บทที่ 5

อุปกรณ์และวิธีการผลิตน้ำชนิดหนัก
ด้วยการแลกที่ไอโซไทประหว่างไฮโดรเจนซัลไฟด์กับน้ำ

5.1 การออกแบบและการสร้างชุดอุปกรณ์

เนื่องจากเงื่อนไขตัวแปรในการผลิตบังคับการประยุกต์อุปกรณ์ และเงื่อนไขคุณภาพและประสิทธิภาพของอุปกรณ์ เท่าที่หาได้ก็บังคับเงื่อนไขการผลิตในทางกลับกันด้วย จึงทำให้มีปัญหาและอุปสรรคในการจัดสร้างชุดอุปกรณ์เป็นอย่างมาก

แต่การแก้ไขปัญหาอุปสรรคจนลุล่วงไปในที่สุดนั้นทำให้ต้องศึกษาเครื่องมือแต่ละชนิดอย่างละเอียดแล้วดัดแปลงแก้ไขจนเหมาะสม ซึ่งจะเป็นพื้นฐานดียิ่งสำหรับการออกแบบและจัดสร้างชุดปฏิบัติการที่แท้จริงต่อไป ถ้าหากมีการลงทุนในระดับอุตสาหกรรม หรือ การสนับสนุนอย่างเป็นทางการ

5.1.1 เงื่อนไขการผลิตที่ต้องการในกระบวนการผลิต

ก. อุณหภูมิของ cold tower ประมาณ 32°c เพื่อได้ค่า $\alpha_c = 2.32$

ข. อุณหภูมิของ hot tower ประมาณ 130°c เพื่อให้ได้ค่า $\alpha_h = 1.80$

ค. ความดันของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ประมาณ 10 atm. เพื่อลดอัตราไหลโดยปริมาตรของก๊าซให้เหมาะกับอุปกรณ์ โดยได้อัตราไหลของมวลพอเหมาะกับการผลิต

ง. การไหลสวนกันของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์กับน้ำ โดยมีประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนกับไอโซไทปกันได้ดี

จ. ระบบการนำของไหลส่วนที่เป็นน้ำออกจากระบบในขณะเดินเครื่อง โดยไม่ปล่อยให้มีก๊าซเล็ดลอดออกมาได้

ฉ. ระบบควบคุมอัตราการไหลสวนกันระหว่าง feed กับ gas ให้ได้อัตราส่วน 1.94 ตามการคำนวณใน 4.2

ช. ระบบการผลิตก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เพื่อใช้ในกระบวนการและชดเชยส่วนส่วนที่สูญเสียไปกับ waste

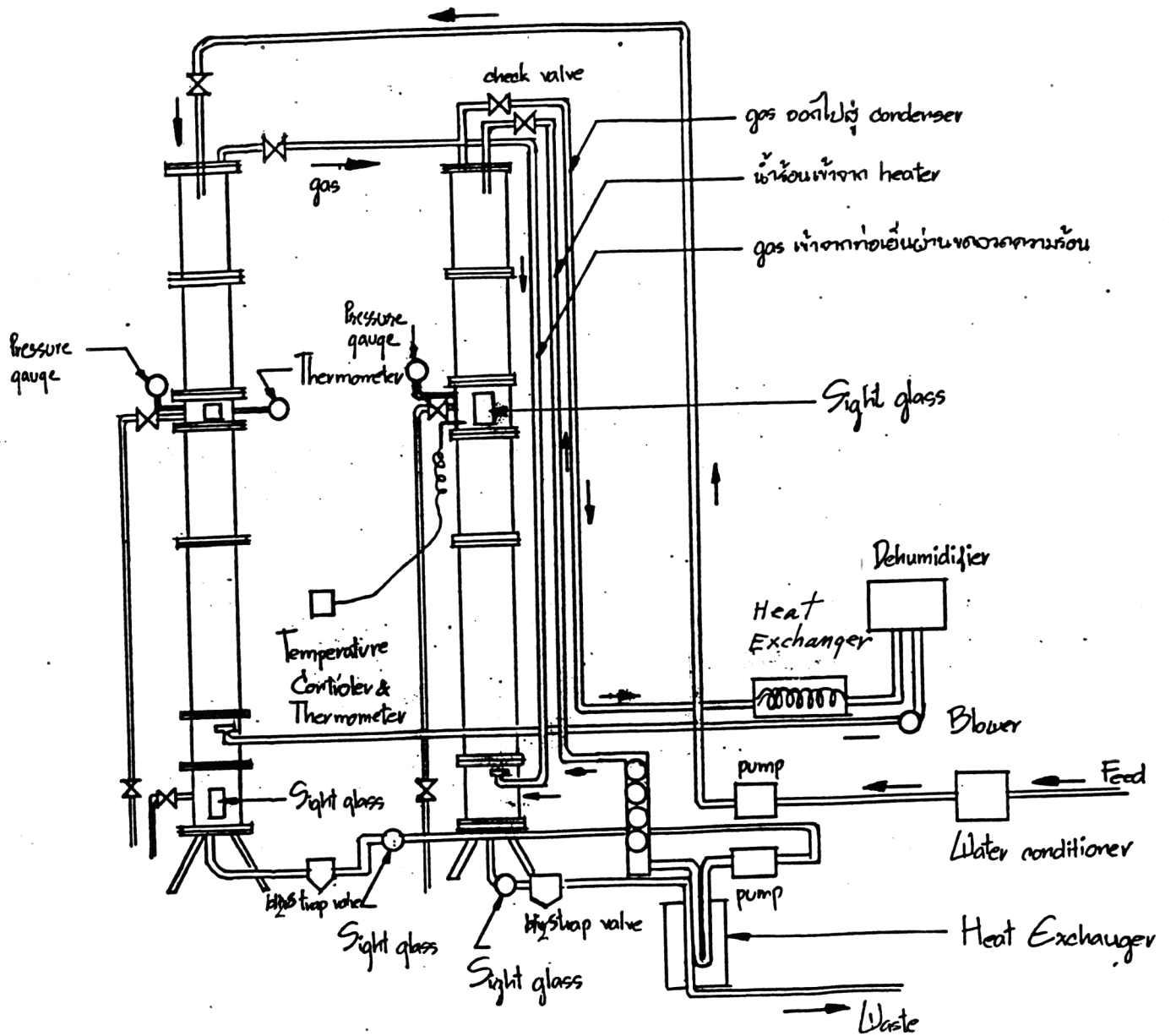
5.1.2 อุปกรณ์และการสร้าง

ชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ประกอบเป็นเครื่องผลิตน้ำชนิดหนักโดยการผลิตด้วย ส่วนรายละเอียดแต่ละส่วนมีดังนี้

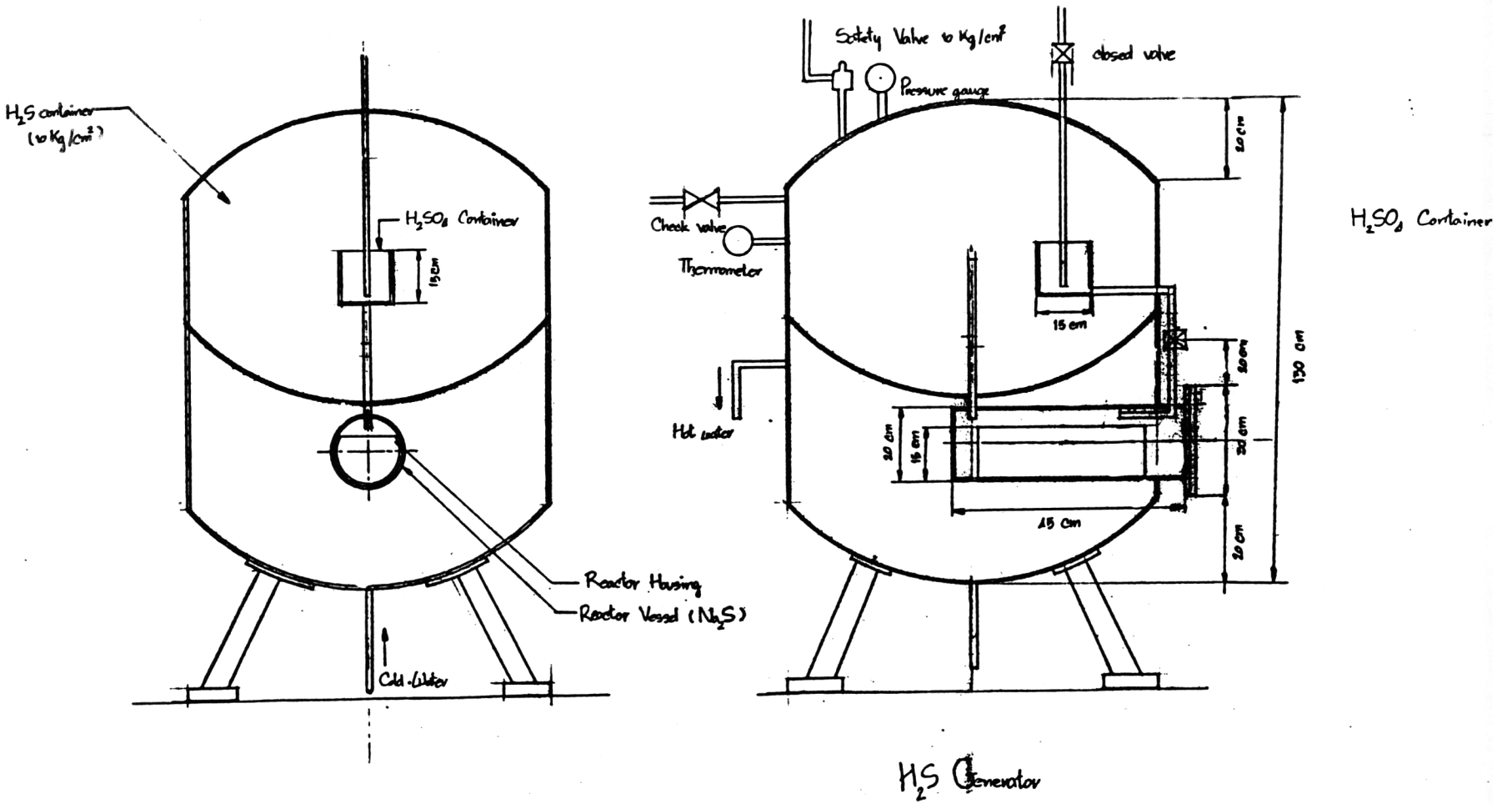
(a) Hot tower & Cold tower ใช้ท่อเหล็กชนิด Galvanized steel ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 นิ้ว ยาวประมาณ 8 เมตร 2 ท่อ วางในแนวดิ่ง และสอดใส้ด้วย perforated plate จำนวน 74 ชิ้น ห่างกันชิ้นละ 10 cm (รูปที่ 5.3)

(b) Perforated Plate ทำด้วย stainless steel 316 เป็นแบบมี down comer มีรายละเอียดคือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง tray 12 cm., เส้นผ่าศูนย์กลาง hole 1 mm., active area 80 $cm.^2$ down comer area 30 $cm.^2$, ความยาวของ weir 10 cm. ความสูงของ weir 2cm., tray spacing 8 cm. (รูปที่ 5.3)

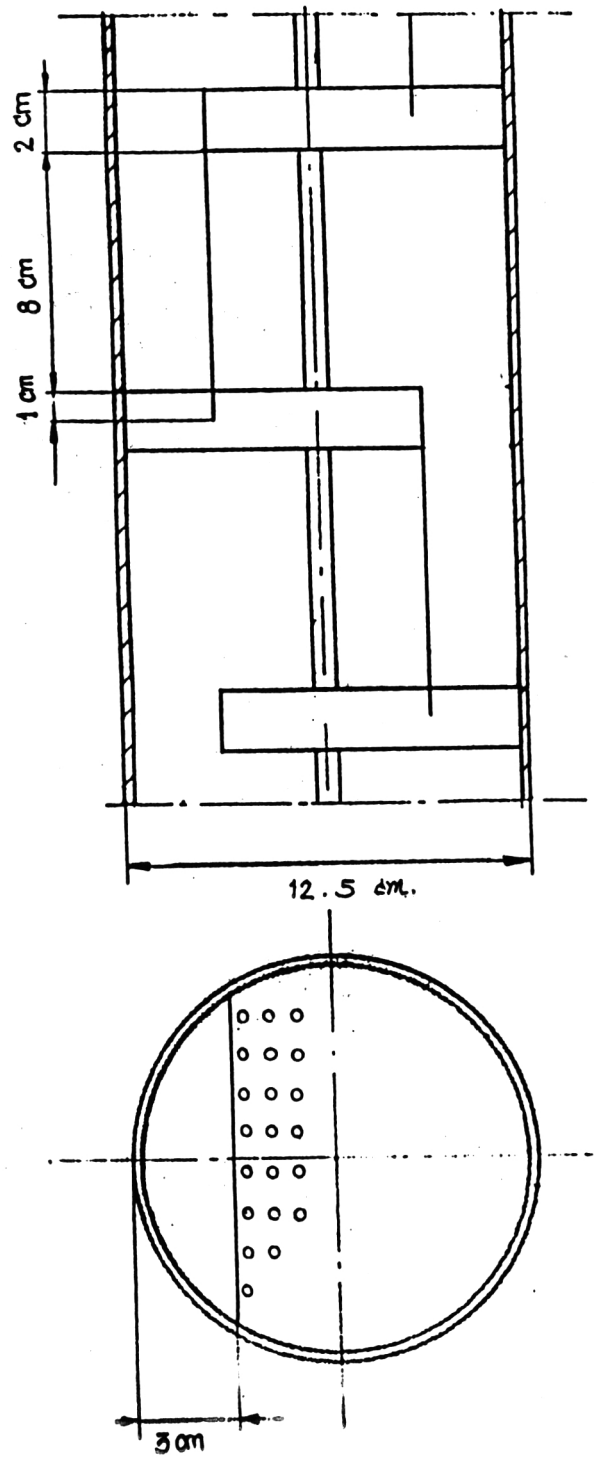
(c) ถังผลิตก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ทำด้วย stainless steel 316 ขนาดหนา 6 mm ทนความดันได้ 17 Kg/cm^2 ผลิตก๊าซได้ครั้งละ 200 ลิตร ปริมาตรส่วนกักเก็บก๊าซ 40 ลิตร ถังบรรจุกรด H_2SO_4 (dil) จุ 3.5 ลิตร Reactor vessel จุ 4.5 ลิตร มีระบบระบายความร้อนด้วยน้ำหล่อเย็น ประกอบด้วย valves, thermometer, pressure gauge และsafety valve ต่อกับท่อ Blow out (รูปที่ 5.2)



รูปที่ 5.1 แสดงกระบวนการผลิตทั้งระบบ (ไม่ตรงกับสัดส่วนที่แท้จริง)

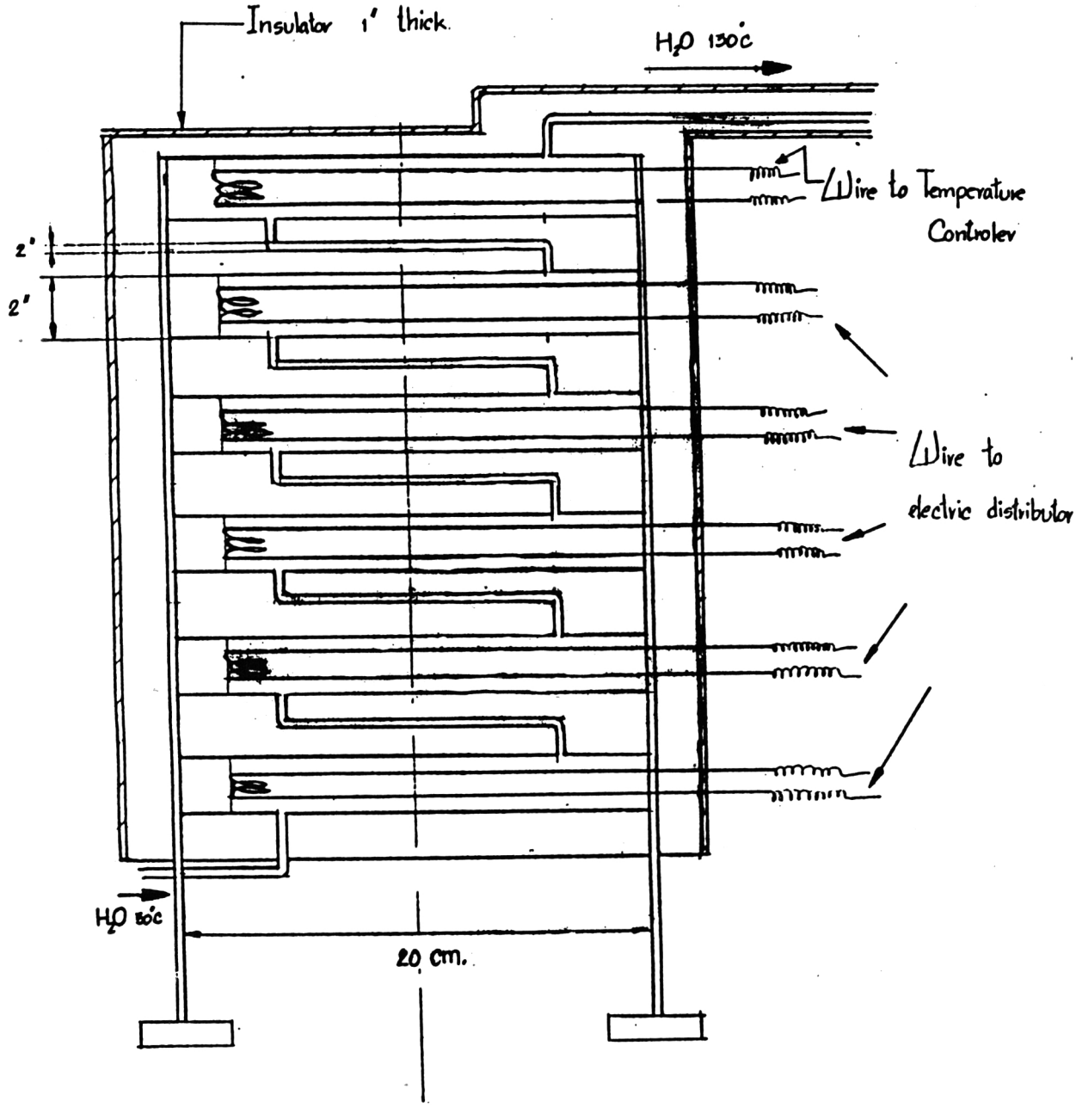


รูปที่ 5.2 แสดงสัดส่วนถังผลิตก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์



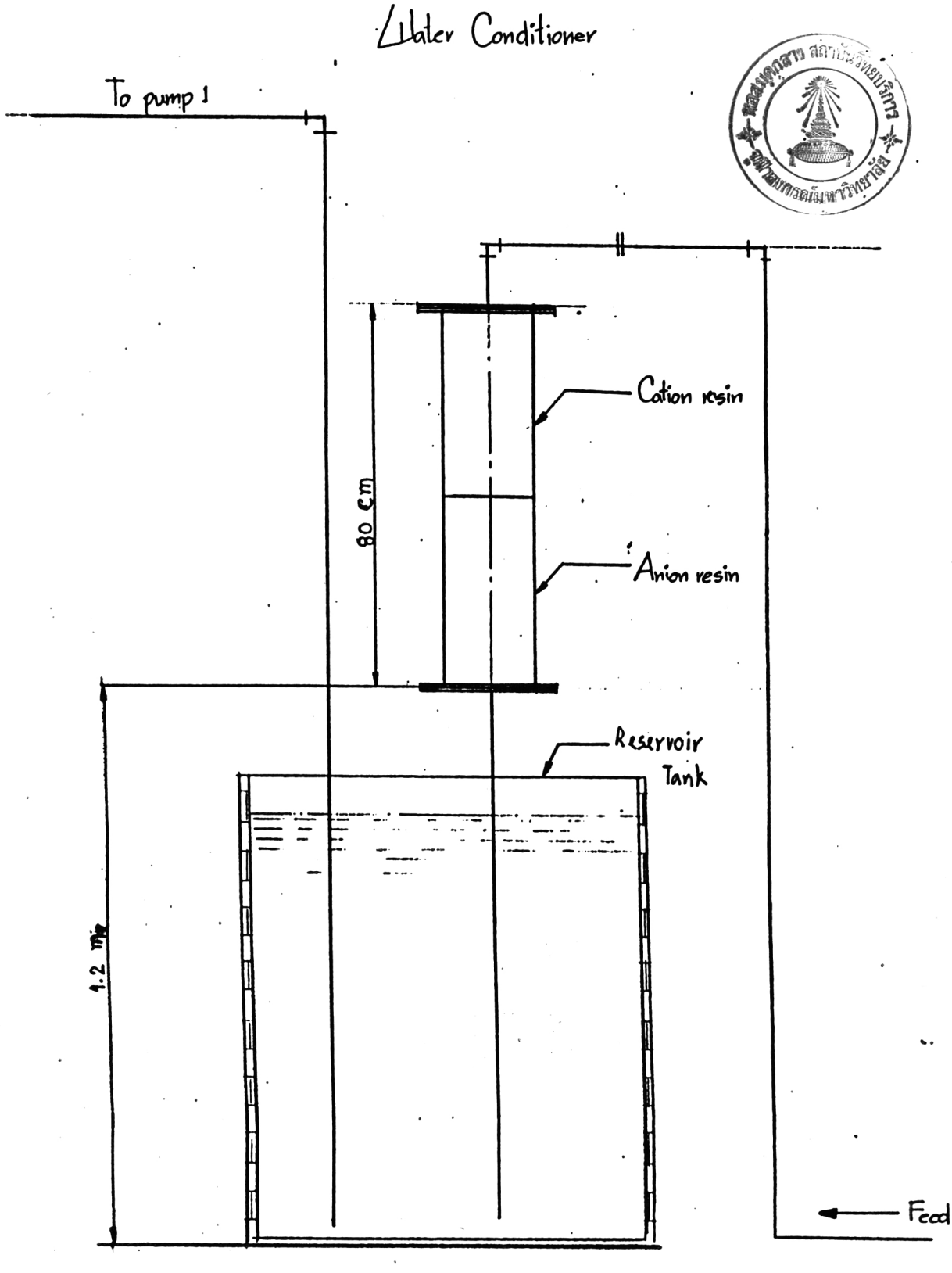
หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 5.3 แสดง perforated plate ใน tower

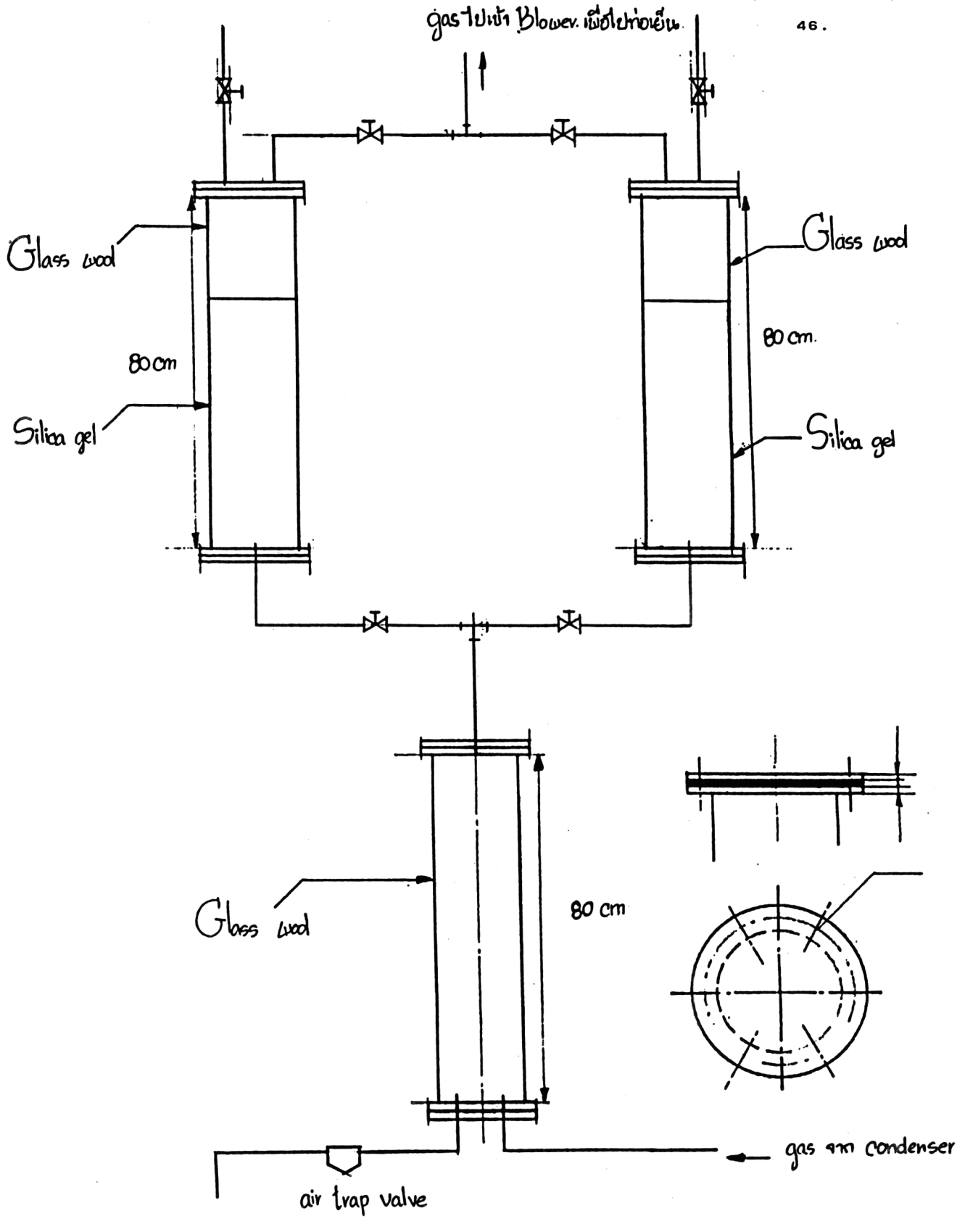


รูปที่ 5.4

แสดงสัดส่วนของ Electric Heater



รูปที่ 5.5 แสดงสัดส่วนของระบบกรองน้ำ



รูปที่ 5.6 แสดงสัดส่วนของ Dehumidifier

(d) Heater ทำด้วยท่อเหล็กขนาด 2 นิ้ว จำนวน 6 ชั้น เรียงตามลำดับจากล่างขึ้นบน ภายในสอดใส้ไว้ด้วย heater element ขนาด 3kW ต่อ 1 ตัว ซึ่งจากการทดลอง flow rate ของน้ำประมาณ 1 ลิตรต่อนาที จะร้อนขึ้นชั้นละ 20°c ชั้นบนสุดควบคุมด้วย Temperature controller ซึ่งมี sensor ฝังไว้ในใจกลางของ hot tower (รูปที่ 5.4, 5.1)

(e) Water conditioner ทำด้วย galvanized steel ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 นิ้ว สูง 80 cm.ภายในบรรจุ cation resin, anion resin และใยสังเคราะห์ ซึ่งจะกรองน้ำลงไปในถังพักด้วยอัตราเร็ว 1 ลิตรต่อนาที

(f) Dehumidifier ทำด้วย galvanized steel ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 นิ้ว สูง 80cm. แบ่งเป็น 2 ช่วง ช่วงล่างใส่ใยแก้วไว้เต็มท่อ ช่วงบน ซ้าย ขวา ใส่ silica gel ไว้สำหรับดูดความชื้น และสามารถสลับกันใช้งานเพื่อจะ heat ไล่ความชื้น โดยการเปิดปิดวงจร valves ซึ่งมีท่อต่อกับ Blow out

(g) High pressure pump 2 ตัว มีขนาดกำลังอัด 17Kg/cm^2 ตั้ง flow rate ได้ที่ 1 ลิตรต่อนาที สำหรับอัดน้ำที่เป็น feed เข้าสู่ cold towerและ hot tower

(h) Gas compressor 1 ตัว ขนาดกำลังอัด 10 Kg/cm^2, flow rate 240 ลิตรต่อนาที ใช้มอเตอร์ ขนาด 2 HP สำหรับดูดก๊าซจากถังผลิต และ flow ก๊าซในระบบขณะเดินเครื่อง

(i) Sight glass 5 ชุด สำหรับดูการไหลของน้ำ และปริมาณของน้ำในถังพัก ภายใน tower

(j) H_2S Valve 4ตัว ขนาด drain Capacity 300 ลิตร ต่อนาที ที่ความดัน 10 Kg/cm^2 สำหรับกักก๊าซไว้ในระบบแต่ปล่อยน้ำให้ไหลผ่านไปได้

(k) Condenser ทำด้วยท่อทองแดง ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 นิ้ว ยาว 15 ฟุต ขดเป็นรูป spiral ลงไปในถังน้ำ ซึ่ง flow จากข้างล่างขึ้นข้างบนในลักษณะ surface run off

(l) Thermometer 4 ตัว สำหรับบ่งชี้ค่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆในระบบ

(m) Pressure gauge 5 ตัว สำหรับบ่งชี้ค่าความดันที่ตำแหน่งต่างๆ ในระบบ

(n) Temperature controler 1 ชุด ประกอบด้วย sensor, controler, relay สำหรับตัดไฟฟ้าเข้าแท่ง heater ควบคุมให้อุณหภูมิภายใน hot tower คงที่อยู่ที่ 130c เสมอ

(o) Pipe line เชื่อมวงจรทั้งหมดตามรูปที่ 5.1 เป็นเหล็กเหนียวสำหรับเชื่อม ทนความดันได้สูง 600 psi

(p) Valves ที่ใช้ในระบบทุกตัว ทำด้วย stainless steel 316 ทั้ง Ball valve และ check valve

(q) Flow meter สำหรับวัดอัตราไหลของก๊าซ เป็นชนิด free float ซึ่งสร้างขึ้นเอง และ calibrate เพื่อให้ได้ scale ใน range 200-240 ลิตร/นาที

5.2 การดำเนินการทดลอง

5.2.1 ขั้นเตรียมวัตถุดิบ

ก. การผลิตก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ จากถังผลิต ใช้ H_2SO_4 (dil) ทำปฏิกิริยาพอดีกับ Na_2S ภายใน Reactor vessel ซึ่งการผลิตแต่ละครั้งจะใช้ compressor ดูดเข้าระบบ ได้ความดันเพิ่มขึ้นประมาณครั้งละ 1 atm ทำซ้ำจนกว่าจะได้ 10 atm.

ข. การเตรียม feed ใช้ deminerized water เติม catalyst คือ NaOH ความเข้มข้น 0.1 mol. ต่อน้ำ 1 ลิตร ให้ได้ในอัตรา 1 ลิตร ต่อนาที

5.2.2 ขั้นเริ่มเดินเครื่อง (ดูรูปที่ 5.1)

ก. เปิดสวิทช์ pump 1 เพื่อดูดน้ำ (feed) จากถังพักเข้า cold tower รออยู่ประมาณ 3 นาที

ข. เมื่อมีน้ำผ่าน sight glass หลัง cold tower จึงเปิด pump 2 เพื่อดูดน้ำผ่าน heater เข้า hot tower รออยู่ 2 นาที

ค. เมื่อมีน้ำผ่าน sight glass หลัง hot tower จึงเปิด heater ทั้งชุด และเปิด temperature controler รออยู่ประมาณ 10 นาที อุณหภูมิของ hot tower จะสูงขึ้นจนถึง 130c

5.2.3 ขั้นดำเนินการผลิต

เมื่อได้ condition ในระบบ กล่าวคืออุณหภูมิของ cold tower คงที่ที่อุณหภูมิ ห้องประมาณ 32-34°C อุณหภูมิของ hot tower คงที่ ที่ 130°C flow rate ของน้ำ ได้สม่ำเสมอ ทั้ง feed เข้าและ waste ออก ในอัตรา 1 ลิตรต่อนาที แล้ว จึงเปิดสวิทช์มอเตอร์หมุน compressor เพื่อให้ก๊าซไหลเวียนด้วยอัตราไหลที่กำหนดตั้งไว้ล่วง หน้าที่ 240 ลิตร ต่อนาที