บทที่ 3

อุปกรณ์และการทดลอง

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1 เครื่องมือ

เครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย ตัวเครื่องระเหย เครื่องควบแน่นปั๊มสูญญากาศ และตัวปรับความเร็วของลูกกลิ้ง (มู่เล่) ลักษณะรูปร่างแสดงไว้ดังรูป 3-1, 3-2

3.1.1 ตัวเครื่องระเหย

ตัวเครื่องระเหยทำด้วยเหล็กปราศจากสนิม มีรูปร่างทรงกระบอกสองชั้นข้อนกันอยู่ ชั้นนอก (housing) มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 44.46 ซม. ยาว 48.26 ซม. เป็นที่อยู่ของสารละลาย ได้แสดงไว้ดังรูป 3-4 ชั้นในเป็นที่อยู่ของไอน้ำ เรียกว่าลูกกลิ้ง มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 31.48 ซม. ยาว 46.64 ซม. ได้แสดงไว้ดังรูป 3-5 ผิวนอกของชั้นในนี้ทำหน้าที่เป็นพื้นที่ผิวส่งถ่ายความร้อน ภายในลูกกลิ้งมีแกนกลางเป็นท่อกลวงสำหรับส่งถ่ายไอน้ำ นอกจากนี้ยังมีตัวตัก (scooper) จะตักเอาไอน้ำควบแน่นภายในลูกกลิ้งส่งออกไปทำจากลูกกลิ้งลงมาเป็นตัววัก (applicator) สำหรับทีสารละลายให้กระเด็นไปติดลูกกลิ้ง ชิ้นส่วนทั้งหมดพร้อมทั้งลักษณะรูปร่างและขนาด แสดงไว้ในรูป 3-3, 3-4, 3-5, 3-6, 3-7 สำหรับถังใส่สารละลายใช้ในการทดลองแบบต่อเนื่องนั้นเป็นถังสี่เหลี่ยมมีขนาด 49.0x49.0x47.0 ซม.^{3} มีวาล์ว (ประตูกั้นน้ำ) ขนาด 2.0 ซม.

3.1.2 เครื่องควบแน่นแบบบารอเมตริก

ประกอบด้วยชั้นของตะแกรงละเอียด มีท่อต่อให้น้ำที่ไหลเข้ามาด้านข้าง ขนาด 2.0 ซม. แล้วน้ำนี้จะกระจายด้วยหัวกระจายเพื่อจับไอน้ำ จากนั้นจะไหลออกทางด้านล่างซึ่งเป็นท่อขนาด 5.0 ซม. สูง 32.0 ซม. ส่วนท่อนำไอน้ำเข้ามามีขนาด 7.0 ซม. ลักษณะรูปร่างและรายละเอียดแสดงไว้ดังรูป 3-8, 3-9

3.1.3 ปั๊มสูญญากาศ

เป็น Rotary pump เป็นของบริษัท อิตาชิ ญี่ปุ่น ใช้มอเตอร์ ขนาด 1 แรงม้า ลักษณะรูปร่างได้แสดงไว้ดังรูป 3-10

3.1.4 ตัวปรับความเร็วรอบของลูกกลิ้ง (มู่เล่)

ความเร็วของลูกกลิ้งปรับให้มีความเร็วได้ตามต้องการ โดยการเปลี่ยนมู่เล่ให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางต่างกัน ในการทดลองนี้เราสามารถปรับความเร็วของลูกกลิ้งให้มีความเร็ว 5 60, 68, 81 และ 90 รอบ/นาที มู่เล่มีอยู่ 2 ชุด ชุดแรกคือมู่เล่ตัวที่ติดกับมอเตอร์ ชุดที่สองคือมู่เล่ตัวที่จะทำให้ลูกกลิ้งหมุน โดยมู่เล่ทั้งสองชุดจะมีสายพานโยงติดกัน ความเร็วของลูกกลิ้งจะปรับได้โดยเปลี่ยนให้มู่เล่ทั้งสองตัวมีขนาดดังนี้คือ

ความเร็วลูกกลิ้ง 52 รอบ/นาที มู่เล่ตัวแรกมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.81 ซม. มู่เล่ตัวที่สองมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 17.38 ซม.

ความเร็วลูกกลิ้ง 60 รอบ/นาที มู่เล่ตัวแรกมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.81 ซม. มู่เล่ตัวที่สองมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 15.24 ซม.

ความเร็วลูกกลิ้ง 68 รอบ/นาที มู่เล่ตัวแรกมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.81 ซม. มู่เล่ตัวที่สองมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 12.70 ซม.

ความเร็วลูกกลิ้ง 81 รอบ/นาที มู่เล่ตัวแรกมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.81 ซม. มู่เล่ตัวที่สองมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 10.16 ซม.

ความเร็วลูกกลิ้ง 90 รอบ/นาที มู่เล่ตัวแรกมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 5.72 ซม. มู่เล่ตัวที่สองมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 12.70 ซม. รูปร่างลักษณะของตัวปรับความเร็วรอบมีลักษณะดังรูป 3-11

3.2 <u>วิธีปฏิบัติการ</u>

3.2.1 การทดลองแบบไม่ต่อเนื่อง

ปรับความเร็วลูกกลิ้งให้ได้ความเร็วรอบตามต้องการ เปิดปั๊มสูญญากาศ เพื่อทำให้ภายในระบบมีความดันต่ำกว่าบรรยากาศคือ -0.50 กก./ซม.^{2} เปิดวาล์วให้สารละลายไหลเข้า โดยสารละลายจะไหลเข้าเครื่องระเหยเอง เปิดสวิทช์เพื่อให้ลูกกลิ้งและตัวกวักหมุน เปิดน้ำให้

กระจายเป็นฝอยในเครื่องควบแน่น (Barometric condenser) เมื่อสภาวะต่าง ๆ คงที่ดีแล้ว เริ่มปล่อยไอน้ำเข้าลูกกลิ้งโดยใช้ความดันไอน้ำ 3.03 กก./ซม^2 และเริ่มจับเวลาการทดลอง ข้อมูลที่บันทึกก่อนการทดลองคือ ความเข้มข้นของสารละลาย ปริมาตรของสารละลายอุณหภูมิของสารละลาย ข้อมูลที่บันทึกหลังจากปล่อยไอน้ำเข้าแล้วคือ เวลา ความดันไอน้ำ ความดันภายในเครื่องระเหย ความดันเครื่องควบแน่น อุณหภูมิเครื่องควบแน่น อุณหภูมิของไอน้ำควบแน่น และข้อมูลที่บันทึกหลังจากเสร็จการทดลองคือ ความเข้มข้นของสารละลาย อุณหภูมิของสารละลาย ปริมาณไอน้ำควบแน่น

3.2.1.1 ทดลองกับน้ำธรรมดา

น้ำบริสุทธิ์ปริมาณ 6.0 ลิตร ได้ถูกบรรจุอยู่ในเครื่องระเหย และทำการทดลองดังที่กล่าวมาในข้อ 3.2.1 ครั้งแรกทำการทดลองที่ความเร็วลูกกลิ้ง 68 รอบต่อนาที โดยทำการอ่านปริมาณน้ำที่เหลืออยู่ในเครื่องระเหยทุก ๆ 5 นาที และหยุดการทดลองที่เวลา 60 นาที อ่านปริมาณน้ำในเครื่องระเหยเหลือ 1.80 ลิตร และวัดปริมาณน้ำที่เกิดจากการควบแน่นของไอน้ำในลูกกลิ้งได้ 11.01 ลิตร

จากนั้นได้เริ่มศึกษาถึงผลกระทบของความเร็วของลูกกลิ้ง โดยปรับให้ความเร็วของลูกกลิ้งมีขนาด 60 รองต่อนาที และ 52 รองต่อนาที การทดลองได้ทำเหมือนกับการทดลองข้างต้น และวัดปริมาณไอน้ำควบแน่นและปริมาณน้ำที่เหลือในเครื่องระเหยพบว่า

ที่ 52 รอบต่อนาทีไอน้ำควบแน่น 10.96 ลิตร และปริมาณน้ำเหลืออยู่ในเครื่องระเหย 2.60 ลิตร

ที่ 60 รอบต่อนาที ไอน้ำควบแน่น 11.00 ลิตร และปริมาณน้ำเหลืออยู่ในเครื่องระเหย 2.20 ลิตร

ขั้นต่อมาได้เพิ่มความเร็วรอบให้สูงขึ้นเป็น 81 รองต่อนาทีและ 90 รอบต่อนาที โดยทำการทดลองเหมือนที่ทำมาแล้วข้างต้น พบว่า

ที่ 81 รองต่อนาทีมีไอน้ำควบแน่น 11.02 ลิตร และปริมาณน้ำเหลืออยู่ในเครื่องระเหย 1.30 ลิตร

ที่ 90 รองต่อนาที มีไอน้ำควบแน่น 11.04 ลิตร และปริมาณน้ำเหลืออยู่ในเครื่องระเหย 0.70 ลิตร

3.2.1.2 ทดลองกับสารละลายน้ำตาล

สารละลายน้ำตาลปริมาณ 6.0 ลิตร ความเข้มข้น 100% (นน./นน.) ได้บรรจุอยู่ในเครื่องระเหย และได้ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.2.1.1 โดยครั้งแรกทำการทดลองที่ความเร็วลูกกลิ้ง 90 รอบต่อนาที เมื่อเสร็จการทดลองอ่านปริมาณสารละลายในเครื่องระเหยเหลือ 1.30 ลิตร และวัดปริมาณไอน้ำควบแน่นได้ 11.00 ลิตร จากนั้นได้ปรับความเร็วของลูกกลิ้งเป็น 81,68,60 และ 52 รอบต่อนาที อ่านปริมาณสารละลายน้ำตาลที่เหลือและปริมาณไอน้ำควบแน่นได้ดังนี้

ที่ 81 รอบต่อนาที ไอน้ำควบแน่น 11.02 ลิตร และปริมาณสารละลายที่เหลืออยู่ในเครื่องระเหย 2.00 ลิตร

ที่ 68 รอบต่อนาที ไอน้ำควบแน่น 11.01 ลิตร และปริมาณสารละลายที่เหลืออยู่ในเครื่องระเหย 1.70 ลิตร

ที่ 60 รอบต่อนาที ไอน้ำควบแน่น 11.00 ลิตร และปริมาณสารละลายที่เหลืออยู่ในเครื่องระเหย 8.30 ลิตร

3.2.1.3 ทดลองกับสารละลายน้ำนมถั่วเหลือง

ปริมาณโปรตีนเริ่มต้นประมาณ 27%

สารละลายน้ำนมถั่งเหลืองปริมาณเริ่มต้น 6.0 ลิตร ความเข้มข้นเริ่มต้น 5.6% โดยน้ำหนักของ soluble solid ได้ถูกบรรจุอยู่ในเครื่องระเหย หลังจากนั้นก็เริ่มทำการทดลองเหมือนดังที่กล่าวมาในข้อ 3.2.1.1 และ 3.2.1.2 โดยครั้งแรกได้ทำการทดลองที่ความเร็วลูกกลิ้ง 90 รองต่อนาที เมื่อเสร็จการทดลองจึงได้วัดปริมาณของสารละลายที่เหลือในเครื่องระเหยได้เท่ากับ 1.85 ลิตร และวัดปริมาณไอน้ำควบแน่นได้ และในการทดลองนี้ได้หาปริมาณของโปรตีนทั้งก่อนการทดลองและหลังจากเสร็จการทดลองโดยวิธีของ Kjeldahl Method โดยการติเตรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ตามหนังสือ AOAC ปี ๒๕๒๓)[15] หลังจากนั้นก็ได้ปรับความเร็วลูกกลิ้งให้ลดต่ำลงมาเป็น 68 และ 52 รอบต่อนาที โดยในแต่ละความเร็วรอบก็ได้ทำการวัดปริมาณของสารละลายที่เหลืออยู่ในเครื่องระเหย และได้วัดปริมาณไอน้ำควบแน่น พร้อมกันก็ได้หาปริมาณโปรตีนที่เหลือด้วย ดังผลการทดลองที่แสดงไว้ในตาราง ง-11 ถึง ง-13 และในตารางที่ 4-1

3.2.1 การทดลองแบบต่อเนื่อง

3.2.2.1 ทดลองกับสารละลายน้ำตาล

ปรับความเร็วรอบให้ได้ความเร็วรอบตามต้องการ เปิดปั๊มสูญญากาศ เพื่อทำให้ความดันภายในระบบต่ำกว่าบรรยากาศ เปิดวาล์วเข้าสู่ถังเก็บเพื่อทำให้ความดันภายในระบบต่ำกว่าบรรยากาศ เปิดวาล์วดูดสารละลายปริมาณ 4.5 ลิตร เข้าเครื่อง เปิดไอน้ำโดยปรับให้มีความดัน 2.00 กก./ซม^2 เหนือบรรยากาศ ความดันในระบบอยู่ในช่วง -0.40 ถึง -0.45 กก./ซม^2 ขึ้นกับอัตราไหลเข้าเครื่องของสารละลาย ปรับความเร็วของลูกกลิ้งให้มีความเร็วรอบ 52 รอบต่อนาที เปิดสวิทช์ให้ลูกกลิ้งหมุน เริ่มดูดให้สารละลายเข้มข้น 10.0% (นน./นน.) ไหลเข้าเครื่อง โดยปรับให้มีอัตราไหลเข้าเครื่องตามต้องการครั้งแรกเป็น 80 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที ในขณะเดียวกันก็เอาสารละลายออกจากเครื่อง ตลอดเวลาพบว่าอัตราไหลออกที่เหมาะสมเป็น 20 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที และสารละลายที่ไหลออกมีความเข้มข้น 39.5% (นน./นน.) จึงได้เพิ่มอัตราการไหลเข้าขึ้นไปเรื่อย ๆ พบว่าอัตราการไหลออกและความเข้มข้นที่ออกเป็น ดังนี้

อัตราไหลเข้า 90 ซม.^{3}/นาที อัตราไหลออก 30 ซม.^{3}/นาที สารละลายที่ออกมีความเข้มข้น 29.4% (นน./นน.)

อัตราไหลเข้า 100 ซม.^{3}/นาที อัตราไหลออก 40 ซม.^{3}/นาที สารละลายที่ออกมีความเข้มข้น 24.6% (นน./นน.)

อัตราไหลเข้า 110 ซม.^{3}/นาที อัตราไหลออก 50 ซม.^{3}/นาที สารละลายที่ออกมีความเข้มข้น 21.6% (นน./นน.)

ในทำนองเดียวกันเมื่อปรับความเร็วของลูกกลิ้งเป็น 68 รอบ/นาที และ 90 รอง/นาที ก็ได้ทำการทดลองโดยวิธีเดียวกันกับการทดลองที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ผลการทดลองแสดงไว้ดังกราฟรูปที่ 4-4 การทดลองที่ความเร็วลูกกลิ้ง 68 รอบ/นาที มีอัตราการไหลเข้า อัตราการไหลออก และความเข้มข้นสารละลายออกเป็นดังนี้

อัตราไหลเข้า 100 ซม.^{3}/นาที อัตราไหลออก 25 ซม.^{3}/นาที สารละลายที่ออกมีความเข้มข้น 39.3 (นน./นน.)

อัตราไหลเข้า 110 ซม.^{3}/นาที อัตราไหลออก 35 ซม.^{3}/นาที สารละลายที่ออกมีความเข้มข้น 30.8 % (นน./นน.)

อัตราไหลเข้า 120 ซม.^{3}/นาที อัตราไหลออก 45 ซม.^{3}/นาที สารละลายที่ออกมีความเข้มข้น 26.1% (นน./นน.)

อัตราไหลเข้า 130 ซม.^{3}/นาที อัตราไหลออก 55 ซม.^{3}/นาที สารละลายที่ออกมีความเข้มข้น 23.0% (นน./นน.)

และที่ความเร็วลูกกลิ้ง 90 รอบ/นาที พบว่าอัตราไหลเข้า อัตราไหลออก และความเข้มข้นของสารละลายที่ออกเป็นดังนี้

อัตราไหลเข้า 130 ซม.^{3}/นาที อัตราไหลออก 35 ซม.^{3}/นาที สารละลายที่ออกมีความเข้มข้น 36.2% (นน./นน.)

อัตราไหลเข้า 140 ซม.^{3}/นาที อัตราไหลออก 45 ซม.^{3}/นาที สารละลายที่ออกมีความเข้มข้น 30.4% (นน./นน.)

อัตราไหลเข้า 150 ซม.^{3}/นาที อัตราไหลออก 55 ซม.^{3}/นาที สารละลายที่ออกมีความเข้มข้น 26.4% (นน./นน.)

อัตราไหลเข้า 160 ซม.^{3}/นาที อัตราไหลออก 65 ซม.^{3}/นาที สารละลายที่ออกมีความเข้มข้น 24.0% (นน./นน.)

การทดลองจะทำการทดลองไปจนกระทั่งความเข้มข้นของสารละลายที่ออกต่ำกว่า 25% (นน./นน.) เนื่องจากกำหนดให้ความเข้มข้นที่เหมาะสมที่จะนำไปเป็นผลิตภัณฑ์ได้อยู่ในช่วง 25-30% (นน./นน.)

3.2.2.2 ทดลองกับสารละลายน้ำนมถั่วเหลือง

ทำการทดลองเหมือนกับข้อ 3.2.2.1 แต่ความดันในระบบอยู่ในช่วง -0.41 ถึง 0.46 กก.ต่อตารางเซนติเมตร ปรับความเร็วของลูกกลิ้งให้มีความเร็วตามต้องการตอนแรก ปรับให้มีความเร็ว 90 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที จุดสารละลายเข้มข้น 5.6% (นน./นน.)ของ

ของแข็งที่ละลายได้ (soluble solid) ตอนแรกปรับให้มีอัตราการไหลเข้าเครื่องของสารละลายเริ่มแรกเป็น 110 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที ได้อัตราการไหลออกจากเครื่องของสารละลายเป็น 25 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที ได้ความเข้มข้นของสารละลายออกจากเครื่องเป็น 24.1 % (นน./นน.) ของ soluble solid หลังจากนั้นได้เพิ่มอัตราการไหลเข้าเครื่องสูงขึ้นพบว่าอัตราการไหลออกและความเข้มข้นที่ออกเป็นดังนี้

อัตราไหลเข้า 120 ซม.^{3}/นาที อัตราไหลออก 35 ซม.^{3}/นาที สารละลายที่ออกเข้มข้น 18.8 % (นน./นน.) ของของแข็งที่ละลายได้

อัตราไหลเข้า 130 ซม.^{3}/นาที อัตราไหลออก 45 ซม.^{3}/นาที สารละลายที่ออกเข้มข้น 15.8% (นน./นน.) ของของแข็งที่ละลายได้

อัตราไหลเข้า 140 ซม.^{3}/นาที อัตราไหลออก 55 ซม.^{3}/นาที สารละลายที่ออกเข้มข้น 13.9% (นน./นน.) ของของแข็งที่ละลายได้

ในทำนองเดียวกันเมื่อปรับความเร็วของลูกกลิ้งเป็น 68 รอบ/นาที และ 52 รอบ/นาที ได้ทำการทดลองเหมือนกับการทดลองดังกล่าวมาแล้วข้างต้น ผลการทดลองแสดงไว้ดังกราฟรูปที่ 4-5

การทดลองที่ความเร็วลูกกลิ้ง 68 รอบ/นาที มีอัตราไหลเข้า อัตราไหลออกและความเข้มข้นออกเป็นดังนี้

อัตราไหลเข้า 90 ซม.^{3}/นาที อัตราไหลออก 20 ซม.^{3}/นาที สารละลายออกเข้มข้น 24.8 % (นน./นน.)

อัตราไหลเข้า 100 ซม./นาที อัตราไหลออก 30 ซม.^{3}/นาที สารละลายออกเข้มข้น 18.3% (นน./นน.)

อัตราไหลเข้า 110 ซม.^{3}/นาที อัตราไหลออก 35 ซม.^{3}/นาที สารละลายออกเข้มข้น 15.1% (นน./นน.)

อัตราไหลเข้า 120 ซม.^{3}/นาที อัตราไหลออก 40 ซม.^{3}/นาที สารละลายออกเข้มข้น 13.1% (นน./นน.)

และที่ความเร็วลูกกลิ้ง 52 รอบ/นาที มีอัตราไหลเข้า อัตราไหลออก ความเข้มข้นสารละลายออกดังนี้

อัตราไหลเข้า 70 ซม.^{3}/นาที อัตราไหลออก 15 ซม.^{3}/นาที สารละลายออกเข้มข้น 25.8% (นน./นน.)

อัตราไหลเข้า 80 ซม.^{3}/นาที อัตราไหลออก 25 ซม.^{3}/นาที สารละลายออกเข้มข้น 17.6% (นน./นน.)

อัตราไหลเข้า 85 ซม.^{3}/นาที อัตราไหลออก 30 ซม.^{3}/นาที สารละลายออกเข้มข้น 15.6 % (นน./นน.)

อัตราไหลเข้า 110 ซม.^{3}/นาที อัตราไหลออก 45 ซม.^{3}/นาที สารละลายออกเข้มข้น 12.1% (นน./นน.)

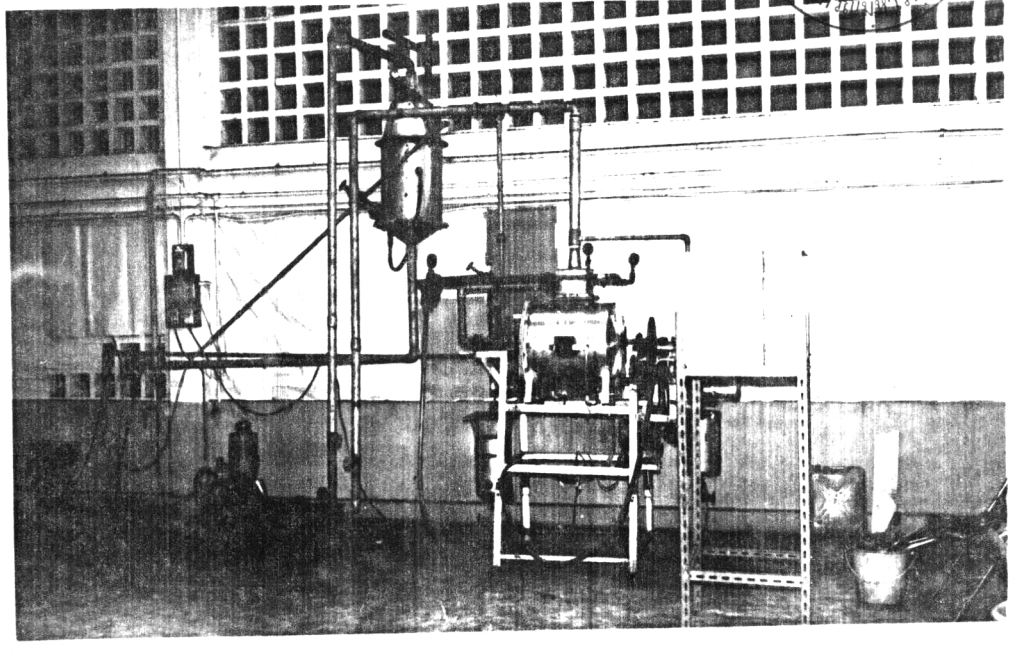
การทดลองจะทำการทดลองไปจนกระทั่งความเข้มข้นของสารละลายที่ออกไปต่ำกว่า 15.0% (นน./นน.) เนื่องจากกำหนดให้ความเข้มข้นที่เหมาะสมที่จะนำไปทำผลิตภัณฑ์ได้อยู่ในช่วง 15-20% (นน./นน.)

ปริมาณของโปรตีนจากสารละลายน้ำนมถั่วเหลืองก่อนเข้าเครื่องระเหยและหลังจากสารละลายออกจากเครื่องระเหยแล้ว วิธีการหาเหมือนกับที่กล่าวไว้ในข้อ 3.2.1.3

3.2.2.3 ทดลองหาปริมาณวิตามินซี (Ascorbic acid) ที่ถูกทำลายหลังเสร็จการทดลอง

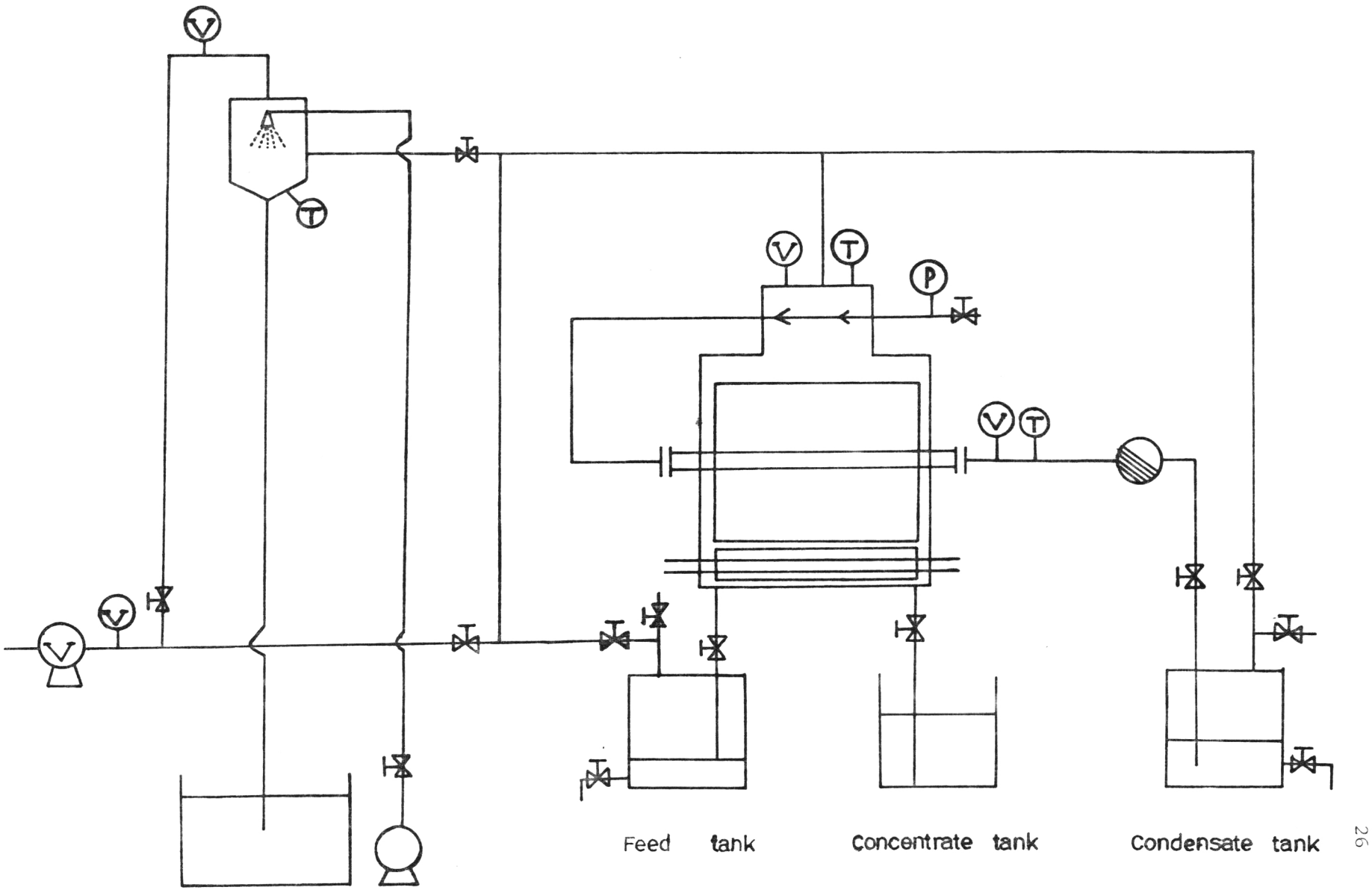
การทดลองในข้อนี้ได้ทำการทดลองเหมือนกับการทดลองในข้อ 3.2.2.1 และข้อ 3.2.2.2 ได้ทำการทดลองที่ความเร็วลูกกลิ้ง 90 รอบต่อนาทีอย่างเดียว โดยครั้งแรกได้ทำการทดลองที่ความดันไอน้ำ 3.03 กก.ต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งที่ความดันนี้ เครื่องระเหยจะมีอุณหภูมิประมาณ 71 องศาเซลเซียส ทำการทดลองโดยการปรับอัตราการไหลเข้าและอัตราการไหลออกไปเรื่อย ๆ โดยให้ความเข้มข้นของสารละลายวิตามินซีที่ไหลเข้ามีความเข้มข้นประมาณ 5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร หลังจากนั้นได้ปรับความดันไอน้ำให้สูงขึ้นเป็น 4.03 กก.ต่อตารางเซนติเมตร ที่ความดันนี้เครื่องระเหยจะมีอุณหภูมิประมาณ 91.5 องศาเซลเซียส ได้ทำการทดลองเปลี่ยนอัตรา

การไหลเข้าและอัตราการไหลออกของสารละลายไป 4 ครั้ง จึงหยุดการทดลอง แล้วหลังจากนั้นจึงได้ลดความดันไอน้ำให้ต่ำลงมาเป็น 2.53 กก.ต่อตารางเซนติเมตร ที่ความดันนี้เครื่องระเหยจะมีอุณหภูมิประมาณ 61 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นจึงได้ทำการทดลองโดยการปรับอัตราการไหลเข้าและอัตราการไหลออกไปเรื่อย ๆ 4 ครั้ง จึงหยุดการทดลอง ในการทดลองแต่ละอัตราการไหลเข้า

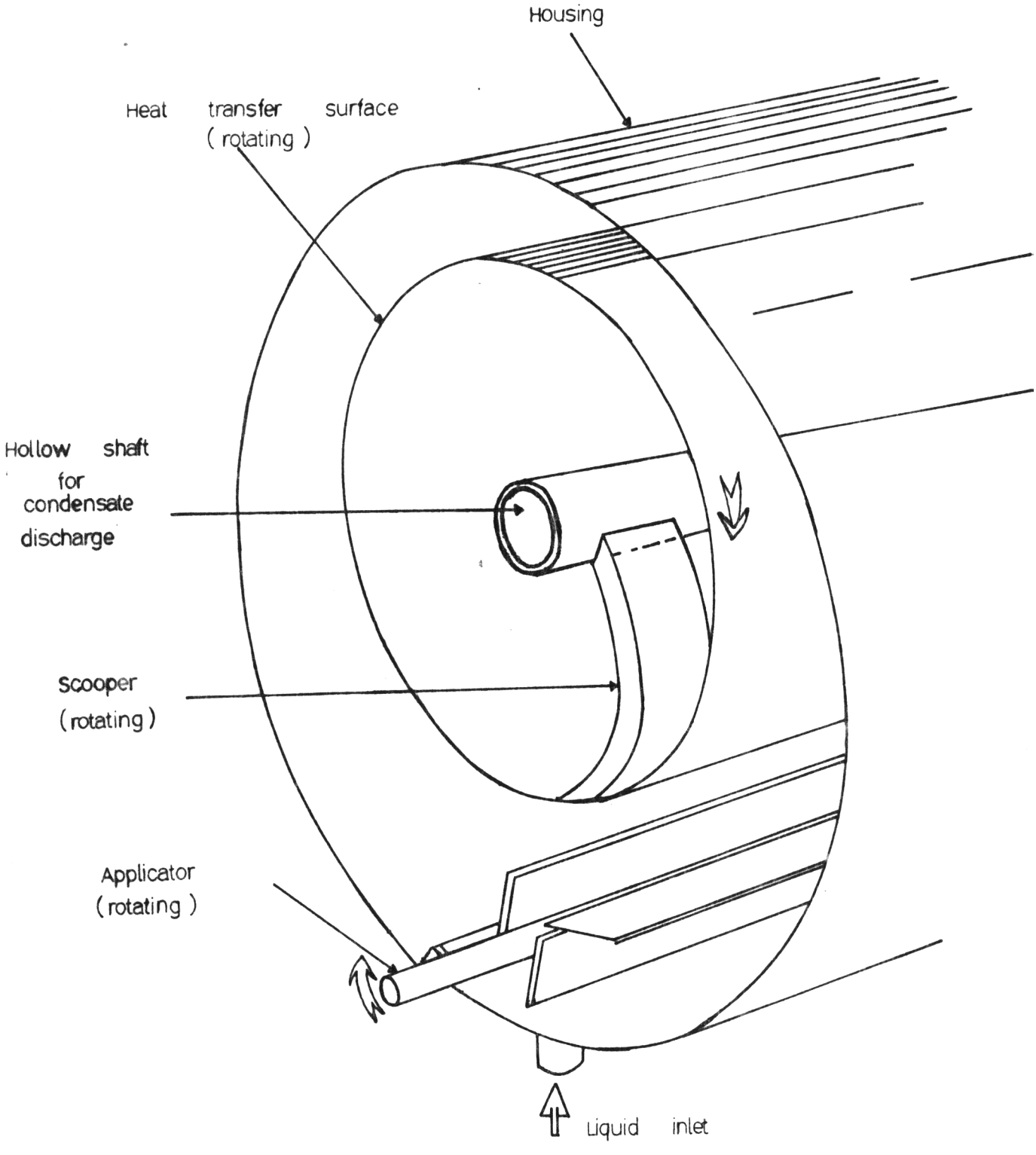


หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

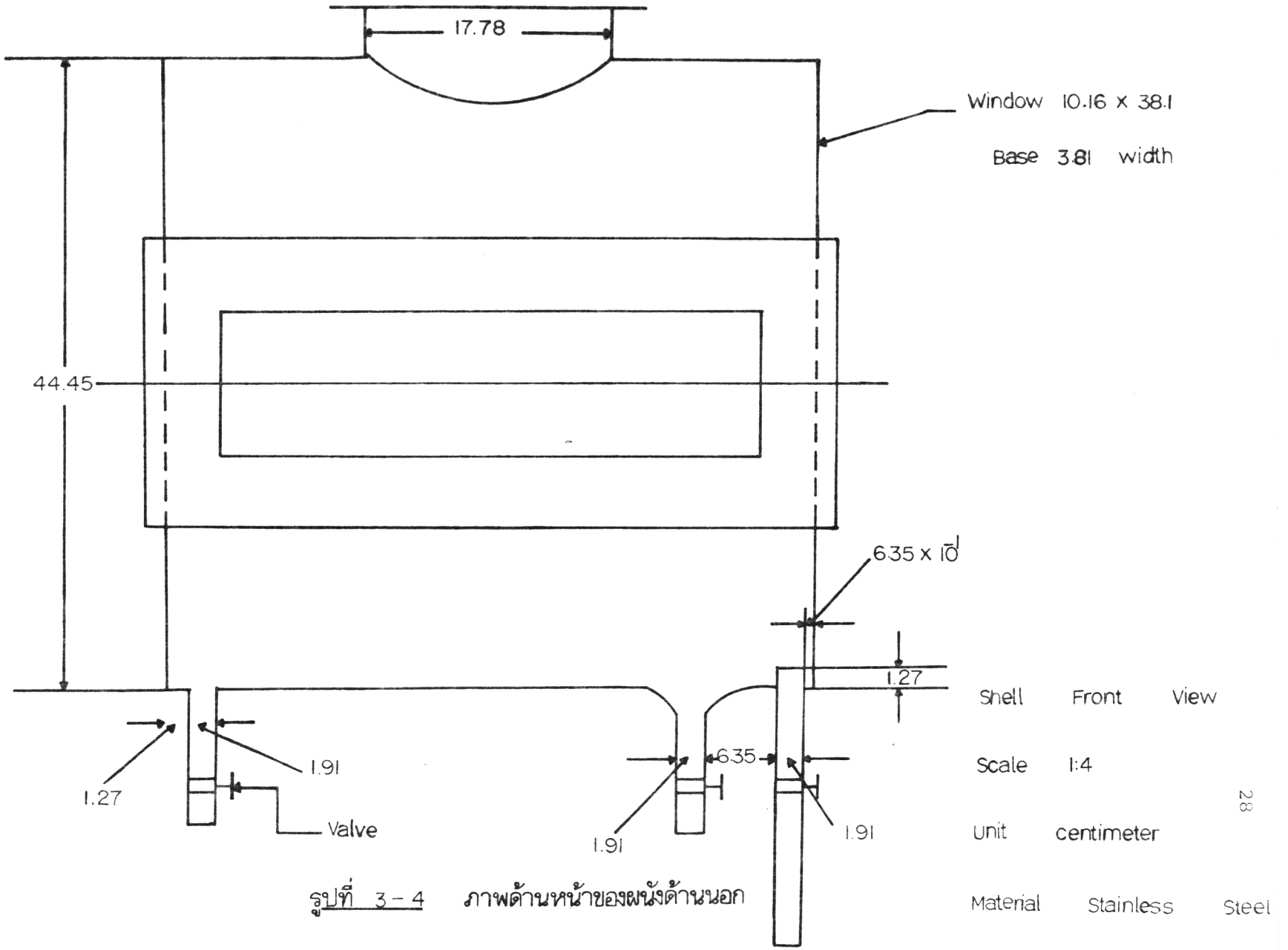
รูปที่ 3-1 เครื่องระเหยแบบแผ่นฟิล์มบางหมุน



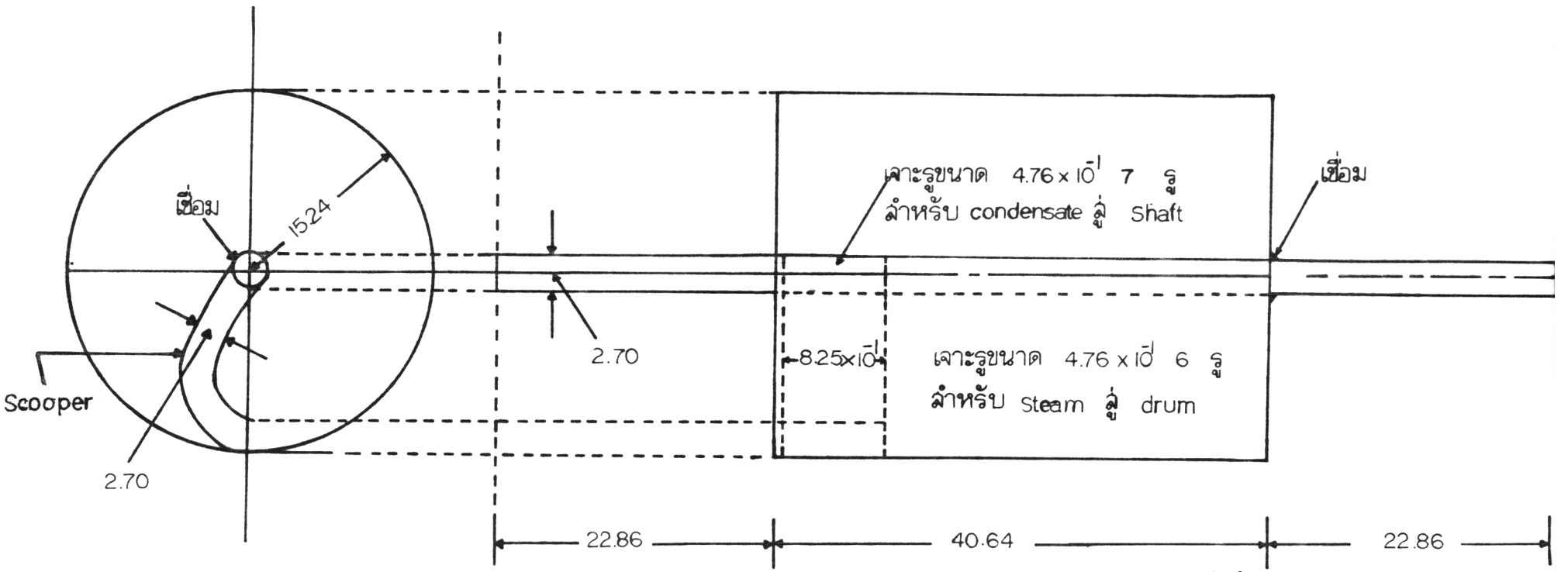
รูปที่ 3-2 รายละเอียดของเครื่องระเหยแบบแผ่นฟิล์มบางหมุน



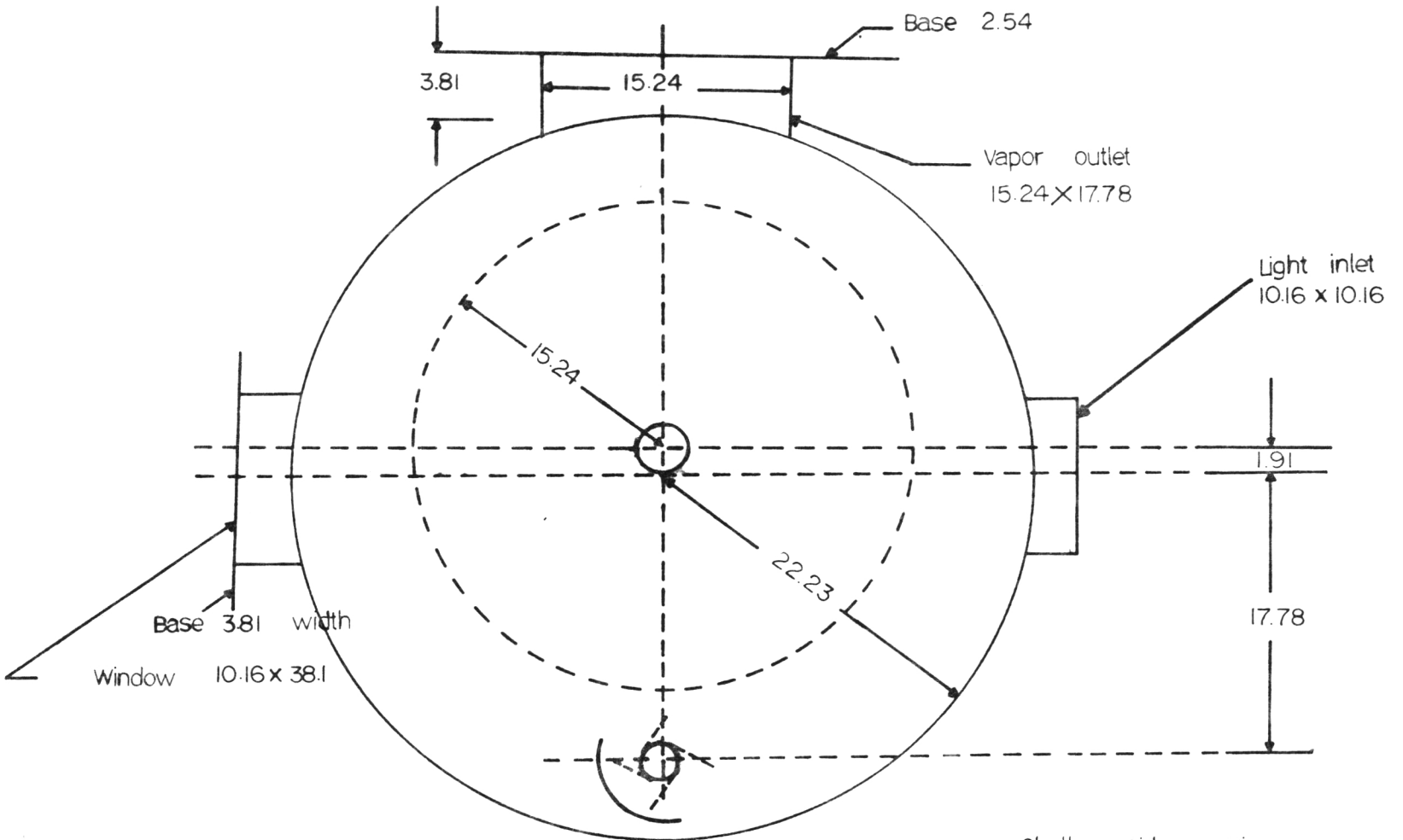
รูปที่ 3-3 ส่วนสำคัญของเครื่องทำความเย็นข้น



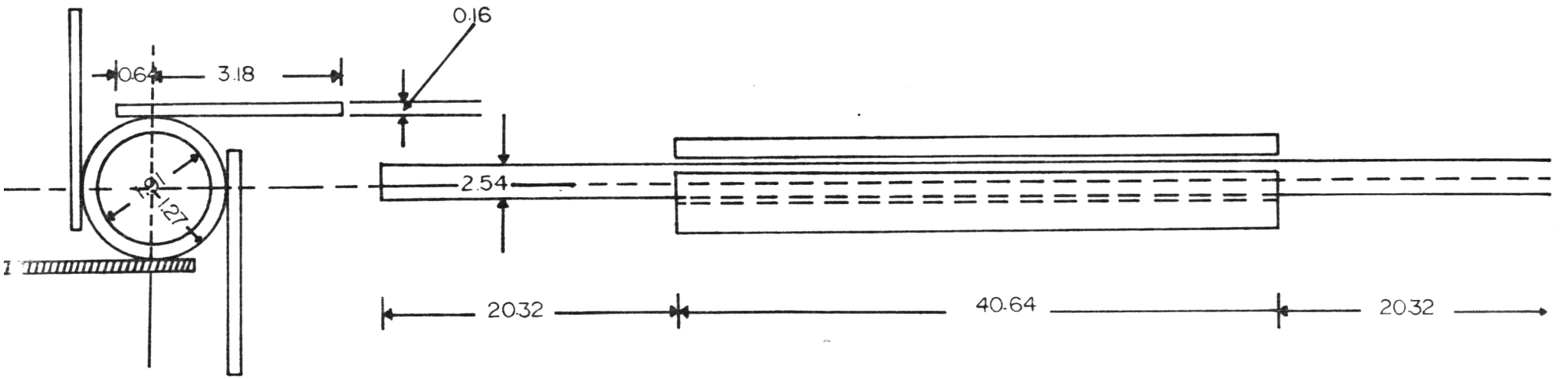
รูปที่ 3 – 4 ภาพด้านหน้าของผนังด้านนอก



รูปที่ 3-5 ภาพด้านหน้าและด้านข้างของลูกกลิ้ง



รูปที่ 3-6 ภาพด้านข้างของผนังด้านนอก



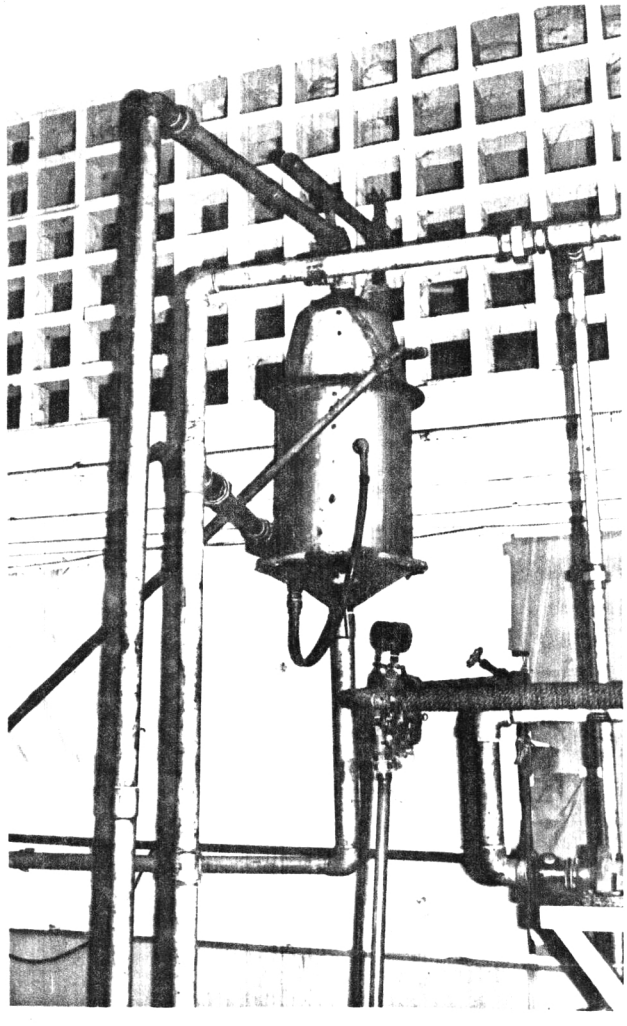
รูปที่ 3-7 ภาพด้านหน้าและด้านข้างของตัววัก

Applicator

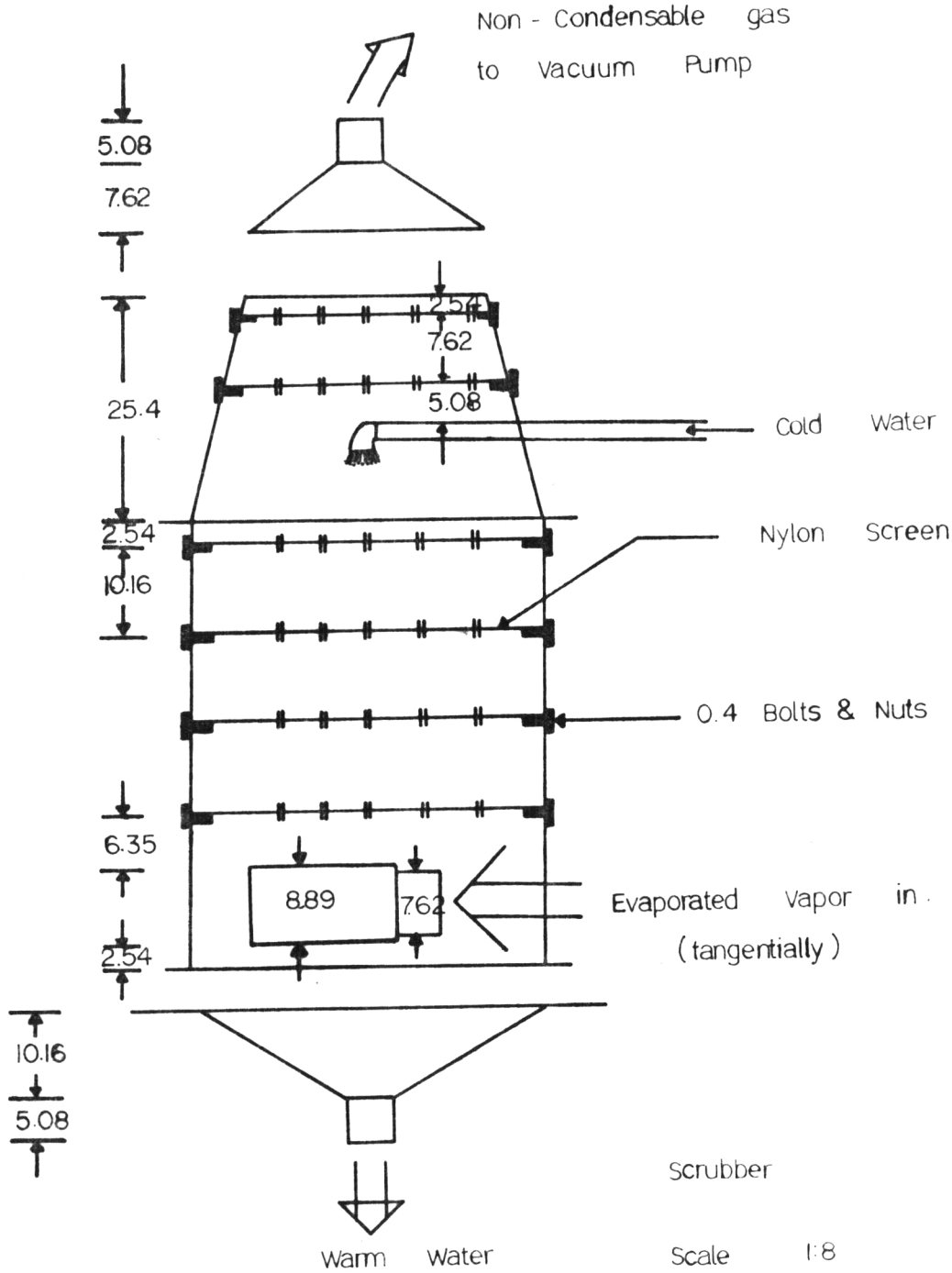
Scale 1:4

Unit centimeter

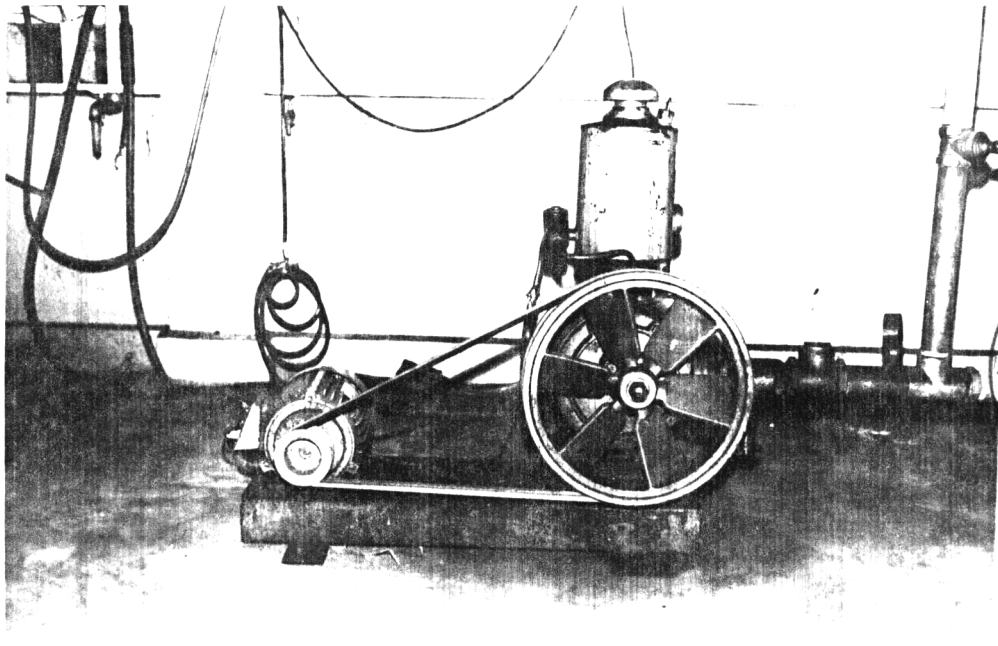
Material Stainless Steel



รูปที่ 3-8 เครื่องควบแน่นแบบบารอเมตริก

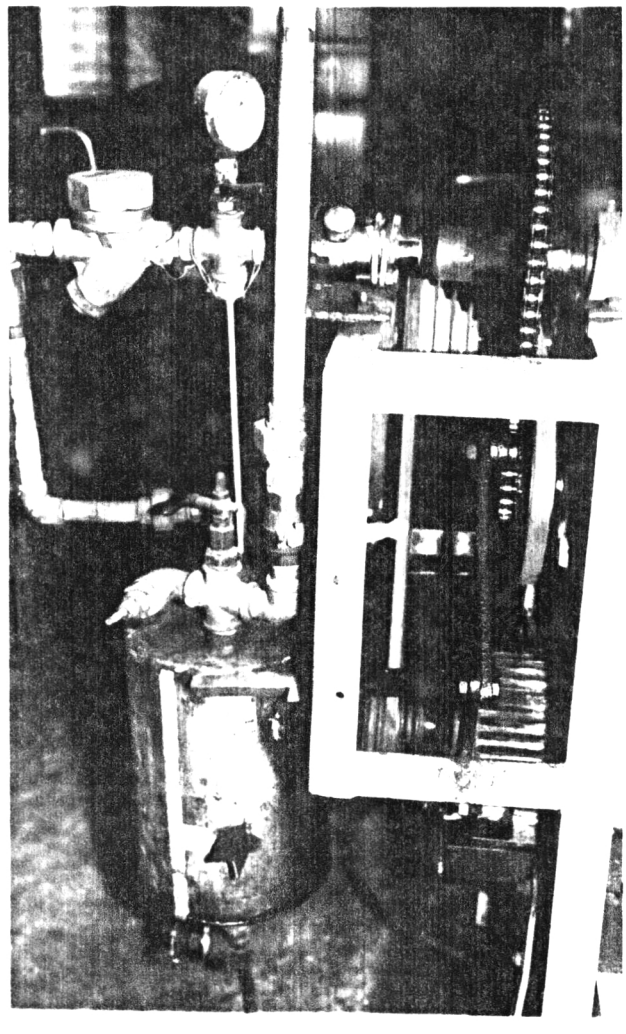


รูปที่ 3-9 เครื่องควบแน่นหรือเครื่องจับไอน้ำ



หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3-10 ปั๊มสูญญากาศ



รูปที่ 3-11 มู่เล่

I 155528A6.