หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา

อาร์คพลาสมาเป็นต้นกำเนิดความร้อนที่ให้อุณหภูมิสูงมาก และเพิ่งเข้ามามีบทบาทสำคัญในด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ เมื่อไม่นานมานี้เอง ส่วนใหญ่แล้วจะใช้ในงานอุตสาหกรรมด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับโลหะในลักษณะที่แตกต่างกันออกไป เช่น ในการหลอม, ตัด, เจาะ, เชื่อม ตลอดจนการเคลือบผิวโลหะ ซึ่งเป็นงานที่ใช้ประโยชน์จากอาร์คพลาสมามากที่สุดในขณะนี้ โดยอาศัยขบวนการพ่นฉาบด้วยเปลว (frame spraying)

หลักการของการพ่นฉาบด้วยเปลว อาศัยการป้อนผงวัสดุที่ต้องการจะเคลือบผิวชิ้นงานโลหะ เข้าไปในลำของอาร์คพลาสมา ซึ่งมีอุณหภูมิสูงมาก เมื่อผงวัสดุที่ป้อนผ่านลำอาร์คพลาสมาก็จะหลอมตัวอยู่ในสภาพหลอมละลายที่ร้อนจัด แล้วจะถูกพ่น (propel) ออกไปสู่ชิ้นงานที่ใช้เป็นฐาน (substrate) หรือแกน (mandrel) ตามความแรงของพลาสมากาซ์ เมื่อสารในสภาพหลอมละลายซึ่งร้อนจัดถูกพ่นไปกระทบกับวัสดุที่ใช้เป็นฐานหรือแกนซึ่งมีผิวเย็น ทำให้สารในสภาพหลอมละลายที่มากระทบกับฐานหรือแกน จับตัวติดกับวัสดุที่ใช้เป็นฐานหรือแกนอย่างเหนียวแน่นและมีผิวเรียบ เมื่อพ่นสารละลายดังกล่าวไปยังแกนอย่างต่อเนื่องก็จะทำให้การเกาะจับตัวของสารละลายกับแกนหนาขึ้นเรื่อย ๆ ในที่สุดจะได้วัสดุเคลือบผิวชิ้นใหม่ ซึ่งมีคุณสมบัติเหมือนกับผงวัสดุที่ป้อนเข้าไปในลำของอาร์คพลาสมา

ได้มีการศึกษาขบวนการพ่นฉาบด้วยเปลวเป็นครั้งแรกในราวปี ค.ศ. 1900 โดย MAX ULRICK SCHOOP ชาวสวิสเซอร์แลนด์ โดย SCHOOP ได้สร้างเครื่องมือขึ้นมาใช้ ซึ่งสามารถป้อนผงวัสดุได้ทั้ง เซรามิค (ceramic) และโลหะ (metal) ส่วนใหญ่ SCHOOP นำไปใช้ในงานเคลือบผิวโลหะด้วยสังกะสี เพื่อให้ทนต่อการกัดกร่อน (spraying zinc coating for corrosion resistance) ต่อมาได้มีการพัฒนาระบบการเคลือบผิวให้ดีขึ้นเรื่อย ๆ จนประมาณปี ค.ศ. 1930 สามารถผลิตชิ้นส่วนของเครื่องจักรกลที่ใช้ในด้านอุตสาหกรรมและด้านอื่น ๆ จากระบบพ่นฉาบด้วยเปลว และในราวปี 1950 ได้มีการผลิตคบพลาสมา (plasma torch) ขึ้นเพื่อ

นำมาใช้ในกระบวนการพ่นฉาบด้วยเปลว โดยเน้นหนักไปใช้ในการผลิตส่วนประกอบบางอย่างของเครื่องบิน และยานอวกาศ เพราะการโคจรไปในอวกาศที่ใช้ความเร็วสูงจำเป็นที่จะต้องใช้วัสดุที่สามารถทนต่อสภาพการเสียดสี และความร้อนที่อุณหภูมิสูง ๆ ได้

1.2 ความสำคัญ

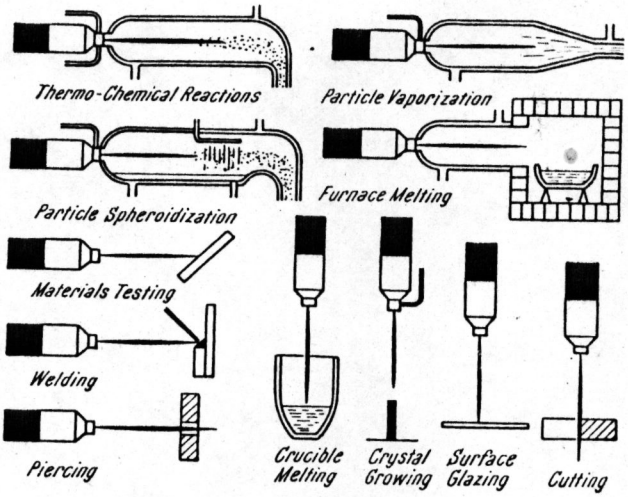
ดังได้กล่าวมาแล้วว่าอาร์คพลาสมาได้เข้ามามีบทบาทในวงการอุตสาหกรรมเป็นอย่างมากในปัจจุบันนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งยบวนการพ่นฉาบด้วยเปลว ซึ่งใช้เคลือบผิวของวัตถุ แต่ปัญหาสำคัญของยบวนการพ่นฉาบด้วยเปลวคือ การป้อนวัสดุเข้าไปในลำของอาร์คพลาสมา ในขณะที่อาร์คแบบอื่น ๆ สามารถป้อนวัสดุเข้าไปในลำของอาร์คได้ในลักษณะเส้นลวด (wire) แท่งกลม (rod) แต่สำหรับอาร์คพลาสมานิยมใช้วัสดุที่ป้อนอยู่ในรูปของผง (powder), จึงอาจพูดได้ว่าระบบของเครื่องป้อนผง (powder feeder systems) เป็นกลไกที่สำคัญในการนำไปใช้งานของอาร์คพลาสมาต่อยบวนการพ่นฉาบด้วยเปลว

ระบบเครื่องป้อนผงที่มีขายในท้องตลาดในขณะนี้จะผลิตขึ้นจากต่างประเทศ เนื่องจากเครื่องดังกล่าวมีราคาแพงมาก และจากการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวส่วนมากบริษัทผู้ผลิตจะไม่ให้รายละเอียดในการสร้างและการใช้งานไว้อย่างชัดเจน ทั้งนี้เนื่องมาจากผลประโยชน์ทางการค้า ดังนั้นจึงต้องมีการพัฒนาระบบเครื่องป้อนผงขึ้นมา เพื่อศึกษาการทำงาน การสร้างและดัดแปลง เพื่อให้เหมาะสมกับการนำไปใช้งานแต่ละประเภทได้อย่างมีประสิทธิภาพ และปลอดภัยกับผู้ปฏิบัติงาน อันเนื่องมาจากการฟุ้งกระจายของผงขณะใช้งานตลอดจนสะดวกในการใช้งานและการบำรุงรักษา

รูปที่ 1.1 แสดงให้เห็นถึงประโยชน์ของอาร์คพลาสมาที่นำไปใช้กับงานในด้านอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากกระบวนการพ่นฉาบด้วยเปลว

1.3 วัตถุประสงค์และขอบเขต

อาร์คพลาสมาเริ่มมีการวิจัยที่ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยีในปี พ.ศ. 2522 โดย ผศ. วิรุฬห์ มังคละวิรัช และอาจารย์ สุวิทย์ ปุณณชัยยะ มีขนาดกำลัง 1.5 กิโลวัตต์ (kW) เนื่องจากอาร์คดังกล่าวมีกำลังต่ำ จึงนำมาศึกษาใช้งานได้ในวงแคบ (lab scale) ต่อมาในปี พ.ศ. 2524 ได้มีการพัฒนาเตาหลอมพลาสมาที่มีกำลัง 20 กิโลวัตต์ขึ้นมา (ที่ภาควิชานิวเคลียร์-



รูปที่ 1.1 แสดงให้เห็นการนำอาร์คพลาสมาไปใช้ประยุกต์ในงานต่าง ๆ

เทคโนโลยี) โดย อาจารย์วีระชัย บัญชรเทวกุล และอาจารย์ สุวิทย์ ปุณณชัยยะ อาร์คพลาสมาที่ได้พัฒนาขึ้นมาได้นำมาประยุกต์ใช้ในงานด้านโลหกรรมต่าง ๆ ได้แก่ การเชื่อม, เจาะ, ตัด และหลอมโลหะ รวมทั้งได้พยายามนำเอาอาร์คพลาสมาไปใช้ในกระบวนการพ่นฉาบด้วยเปลว ซึ่งต้องอาศัยระบบเครื่องป้อนผงเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการพัฒนาระบบเครื่องป้อนผงสำหรับอาร์คพลาสมาขึ้นมา โดยการทดลองได้ทำการศึกษาเสถียรภาพในการป้อนผง และความสัมพันธ์ของอัตราเร็วของการป้อนผงกับอัตราเร็วของล้อตัก และอัตราการไหลของกาซ เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของอัตราการป้องผง ภายใต้ความกดดันของกาซที่แตกต่างกัน อันเป็นแนวทางนำอาร์คพลาสมาที่มีอยู่มาประยุกต์ใช้งานในด้านโลหกรรมนิวเคลียร์ต่าง ๆ ดังนี้

1. เพื่อทำทรงกลมไมโคร (Microsphere) ของ ThO_2 หรือ UO_2 อันเป็นวิธีการหนึ่งที่นำไปสู่การผลิตเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ โดยการป้อนผง ThO_2 หรือ UO_2 ลงไปในลำของอาร์คพลาสมา เมื่อผง ThO_2 หรือ UO_2 ผ่านลำของอาร์คพลาสมาก็จะหลอมละลาย ต่อจากนั้นสารที่หลอมละลายของ ThO_2 หรือ UO_2 ก็จะถูกพ่นด้วยอาร์คกาซผ่านคูลลิงแชมเบอร์ (cooling chamber) ขณะที่โลหะซึ่งอยู่ในสภาพหลอมละลาย ผ่านคูลลิงแชมเบอร์ก็จะแข็งตัว อันเนื่องมาจากความตึงผิวก่อนที่จะถูกพ่นออกมาจากคูลลิงแชมเบอร์ ลักษณะการแข็งตัวของโลหะ ซึ่งอยู่ในสภาพหลอมละลาย ในคูลลิงแชมเบอร์จะเป็นทรงกลมเล็ก ๆ มีขนาดตั้งแต่ประมาณ 2 หรือ 3 ไมครอน (1 ไมครอน $= 10^{-6}$ เมตร) จนถึง 150 ไมครอน ทรงกลมเล็ก ๆ เหล่านี้เราเรียกว่า

ทรงกลมไมโคร

2. เพื่อนำไปเคลือบผิวชิ้นส่วนโลหะที่มีจุดหลอมละลายต่ำ ที่ใช้ในเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ เพราะในเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์มีอุณหภูมิสูง การใช้ชิ้นส่วนโลหะที่มีจุดหลอมละลายต่ำ จึงทำได้โดยเคลือบผิวโลหะนั้นด้วยเซอร์โคเนียมออกไซด์ (ZrO_2) เพราะ ZrO_2 มีจุดหลอมละลายสูงถึง 4700°F และเป็นฉนวนความร้อนที่ดี จึงทำให้โลหะที่มีจุดหลอมละลายต่ำไม่หลอมละลาย แต่ ZrO_2 ที่ใช้เคลือบผิวต้องไม่มีธาตุ Hafnium (Hf) ปนเพราะ Hf มีภาคตัดขวางของการดูดกลืนต่อเทอร์มอลนิวตรอนสูง

3. เพื่อเป็นแนวทางเพื่อนำไปสู่การเก็บกากกัมมันตรังสี (ดูรายละเอียดภาคผนวก ค) เพื่อให้ทนทานต่อการกัดกร่อนชะล้าง และยังลดปริมาณของกากกัมมันตรังสีลง ตลอดจนค่าใช้จ่ายในการเก็บกากก็ลดลง ซึ่งอาจทำได้ 2 แบบ ดังนี้

(1) การเก็บกากกัมมันตรังสีในสภาพของทรายหรือแก้ว โดยนำกากกัมมันตรังสีมาป่นเข้าเตาหลอมพร้อมกับผงทรายหรือแก้วในอัตราส่วนระหว่างผงทรายหรือแก้วต่อกากกัมมันตรังสีเป็น 2 1 โดยน้ำหนัก

(2) กากเก็บกากกัมมันตรังสีโดยการเคลือบผิว โดยนำกากกัมมันตรังสีไปทำเป็นทรงกลมด้วยอาร์คพลาสมาแล้วนำไปเคลือบผิวด้วยไพโรลิติกคาร์บอน หรือซิลิคอนคาไบด์