บทที่ 2

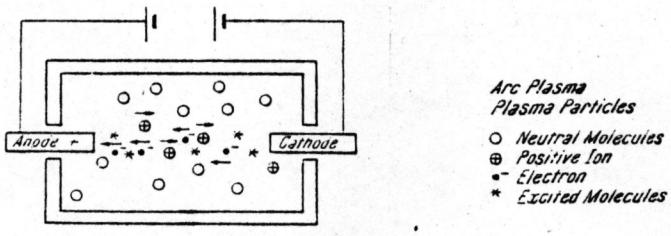
พลาสมา (Plasma)

พลาสมาเป็นสถานะที่สี่ ของสสาร นอกเหนือจาก ของแข็ง, ของเหลวและกาซ สถานะที่เรียกว่า พลาสมา ประกอบด้วยกลุ่มอนุภาคที่มีประจุ (ไอออนบวก,ไอออนลบ) และอะตอมหรือโมเลกุลที่เป็นกลาง

2.1 การเกิดพลาสมาในอาร์คไฟฟ้า

พลาสมาในอาร์คทำให้เกิดขึ้นได้โดยการผ่านพลาสมากาซ เข้าไปในอาร์คไฟฟ้า (electric arc) ซึ่งจะทำให้พลาสมากาซแตกตัว อิเลคตรอนที่เกิดจากการแตกตัวจะถูกเร่งผ่านความต่างศักย์ระหว่างแอโนด (anode) และแคโทด (cathode) ในขณะที่อิเลคตรอนวิ่งจากแคโทดไปยังแอโนด อิเลคตรอนจะมีพลังงานจลน์สูงขึ้น ขณะเดียวกันก็จะชนกับอะตอมหรือโมเลกุลของกาซที่ผ่านเข้าไปจะทำให้อะตอมหรือโมเลกุลที่ถูกชนเกิดการแตกตัว อิเลคตรอนที่หลุดออกก็จะถูกเร่งไปยังแอโนด ในทำนองเดียวกันก็จะทำให้เกิดการชน ระหว่างอิเลคตรอนกับอะตอมหรือโมเลกุลมากขึ้นอย่างรวดเร็ว จึงเกิดอนุภาคที่มีประจุขึ้นมากมาย ทำให้เกิดสภาวะนำไฟฟ้าของพลาสมากาซ มีกระแสไหลผ่านกาซแบบสปาร์ค (spark) เมื่อมีการสปาร์คขึ้นก็จะทำให้เกิดการแตกตัวของอะตอมหรือโมเลกุลของกาซบริเวณกว้าง ทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านกาซนั้นได้มากขึ้น การชนกันของอิเลคตรอนกับอนุภาคที่โตกว่าก็มีมากขึ้น ในการชนแต่ละครั้งอิเลคตรอนจะถ่ายเทพลังงานจลน์ ให้แก่อนุภาคที่ถูกชน ทำให้อนุภาคที่ถูกชนและกาซบริเวณข้างเคียงมีอุณหภูมิสูงขึ้น แต่การที่จะทำให้อนุภาคที่ถูกชนมีอุณหภูมิสูงอย่างอิเลคตรอนนั้นทำได้ยาก (ปกติถ้าอิเลคตรอนในพลาสมามีอุณหภูมิ 10^5 เคลวิน อนุภาคอื่น ๆ เช่น ไอออนบวก, ไอออนลบ, อะตอมหรือโมเลกุลที่เป็นกลางจะมีอุณหภูมิประมาณ 10^4 เคลวิน) เพราะอนุภาคเหล่านี้มีมวลมากกว่าอิเลคตรอนมาก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องให้เกิดการชนระหว่างอิเลคตรอนกับอนุภาคที่โตกว่ามีมากขึ้น โดยการเพิ่มปริมาณของกาซในระบบให้มากขึ้น นั่นคือต้องเพิ่มความกดดันของกาซในระบบให้มากขึ้น เมื่ออุณหภูมิของกาซเพิ่มขึ้นจนสูงเท่ากับอุณหภูมิของอิเลคตรอน พลาสมาที่ได้จะเกิดการสมดุลย์ นั่นคือ พลังงานที่ให้แก่ระบบจะเท่ากับพลังงานที่สูญเสียจากระบบของพลาสมา เนื่องจากการแผ่รังสี (infrared, visible light, ultra violet) ทำให้พลาสมาเกิดขึ้นได้อย่างต่อเนื่องในทางปฏิบัติทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงค่ากระแสไฟฟ้าของอิเลคโตรด ซึ่งทำให้

ความต่างศักย์ระหว่างอิเลคโตรดเปลี่ยนไปจนได้สภาวะที่เหมาะสม ซึ่งพลาสม่าเกิดการสมดุลย์การกระจายของอนุภาคต่าง ๆ ในพลาสม่าแสดงได้ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงการกระจายของอนุภาคต่าง ๆ ในอาร์คพลาสม่า

เนื่องจากพลาสม่ามีอุณหภูมิสูงถึง 10^4 เคลวิน เราจึงนำความร้อนจากพลาสม่ามาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ กว้างขวาง

2.2 การจัดระบบในอาร์คพลาสม่า

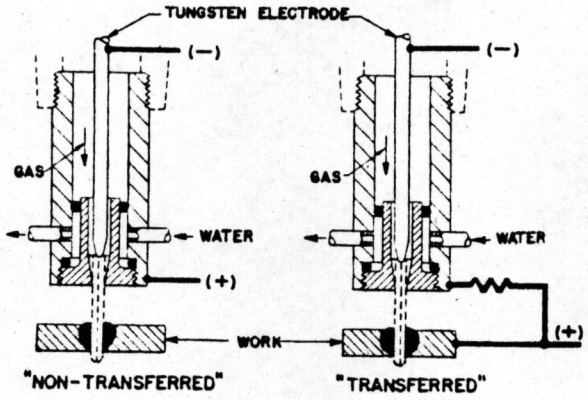
ระบบของอาร์คพลาสม่าขึ้นอยู่กับความต้องการในการใช้งาน และลักษณะของคบพลาสม่า โดยทั่วไปอาร์คพลาสม่าสามารถจัดระบบได้ 2 แบบคือ

1. แบบทรานสเฟอร์อาร์ค (transfer arc)

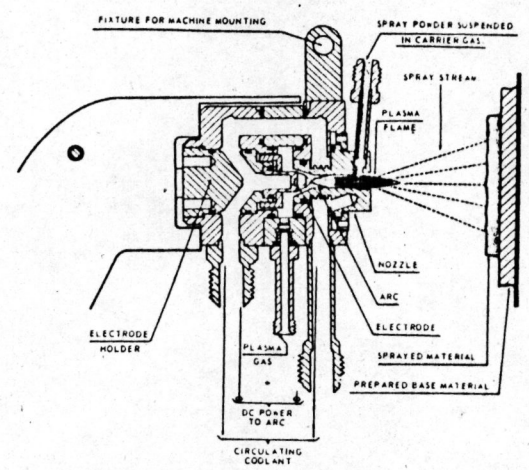
2. แบบนอน-ทรานสเฟอร์อาร์ค (non-transfer arc)

โดยความแตกต่างของระบบอาร์คทั้งสองแบบอยู่ที่การจัดอิเลคโตรด และชิ้นงานเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ทรานสเฟอร์อาร์คนั้นชิ้นงานเป็นส่วนหนึ่งของวงจรไฟฟ้า ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความร้อนขึ้นบนชิ้นงานสูง เช่น การเจาะ, ตัดโลหะที่หนา ๆ ส่วนนอน-ทรานสเฟอร์อาร์ค ชิ้นงานไม่มีวงจรไฟฟ้ามาประกอบ

นอกจากนี้คบพลาสม่า ยังสามารถดัดแปลงจากอาร์คพลาสม่าให้มีลักษณะเป็นฮีทเตอร์หรือเบอร์นเนอร์ได้อีกด้วย ดังรูปที่ 2.3 ประโยชน์ที่สำคัญจากคบพลาสม่า ขณะนี้คือ การประยุกต์ใช้ในขบวนการพ่นฉาบด้วยเปลวในอุตสาหกรรม อันได้แก่งานเคลือบผิววัสดุ ทั้งที่เป็นโลหะ, เซรามิค และพวกอัลลอย ซึ่งกลไกสำคัญในขบวนการพ่นฉาบด้วยเปลวนอกจากคบพลาสม่า ที่ออกแบบให้มีลักษณะเป็นปืนแล้ว ยังมีอุปกรณ์ควบคุมการป้อนผงวัสดุให้มีอัตราการป้อนผงที่คงที่ และเหมาะสมกับอาร์คพลาสม่า ด้วยเครื่องป้อนผง (powder feeder) คบพลาสม่าในขบวนการพ่นฉาบด้วยเปลว



รูปที่ 2.2 แสดงการจัดระบบอาร์คพลาสมาทั้ง 2 แบบ



รูปที่ 2.3 แสดงคบพลาสมา ที่ใช้ในขบวนการพ่นฉาบด้วยเปลว

มีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ แคโทด และแอโนด รวมทั้งส่วนที่ระบายความร้อน (เพื่อป้องกันการหลอมละลายของคบพลาสมา) เปลวพลาสมาที่พุ่งออกจากท่อยอง แอโนด คือส่วนที่ให้ความร้อนและหลอมละลายผงที่ป้อนผ่านเข้าไป

2.3 อาร์คกาซ (Arc gas)

กาซที่ใช้ในอาร์คพลาสมามีหลายชนิด เช่น ไฮโดรเจน (hydrogen), ฮีเลียม (helium) ไนโตรเจน (nitrogen), อาร์กอน (argon) และอากาศ (air) แต่การเลือกใช้กาซชนิดใดเป็นอาร์คกาซขึ้นอยู่กับคุณสมบัติและความเหมาะสม ดังนี้

1. พลังงานของกาซ (gas energy)

2. ปฏิกริยาที่เกิดขึ้น (reactivity)

3. ราคา (cost)

ปกติอาร์คกาซจะใช้เป็นกาซพา (carrier gas) ด้วย โดยกาซพามีหน้าที่ลำเลียงผงจากระบบเครื่องป้อนผงไปยังศบพลาส่มา ดังนั้นในการเลือกอาร์คกาซจึงมีความสำคัญต่อระบบเครื่องป้อนผงด้วย เพราะกาซที่เลือกต้องไม่เกิดปฏิกริยากับผงที่ป้อนด้วย ปกติจะไม่ใช้อากาศเป็นอาร์คกาซ เพราะจะทำให้อิเลคโตรดลึกหรอเร็ว ตาราง 2.1 แสดงการเลือกอาร์คกาซ

gas	Valency	Relative Heat Content	percent used	Reactivity	Relative Nozzle Life	Cost
Nitrogen	Diatomic	High	>80	May react to give nitrid	Poor	Low
Argon	Monatomic	Low	>75	Inert	Good	Moderate
Hydrogen	Diatomic	Hign	5-25	Reducing	Poor if too high H_2 content	Moderate
Helium	Monatomic	Low	10-20	Inert	Good	High

ตาราง 2.1 แสดงการเลือกอาร์คกาซ