การศึกษาอัตราการระเหยของนำ	61
5.3	การทดลองแบบไม่ต่อเนื่อง	62
5.3.1	ขนาดปริมาณของสารละลายเริ่มต้น	62
5.3.2	อิทธิพลของความดันในเครื่องระเหย	62

5.3.3	อิทธิพลของความดันไอน้ำในลูกอบ	63
5.3.4	ความเข้มข้นเริ่มต้น	64
5.3.5	อัตราการระเหยของสารละลายต่างชนิดกัน	64
5.4	การศึกษาแบบต่อเนื่อง	64
5.5	ศึกษาการใช้ฮีเทคเตอร์	66
5.5.1	การทดลองหาปริมาณไอน้ำเหนี่ยวนำ	66
5.5.2	ศึกษาอัตราการระเหยของน้ำบริสุทธิ์	66
5.5.3	การทดลองแบบไม่ต่อเนื่อง	67
5.5.4	การทดลองแบบต่อเนื่อง	67
5.5.5	สรุป	67
6.	สรุปผลและเสนอแนะ	69
	เอกสารอ้างอิง	72
	ภาคผนวก	74
	ประวัติ	120

รายการตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
4-1	แสดงการทดลองการระเหยของน้ำ	84
4-2 ถึง 4-5	แสดงการทดลองไม่ต่อเนื่องของสารละลายน้ำตาล 3.0 ลิตร	85
4-6 ถึง 4-13	แสดงการทดลองไม่ต่อเนื่องของสารละลายน้ำตาล 4.5 ลิตร	89
4-14 ถึง 4-20	แสดงการทดลองไม่ต่อเนื่องของสารละลายน้ำตาล 6.0 ลิตร	97
4-21	แสดงการทดลองการระเหยน้ำเมื่อมีไอเจคเตอร์	104
4-22 ถึง 4-24	แสดงการทดลองต่อเนื่องโดยไม่มีไอเจคเตอร์	105
4-25	แสดงการทดลองไม่ต่อเนื่องโดยใช้อิเจคเตอร์ของสารละลายน้ำตาล 3.0 ลิตร	108
4-26	แสดงการทดลองไม่ต่อเนื่องโดยใช้อิเจคเตอร์ของสารละลายน้ำตาล 4.5 ลิตร	109
4-27 ถึง 4-30	แสดงการทดลองไม่ต่อเนื่องโดยใช้อิเจคเตอร์ของสารละลายน้ำตาล 6.0 ลิตร	110
4-31	แสดงการทดลองต่อเนื่องเพื่อหาความสัมพันธ์ของอัตราการไหลเข้ากับความเข้มข้นของน้ำตาลโดยไม่มีไอเจคเตอร์	114
4-32	แสดงการทดลองต่อเนื่องเพื่อหาความสัมพันธ์ของอัตราการไหลออกกับความเข้มข้นของน้ำตาลโดยไม่มีไอเจคเตอร์	115
4-33	แสดงการทดลองต่อเนื่องโดยใช้อิเจคเตอร์	116
4-34	แสดงการทดลองไม่ต่อเนื่องของสารละลายกลูโคสโดยไม่มีไอเจคเตอร์	117
4-35	แสดงการทดลองไม่ต่อเนื่องของน้ำสับปะรดโดยไม่มีไอเจคเตอร์	118
4-36	แสดงการทดลองไม่ต่อเนื่องของยาขมโดยไม่มีไอเจคเตอร์	119

รายการรูปประกอบ

<u>รูปที่</u>		<u>หน้า</u>
2- 1	Vapor pressure-temperature curve of pure liquid. Also phase equilibrium diagram.	4
2- 2	การส่งถ่ายความร้อนของท่อ	9
2- 3	การส่งถ่ายความร้อนบนผิวลูกสูบ	9
2- 4	ลูกสูบแบบจุ่ม	11
2- 5	ลูกสูบแบบมีใบมีด	11
2- 6	ลูกสูบแบบวิกसारละลาย	11
2- 7	ลักษณะการเกาะติดบนผิวลูกสูบ	14
2- 8	ลักษณะของฟิล์มเมื่อมีการระเหย	15
2- 9	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเป็นฟังก์ชันของอัตราการส่งถ่ายความร้อนต่อพื้นที่ ซึ่งการระเหยเป็นแบบแผ่นฟิล์มบาง ทดลองโดยใช้น้ำกลั่น	19
2-10	อีเจกเตอร์และเวนจูรี	22
2-11	กราฟสำหรับออกแบบอีเจกเตอร์	23

รายการรูปประกอบ(ต่อ)

<u>รูปที่</u>		<u>หน้า</u>
3- 1	Main Parts of the Concentrator	28
3- 2	Shell Front View	29
3- 3	Front & side view of Rotary-Drum	30
3- 4	Shell side view	31
3- 5	Front & side view of Applicator	32
3- 6	Applicator Shield	33
3- 7	Seals of Rotating Shaft	34
3- 8	Nozzle	35
3- 9	Venturi	36
3-10	Top view of Ejector Holder	37
3-11	Front & side view of Ejector Holder	38
3-12	Condenser of Scrubber	39
3-13	Barometric Condenser	40
3-14	Flow Diagram of Rotary Thin-Film Evaporator	41

รายการประกอบ(ต่อ)

<u>รูปที่</u>		<u>หน้า</u>
4- 1	แสดงการระเหยของน้ำบริสุทธิ์	44
4- 2	แสดงความสัมพันธ์ประสิทธิภาพเครื่องระเหยกับสารละลาย น้ำตาลที่ -380 มม.ปรอท 1.38 กก./ชม ²	45
4- 3	แสดงความสัมพันธ์ประสิทธิภาพเครื่องระเหยกับปริมาตรสาร ละลายน้ำตาลที่ -420 มม.ปรอท 1.78 กก./ชม ²	46
4- 4	แสดงความสัมพันธ์ประสิทธิภาพเครื่องระเหยกับปริมาตรสาร ละลายน้ำตาลที่ -340 มม.ปรอท 2.08 กก./ชม ²	47
4- 5	แสดงความสัมพันธ์ประสิทธิภาพเครื่องระเหยกับปริมาตรสาร ละลายน้ำตาลที่ -350 มม.ปรอท 2.43 กก./ชม ²	48
4- 6	แสดงความสัมพันธ์ประสิทธิภาพเครื่องระเหยกับความดันไอน้ำ	49
4- 7	แสดงอัตราการระเหยน้ำกับความดันในเครื่องระเหย	50
4- 8	แสดงอัตราการระเหยน้ำกับความดันไอน้ำ	51
4- 9	แสดงอัตราการระเหยน้ำของสารละลายต่างชนิดกัน	52
4-10	แสดงความสัมพันธ์สัมประสิทธิ์การส่งถ่ายความร้อนกับความ- ดันไอน้ำ	53
4-11	แสดงความสัมพันธ์สัมประสิทธิ์การส่งถ่ายความร้อนกับปริมาตร สารละลายน้ำตาล	54
4-12	แสดงความสัมพันธ์ความเข้มข้นของน้ำตาลกับอัตราการไหล เข้าของสารละลายน้ำตาล	55
4-13	แสดงความสัมพันธ์ความเข้มข้นของน้ำตาลกับอัตราการไหล ออกของสารละลายน้ำตาล	56
4-14	แสดงการระเหยน้ำของน้ำบริสุทธิ์	57
4-15	แสดงความสัมพันธ์อัตราการระเหยน้ำกับปริมาตรสารละลาย	°

รายการรูปประกอบ(ต่อ)

<u>รูปที่</u>		<u>หน้า</u>
	น้ำตาลโคโยไซอี่เจคเตอร์	58
4-16	แสดงความสัมพันธ์ประสิทธิภาพกับปริมาตรสารละลาย โคโยไซอี่เจคเตอร์	59
4-17	แสดงความสัมพันธ์ประสิทธิภาพ , อัตราการระเหย กับ ความดันไอน้ำ	60ก
4-18	แสดงความสัมพันธ์อัตราการระเหย กับ ความเข้มข้น สารละลายเริ่มต้น	60ข