



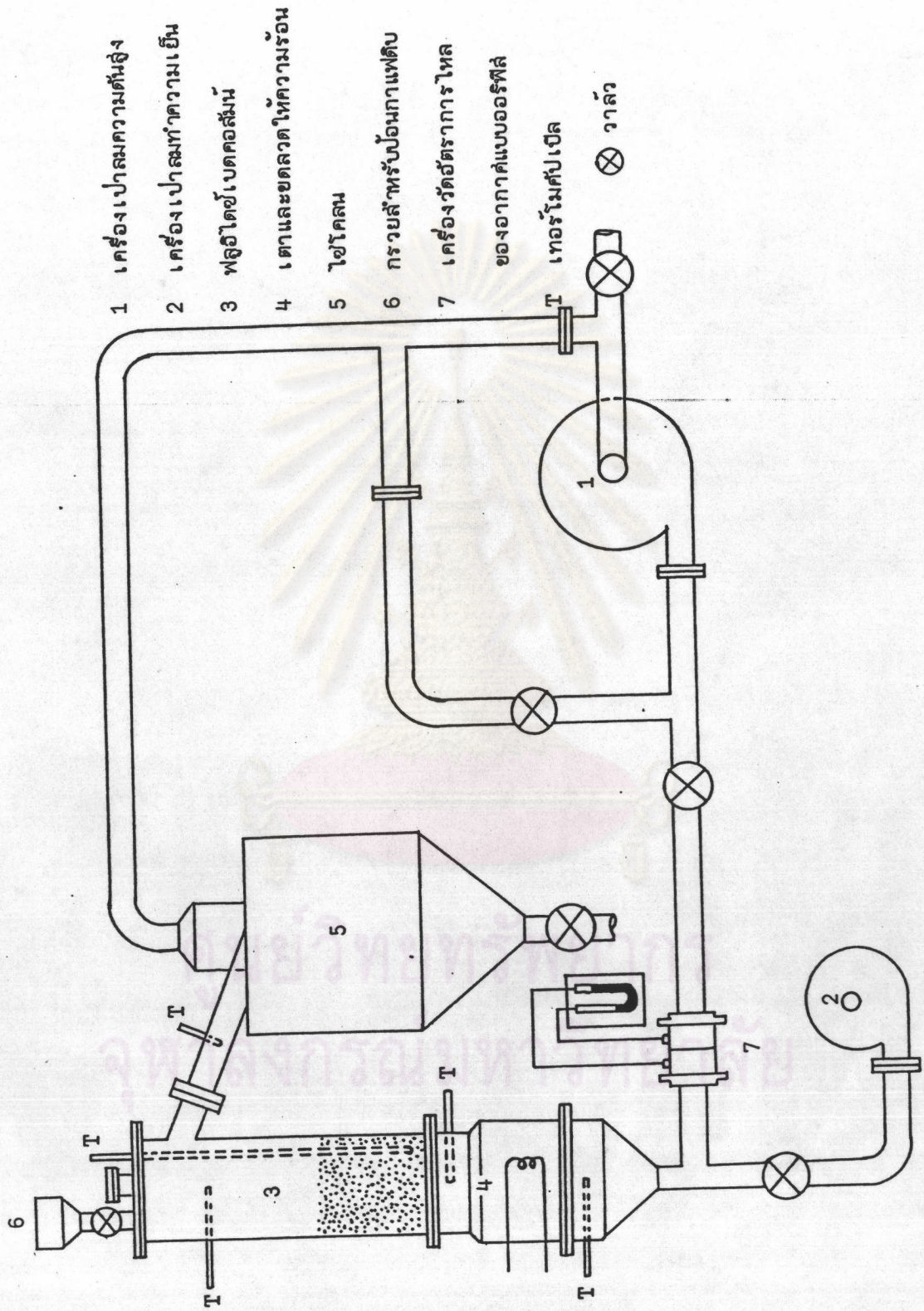
เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการคว่ำกาแฟ

เครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการคว่ำกาแฟ ประกอบด้วยอุปกรณ์หลายชนิด ดังแสดงในรูปที่ 3-1 ซึ่งได้แก่ เครื่องเป่าลมความดันสูง (high pressure blower), เครื่องเป่าลมเป็นเครื่องวัดอัตราการไหลของอากาศ (orifice meter), ฟลูอิดซ์เบดคอสัมน์ (fluidized bed column) ไซโคลน (cyclone), ช่องสำหรับป้อนเมล็ดกาแฟ, เครื่องวัดอุณหภูมิ (thermocouple), เตาให้ความร้อน (furnace) โดยฟลูอิดซ์เบดคอสัมน์ และไซโคลน ต่อกันด้วยท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร เครื่องมือชุดนี้หุ้มด้วยฉนวนความร้อนทั้งหมดเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อน รายละเอียดของเครื่องมือแต่ละส่วนมีดังต่อไปนี้

3.1.1 ฟลูอิดซ์เบดคอสัมน์

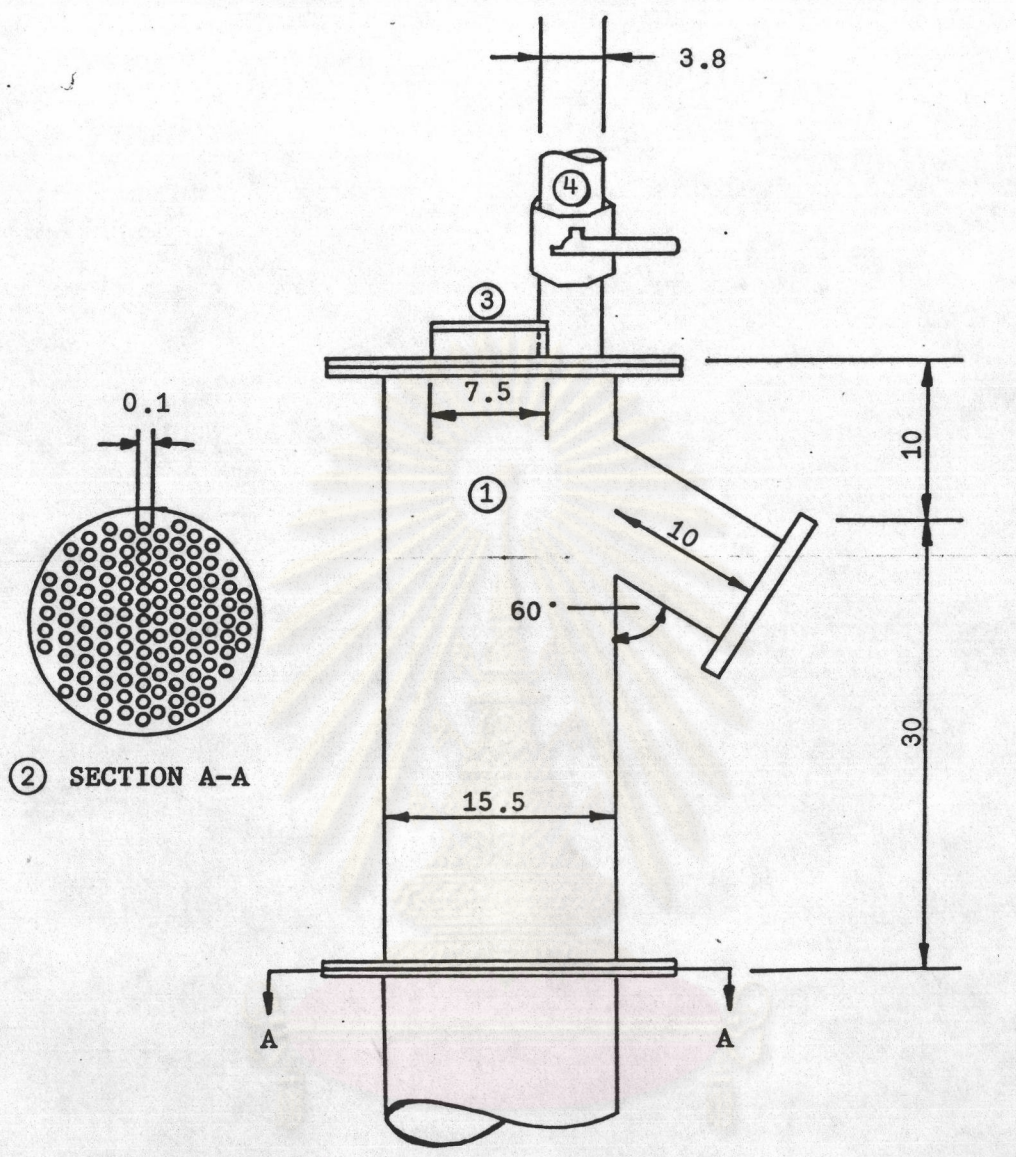
คอสัมน์ที่ใช้ในการคว่ำกาแฟ ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 3-2 เป็นคอสัมน์ทำด้วยเหล็กมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 15.5 เซนติเมตร ความสูงจากแผ่นกระจายลม จนถึงจุดกึ่งกลางของท่อที่ต่อไปยังไซโคลนเท่ากับ 30 เซนติเมตร ฟลูอิดซ์เบดคอสัมน์หุ้มด้วยฉนวนทำด้วยใยแก้วหนา 2 เซนติเมตร โดยมีตะแกรงเหล็ก ทำหน้าที่เป็นแผ่นกระจายลม (distributor) กั้นอยู่ภายในคอสัมน์ด้านล่าง เพื่อรองรับเมล็ดกาแฟ โดยให้อากาศผ่านจากด้านล่างของคอสัมน์ขึ้นไปทำให้อุณหภูมิอากาศอยู่ในลักษณะฟลูอิดซ์เบด แผ่นกระจายลมเจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.1 เซนติเมตร ด้านบนของคอสัมน์เป็นฝาโลหะที่ถอดออกได้ ฝานี้มีช่อง 3 ช่อง ช่องแรกเป็นช่องกระจายสำหรับสังเกตการฟลูอิดซ์ และสังเกตการเปลี่ยนสีของเมล็ดกาแฟ ช่องที่สองเป็นช่องสำหรับป้อนเมล็ดกาแฟ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.8 เซนติเมตร โดยมีวาล์วปิด-เปิดอยู่ด้วยการป้อนเมล็ดกาแฟอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก และช่องสุดท้ายเป็นช่องสำหรับเสียบเครื่องวัดอุณหภูมิ เพื่อวัดอุณหภูมิของเบด ด้านข้างของคอสัมน์มีที่เสียบเครื่องวัดอุณหภูมิสำหรับวัดอุณหภูมิของอากาศในช่องว่างเหนือเบด



- 1 เครื่องเป่าลมความดันสูง
- 2 เครื่องเป่าลมทำความเย็น
- 3 ฟลูอิดไฮดรอลิกคอสส์นั้
- 4 เต้าและขดลวดให้ความร้อน
- 5 ไฮโดรเจน
- 6 กรวยสำหรับป้อนกาแฟดิบ
- 7 เครื่ององวัดอัตราการไหลของอากาศแบบออร์ทิคัล

เทอร์มิคัมป์เปิด  
วาล์ว

รูปที่ 3-1 แสดงแผนภาพของ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง



② SECTION A-A

- ขนาดมีหน่วยเป็น เซนติเมตร
- ① คอสมัน
  - ② แผ่นตะแกรง
  - ③ ช่องกระจกสำหรับมอง
  - ④ ท่อสำหรับป้อนเมล็ดกาแฟ

รูปที่ 3-2 แสดงรายละเอียดต่าง ๆ ของฟลูอิดไบต์คอสมัน

### 3.1.2 ไชโคลน (cyclone)

ดังที่เสนอไว้ในรูปที่ 3-3 เป็นอุปกรณ์ทำด้วยเหล็กขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร ทำหน้าที่แยกเป็ลือก่อนของเมล็ดกาแฟ และเมล็ดกาแฟที่เบาผิดขนาดออกจากอากาศร้อน ก่อนที่อากาศร้อนจะไหลวนกลับไปทางท่อด้านบนของไชโคลน เพื่อไปให้ความร้อนแก่เบตใหม่ การแยกของแข็งออกจากอากาศร้อนนี้เพื่อป้องกันการอุดตันของแผ่นกระจายลม ทางด้านล่างของไชโคลนมีวาล์วสำหรับเอาของแข็งที่แยกได้ออกมาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

### 3.1.3 เครื่องเป่าลมความดันสูง และเครื่องเป่าลมเย็น

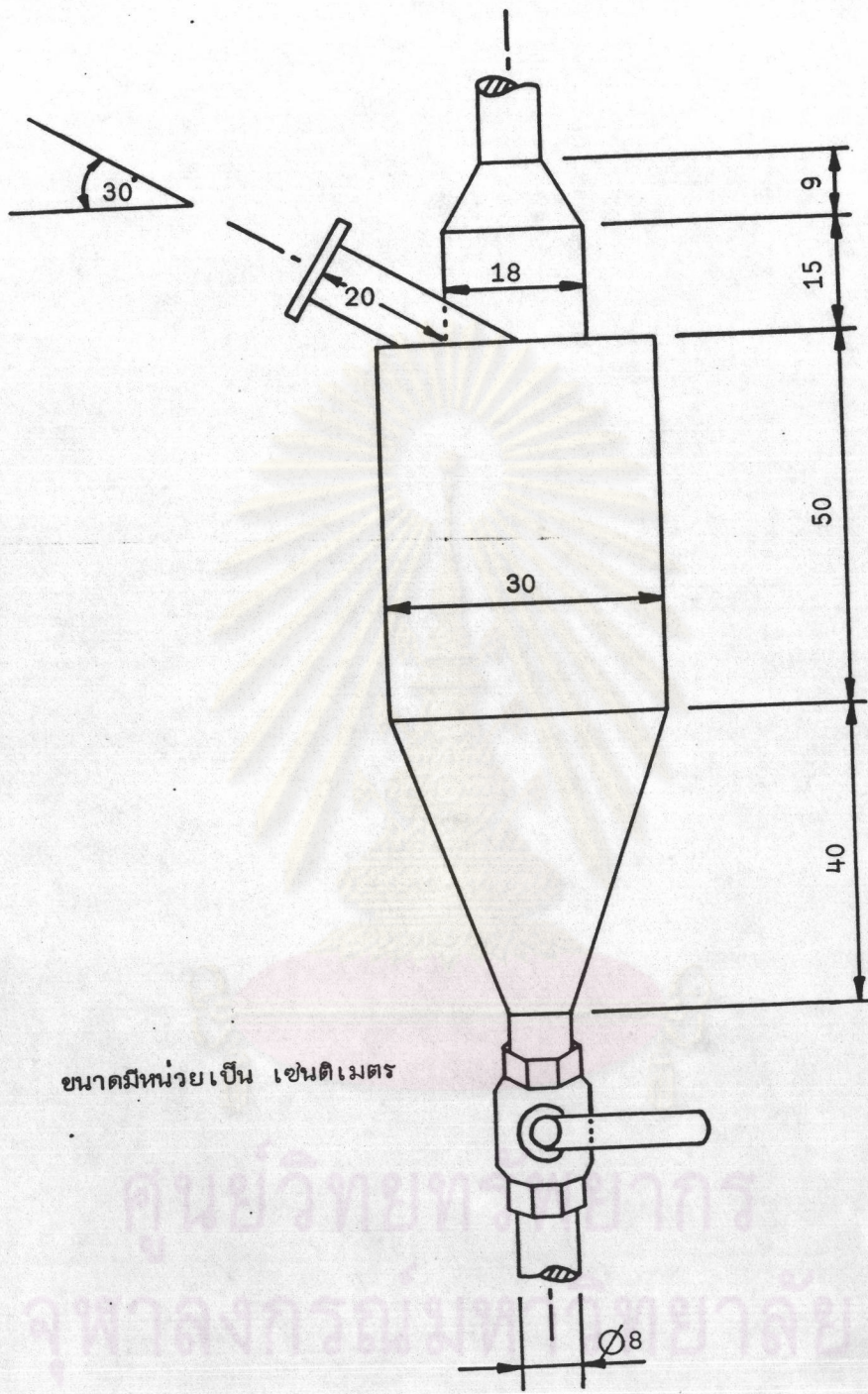
เครื่องเป่าลมความดันสูง เป็นเครื่องมือที่ทำให้อากาศหมุนเวียนเพื่อทำให้เกิดฟลูอิดเซชันในขณะคั่วกาแฟ เครื่องเป่าลมนี้มีขนาด 2 แรงม้า ทำหน้าที่ทั้งเป่าและดูดอากาศ เพื่อให้อากาศหมุนเวียนอยู่ในระบบ โดยทำงานลึกลับกับเครื่องเป่าลมเย็น ซึ่งมีหน้าที่ทำให้กาแฟที่คั่วเสร็จแล้วเย็นลงอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้เพื่อป้องกันการเสียหายของกาแฟที่คั่วได้

### 3.1.4 เตาให้ความร้อน (furnace)

ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 3-4 เตาให้ความร้อนทำด้วยเหล็กมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร ภายในมีขดลวดความร้อนขนาด 7 กิโลวัตต์ ขดอยู่ภายในเพื่อให้ความร้อนแก่อากาศ ขดลวดนี้จะต่อเข้ากับสวิตช์แม่เหล็กเพื่อควบคุมอุณหภูมิให้ได้ตามต้องการ ด้านล่างของเตาให้ความร้อน มีแผ่นกระจายลมอีกแผ่นหนึ่ง เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.4 เซนติเมตร และในเตานี้จะบรรจุลูกเหล็กทรงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร ไว้บนแผ่นกระจายลม เพื่อทำให้การถ่ายเทความร้อนเกิดได้ดีขึ้น อีกทั้งยังทำให้อากาศมีอุณหภูมิสม่ำเสมอตลอดพื้นที่ตัดขวาง ก่อนที่จะไหลเข้าไปในฟลูอิดซ์เบตคอสมันน์ เพื่อถ่ายเทความร้อนให้กับเมล็ดกาแฟต่อไป

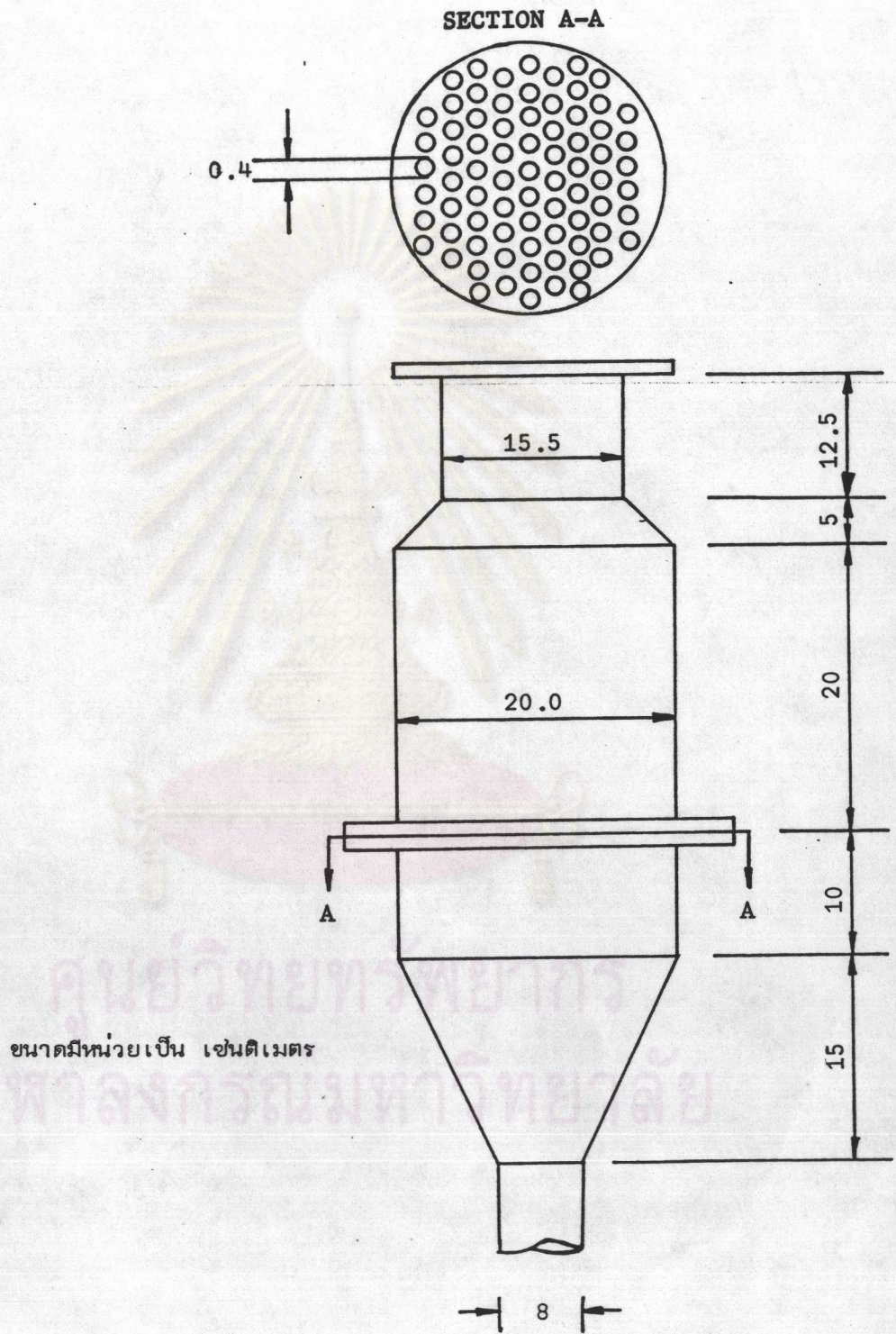
### 3.1.5 เครื่องวัดอัตราการไหลของอากาศ (orifice meter)

เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดอัตราการไหลของอากาศ โดยใช้วาล์วในการควบคุมอัตราการไหล ค่าที่อ่านได้จาก orifice เป็นผลต่างของความดันในหน่วยเซนติเมตรของน้ำ และเนื่องจากระบบคั่วกาแฟที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นระบบปิด ฉะนั้นจึงต้องมีการเทียบค่าอัตราการไหลของอากาศโดยใช้ pitot tube ความสัมพันธ์ระหว่างผลต่างของความดันที่อ่านได้จาก orifice และอัตราการไหลของอากาศที่คำนวณได้จาก pitot tube แสดงในรูปของกราฟ ดังแสดงในภาคผนวกที่ 2



ขนาดมีหน่วยเป็น เซนติเมตร

รูปที่ 3-3 แสดงรายละเอียดของไซโคลน



รูปที่ 3-4 แสดงรายละเอียดต่าง ๆ ของเตาให้ความร้อน

### 3.1.6 เครื่องวัดอุณหภูมิ

ในการวัดอุณหภูมิ ใช้เทอร์โมคัปเปิลชนิดโครเมล-อลูเมล (chromel-alumel) เสียบเข้าไปในเครื่องศัลยกรรม แล้วต่อสายมายังเครื่องอ่านอุณหภูมิชนิดแสดงค่าเป็นตัวเลข และชนิดเข็ม ตำแหน่งที่วัดมีด้วยกัน 5 ตำแหน่ง คือ

- อุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าเตาให้ความร้อน ( $T_1$ )
- อุณหภูมิของอากาศออกจากเตาให้ความร้อนหรืออุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าเบต ( $T_2$ )
- อุณหภูมิของอากาศในช่องว่างเหนือเบต ( $T_3$ )
- อุณหภูมิของเบต ( $T_4$ )
- อุณหภูมิของอากาศออกจากคอสมันน์ ( $T_5$ )

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย