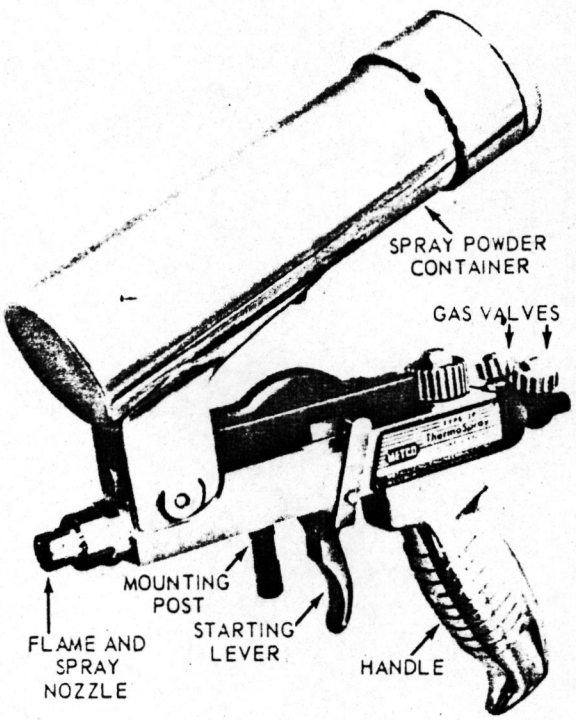
บทที่ 3

เครื่องป้อนผง (Powder Feeder)

ระบบป้อนผงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งในขบวนการพ่นฉาบด้วยเปลว โดยเฉพาะขบวนการเคลือบผิวของโลหะ และการนำอาร์คพลาส่มาไปประยุกต์ใช้งานในด้านโลหกรรมผิวเคลียร์ ทั้งนี้เพื่อให้อาร์คพลาส่มามีประสิทธิภาพในการทำงานสูง โดยอาศัยระบบการป้อนผงที่มีเสถียรภาพของอัตราการป้อนผงอย่างคงที่และต่อเนื่อง และยังสามารถปรับอัตราของการป้อนผงได้ให้เหมาะสมกับชนิดของชิ้นงาน เพื่อสนองความต้องการในการนำไปใช้งานในแต่ละงานด้วย

3.1 หลักการโดยทั่วไปของเครื่องป้อนผงสามารถแบ่งออกได้ 3 ลักษณะดังนี้

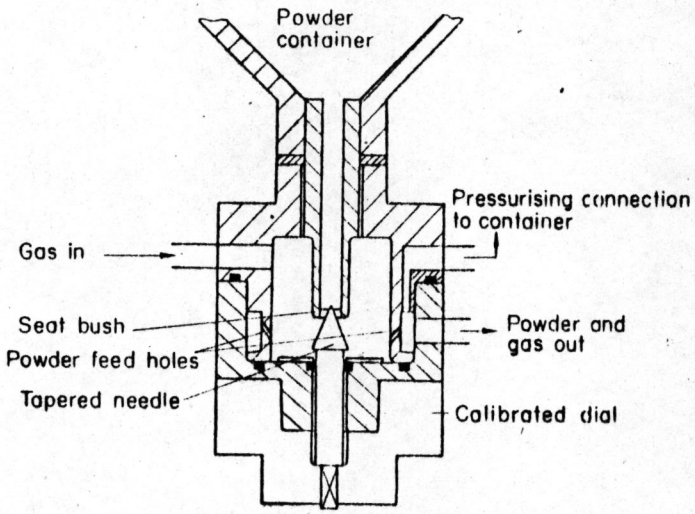
3.1.1 เครื่องป้อนผงที่อาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก ร่วมกับอัตราการไหลของอาร์คกาซจากคบพลาส่มา โดยกรวยใส่ผงจะต้องอยู่ติดกับคบพลาส่มา ดังรูปที่ 3.1 ผงจะลงสู่ลำพลาส่มาด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก และแรงดูดของอาร์คกาซที่พ่นออกมาจากคบพลาส่มา โดยอัตราการป้อนผงขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของพลาส่มากาซ



หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.1 แสดงระบบการป้อนผงโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก

3.1.2 ระบบเครื่องป้อนผงที่อาศัยการพาของกาซ ผงซึ่งอยู่ในกรวยจะถูกสั่นอยู่ตลอดเวลาขณะใช้งาน เพื่อป้องกันการอุดตันของผงในกรวยใส่ผงและในท่อ กรวยใส่ผงถูกใช้งานภายใต้ความกดดัน ผงจะออกมาจากกรวยใส่ผงทางช่องเปิด (ซึ่งสามารถปรับระยะความห่างของช่องเพื่อให้ผงลงได้) โดยการพาของกาซ ดังรูปที่ 3.2 การปรับอัตราการป้อนผงทำได้โดยปรับระยะห่างของช่องเปิดร่วมกับอัตราการไหลของอาร์กาซ

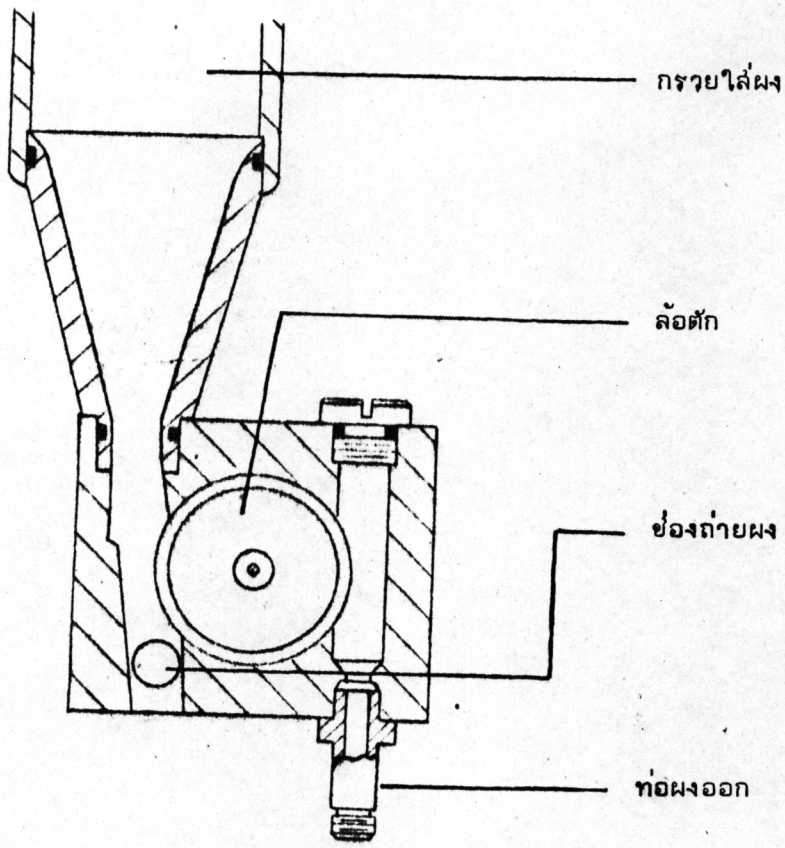


รูปที่ 3.2 แสดงการป้อนผงโดยใช้การพาของกาซ

3.1.3 ระบบเครื่องป้อนผงซึ่งอาศัยหลักเชิงกล กรวยใส่ผงจะสั่นอยู่ตลอดเวลาขณะที่ป้อนผง กรวยได้ออกแบบให้ใช้งานภายใต้ความกดดันของกาซ การป้อนผงทำได้โดยใช้ล้อตัด (meter wheel) ตักผงที่ลงมาจากกรวย (เนื่องจากกาซพา) ตามรูปที่3.3 ผงจะถูกเป่าต่อโดยกาซพา ไปยังคบพลาสมา การควบคุมอัตราการป้อนผงทำได้โดยการเปลี่ยนความเร็วของล้อตัก และอัตราการไหลของอาร์กาซ

3.2 เครื่องป้อนผงที่อาศัยหลักเชิงกล

เครื่องป้อนผงที่พัฒนาขึ้นใช้ระบบเชิงกลเป็นหลัก เนื่องจากมีเสถียรภาพของอัตราการป้อนผงดีกว่า และสามารถเปลี่ยนอัตราของการป้อนผงได้ในช่วงที่กว้างกว่าแบบ ที่ 1 และ 2

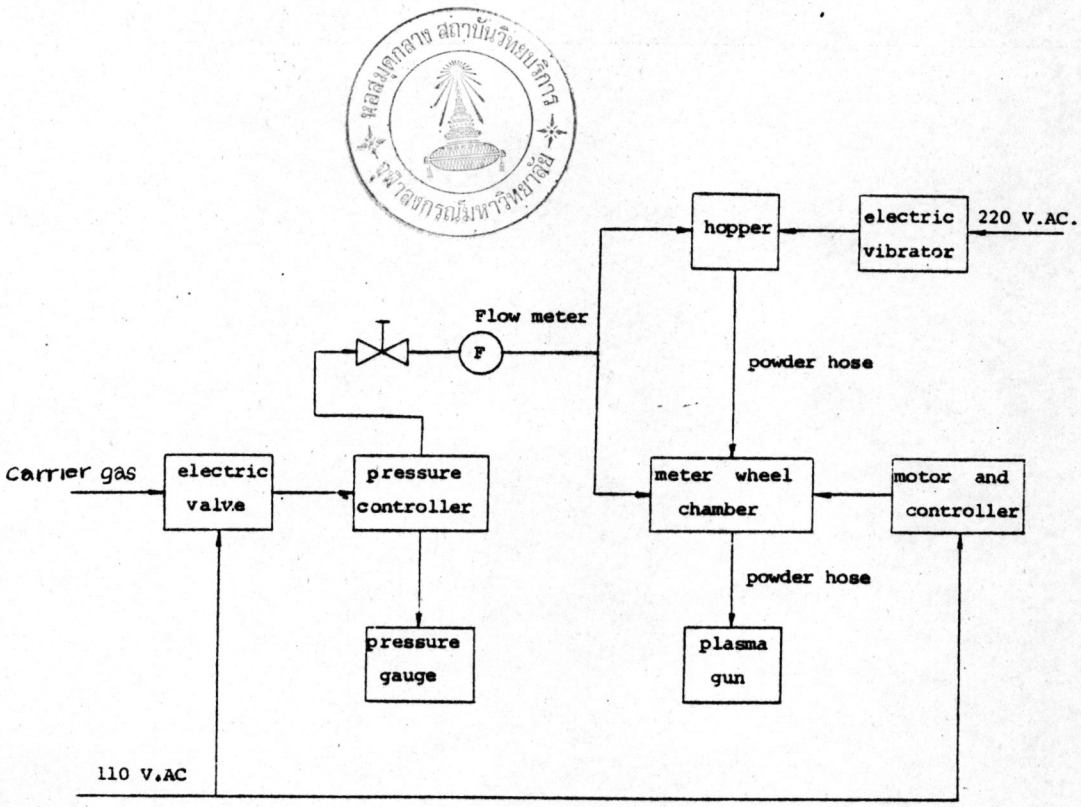


รูปที่ 3.3 แสดงเครื่องป้อนผงซึ่งอาศัยหลักเชิงกล

เครื่องป้อนผงที่ได้พัฒนาขึ้นมีส่วนประกอบที่สำคัญ ดังนี้

1. กรวยใส่ผง (hopper)
2. เครื่องสั่นด้วยไฟฟ้า (electric vibrator)
3. ล้อตัก (meter wheel)
4. เบ้าล้อตักและแผ่นปิด (meter wheel chamber)
5. มอเตอร์ทดรอบ (head gear motor)
6. อุปกรณ์ควบคุมความกดดันและความเร็วของกาซ (pressure and flow rate controller)
7. กาซพา (carrier gas)
8. ผง (powder)

แผนภาพการไหลของผงและกาซพาในระบบเครื่องป้อนผง แสดงได้ดังแผนภาพ 3.1



แผนภาพที่ 3.1 แสดงการไหลของกาซพาและผงในระบบเครื่องป้อนผง

3.3 หน้าที่ของชิ้นส่วนสำคัญในระบบเครื่องป้อนผง

3.3.1 กรวยใส่ผง มีหน้าที่บรรจุผงเพื่อรอการป้อน เป็นภาชนะปิดทำด้วยเหล็กไร้สนิม (stainless steel) เพื่อป้องกันการเกิดสนิม กรวยใส่ผงถูกใช้งานภายใต้ความกดดันจึงได้ออกแบบป้องกันการรั่วของกาซ โดยที่ฝากรวยจะมีฝาปิดเปิดได้ (เพื่อใส่ผงที่จะใช้ป้อน) ใต้ฝาปิดจะมีแผ่นยางกันการรั่วของกาซ ฝากรวยถูกยึดติดกับตัวกรวยด้วยบานพับที่ปลายกรวยจะมีท่อสำหรับต่อสายยาง (ผงจะออกจากกรวยทางท่อนี้) เพื่อเป็นทางป้อนผงไปยังเบ้าล้อตัก โดยการพาของกาซพา กรวยใส่ผงจะถูกสั่นอยู่ตลอดเวลาที่ใช้ป้อนผงโดยเครื่องสั่นไฟฟ้า เพื่อป้องกันการอุดตันของผงในกรวย และในท่อ (ดูรูปที่ ข.1 ภาคผนวก ข.)

3.3.2 ล้อตัก มีหน้าที่ตักผงที่ลงมาจากกรวยใส่ผง โดยผงจะถูกตักด้วยร่องของล้อตัก เพื่อให้เคลื่อนที่ไปตามทิศทางการหมุนของล้อตัก (หมุนตามเข็มนาฬิกา) เพื่อให้ผงถูกเป่าโดยกาซ

พา ออกจากเบ้าของล้อตัก รอบวงของล้อตักจะมีจำนวนร่องทั้งหมด 12 ร่อง ทุกร่องมีความลึก 1 มิลลิเมตรเท่ากัน (ดูรูปที่ ข.2 ภาคผนวก ข)

3.3.3 เบ้าล้อตัก เป็นส่วนที่บรรจุล้อตัก และเป็นเบ้าพักผงชั่วคราวก่อนที่ผงจะถูกตักโดยล้อตัก เบ้าของล้อตักจะถูกปิดทั้งสองด้านด้วยแผ่นประกบเบ้า ซึ่งแผ่นด้านหน้าทำด้วยเพล็กซีกลาส (plexiglass) ส่วนแผ่นหลังทำด้วยอลูมิเนียม ระหว่างแผ่นประกบเบ้ากับเบ้าล้อตักป้องกันกาซรั่วโดยใส่วงแหวนยาง (O-ring) ผงจากกรวยใส่ผงจะลง มาสู่เบ้าล้อตักทางช่องหมายเลข 1 (ดูรูปที่ ข.3 ภาคผนวก ข) แล้วผงจะถูกตักโดยร่องของล้อตักให้หมุนไปตามเข็มนาฬิกา ขณะที่ผงผ่านท่อหมายเลข 2, 3 ซึ่งเป็นท่อกาซ ผงจะถูกเป่าให้ออกจากร่องของล้อตัก แล้วผงที่หลุดออกจะถูกเป่าออกจากเบ้าของล้อตัก โดยกาซพาไปยังคบพลาสมา ทางช่องหมายเลข 4

3.3.4 มอเตอร์ทดรอบ ทำหน้าที่ขับเคลื่อนล้อตักเพื่อตักผง เหตุที่ต้องใช้มอเตอร์ทดรอบเพราะความเร็วรอบที่ใช้อยู่ในช่วงต่ำ โดยมอเตอร์ทดรอบสามารถปรับอัตราการหมุนได้ เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน (ประมาณ 18 รอบต่อนาทีจนถึง 85 รอบต่อนาที) ตลอดจนทำให้มีแรงบิดและกำลังขับเคลื่อนสูงขึ้น โดยอาศัยหลักการของการทดความเร็วรอบของมอเตอร์ด้วยอัตราทดรอบของเฟืองขับและเฟืองตาม

$$\text{โดยอัตราทดรอบ} = \frac{\text{จำนวนฟันของเฟืองตาม}}{\text{จำนวนฟันของเฟืองขับ}}$$

3.3.5 เครื่องสั่นด้วยไฟฟ้า ทำหน้าที่สั่นกรวยใส่ผง เพื่อป้องกันการอุดตันของผงในกรวยและท่อ ประกอบด้วยแม่เหล็กไฟฟ้ารูปตัวอี และแผ่นปิด (E-section closed by straight section) ซึ่งแผ่นปิดต่อยึดติดอยู่กับกรวยใส่ผง (ดูรูปที่ ข.1 ภาคผนวก ข) และสามารถทำให้กรวยใส่ผงสั่นด้วย แรงของสนามแม่เหล็กตามความถี่ 50 เฮิรทซ์

3.4 การทำงานของระบบเชิงกลของเครื่องป้อนผง

แผนภาพที่ 3.1 กาซพา ซึ่งเป็นชนิดเดียวกับอาร์กกาซ จะผ่านลิ้นปิดเปิดด้วยไฟฟ้า (electric valve) ซึ่งทำหน้าที่ปิดเปิดการไหลของกาซในระบบเครื่องป้อนผง กาซพาจะผ่านอุปกรณ์ควบคุมความกดดัน (pressure controller) ซึ่งมีเกจวัดความกดดัน (pressure gauge) และมิเตอร์วัดอัตราการไหลของกาซ (flow meter) ติดอยู่เพื่ออ่านค่าของความกดดันและอัตราการไหลของกาซที่ใช้ในระบบเครื่องป้อนผง (โดยเครื่องวัดอัตราการไหลของกาซสามารถ

ปรับอัตราการไหลได้) กาซพาจะถูกแบ่งออกเป็นส่องส่วนด้วยความกดดันที่เท่ากันไปยังกรวยใส่ผงและเบ้าของล้อตัก กรวยใส่ผงสามารถทนต่อความกดดันของกาซได้ไม่เกิน 30 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) และถูกสั่นอยู่ตลอดเวลาขณะป้อนผงโดยเครื่องสั่นด้วยไฟฟ้า (electric vibrator) ซึ่งสั่นด้วยความถี่ 50 เฮิรทซ์ เพื่อป้องกันการอุดตันของผงในกรวยใส่ผงและในท่อ ผงในกรวยใส่ผงจะถูกพามายังเบ้าล้อตักโดยกาซพา ซึ่งภายในเบ้าล้อตักจะมีล้อตักทำหน้าที่ตักผง โดยแกนของล้อตักจะต่ออยู่กับแกนของมอเตอร์ทดรอบ (head gear motor) ซึ่งสามารถปรับอัตราเร็วของการหมุนได้ (จำนวนรอบของล้อตักจะเท่ากับจำนวนรอบของมอเตอร์ทดรอบ) ผงที่ถูกตักโดยล้อตักจะถูกเป่าต่อโดยกาซพา (ทั้งที่มาจากกรวยใส่ผงและที่ต่อมายังเบ้าของล้อตักโดยตรง) เพื่อให้ผงออกจากเบ้าของล้อตักไปสู่คบพลาสมา โดยการพาของกาซพา อัตราการหมุนของล้อตักที่คงที่จะเป็นตัวควบคุมปริมาณของผงจากเบ้าของล้อตักไปยังคบพลาสมา เบ้าของล้อตักได้ออกแบบให้ป้องกันการรั่วของกาซ โดยใช้วงแหวนยาง (O-ring) ระหว่างเบ้าล้อตักและแผ่นประกบเบ้า เพราะไม่ต้องการให้กาซสูญเสียจากระบบ ซึ่งจะทำให้ความแรงของการพาผงลดลงได้

การปรับความเร็วของการป้อนผง ทำได้โดยการเปลี่ยนอัตราเร็วของการหมุนของมอเตอร์ทดรอบ ซึ่งจะทำให้อัตราเร็วของล้อตักเปลี่ยนไป เป็นผลให้ปริมาณของผงที่ถูกตักออกมาเพื่อให้กาซพาออกไป เปลี่ยนแปลงไปด้วย รวมทั้งการปรับอัตราการไหลของกาซพาในระบบเครื่องป้อนผง มีส่วนทำให้ความเร็วของการป้อนผงเปลี่ยนแปลงไปด้วย