

### บทที่ 3 การทดลอง

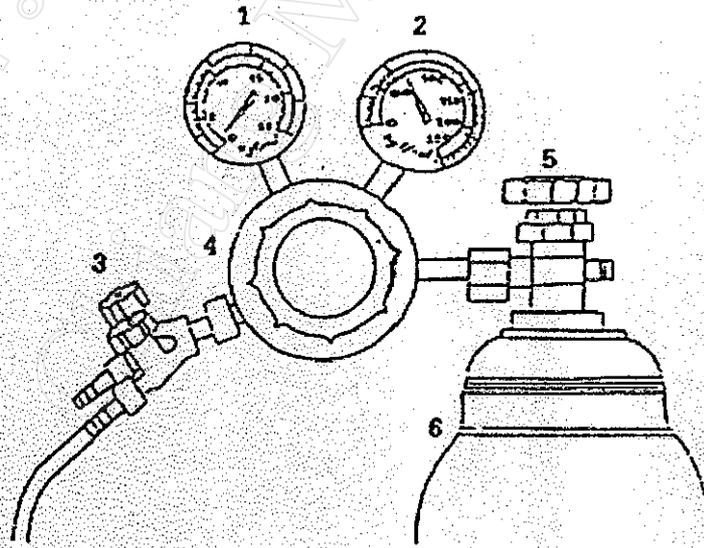
#### 3.1 การหาอัตราการไหลของแก๊สแอมโมเนีย วัสดุและอุปกรณ์

1. แก๊สแอมโมเนียในถังบรรจุน้ำหนัก 60 กก. น้ำหนักถังเปล่า 60 กก. น้ำหนักรวม 120 กก. ความสูงถังประมาณ 133 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 36 ซม.

2. อุปกรณ์ควบคุมความดันที่ถังแก๊ส (gas regulator) มีส่วนประกอบดังแสดงในรูป

3.1 โดยประกอบด้วย

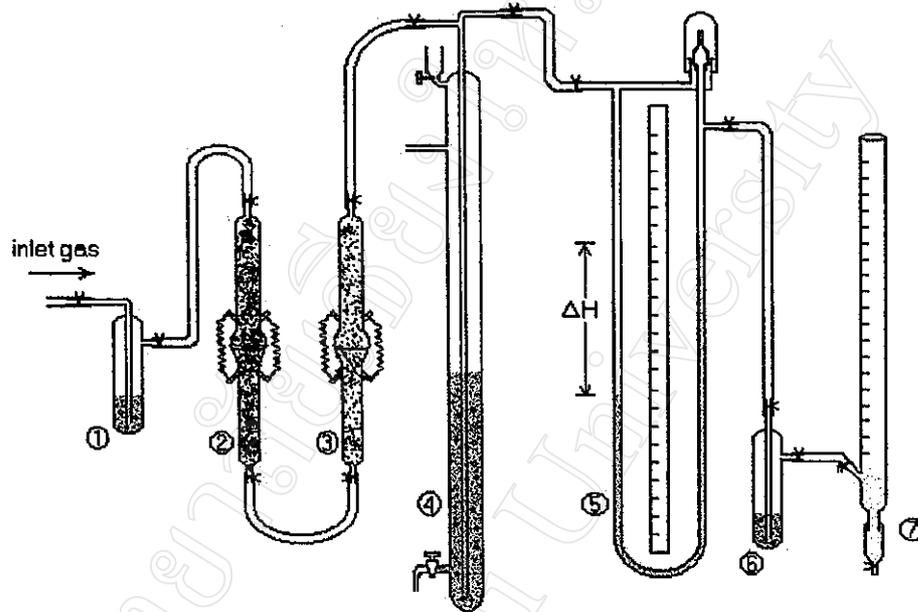
- 1) มาตรวัดความดันแก๊สที่ออกจากถัง
- 2) มาตรวัดความดันแก๊สในถัง
- 3) วาล์วแก๊สออก
- 4) วาล์วควบคุมการไหลของแก๊ส
- 5) วาล์วแก๊สออกจากถัง
- 6) ถังบรรจุแก๊ส



รูป 3.1 อุปกรณ์ควบคุมความดันที่ถังแก๊ส (gas regulator)

3. ชุดอุปกรณ์วัดและควบคุมอัตราการไหลของแก๊ส มีส่วนประกอบต่าง ๆ ดังแสดงในรูป 3.2 โดยประกอบด้วย

- 1) หลอดตรวจสอบแก๊สเข้า ภายในบรรจุสารละลาย Dibutyl phthalate เมื่อมีแก๊สเข้าจะเกิดฟองแก๊สขึ้น
- 2) หลอดบรรจุสาร Drierite ทำหน้าที่ดูดซับความชื้นของแก๊สที่ไหลผ่าน
- 3) หลอดบรรจุสาร Ascarite ทำหน้าที่ดูดซับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์
- 4) หลอดควบคุมความดันแก๊ส มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.0 ซม. ยาว 95.0 ซม. ภายในบรรจุสารละลาย Dibutyl phthalate เมื่อปรับเปลี่ยนระดับสารละลายจะทำให้ระดับความแตกต่างของสารละลายในหลอดรูปตัวยูเปลี่ยนแปลงไป
- 5) เวนตูรีมิเตอร์ (Venturi meter) ประกอบด้วยหลอดรูปตัวยูซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.8 ซม. ยาว 88.0 ซม. ภายในบรรจุสารละลาย Dibutyl phthalate โดยระดับความแตกต่างของสารละลายจะบ่งบอกถึงปริมาณแก๊สที่ไหลผ่านออกไป ส่วนบนจะเป็นหลอดคาปิลารี (capillary tube) ครอบด้วยหลอดแก้วขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.0 ซม. ยาว 14.0 ซม.
- 6) หลอดตรวจสอบแก๊สออก ภายในบรรจุสารละลาย Dibutyl phthalate เมื่อมีแก๊สออกจะเกิดฟองแก๊สขึ้น
- 7) หลอดวัดปริมาณการไหลของแก๊ส มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.5 ซม. ยาว 51.0 ซม. ส่วนปลายหลอดด้านล่างจะเป็นจุกยางและบรรจุสารซักล้างที่ทำให้เกิดฟอง



รูป 3.2 ชุดอุปกรณ์วัดและควบคุมอัตราการไหลของแก๊ส

#### วิธีการทดลอง

1. เปิดแก๊สที่ต้องการผ่านเข้าชุดอุปกรณ์ทดลองทางหลอดตรวจสอบแก๊สเข้า
2. ปรับระดับสารละลายในหลอดควบคุมความดันแก๊ส ให้ระดับความแตกต่างของสารละลายในหลอดรูปตัวยู ( $\Delta H$ , ซม.) มีค่ามากที่สุดพร้อมทั้งบันทึกค่าระดับความแตกต่างนั้น
3. บีบจุกยางในหลอดวัดปริมาณการไหลของแก๊ส เพื่อให้เกิดฟองของสารซักล้างโดยฟองดังกล่าวจะต้องมีลักษณะเป็นฟิล์มชั้นเดียว
4. บันทึกเวลา (วินาที) ที่ฟิล์มดังกล่าวใช้ในการเคลื่อนที่ผ่านปริมาตร 100 ซม.<sup>3</sup>
5. คำนวณหาอัตราการไหลของแก๊ส ( $Q$ , ซม.<sup>3</sup>/วินาที) จากเวลาที่ได้
6. ปรับระดับสารละลายในหลอดควบคุมความดันแก๊ส ให้ระดับ  $\Delta H$  (ซม.) เปลี่ยนแปลงไปประมาณ 8-10 ค่า พร้อมทั้งบันทึกค่า  $\Delta H$  ในแต่ละครั้ง โดยในแต่ละครั้งจะทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ข้อ 3. ถึงข้อ 5.
7. สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า  $\log (Q, \text{ ซม.}^3 / \text{วินาที})$  และ  $\log (\Delta H, \text{ ซม.})$  ซึ่งกราฟที่ได้จะเป็นกราฟความสัมพันธ์เชิงเส้น โดยจะอยู่ในรูป

7. สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า  $\log(Q, \text{ชม.}^3 / \text{วินาที})$  และ  $\log(\Delta H, \text{ชม.})$  ซึ่งกราฟที่ได้จะเป็นกราฟความสัมพันธ์เชิงเส้น โดยจะอยู่ในรูป

$$\log Q = s \log \Delta H + c \quad \text{---(3.1)}$$

เมื่อ  $Q$  คือ อัตราการไหลของแก๊ส ( $\text{ชม.}^3 / \text{วินาที}$ )

$\Delta H$  คือ ระดับความแตกต่างของสารละลายในหลอดรูปตัวยู ( $\text{ชม.}$ )

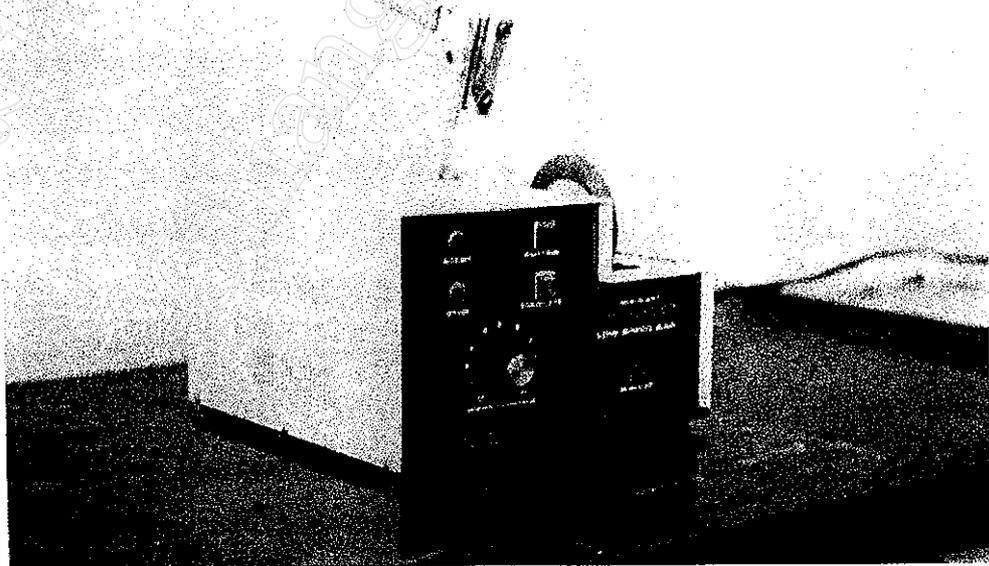
$s$  คือ ความชันของกราฟ

$c$  คือ ค่าคงที่

### 3.2 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

#### วัสดุและอุปกรณ์

1. เหล็กกล้าของบริษัท Rochling เบอร์ RDC2V และ RPG3 มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.5 และ 1.2 ซม. ตามลำดับ
2. สว่าน ใช้เจาะรูสำหรับแขวนตัวอย่างทดสอบในห้องเผา
3. เครื่องตัดสาร โบริดตัดเป็นจานเลื่อยเพชร (diamond saw) หนาประมาณ 0.1 มม. ดังแสดงในรูป 3.3



รูป 3.3 เครื่องตัดสาร

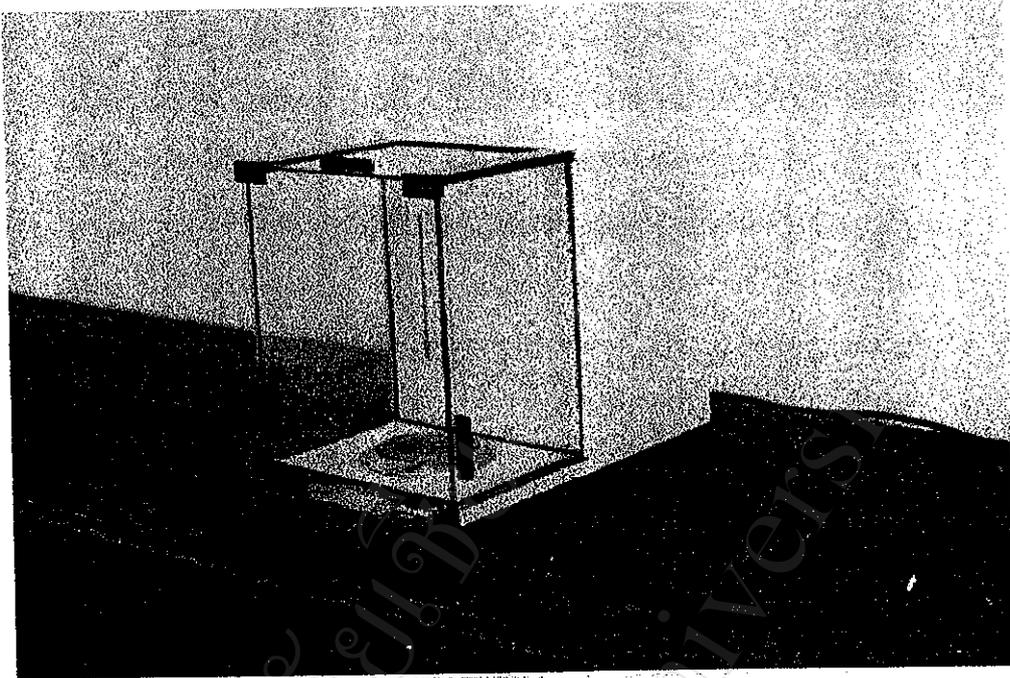
4. กระดาษทรายเบอร์ 100, 400 และ 1000
5. ผงขัดอลูมินาขนาด 1 และ 0.3 ไมครอน
6. เครื่องขัดสาร ที่แทนหมุนจะมีผ้าขัด ใช้สำหรับการขัดละเอียด (polishing) ดังแสดง

ในรูป 3.4



รูป 3.4 เครื่องขัดสาร

7. ไมโครมิเตอร์
8. เครื่องชั่งดิจิตอล สามารถชั่งได้ละเอียดถึง 0.0001 กรัม แสดงไว้ในรูป 3.5



รูป 3.5 เครื่องซังติจิตอล

#### วิธีการทดลอง

1. ตัดเหล็กกล้าทั้งสองชนิดให้มีความหนาประมาณ 1-2 มม.
2. ทำการเจาะรูสำหรับแขวนด้วยสว่านขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.35 มม. เนื่องจากลวดแขวนสารมีขนาดประมาณ 2 มม.
3. ชัดด้วยการตาข่ายทรายเบอร์ 100, 400 และ 1000 ตามลำดับ
4. ชัดด้วยผงขัดอลูมินาขนาด 1 และ 0.3 ไมครอน ตามลำดับ
5. ทำการวัดพื้นที่ผิวของตัวอย่างทดสอบโดยคำนวณจากสูตรความสัมพันธ์

$$A = 2(\pi R^2 - \pi r^2) + 2\pi(R+r)h \quad \text{---(3.2)}$$

เมื่อ A คือ พื้นที่ผิวทั้งหมดของตัวอย่างทดสอบ

R คือ รัศมีของตัวอย่างทดสอบ

r คือ รัศมีของรูที่ทำการเจาะบนตัวอย่างทดสอบ

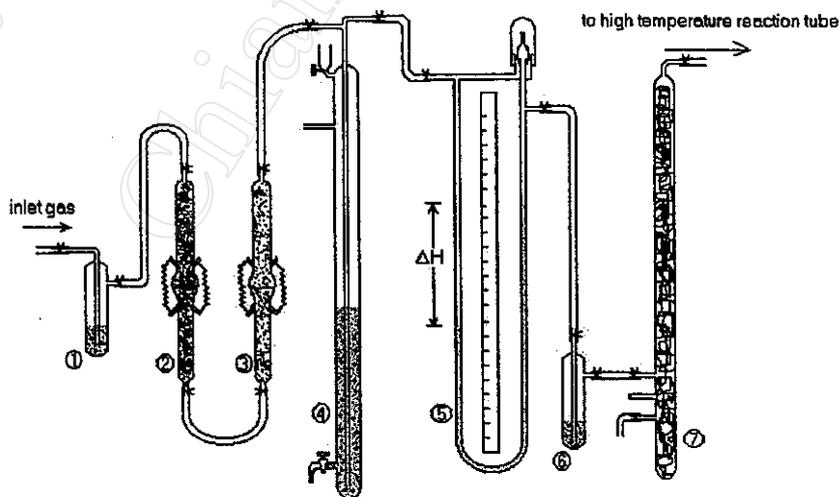
h คือ ความหนาของตัวอย่างทดสอบ

### 3.3 การไนไตรด์และการทดสอบความแข็ง

#### วัสดุและอุปกรณ์

1. อะซิโตน (Acetone) สำหรับล้างไขมันและสิ่งสกปรกออกจากตัวอย่างทดสอบ
2. แก๊สแอมโมเนียในถังบรรจุ
3. แก๊สอาร์กอนในถังบรรจุขนาดความสูงประมาณ 144.0 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 21.0 ซม.
4. อุปกรณ์ควบคุมความดันที่แก๊ส (gas regulator)
5. ชุดอุปกรณ์ควบคุมอัตราการไหลของแก๊ส มีส่วนประกอบต่าง ๆ ดังแสดงในรูป 3.6 โดยประกอบด้วย

- 1) หลอดตรวจสอบแก๊สเข้า
- 2) หลอดบรรจุสาร Drierite
- 3) หลอดบรรจุสาร Ascarite หลอดควบคุมความดันแก๊ส
- 4) เวนตูริมิเตอร์ (Venturi meter)
- 5) หลอดตรวจสอบแก๊สออก
- 6) หลอดผสมแก๊ส มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.0 ซม. ยาว 52.0 ซม. เป็นทางผ่านของแก๊สที่จะเข้าไปสู่ห้องเผา

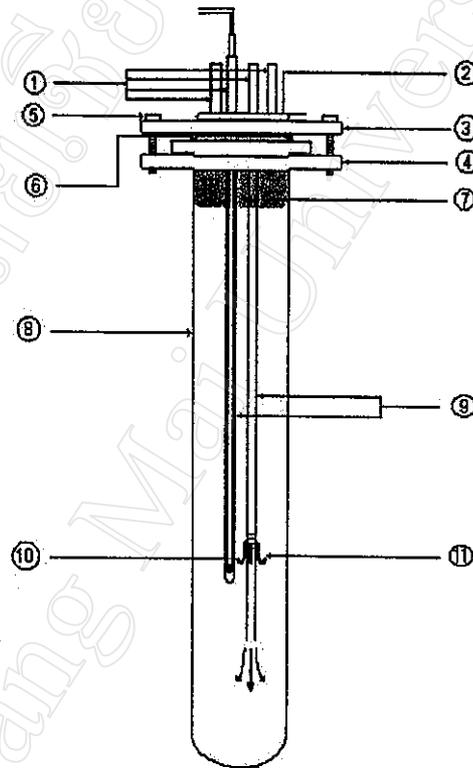


รูป 3.6 ชุดอุปกรณ์วัดและควบคุมอัตราการไหลของแก๊ส

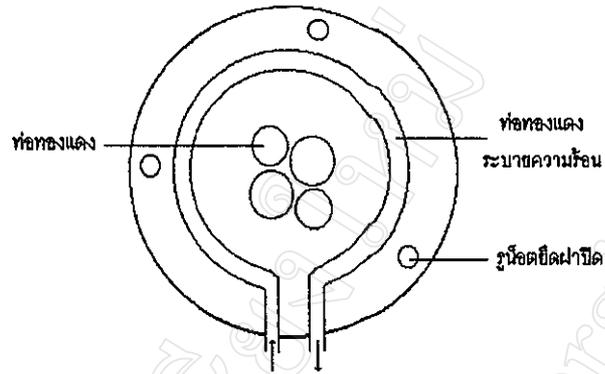
6. ห้องเผา (chamber) มีส่วนประกอบต่าง ๆ ดังแสดงในรูป 3.7 โดยประกอบด้วย

- 1) ท่อทองแดง ถูกเชื่อมติดกับฝาท่อ เป็นช่องสำหรับสอดท่อเซรามิกส์เข้าสู่ห้องเผาจำนวนสองท่อ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.2 ซม. ส่วนอีกสองท่อเป็นท่อสำหรับระบายแก๊สออก มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.0 ซม.
- 2) ท่อทองแดงระบายความร้อน ถูกเชื่อมติดกับฝาท่อโดยขดเป็นวงกลมล้อมรอบท่อทองแดงทั้งสี่ท่อ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.0 ซม. ปลายท่อด้านหนึ่งสำหรับผ่านน้ำเข้า อีกด้านหนึ่งสำหรับน้ำออก
- 3) ฝาปิด ทำจากทองแดง มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 13.0 ซม.หนา 5.5 ซม. ที่ขอบเจาะรูสำหรับยึดน็อต ภาพด้านบนของฝาปิดแสดงไว้ในรูป 3.8
- 4) แผ่นยึดฝาปิด สำหรับยึดฝาปิดให้ติดสนิทกับปากกระบอกห้องเผา มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12.5 ซม.หนา 0.6 ซม. ที่ขอบเจาะรูสำหรับยึดน็อต
- 5) น็อตยึดฝาปิด
- 6) แผ่นยางกันซึม สำหรับป้องกันการรั่วซึมของอากาศ มีลักษณะเป็นวงแหวนเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกมีขนาดเท่ากับปากกระบอกห้องเผา เส้นผ่าศูนย์กลางภายในมีขนาดเท่ากับเส้นผ่าศูนย์กลางของห้องเผา
- 7) อีฐอุณหภูมิความร้อน เป็นอีฐทนไฟของบริษัท Asia Refractory Industry Co., Ltd. รุ่น ARI C-2 ทนอุณหภูมิได้สูงสุด 1300°ซ. มีรูปร่างเป็นทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4.5 ซม. สูง 6.0 ซม. เจาะรูสองรูสำหรับสอดท่อเซรามิกส์
- 8) ห้องเผา เป็นเซรามิกส์ที่ทำจากดินผสม (compound clay) กับอลูมินา เผาที่อุณหภูมิ 1280°ซ. เป็นเวลาแปดชม. มีลักษณะเป็นทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 5.8 ซม. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 6.5 ซม. ยาว 61.5 ซม. ปากกระบอกมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 10.0 ซม. หนา 0.8 ซม.
- 9) ท่อเซรามิกส์ มีจำนวนสองท่อ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางหนึ่งซม. ทนอุณหภูมิได้ 1300°ซ. อันหนึ่งสำหรับสอดเทอร์โมคัปเปิ้ล อีกอันหนึ่งเป็นท่อแก๊สเข้า
- 10) เทอร์โมคัปเปิ้ล เป็นชนิดโครเมล-อลูเมล ไทป์เค (Cromel-Alumel, Type K) สามารถวัดอุณหภูมิได้ดีในช่วง 0°ซ. ถึง 1260°ซ.<sup>(8)</sup> ในการวัดจะเชื่อมเข้ากับมัลติมิเตอร์เพื่ออ่านค่าความต่างศักย์

11) ลวดสำหรับแขวนตัวอย่างทดสอบ เป็นลวดความร้อน (heating element) ชนิด Khantal มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.0 มม. ทำเป็นขดเกี่ยวแล้วผูกติดกับท่อเซรามิกส์ที่ผ่านแก๊สเข้าสู่ห้องเผา

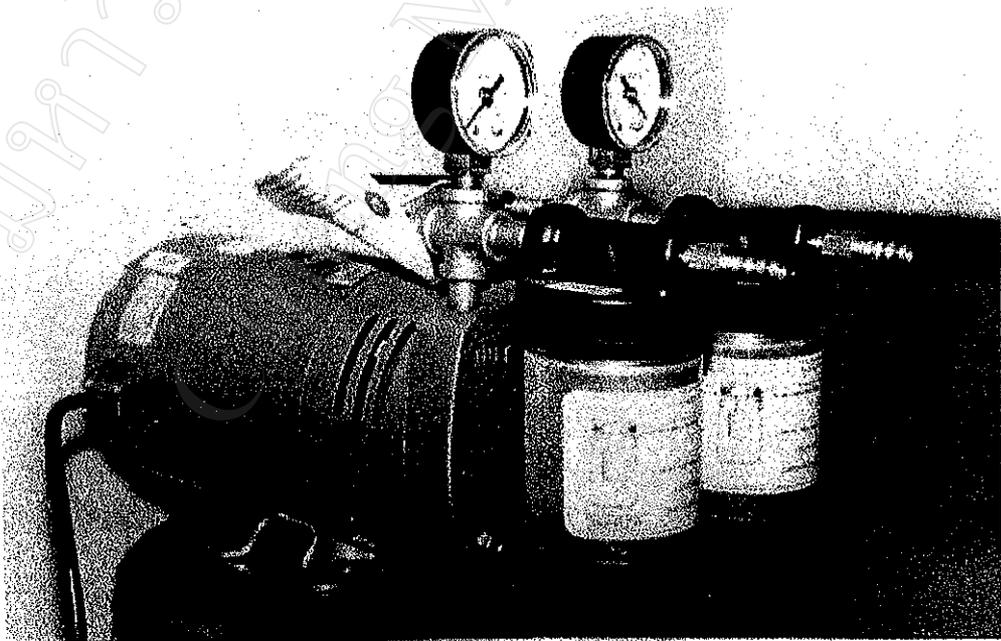


รูป 3.7 ห้องเผา



รูป 3.8 ฝาปิดห้องเผา

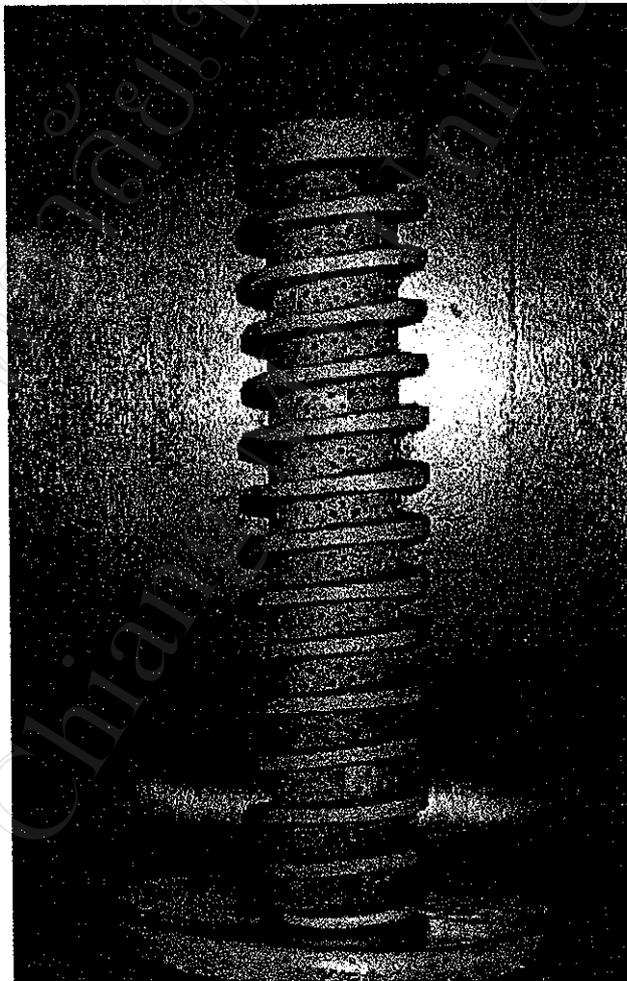
7. บั๊มสุญญากาศ สำหรับดูดอากาศออกจากห้องเผาเพื่อให้ภายในห้องเผามีสภาพเป็นสุญญากาศ สามารถดูดอากาศให้มีความดันได้ประมาณ 670 มม.ปรอท แสดงไว้ในรูป 3.9



รูป 3.9 บั๊มสุญญากาศ

8. เตาเผา (furnace) สามารถเพิ่มอุณหภูมิได้ถึง  $1200^{\circ}\text{C}$ . เหน้งเตาภายนอกทำจากเหล็กมีขนาดกว้าง 48.0 ซม. ยาว 50.0 ซม. สูง 70.0 ซม. ภายในมีส่วนประกอบต่าง ๆ ดังนี้

1) ท่อเกลียวเซรามิกส์ ทำจากดินที่ผสมอลูมินาสูง ทนอุณหภูมิได้  $1300^{\circ}\text{C}$  มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 12.0 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 8.0 ซม. สูง 51.0 ซม. มีเกลียวขนาด 1.0 ซม. โดยรอบสำหรับยึดลดความร้อน มีระยะห่างระหว่างเกลียว 2.5 ซม. เหน้งท่อมีรูพรุนสำหรับถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายใน โดยจะวางท่อเกลียวเซรามิกส์ที่พันลดความร้อนแล้วไว้ในแนวตั้งที่กึ่งกลางเตา ลักษณะของท่อเกลียวแสดงไว้ในรูป 3.10



รูป 3.10 ท่อเกลียวเซรามิกส์

2) ลวดความร้อน<sup>(9)</sup> เป็นโลหะผสม Khantal ซึ่งมีจุดหลอมเหลวสูง มีค่าความต้านทาน 0.4616 โอห์มต่อเมตร มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.0 มม. ความยาวของลวดที่ใช้ 29.5 ม. สามารถให้กำลังไฟฟ้าได้ตั้งแต่ 0 – 3558.8 วัตต์ตามค่าความต่างศักย์ที่ให้ 0 – 220 โวลต์ นำลวดความร้อนดังกล่าวมาขดให้มีลักษณะเป็นสปริง โดยแต่ละขดมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 ซม. แล้วนำไปพันรอบท่อเกลียวเซรามิกส์ ปลายทั้งสองของขดลวดจะเชื่อมต่อกับชุดตัดต่อหรือหรีไฟ

3) อิฐฉนวนความร้อน เป็นอิฐทนไฟของบริษัท Asia Refractory Industry Co., Ltd. รุ่น ARI C-1 ซึ่งทนอุณหภูมิได้ 1100<sup>o</sup>ซ และรุ่น ARI C-2 ซึ่งทนอุณหภูมิได้ 1300<sup>o</sup>ซ โดยจะวางอิฐรุ่น ARI C-2 ไว้ชั้นในติดกับท่อเกลียวเซรามิกส์และวางอิฐรุ่น ARI C-1 ไว้ชั้นนอกติดกับกระเบื้องฉนวนความร้อนที่ผนังเตา

9. ชุดอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิของเตา มีส่วนประกอบต่าง ๆ ดังนี้

1) เครื่องวัดและควบคุมอุณหภูมิสำเร็จรูปของบริษัท Shinko Electric Instrument Co., Ltd. Osaka, Japan รุ่น Model AF-720-R/F ใช้กับความต่างศักย์ 220 โวลต์ ให้กระแสไฟฟ้า 5 แอมแปร์ หรือมีกำลังไฟฟ้า 1,100 วัตต์

2) ชุดตัดต่อหรือหรีไฟ เป็นวงจรที่เชื่อมเข้ากับเอาต์พุต (output) ของเครื่องวัดและควบคุมอุณหภูมิแทนรีเลย์คอนแทค (relay contact) ทำหน้าที่ปรับอุณหภูมิของเตาโดยการปรับค่าความต่างศักย์ที่ให้กับลวดความร้อน<sup>(9)</sup>

10. มัลติมิเตอร์ สำหรับอ่านค่าความต่างศักย์จากเทอร์โมคัปเปิล

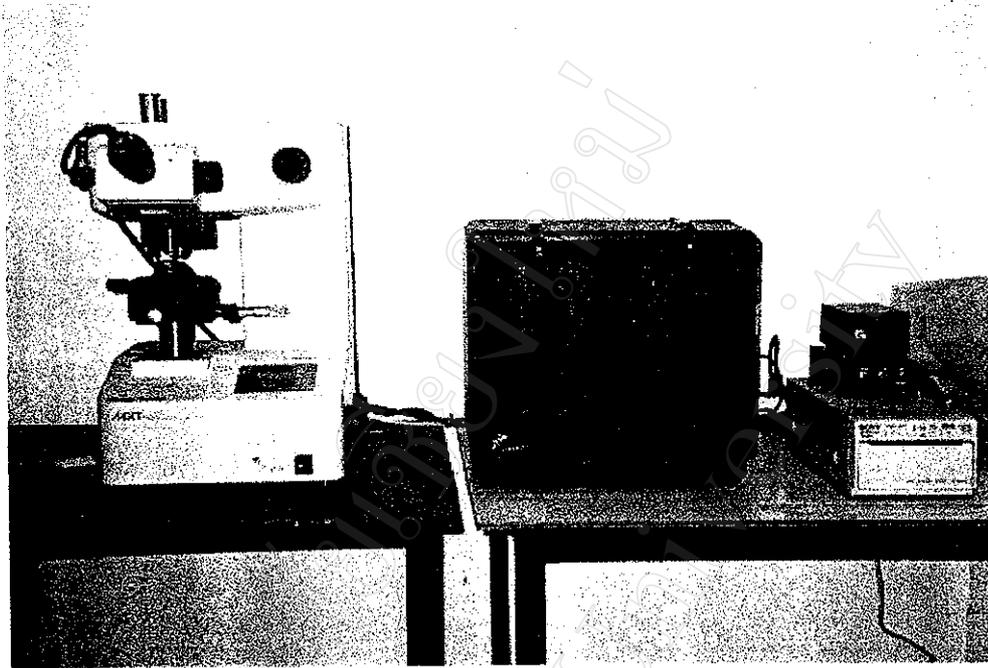
11. นาฬิกาจับเวลา

12. ถังมือฉนวนความร้อน

13. เครื่องชั่งดิจิตอล

14. เครื่องทดสอบความแข็งแรงจุดภาค รุ่น MXT- $\alpha$  7 ของบริษัท Matsuzawa Seiki

Co.,Ltd มีลักษณะดังแสดงในรูป 3.11



รูป 3.11 เครื่องทดสอบความแข็งแรงจลภาค รุ่น MXT- $\alpha$  7

#### วิธีการทดลอง

1. ทำการชั่งมวลก่อนเผาของเหล็กกล้าแต่ละชนิด ( $m_0$ )
2. นำตัวอย่างทดสอบแขวนเข้ากับลวดสำหรับแขวนตัวอย่างทดสอบ โดยให้ตัวอย่างทดสอบอยู่ใกล้กับปลายของเทอร์โมคัปเปิล
3. สูบอากาศออกโดยใช้ปั๊มสุญญากาศ ซึ่งจะทำให้ภายในห้องเผามีความดันประมาณ 670 มม.ปรอท
4. ปลดปล่อยแก๊สอาร์กอนเข้าสู่ห้องเผา จากนั้นทำการสูบอากาศออกด้วยปั๊มสุญญากาศ โดยทำซ้ำเจ็ดถึงแปดครั้งเพื่อให้มีอากาศเหลืออยู่ในห้องเผาเบาบางที่สุด จากนั้นจึงปล่อยแก๊สอาร์กอนให้ผ่านเข้าสู่ห้องเผาเพื่อป้องกันการออกซิเดชันของตัวอย่างทดสอบ
5. เปิดน้ำระบายความร้อนแล้วยกห้องเผาใส่ในเตาเผา
6. เปิดเตาแล้วเชื่อมเทอร์โมคัปเปิลเข้ากับมัลติมิเตอร์
7. เมื่ออุณหภูมิถึง 900 เคลวิน (ค่าความต่างศักย์เท่ากับ 26.0 มิลลิโวลต์) ปิดแก๊สอาร์กอนแล้วผ่านแก๊สแอมโมเนียเข้าสู่ห้องเผาเพื่อทำการไนไตรต์พร้อมๆกับเริ่มจับเวลา โดยให้อัตราการไหลของแก๊สแอมโมเนียเท่ากับ 10 ซม.<sup>3</sup>/วินาที

8. เมื่อครบ 5 ชั่วโมง ทำการปิดเตาพร้อมกับปิดแก๊สแอมโมเนียแล้วปล่อยให้แก๊สอาร์กอนเข้าสู่ห้องเผาเพื่อป้องกันการออกซิเดชันของตัวอย่างทดสอบ จนกระทั่งห้องเผามีอุณหภูมิ 400 °ซ จึงทำการยกห้องเผาออกจากเตาเผา

9. เมื่อห้องเผามีอุณหภูมิลดลงถึงอุณหภูมิห้องจึงปิดแก๊สอาร์กอนและปิดน้ำระบายความร้อน

10. นำตัวอย่างทดสอบออกมาชั่งมวลหลังเผา ( $m_t$ )

11. คำนวณหาค่า  $\Delta m/A$  ของตัวอย่างทดสอบแต่ละชิ้นจากสมการ

$$\frac{\Delta m}{A} = \frac{m_t - m_0}{A} \quad \text{---(3.3)}$$

เมื่อ  $\frac{\Delta m}{A}$  คือความแตกต่างของมวลก่อนเผาและหลังเผาต่อพื้นที่ผิวของตัวอย่างทดสอบ

$m_0$  คือมวลก่อนเผาของตัวอย่างทดสอบ

$m_t$  คือมวลหลังเผาของตัวอย่างทดสอบ

$A$  คือพื้นที่ผิวของตัวอย่างทดสอบ

12. ทำการทดสอบค่าความแข็งจุลภาคโดยใช้การทดสอบแบบนूप (Knoop test)

13. ทำซ้ำตั้งแต่ข้อ 1 – 12 โดยใช้เวลาในการไนไตรต์จนครบ 10, 15, 20, 30 และ 40 ชั่วโมง

14. ทำการไนไตรต์และทดสอบความแข็งเหมือนข้อ 1 – 13 โดยใช้อุณหภูมิในการไนไตรต์เป็น 800, 700, 600 และ 500 เคลวิน (ค่าความต่างศักย์เท่ากับ 21.8, 17.5, 13.3 และ 9.2 มิลลิโวลต์ตามลำดับ)

15. สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง  $\frac{\Delta m}{A}$  กับเวลาในการไนไตรต์

16. สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งกับเวลาในการไนไตรต์

### 3.4 การทดสอบการสึกกร่อน

#### วัสดุและอุปกรณ์

1. ไมโครมิเตอร์

2. เครื่องทดสอบการสึกกร่อน รุ่น ISC 200 ของบริษัท Implant Science Corporation

3. กล้องจุลทรรศน์ของเครื่องทดสอบความแข็งจุลภาครุ่น MXT- $\alpha$  7 ของบริษัท

Matsuzawa Seiki Co.,Ltd ซึ่งสามารถวัดระยะได้ละเอียดถึง 0.1 ไมครอน

### วิธีการทดลอง

1. วัดขนาดของหัวกด (pin) ของเครื่องทดสอบการสึกกร่อน
2. นำตัวอย่างทดสอบที่ผ่านการไนไตรต์ 5 ชม. ที่อุณหภูมิ 500, 600, 700, 800 และ 900 เคลวินและตัวอย่างทดสอบที่ไม่ได้ผ่านการไนไตรต์มาทำการวัดการสึกกร่อน โดยกำหนดค่าตัวแปรต่าง ๆ ดังต่อไปนี้
  - 1) กำหนดน้ำหนักถ่วงที่ตัวเครื่องทดสอบการสึกกร่อน (Weight) เท่ากับ 100 กรัม
  - 2) กำหนดน้ำหนักถ่วงจริง (Load) เท่ากับ 50 กรัม
  - 3) กำหนดขอบเขตความเสียดทาน (Friction limit) เท่ากับ 6.08
  - 4) กำหนดจำนวนรอบในการหมุนเท่ากับ 3,000 รอบ
  - 5) กำหนดรัศมีรอยสึก (Wear track radius) เท่ากับ 4.5 มม.
  - 6) กำหนดความเร็วในการหมุนเท่ากับ 100 รอบต่อนาทีหรือ 4.71 ซม.ต่อวินาที
3. สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะทาง (Distance) กับค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (Friction coefficient) ของเหล็กกล้าแต่ละชนิด
4. วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรอยสึกบนหัวกดโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ของเครื่องทดสอบความแข็งจุลภาค โดยทำการปรับแถบวัดระยะทั้งสองให้ชิดกัน แล้วตั้งค่าให้เป็น 0.0  $\mu\text{m}$  จากนั้นเมื่อปรับให้แถบวัดระยะทั้งสองห่างกันเป็นระยะทางใด ๆ เครื่องก็จะแสดงระยะห่างนั้นออกมาเป็นตัวเลขดิจิทัล
5. วัดขนาดความกว้างของรอยสึกบนตัวอย่างทดสอบโดยกล้องจุลทรรศน์ของเครื่องทดสอบความแข็งจุลภาค
6. คำนวณหาอัตราการสึกกร่อนของหัวกด โดยใช้สูตรความสัมพันธ์

$$\text{pin volume loss} = \frac{\pi(d_{\text{ws}})^4}{64r_p} \quad \text{---(3.4)}$$

เมื่อ pin volume loss คือ ปริมาตรที่สูญเสียของหัวกด (มม.<sup>3</sup>)

$d_{\text{ws}}$  คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรอยสึกบนหัวกด (มม.)

$r_p$  คือ รัศมีของหัวกด (มม.)

7. คำนวณหาอัตราการสึกกร่อนของตัวอย่างทดสอบ โดยใช้สูตรความสัมพันธ์

$$\text{disk volume loss} = \frac{\pi(r_t)(w_t)^3}{6r_p} \quad \text{---(3.5)}$$

เมื่อ disk volume loss คือ ปริมาตรที่สูญเสียของตัวอย่างทดสอบ (มม.<sup>3</sup>)

$r_t$  คือ รัศมีของรอยลึกบนตัวอย่างทดสอบ (มม.)

$w_t$  คือ ความกว้างของรอยลึกบนตัวอย่างทดสอบ (มม.)

$r_p$  คือ รัศมีของหัวกด (มม.)

### 3.5 การวัดความหนาชั้นไนไตรต์และการหาขนาดเกรน

#### วัสดุและอุปกรณ์

1. อีพ็อกซี
2. เครื่องตัดสาร
3. กระดาษทรายเบอร์ 100, 400 และ 1000
4. ผงขัดอลูมินาขนาด 1.0 และ 0.3 ไมครอน
5. เครื่องขัดสาร
6. สารละลาย 2% Nital
7. แอลกอฮอล์
8. กล้องจุลทรรศน์ของเครื่องทดสอบความแข็งจุลภาครุ่น MXT- $\alpha$  7 ของบริษัท

Matsuzawa Seiki Co.,Ltd

#### วิธีการทดลอง

1. นำตัวอย่างทดสอบที่ผ่านการไนไตรต์ 5 ชั่วโมงและที่ไม่ได้ผ่านการไนไตรต์มาทำการหล่อแบบ (Mould) ด้วยอีพ็อกซี
2. เมื่ออีพ็อกซีแข็งตัวดีแล้ว นำสารตัวอย่างไปทำการตัดขวางด้วยเครื่องตัดสาร
3. ขัดด้วยการดาษทรายเบอร์ 100, 400 และ 1000 ตามลำดับ
4. ขัดด้วยผงขัดอลูมินาขนาด 1 และ 0.3 ไมครอน ตามลำดับ
5. นำไปกัดกรด (Etching) แล้วทำความสะอาดด้วยแอลกอฮอล์
6. ทำการวัดความหนาของชั้นไนไตรต์และหาขนาดเกรนด้วยกล้องจุลทรรศน์ของเครื่องทดสอบความแข็งจุลภาครุ่น MXT- $\alpha$  7