การประยุกต์
ใช้งานของการเคลือบพ่นผิวด้วยพลาสม่า

อาจารย์ ดร.วรภัทร์ ภู่เจริญ
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตลอดระยะเวลา 30 ปีที่ผ่านมา ในต่างประเทศนิยมเอาวิธีการเคลือบพ่นด้วยพลาสม่า Thermal Plasma spray coating ใช้ในการเคลือบพ่นหรือฉาบผิวของชิ้นงานบริเวณที่มีปัญหา เช่น สึกกร่อน หรือขาดหายไป รวมทั้งการออกแบบชิ้นงานที่ให้เคลือบด้วยพลาสม่ามาตั้งแต่เริ่มแรก กรรมวิธีเคลือบพ่นผิวด้วยพลาสม่านี้ สามารถประยุกต์ใช้ได้หลายแบบ เนื่องจากสสารหลายอย่างเราสามารถนำมาใช้เคลือบพ่นผิวได้ ตั้งแต่เซรามิกส์ พลาสติก คาร์ไบด์ โลหะ ฯลฯ ทำให้สามารถออกแบบชิ้นส่วนหรือชิ้นงานต่าง ๆ ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น และมากแบบขึ้น โดยวัสดุที่เคลือบผิวนอก จะเป็นตัวต้านทานหรือสัมผัสกับสิ่งแวดล้อมภายนอกแทนเนื้อโลหะด้านใน

ลักษณะการทำงานของการเคลือบพ่นผิวด้วยพลาสม่านี้ ปัจจุบันนิยมใช้กันในสหรัฐอเมริกาในอุตสาหกรรมผลิตเครื่องจักรเทอร์ไบน์ โดยเฉพาะเครื่องไอพ่นรุ่นใหม่ๆ ที่เคลือบพ่นผิวภายในบางส่วนด้วยเซรามิกส์ จะมีประสิทธิภาพสูงกว่าเครื่องรุ่นเก่า ๆ นอกจากนี้ยังประหยัดเชื้อเพลิงและอายุการใช้งานก็เพิ่มขึ้นด้วย

ในปัจจุบันมหาวิทยาลัยต่าง ๆ ทั่วโลกให้ความสนใจกับกรรมวิธีเคลือบพ่นแบบพลาสม่านี้มาก เช่นที่ ใน U.S.A. มีทำการวิจัยที่ State University of New York at Stony Brook, NASA Lewis Research Center ที่ Cleveland, Ohio (ซึ่งผู้เขียนก็เคยร่วมวิจัยที่ NASA นี้รวม 7 ปี) บริษัทเครื่องบินต่าง ๆ เช่น Pratt-Whitney และ General Electric ซึ่งมหาวิทยาลัยและหน่วยงานวิจัยเหล่านี้จะมีการประชุมกันอยู่เสมอ ๆ

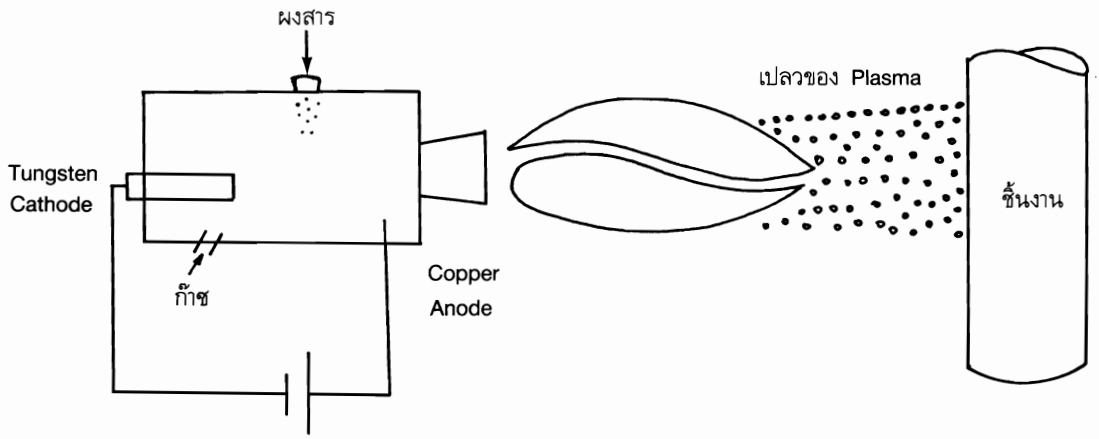
นอกจากนี้ยังมีการวิจัยที่ประเทศญี่ปุ่น และ ประเทศอินเดีย ส่วนประเทศไทยเราก็เคยและมีการประชุมที่เกี่ยวกับพลาสม่าด้วย (ดูเอกสารอ้างอิง 1)

สำหรับผู้ที่ยังไม่คุ้นเคยกับกรรมวิธีนี้ ต่อไปนี้ คือลักษณะของการเคลือบพ่นด้วยพลาสม่าอย่างคร่าวๆ

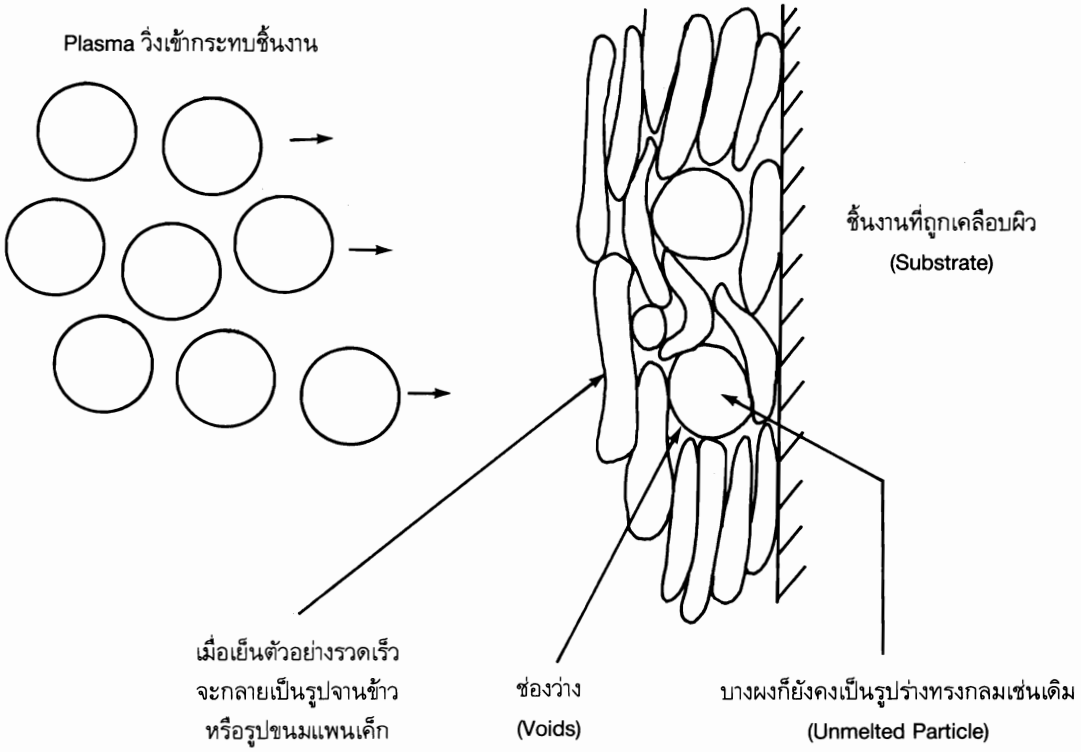
การฉีด หรือ การเคลือบพ่นพลาสม่า
(Plasma Spraying Process)

ตามที่เรารู้กันมาว่าสถานะของสสารมี 3 แบบ คือ ของแข็งเมื่ออุณหภูมิต่ำ ของเหลวเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเกินจุดหลอมเหลว และก๊าซ เมื่ออุณหภูมิของสสารเกินจุดเดือด ส่วนพลาสม่านั้นก็คือ สสารที่อุณหภูมิสูงกว่าก๊าซ และอยู่ในสถานะที่มีพลังงานอย่างมากมาย (excited state)

พลาสม่าสามารถนำมาใช้ให้เป็นประโยชน์ โดยวิธีการนำผงสสาร (หรือบางทีเป็นเส้นลวด) มาผ่านปืนยิงพลาสม่า (plasma gun) ผงของสสารจะถูกเร่งให้เข้าสู่สถานะ plasma โดยไฟ arc (รูปที่ 1) จากนั้น plasma จะถูกพ่นผ่านหัวฉีดออกไป กระทบยังชิ้นงานที่เราต้องการจะเคลือบ เมื่อ plasma กระทบกับชิ้นงาน จะคลายความร้อน และเปลี่ยนสภาพไปเป็นของแข็ง รูปร่างคล้ายจานข้าวหรือคล้ายขนมแพนเค็กซ้อน ๆ กัน (ดูรูปที่ 2)



รูปที่ 1 ปืนพ่น Plasma



รูปที่ 2 Plasma Spray Coating

การประยุกต์ใช้ของการพ่นเคลือบผิวด้วยพลาสม่า

1. ทนการสึกหรอ หรือขัดสี (Wear resistance)

ตัวเคลือบ (Coating) ที่เป็นโลหะ, คาร์ไบด์, เซรามิกส์ และพลาสติก ถูกใช้ในการเคลือบชิ้นงานหรือชิ้นส่วนที่ต้องทนต่อการขัดสี หรือ การทนต่อความฝืด โดยให้ตัวเคลือบ มีค่าความแข็ง (Hardness) อยู่ระหว่าง 20 ถึง 70 Rockwell C

2. ใช้เสริมกับผิวงานที่สึกหรอหายไป (Dimensional restoration)

การเคลือบสามารถทำให้บางได้ถึง 0.10 นิ้ว เพื่อใช้เคลือบชิ้นงานบริเวณที่ถูกสึกหรอไประหว่างการใช้งาน

3. ป้องกันการกัดกร่อน (Corrosion)

พวกสารเซรามิกส์, โลหะ และพลาสติก ถูกนำมาใช้ให้ทนกับกรด และในสภาพที่มีการกัดกร่อนสูง โดยการเคลือบนี้ทำให้ชิ้นงานปลอดภัยเพราะถูกห่อหุ้มไว้

4. ป้องกันความร้อน (Thermal Barriers)

ด้วยการเคลือบสารพวก Zirconia ลงบนผิวของโลหะเมื่อใช้ในงานที่มีความร้อนสูง หัวข้อวิจัยของผู้เขียนที่ NASA คือ การเคลือบผิวของใบพัดเทอร์ไบน์ในไอพ่น โดยใช้สาร Zirconia ปนกับส่วนผสมของยิทเทรีย (Yttria) เล็กน้อยเป็นตัวป้องกันทั้งการกัดกร่อน และความร้อนในไอพ่น การเคลือบลักษณะนี้สามารถทำให้ประหยัดน้ำมันไอพ่นขับเคลื่อนดีกว่าเดิมและใบพัดใช้งานได้ทนทานนานขึ้น วิธีการเคลือบแบบนี้ ปัจจุบันได้ทดลองใช้เคลือบฝาสูบและลิ้นวาล์วในรถยนต์แล้ว

5. การตัดหรือขัด (Abrasives)

โดยการเคลือบมีดตัดด้วยเซรามิกส์ หรือคาร์ไบด์

6. การต้านทานไฟฟ้า (Dielectrier)

ใช้ Alumina (Al_2O_3) ในการต้านทานไฟฟ้า ซึ่งสามารถทนได้ถึง 250 Volt/mm. ของความหนาผิวเคลือบ

7. การนำไฟฟ้า (Conduction)

สารที่เคลือบได้แก่ พวกที่นำไฟฟ้าได้ดี เช่น ทองแดง, อลูมิเนียมและเงิน

8. ใช้ป้องกันการรบกวนจากคลื่นวิทยุ หรือแม่เหล็ก

พวกที่ใช้เคลือบได้แก่ Aluminum และสังกะสี ในการเคลือบป้องกันชิ้นงานอีเลคทรอนิกส์จากความถี่รบกวน

9. ทางการแพทย์

พวกเคลือบรุ่นใหม่ ๆ จำพวกเช่น โคบอลล์เบส, ไทเทเนียมเบส และเซรามิกส์ ถูกนำมาใช้ในการทางทันตกรรม หรือศัลยกรรม เช่น เคลือบเหล็กที่ใช้ดามกระดูกหักเป็นต้น

จุดเด่นของการเคลือบแผ่นผิวด้วยพลาสม่า

จุดเด่นที่ทำให้การเคลือบผิวแบบนี้นิยม คือ

1. วัสดุที่เลือกใช้มีมากมาย
2. ความร้อนขณะเคลือบ ไม่มีผลต่อวัตถุที่ถูกเคลือบมา ทำให้ตัวที่ถูกเคลือบไม่เปลี่ยนแปลงทางกายภาพ, ไม่บิดเบี้ยว หรือ Oxidation ทำให้สามารถใช้กับผิวต่าง ๆ หลายแบบ ไม่ว่าจะเป็นโลหะ, พลาสติก หรือ Composites ฯลฯ
3. ทำให้พลิกแพลงการออกแบบชิ้นงานง่ายขึ้น เนื่องจากมีวัสดุให้เลือกมากมายนั่นเอง หรืออาจจะใช้เคลือบเฉพาะจุดสำคัญ ๆ ของชิ้นส่วนที่ออกแบบมาแล้วก็ได้

เทคโนโลยีการเคลือบพ่นผิวด้วยความร้อนในญี่ปุ่น

ปัจจุบันนักวิจัยญี่ปุ่นได้ทำการวิจัยทั้งทางด้านเชิงกลและเชิงวัสดุของโครงสร้างที่ถูกเคลือบ (Coated Structures) รวมทั้งการเตรียมผิวงานที่จะเคลือบ, การทำให้สารเคลือบติดแน่นกับชิ้นงาน

ญี่ปุ่นได้พัฒนาเทคโนโลยีด้านนี้ได้เท่า ๆ กับในสหรัฐอเมริกาและยุโรป ปัจจุบันญี่ปุ่นสนใจเรื่องของ Low-Pressures Plasma Spray (LPPS) ซึ่งใช้ในการเคลือบด้วยตัวโลหะหรือเซรามิกส์ เชื่อกันว่า LPPS ใช้ได้ดีกับการเคลือบเซรามิกส์ เช่น Silicides, borides, carbides, nitrides, and oxides

นอกจากนี้ นักวิจัยญี่ปุ่นกำลังสนใจพัฒนาในการพ่น Titanium-Carbide (TiC) ลงบนผิววัสดุทำให้สามารถควบคุม Porosity ได้ต่ำถึง 4% โดยปริมาตรฉีดพ่นที่ความดัน 200 และ 600 torr โดย TiC มีความหนา 20-25 ไมครอน (0.0008-0.001 นิ้ว) ใช้ในการแก้ปัญหาเรื่อง Thermal Shock ได้เป็นอย่างดี

นอกจากนี้ญี่ปุ่นยังสนใจในเรื่องการพ่นพวก Tungsten Carbide-Cobalts การพ่นเพื่อทำแผ่น superconducting โดยเป็นพวก Y-Ba-Cu-O และ Bi-Sr-Co-Cu-O

ญี่ปุ่นยังคงให้ความสนใจในการพัฒนากรรมวิธีโดยศึกษาการเตรียมผิวที่จะถูกเคลือบให้มีความเค้นที่ตกค้าง (residual stresses) ลดน้อยลง, ศึกษาโครงสร้างการเคลือบด้าน Microstruture ศึกษาคุณสมบัติทางด้านการเคลือบผิว ซึ่งคล้าย ๆ กับที่สหรัฐอเมริกากำลังศึกษาอยู่ และพัฒนาหาวัสดุอื่นที่มาช่วยให้ทนการแตกหักเนื่องจากความแตกต่างของการขยายตัวระหว่างตัวผิวและตัวถูกเคลือบ และทนต่อ Corrosion ด้วย

ในอนาคตเราคงจะได้เห็นโครงสร้างหรืออุปกรณ์ต่างๆ ทำด้วยวัสดุที่ถูกเคลือบด้วยกรรมวิธีเคลือบพ่นด้วยพลาสม่า เพราะทั้งทางญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา และยุโรป กำลังให้ความสนใจกันอย่างมาก

ผลของการวิจัยและรายละเอียดในเรื่องนี้ผู้เขียนจะเสนอในเล่มต่อ ๆ ไป

เอกสารอ้างอิง

1. C.Siliwatshananai, Plasma Applications, Proceedings of the Regional College on Plasma Applications 7-13 January, 1990.
2. U.S. Department of Commerce, **NTIS Foreign Technology,** Volume 89, No. 26, 1989. As seen in **Advanced Materials and Processes, Volume 136, ISSUE 6, 1989.**
3. **H.Herman, Scientific American,** Vol. 256, No.9, 1988, pp 112-117.
4. G.L.Kutner, **Advanced Materials and Processes,** Volume 134, ISSUE 4, 1988, PP 63-67.