



การประชุมวิชาการนวัตกรรมด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ครั้งที่ 3
The 3rd Conference on Innovation Engineering and Technology for Economy and Society
วันที่ 29 มีนาคม 2563 ณ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต วิทยาเขตรังสิต

อิทธิพลของระยะพ่นต่อโครงสร้างจุลภาคและสมบัติเชิงกลของผิวเคลือบ 13% Cr Effect of Spray Distance on Mechanical Property of 13% Chrome Coating

กนกพงศ์ ชูสกุล¹ บรรพต วรรณพัญญ์¹ และ ชนิตพล ฝ่าพิมาย¹ ชานนท์ มุลวรรณ² ชัยพล ผ่องพลีศาล²
¹สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
Kanokpong Chusakul¹, Banpot Wannaphayan¹, Chanitpol Faphimai¹, Chanont moolwan²
and Chaipol Pongpleesan²

¹Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Kasem Bundit University
E-mail: kanokpong.bio@gmail.com¹, taochanitpol@gmail.com^{2,*}

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาระยะพ่นที่มีผลต่อสมบัติเชิงกลด้านความแข็งของผิวเคลือบ จากกระบวนการพ่นแบบอาร์คสเปร์รี่ การพ่นใช้ลวดพ่น 13% โครเมียม ซึ่งมีส่วนผสมดังนี้ ธาตุโครเมียม 13% ซิลิคอน 1% และ แมงกานีส 1% ระยะพ่นใช้ 3 ระยะ ได้แก่ 10 นิ้ว 14 นิ้ว และ 18 นิ้ว ตามลำดับ เงื่อนไขของการพ่นใช้กระแส 175 แอมแปร์ แรงดันไฟฟ้า 36 โวลต์ ความดันอากาศ 5 บาร์ หลังจากการพ่นตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคของผิวเคลือบทั้ง 3 ระยะการพ่น พบว่า ผิวเคลือบประกอบด้วยแผ่นแบนซ้อนทับกันเป็น ชั้น ๆ ซึ่งเป็น เฟสของโครเมียมออกไซด์ (CrO) มีรูพรุน ออกไซด์ และอนุภาคที่ไม่หลอม ปริมาณรูพรุนของระยะพ่น 10 นิ้ว และ 18 นิ้ว มีค่าใกล้เคียงกัน มีค่าเฉลี่ยรูพรุนเท่ากับ 4.7% แต่ระยะพ่น 14 นิ้ว มีปริมาณรูพรุนเท่ากับ 13.4 % ความแข็งของผิวเคลือบ ทั้ง 3 ระยะการพ่น มีค่าเฉลี่ย 296 HV จะเห็นว่า ระยะพ่นในช่วง 10-18 นิ้ว ไม่มีผลต่อความแข็งของผิวเคลือบ

คำสำคัญ: การพ่นแบบอาร์คสเปร์รี่ ผิวเคลือบ โครเมียมออกไซด์

Abstract

This research is a study of spray distance that affects the mechanical properties of the hardness of the coating from the arc spray process. Spraying uses 13% chromium wire which has the following ingredients: 13% chromium, 1% silicon and manganese 196. Spraying distance is used in 3 stages which are 10 inches, 14 inches and 18 inches respectively. Spraying conditions are using 175 amperes, 36 volts of current and 5 bar of air pressure. After spraying the microstructure of all 3 coating phases, the coating was found to consist of flat, overlapping layers of chromium oxide (CrO), porous oxides and non-melting particles. The pore volume of the spraying range of 10 inches and 18 inches are approximately the same. The porosity average of 4.7%, but the distance of 14 inches, the amount of pore is 13.4%. The hardness of all 3 coating phases has an average of 296 HV. It can be seen that the 10 – 18 inch range does not affect the hardness of the coating.

Keywords: Arc spray process, the coating, Chromium oxide

1. บทนำ

การทำงานของเครื่องจักรกล เมื่อมีการใช้ไปนาน ๆ มักมีการสึกหรอ และการกัดกร่อนในสภาพแวดล้อมที่ซับซ้อน เนื่องจากชิ้นส่วนของเครื่องจักรกลมีการเคลื่อนที่ หรือเสียดสี

กัน เช่นเพลลาเครื่องจักร หม้อบด การสึกหรอของชิ้นงานทำให้ต้องเปลี่ยนชิ้นส่วนใหม่ ต้นทุนการผลิตจะสูงขึ้น การซ่อมแซมชิ้นส่วนที่มีการสึกหรอเป็นทางเลือกที่ดีในการทำให้ชิ้นงานกลับมาใช้งานได้อีกครั้ง กระบวนการพ่นเคลือบด้วย



การประชุมวิชาการนวัตกรรมด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ครั้งที่ 3
The 3rd Conference on Innovation Engineering and Technology for Economy and Society
วันที่ 29 มีนาคม 2563 ณ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต วิทยาเขตรังสิต

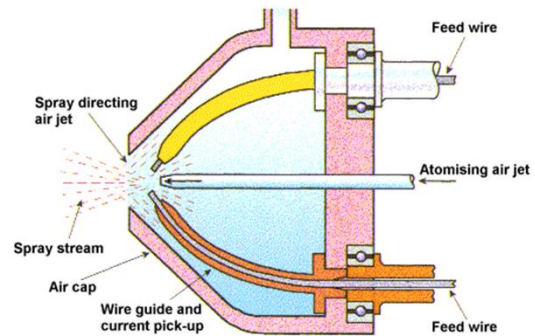
เปลวความร้อนเป็นเทคโนโลยีที่ใช้ซ่อมแซมส่วนที่มีการสึกหรอหรือมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายทั่วโลก เนื่องจากมีความสะดวกและราคาในการพ่นเคลือบไม่สูงมาก [1] การพ่นเคลือบด้วยเปลวความร้อนมีหลายกระบวนการ เช่น การพ่นเคลือบด้วยเปลวพลาสมา (plasma spray) การพ่นเคลือบด้วยเปลวเพลิงความเร็วสูง (high velocity oxy fuel) การพ่นเคลือบด้วยการจุดระเบิด (detonation gun) และการพ่นแบบอาร์คสเปรย์ (electric arc spraying) เป็นต้น การพ่นเคลือบแบบอาร์คสเปรย์ เป็นวิธีที่ไม่แพงเมื่อเทียบกับการพ่นเคลือบแบบอื่น ๆ ในกระบวนการนี้การอาร์คไฟฟ้าเกิดขึ้นระหว่างลวดสองเส้นที่เป็นอิเล็กโทรด ความร้อนที่เกิดจากอาร์คนี้จะหลอมละลายลวดและถูกดันไปตกกระทบบนชิ้นงานกลายเป็นผิวเคลือบ [2] แต่การเคลือบด้วยอาร์คสเปรย์มักพบว่าโครงสร้างจุลภาคของ lamellar มีการปรากฏตัวของรูพรุน, ออกไซด์, รอยแตกระหว่าง interlamellar, อนุภาคที่หลอมและไม่หลอม ทำให้เห็นว่าคุณภาพของการเคลือบผิวได้รับผลกระทบสูงจากค่าพารามิเตอร์ เช่น ความดันอากาศ ระยะทางสเปรย์ อัตราการป้อนลวด ความเร็วและความหนืดของอนุภาค มีบทบาทสำคัญในการสร้างเคลือบผิวและระยะทางสเปรย์เป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อคุณภาพของการเคลือบผิว [4] ทั้งนี้ผิวเคลือบโลหะผสมเหล็กโครเมียมที่มีจำนวนเปอร์เซ็นต์ระหว่าง 9 – 12 % ได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก และถูกใช้ในการป้องกันการเกิดออกซิเดชันที่อุณหภูมิสูงซึ่งทนทานการสึกหรอได้ดี [3] และผิวเคลือบโลหะผสมของเหล็กกล้าโครเมียมจะช่วยลดสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน ระหว่างผิวสัมผัสกับชิ้นงานได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับผิวเคลือบเหล็กกล้าทั่วไป [5] โดยโครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาระยะพ่นที่ให้ผิวเคลือบที่มีสมบัติเชิงกลที่ดีที่สุดเพื่อนำข้อมูลที่ได้นำไปประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมต่อไป

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบการอาร์คด้วยไฟฟ้า (Electric Arc)

การพ่นแบบอาร์ค เป็นการพ่นโดยใช้แหล่งความร้อนจากการอาร์คด้วยไฟฟ้าระหว่าง 2 ขั้ว โดยวัสดุเคลือบต้องอยู่ในรูปของเส้นลวดที่นำไฟฟ้าได้ซึ่งอาจจะเป็นโลหะ โลหะผสมหรือเซรามิก ถ้าวัสดุพ่นเป็นเซรามิกที่ไม่นำไฟฟ้าการผลิตลวดพ่นจะจัดให้อยู่ในรูปของ cored - wire กล่าวคือ เป็น

เส้นลวดที่มีเซรามิกอยู่ด้านใน แล้วห่อหุ้มด้วยโลหะหรือโลหะผสม ซึ่งจะทำให้เกิดการนำไฟฟ้าและเกิดการอาร์คได้ กระบวนการพ่นแบบอาร์ค ต่างจากเทคนิคอื่น ๆ ตรงที่ไม่มีแหล่งความร้อนจากภายนอก เช่น เปลวไฟ หรือเปลวพลาสมา ความร้อนและการหลอมเกิดขึ้นที่วัสดุเคลือบหรือเส้นลวดเองโดยจะเกิดขึ้นทันทีที่เส้นลวดสองเส้นซึ่งมีประจุตรงข้ามกันมาสัมผัสกันตรงปลายลวดที่ เรียกว่า เกิดการอาร์ค อนุภาคที่หลอมตรงปลายลวดจะถูกผลักดันด้วยแก๊สพาที่มีความดันสูง ทำให้เกิดการแตกเป็นละอองพร้อมกับเคลื่อนไปที่ชิ้นงาน แล้วเกิดการเย็นตัวและแข็งเกิดเป็นผิวเคลือบบนชิ้นงาน



รูปที่ 1 กระบวนการพ่นอาร์ค [6]

ดังนั้นระยะพ่นมีผลสำคัญมากต่อโครงสร้างจุลภาคของหยดของเหลวที่จะมาซ้อนทับกันเป็นผิวเคลือบ โดยเฉพาะระบบพ่นเคลือบด้วยเปลวเพลิง ระยะพ่นที่ใกล้เกินไปอนุภาคอาจมีเวลาอยู่ในเปลวเพลิงน้อย เกิดการหลอมไม่สมบูรณ์ ทำให้ยึดเกาะกันได้น้อยและไม่ดี ในขณะที่ระยะพ่นที่ไกลเกินไปอนุภาคอาจมีเวลาอยู่ในเปลวความร้อนนานจึงจะเกิดการหลอมได้มาก เมื่อตกกระทบบนอาจเกิดการกระจายตัวมากเกินไปคือ หยดของเหลวมีลักษณะแตกกระจายออกทำให้เกิดช่องว่างจำนวนมาก หรือระยะพ่นที่ห่างมาก ๆ อาจเป็นผลให้อนุภาคหลอมมีอุณหภูมิต่ำ ลงมาตามระยะทางที่เคลื่อนที่ห่างจากปลายปืน และอาจเริ่มแข็งตัวก่อนถึงชิ้นงานทำให้เกิดการแผ่ตัวได้น้อย เป็นผลให้การยึดเกาะกับชิ้นงานไม่มีความแข็งแรงของการยึดเกาะต่ำ [7]



การประชุมวิชาการนวัตกรรมด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ครั้งที่ 3
The 3rd Conference on Innovation Engineering and Technology for Economy and Society
วันที่ 29 มีนาคม 2563 ณ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต วิทยาเขตร่มเกล้า

2.2 โครงสร้างจุลภาคและสมบัติของผิวเคลือบลักษณะ
โครงสร้างทางจุลภาคของการพ่นเคลือบด้วยอาร์คสเปรย์ เกี่ยวข้องกับ รูพรุน รอยแตก ซึ่งผิวเคลือบทั้งหมด ประกอบด้วยรูพรุน, ออกไซด์, รอยแตก, อนุภาคที่หลอมและ ไม่หลอมรวมกัน ซึ่งโดยทั่วไปแล้วอนุภาคที่พุ่งออกจากปืน จะมีอนุภาคจำนวนมากที่ไม่ได้รับการเคลือบอนุภาคที่รวมตัว กันใหม่ทำให้รูพรุนที่เชื่อมต่อกัน อาจส่งผลกระทบต่อความ ต้านทานการสึกหรอและการกัดกร่อนซึ่งทำให้ รูพรุนของ กระบวนการอาร์คสเปรย์ที่ใช้ลวด 13Cr นั้นมีค่าประมาณ 7 % [9]

สมบัติเชิงกล ค่าความแข็งที่ได้จากการกดแบบวิกเกอร์ ของลวด 13Cr การระบายความร้อนอย่างรวดเร็วของ อนุภาคที่ ล่องในอากาศ อนุภาคหลอมเหลวในช่วงระยะเวลา สั้นมาก เมื่อการแข็งตัวเกิดขึ้น ส่งผลกระทบต่อชั้นผิวเคลือบ หรืออนุภาคที่แบน การระบายความร้อนอย่างรวดเร็วนำไปสู่ ขนาดเม็ด Ultrafine (ขนาดประมาณ 1 μ m) พบว่าอนุภาค ทรงกลมบางส่วนในการเคลือบมีความแข็งระดับสูงมาก ซึ่งมีความแข็งเท่ากับ 370 HV [8]

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1) R.LAKHDAR ได้ทำการศึกษากาการพ่นลวด 13%Cr แบบวิธีอาร์คสเปรย์ โดยใช้ระยะการพ่นที่ 100 mm. กระแส 100 A, แรงดันที่ 35 V. และแรงดันลมที่ 3 และ 5 Bar. พบว่าโครงสร้างจุลภาคของผิวเคลือบมีรูปแบบเป็นแถบยาว มีออกไซด์ รูพรุน อนุภาคที่ไม่หลอม รวมทั้งอนุภาคที่หลอม รวมกัน ซึ่งการเย็นตัวของอนุภาคนั้น ทำให้การต้านทาน การสึกหรอดีขึ้น แต่ออกไซด์ทำให้แรงยึดเกาะลดลง รูพรุน ทำให้ความต้านทานการสึกหรอให้ลดลง

2) Y. Mebdoua ได้ทำการศึกษากาการพ่นเคลือบแบบ Arc Spray โดยใช้ลวดพ่น 13% Cr โดยทดสอบ 3 รูปแบบ คือ E1, E2 และ E3 โดย E1 ใช้ระยะการพ่น 100 mm. E2 ใช้ระยะการพ่น 120 mm. และ E3 ระยะการพ่น 140 mm. ตามลำดับ โดยกระแสไฟฟ้า 100A. แรงดันลมที่ 3 และ 5 Bar. แรงดันไฟฟ้า 35 V. เท่ากันทุกระยะ ซึ่งระยะทางที่ แตกต่างกันทำให้เห็นว่าโครงสร้างทางจุลภาค มีความ แตกต่างกัน เช่น รอยแตก ,ออกไซด์ , และรูพรุน ระยะการ พ่นส่งผลต่อการยึดเกาะของชั้นผิวเคลือบ รูพรุนเกิดการกัด

กร่อนที่สามารถเชื่อมถึงกันแบบกัลป์วานิก ทั้งนี้การพ่น เคลือบผิวเคลือบสามารถเพิ่มความต้านทานในการกัดกร่อน ได้อย่างมาก

3) หทัยพัฒน์ ค่อยประเสริฐ, ปันดดา นิรนาทล้ำพงศ์ ได้ทำการศึกษากาการพ่นเคลือบแบบ Arc Spray โดยใช้ลวด พ่นแบบ 316L ในการพ่นเคลือบ ซึ่งใช้ระยะพ่น 178 mm. กระแสไฟฟ้า 130 A. แรงดันไฟฟ้า 30 V. แรงดันลม 60 Bar พบว่าโครงสร้างจุลภาคมีรูพรุน รอยแตก ออกไซด์ในผิว เคลือบ และรูพรุนและรอยแตกยังส่งผลกระทบต่อความแข็ง ในการยึดเกาะของผิวเคลือบและยังมีส่วนในการสึกหรอของ ผิวเคลือบด้วยทั้งสิ้น

3. วิธีการทดลอง

การเตรียมชิ้นงานสำหรับการพ่นเคลือบด้วยเปลวความร้อน ขึ้นงานตามขนาด มาตรฐาน โดยทำการตัดให้มีลักษณะ เป็นรูปทรงกระบอกขนาด 50 มิลลิเมตร และยาว 30 มิลลิเมตร จำนวน 15 ชิ้น

3.1 การพ่นเคลือบด้วยการอาร์คสเปรย์ (Wire Arc Spray)



รูปที่ 2 การพ่นเคลือบด้วยแบบอาร์คสเปรย์



รูปที่ 3 เครื่องพ่นเคลือบแบบอาร์คสเปรย์ รุ่น Tafa 400



การประชุมวิชาการนวัตกรรมด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ครั้งที่ 3
The 3rd Conference on Innovation Engineering and Technology for Economy and Society
วันที่ 29 มีนาคม 2563 ณ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต วิทยาเขตรังสิต

ก่อนที่จะทำการพ่นเคลือบด้วยวิธีการแบบอาร์คสเปร์ย (Wire Arc Spray) ต้องทำความสะอาดชิ้นงานและทำการพ่นกริทบลาสรองพื้น หลังจากนั้นทำการพ่นด้วยลวด 13% Chrome

ตารางที่ 1 ตารางพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง

| ลำดับที่ | พารามิเตอร์ | ค่าตามมาตรฐาน | หน่วย |
|----------|----------------|---------------|---------|
| 1 | Current | 100 | (แอมป์) |
| 2 | Volt | 35 | (โวลต์) |
| 3 | Spray Distance | 10,14,18 | นิ้ว |
| 4 | Air pressure | 5 | บาร์ |

3.2 การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค (Micro Structure)

ในการศึกษาวิเคราะห์โครงสร้างของชิ้นงานด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดแสง ซึ่งถูกพ่นเคลือบด้วยลวด 13% Chrome และนำไปศึกษาโครงสร้างจุลภาคด้วย SEM และ EDS จากเครื่อง Hitachi Tabletop SEM รุ่น TM3030plus

3.3 การทดสอบความแข็ง Micro Vickers Hardness Tester

วัดความแข็งด้วยเครื่อง Micro Vickers Hardness Tester ที่น้ำหนักกด 300 g การตรวจสอบความแข็งชิ้นงานจะวัดทั้งหมด 6 จุด ตามรูปที่ 5 แล้วหาค่าเฉลี่ย โดยใช้เครื่อง STRUERS DURAMIN A/S DK-2750 micro hardness testing machine

3.4 การตรวจสอบความเป็นรูพรุน (Porosity Test)

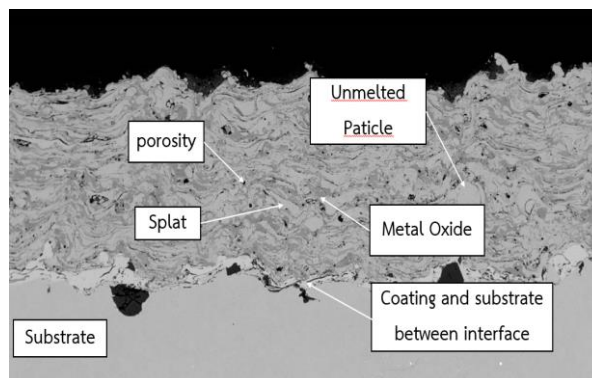
การทดสอบความเป็นรูพรุนทำโดยการถ่ายภาพพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง หลังจากนั้นนำมาวิเคราะห์สัดส่วนพื้นที่รูพรุนโดยได้มีการใช้ Computer และโปรแกรม image analysis ในการหาค่าเฉลี่ยพื้นที่รูพรุนของแต่ละชิ้นงาน

4. ผลการทดสอบ

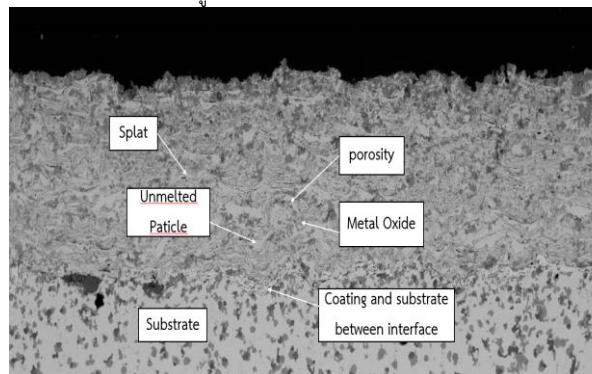
ตารางที่ 2 ส่วนผสม S45C (%) Composition ตารางที่ 1

| C | Si | Mn | Ni | Cr | Mo |
|-----------|-----------|-----------|----|----|----|
| 0.42-0.48 | 0.15-0.35 | 0.60-0.90 | - | - | - |

จากภาพ 4, 5, 6 การพ่นเคลือบแบบอาร์คสเปร์ยโดยใช้ลวดพ่น 13% Chrome ในการพ่นลงบนเหล็ก AISI S45C พบว่าจากการพ่นเคลือบด้วยวิธีการอาร์คสเปร์ยพบว่าผิวเคลือบทั้ง 3 ระยะเวลาพ่น มีลักษณะโครงสร้างแบบ Lamella ซึ่งมีพื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่ที่มีสีดำและสีเทา ซึ่งพื้นที่สีดำนี้นี้มีลักษณะเช่นเดียวกับรูพรุน และพื้นที่สีเทาเข้มมีการพบลักษณะของโครเมียมออกไซด์ (CrO) และโครงสร้างจุลภาคของผิวเคลือบมีลักษณะเป็นแถบยาว มีส่วนผสมทางเคมีที่แตกต่างกัน และมีออกไซด์ รูพรุน อนุภาค ที่ไม่หลอมรวมทั้งอนุภาค ที่หลอมใหม่ อยู่รวมกัน [16] ซึ่งสอดคล้องกับการผลการตรวจสอบ โปรแกรม EDS พบว่าระยะเวลาพ่นที่ 18 นิ้ว มีค่าเหล็ก(Fe) สูง



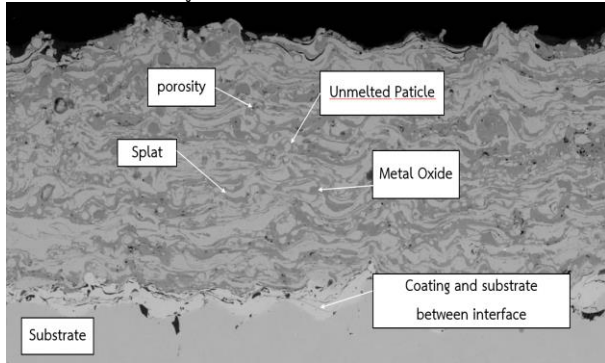
รูปที่ 4 ระยะเวลาพ่น 10 นิ้ว





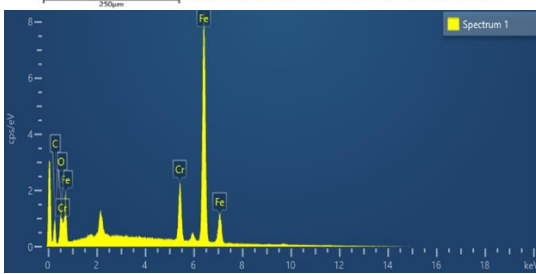
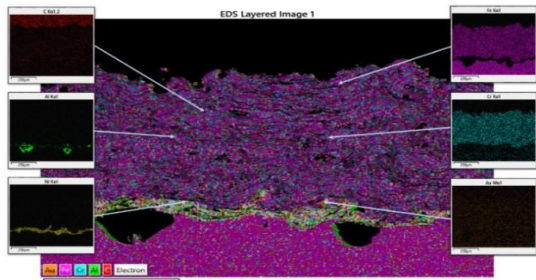
การประชุมวิชาการนวัตกรรมด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ครั้งที่ 3
 The 3rd Conference on Innovation Engineering and Technology for Economy and Society
 วันที่ 29 มีนาคม 2563 ณ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต วิทยาเขตรังสิต

รูปที่ 5 ระยะการพ่น 14 นิ้ว



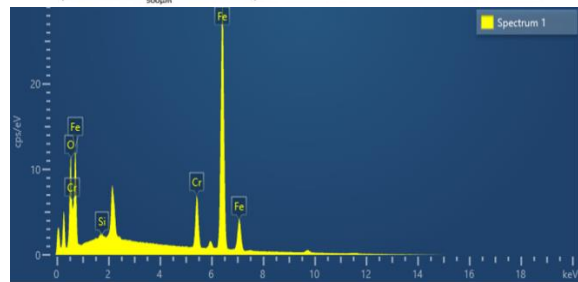
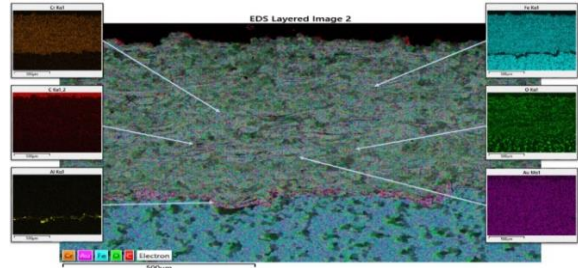
รูปที่ 6 ระยะการพ่น 18 นิ้ว

4.1 ส่วนประกอบทางเคมี



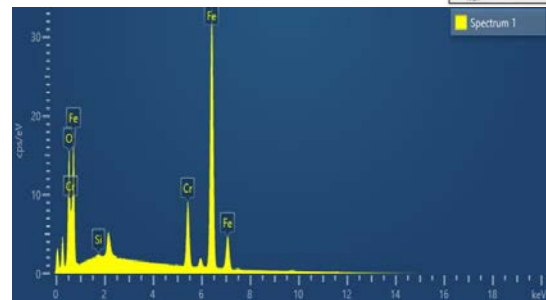
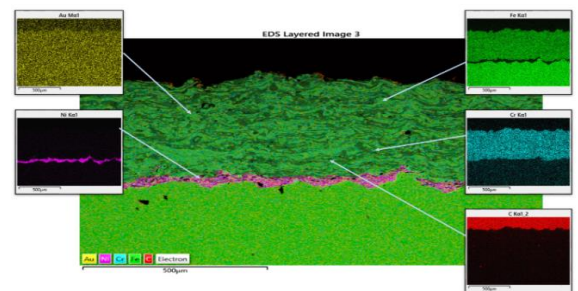
รูปที่ 7 ระยะการพ่น 10 นิ้ว

ตั้งรูปที่ 7 จากโครงสร้างจุลภาคจะเห็นชั้นผิวเคลือบเป็น layer ซึ่งจะประกอบไปด้วยรูพรุน , ออกไซด์ รอยแตก และอนุภาคที่ไม่หลอม รวมกัน ซึ่งตามภาพเป็นการวิเคราะห์ธาตุเชิงปริมาณซึ่งประกอบไปด้วย Cr โครเมียม 10.72% O ออกซิเจน 3.86% และ Fe เหล็ก 76.48 %



รูปที่ 8 ระยะการพ่น 14 นิ้ว

ตั้งรูปที่ 8 จากโครงสร้างจุลภาคจะเห็นชั้นผิวเคลือบเป็น layer ซึ่งจะประกอบไปด้วยรูพรุน , ออกไซด์ รอยแตก และอนุภาคที่ไม่หลอม รวมกัน ซึ่งตามภาพด้านบนเป็นการวิเคราะห์ธาตุเชิงปริมาณซึ่งประกอบไปด้วย Cr โครเมียม 9.7% O ออกซิเจน 7.6% Si ซิลิกอน 0.1% และ Fe เหล็ก 82.5%



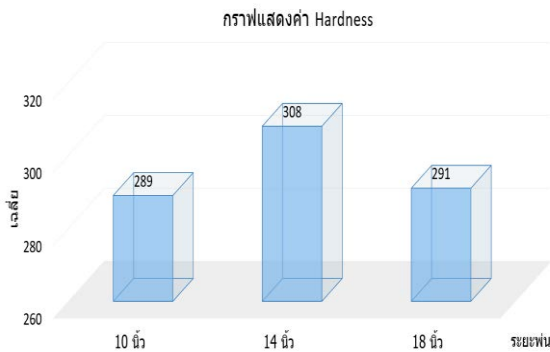
รูปที่ 9 ระยะการพ่น 18 นิ้ว



การประชุมวิชาการนวัตกรรมด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ครั้งที่ 3
The 3rd Conference on Innovation Engineering and Technology for Economy and Society
วันที่ 29 มีนาคม 2563 ณ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต วิทยาเขตร่มเกล้า

ดังรูปที่ 9 จากโครงสร้างจุลภาคจะเห็นชั้นผิวเคลือบเป็น layer ซึ่งจะประกอบไปด้วยรูพรุน , ออกไซด์ รอยแตก และอนุภาคที่ไม่หลอม รวมกัน ซึ่งตามภาพด้านบนเป็นการวิเคราะห์ธาตุเชิงปริมาณซึ่งประกอบไปด้วย Cr โครเมียม 11.1% O ออกซิเจน 8.3% Si ซิลิกอน 0.1% และ Fe เหล็ก 80.4%

4.2 ผลการทดลองค่าความแข็งจากการทดลอง



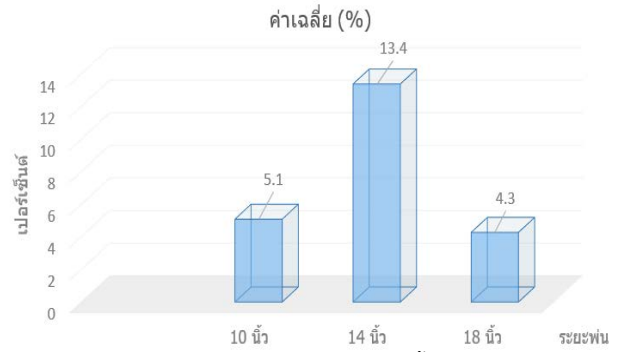
รูปที่ 10 แสดงค่าความแข็งของผิวชิ้นงานทั้ง 3 ระยะการพ่น

จากการพ่นเคลือบแบบอาร์คสเปรย์พบว่าความแข็งบริเวณผิวชิ้นงานที่ ทั้ง 3 ระยะ มีการแสดงผล ระยะ 10 นิ้ว มีค่าความแข็ง 289 HV ที่ระยะ 14 นิ้ว มีค่าความแข็ง 308 HV ที่ ระยะ 18 นิ้ว มีค่าความแข็ง 291 HV จากผลการวัดความแข็งและเปรียบเทียบแสดงถึงค่าความที่ระยะ 14 นิ้ว มีค่าความแข็งสูงสุด เมื่อเทียบกับอีก 2 ระยะ ซึ่งอนุภาคที่ล่องลอยในอากาศด้วยระยะทางที่สั้นมาก อนุภาคจะเกิดการแข็งตัวอย่างรวดเร็วเนื่องจากอุณหภูมิที่ลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อกระทบต่อชิ้นงานพบว่าอนุภาคทรงกลมบางส่วนมีความแข็งระดับสูงมากเนื่องจากมีการรวมตัวกัน

4.3 ผลการตรวจสอบปริมาณรูพรุน

ผลการตรวจวัดปริมาณรูพรุนในชั้นผิวเคลือบ สามารถดูได้ในรูปที่ 11 ซึ่งจากการตรวจสอบปริมาณรูพรุนที่ระยะต่าง ๆ มีดังนี้ ระยะการพ่น 10 นิ้ว มีปริมาณ 5 % ระยะการพ่น 14 นิ้ว มีปริมาณ 13.3 % และ ระยะการพ่น 18 นิ้ว มีปริมาณ 4.2 % ซึ่งการทดสอบดังกล่าวพบช่วงระยะการพ่นที่ 10 นิ้ว อยู่ในระยะที่สั้น อนุภาคหลอมมีขนาดโต ระยะการพ่นที่ 14 นิ้ว อยู่ในระยะเหมาะสมที่ทำให้อนุภาคที่ไม่หลอมและอนุภาคแผ่ (Splat) เกิดการทับถมกันทำให้เกิดช่องว่าง

หรือรูพรุนจำนวนมาก และระยะ 18 นิ้วอยู่ในระยะที่ไกล อนุภาคที่ไม่หลอมมีขนาดเล็กทำให้เกิดช่องว่างน้อยหรือ ปริมาณรูพรุนน้อย เท่ากับ 4.2% เมื่อเทียบกับอีก 2 ระยะ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงระยะการพ่นที่ไกลขึ้นจะมีปริมาณรูพรุนที่ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่รูพรุนมีความสัมพันธ์กับความหนาของ Splat ซึ่งเผยให้เห็นลักษณะของการ กระแทกซึ่งเกี่ยวข้องกับพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพ่นที่ควบคุม อนุภาคล่องในอากาศ Y.Mebdoua



รูปที่ 11 แสดงค่าปริมาณรูพรุนในชั้นผิวเคลือบของผิวชิ้นงานทั้ง 3 ระยะการพ่น

5. สรุปผล

- โครงสร้างจุลภาคของ 3 ระยะพ่น 10 นิ้ว 14 นิ้ว และ 18 นิ้ว ไม่แตกต่างกัน ประกอบด้วยแผ่นแบนซ้อนทับกันเป็นชั้น ๆ ซึ่งเป็นเฟสของโครเมียมออกไซด์ (CrO) และเหล็กออกไซด์ (FeO) อนุภาคที่ไม่หลอมแผ่ (Splat) ทับถมกันทำให้เกิดช่องว่างมีรูพรุน และ รอยแตก
- สมบัติเชิงกลด้านความแข็งกับระยะพ่นทั้ง 3 มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน เท่ากับ 296 HV
- ปริมาณรูพรุนกับระยะพ่นทั้ง 3 มีค่าเฉลี่ยรูพรุนเท่ากับ 7.5% ซึ่งมีค่ารูพรุนไม่แตกต่างกัน
- สรุปว่า ระยะพ่นทั้ง 3 ระยะ ไม่มีผลต่อสมบัติเชิงกลด้านความแข็งของผิวเคลือบ

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับความกรุณาเอื้อเฟื้อจากบริษัทเว็นเจอร์ เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ในการใช้เครื่องมือในการทดสอบ และขอขอบคุณ ผศ. ชานนท์



การประชุมวิชาการนวัตกรรมด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ครั้งที่ 3
The 3rd Conference on Innovation Engineering and Technology for Economy and Society
วันที่ 29 มีนาคม 2563 ณ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต วิทยาเขตร่มเกล้า

มุลวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษาในการจัดทำปริญญาณิพนธ์ ช่วย
ให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษาในการจัดทำโครงการ ช่วย
เสนอแนะแนวทาง แนวคิดและแก้ไขข้อบกพร่องมาโดย
ตลอดจนงานวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์

thermally sprayed coating University
Velenciennes France

เอกสารอ้างอิง

- [1] สิทธิชัย วิโรจน์ปฐมภักดิ์ และแมน ต้อยแพร่ เรื่องการประยุกต์ใช้ผิวเคลือบที่พ่นด้วยความร้อนสำหรับงานซ่อมบำรุงเครื่องสูบของแท่นขุดเจาะนอกชายฝั่ง มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- [2] ทิพบรรณ สุตประเสริฐ และจงรักษ์ จันโอ หน่วยปฏิบัติการพ่นเคลือบด้วยความร้อน THERMAL SPRAY LABORATORY (TSL)
- [3] ปณิตดา เชื้อเพ็ร็ด ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ความเสียหายของวัสดุและเทคโนโลยีพื้นผิว หน่วยงานวิจัยด้านประสิทธิภาพการใช้งานวัสดุ
- [4] Ihsan Kucukrendeci and S. Hakan Yetgin, Coating Parameters Influences on Mechanical Properties of Coating. Journal of Applied Sciences, 13: 645-649, 2013
- [5] P.Fauchais and A. Vardelle Thermal Sprayed Coatings Used Against Corrosion and Corrosive Wear SPCTS, UMR 7315, University of Limoges, France
- [6] M. F. O. Schiefler Filho, A. J. A. Buschinelli, F. Gärtner, A. Kirsten, J. Voyer and H. Kreye Influence of Process Parameters on the Quality of Thermally Sprayed X46Cr13 Stainless Steel Coatings
- [7] Davis, J. R. (Joseph R.) Thermal Spray Society Training Committee SAN: 204-7586
- [8] R.Lakhdari, Y.Mebdoua, M.Legouera, B.Guedouar Influence of different microstructural features on wear and corrosion resistance of 13Cr steel arc sprayed coating University Saad Dahleb Blida
- [9] R.Lakhdari, Y.Mebdoua, H.Lahmar, M.Legouera, A.Tricoteaux Wear mechanisms of 13Cr steel