

ความต้านทานการสึกหรอของผิวเคลือบ 13 % โครเมียม ที่พ่นโดยอาร์คสเปรย์

Wear Resistance of 13% Chromium by Wire Arc Spray

ณัฐพัชร์ ใจดี¹, สรายุทธ พาดทองกลาง¹, ชาตรี นิลวาศ¹, ชานนท์ มุลวรรณ²

¹ นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

nattaphat.jaidee22@gmail.com¹, Sarayuthblue@gmail.com¹

² อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต ; ie.engineer@kbu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความต้านทานการสึกหรอของผิวเคลือบ 13%โครเมียม ที่พ่นด้วยกระบวนการพ่นแบบอาร์คสเปรย์ ส่วนผสมของลวดพ่นประกอบด้วยธาตุโครเมียมร้อยละ 12.61 โดยน้ำหนัก ออกซิเจนร้อยละ 3.68 ซิลิคอนร้อยละ 0.29 เหล็กร้อยละ 82.45 และแมงกานีสร้อยละ 0.73 ระยะพ่นใช้ 3 ระยะ ได้แก่ 10 นิ้ว 14 นิ้ว และ 18 นิ้ว ตามลำดับ เงื่อนไขของการพ่น ใช้กระแส 100 แอมแปร์ แรงดันไฟฟ้า 36 โวลต์ ความดันอากาศ 5 บาร์ ชิ้นงานเป็นเหล็กกล้า S45C ผลการตรวจสอบพบว่า โครงสร้างจุลภาคของผิวเคลือบทั้ง 3 ระยะพ่น ไม่แตกต่างกัน ประกอบด้วยแผ่นแบนซ้อนทับกันเป็นชั้น ๆ ซึ่งเป็น เฟสของเหล็กออกไซด์ (FeO) และโครเมียมออกไซด์ (CrO) มีรูพรุน ออกไซด์ และอนุภาคที่ไม่หลอม การสึกหรอที่ระยะพ่นทั้ง 3 มีค่าใกล้เคียงกัน เฉลี่ย 0.00341 มิลลิกรัม/เมตร

คำสำคัญ : การพ่นแบบอาร์คสเปรย์; ผิวเคลือบ

Abstract

This research was to study the wear resistance of 13% chromium coating sprayed by the electric arc spray process. The chemical composition of spray wire contained 12.61% chromium by weight of 3.68% Oxygen, 0.29% Silicon, 82.45% Iron and 0.73% Manganese. There are 3 spraying distances, namely 10 inches, 14 inches and 18 inches respectively. Moreover, spraying conditions were using an electric current of 100 Ampere, a voltage of 36 Volts, air pressure of 5 Bar and the workpiece was S45C steel. The investigation results revealed that The microstructures of the 3 spraying distances had no difference. It consisted of overlapping splats, which were phases of Iron oxide (FeO) and Chromium Oxide (CrO), porosity and non-melting particles. The wear at all 3 spraying distances had similar averaged, which was 0.00341 mg/m.

Keywords: Arc Spray Process; The Coating;

1. บทนำ (Introduction)

การทำงานของเครื่องจักรกลเมื่อมีการใช้ไปนาน ๆ มักมีการสึกหรอและการกัดกร่อนในสภาพแวดล้อมที่ซับซ้อน เนื่องจากชิ้นส่วนของเครื่องจักรกลมีการเคลื่อนที่หรือเสียดสีกันเช่นเพลลาเครื่องจักร หม้อป่นน้ำตาล การสึกหรอของชิ้นงานที่ทำให้ต้องเปลี่ยนชิ้นส่วนใหม่ ต้นทุนการผลิตจะสูงขึ้น การซ่อมแซมชิ้นส่วนที่มีการสึกหรอเป็นทางเลือกที่ดีในการทำให้ชิ้นงานกลับมาใช้งานได้อีกครั้ง[1] กระบวนการพ่นเคลือบด้วยเปลวความร้อนเป็นเทคโนโลยีที่ใช้ซ่อมแซมส่วนที่มีการสึกหรอมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายทั่วโลกเนื่องจากมีความสะดวกและราคาในการพ่นเคลือบไม่สูงมาก [2]

การพ่นเคลือบด้วยเปลวความร้อนมีหลายชนิดเช่น การพ่นเคลือบด้วยการอาร์คไฟฟ้า การพ่นเคลือบด้วยเปลวพลาสมา การพ่นเคลือบด้วยเปลวเพลิงความเร็วสูง การพ่นเคลือบด้วยเปลวเพลิงปกติ การพ่นเคลือบโดยการจุดระเบิด เป็นต้น แต่การพ่นเคลือบแบบอาร์คสเปรย์มีต้นทุนต่ำ [3]

การพ่นเคลือบแบบอาร์คสเปรย์โครงสร้างจุลภาค lamellar มีลักษณะเป็นรูพรุน ออกไซด์ รอยแตกระหว่าง interlamellar อนุภาคที่หลอมและไม่หลอม ทำให้เห็นว่าคุณภาพของผิวเคลือบได้รับผลกระทบสูงจากค่าพารามิเตอร์ เช่นความดันอากาศ ระยะพ่นสเปรย์ อัตราการป้อนลวด ความเร็วและความหนืดของอนุภาค มีบทบาทสำคัญในการสร้างผิวเคลือบและระยะพ่นเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อคุณภาพของผิวเคลือบ [4]

ผิวเคลือบที่ได้จากลวดพ่น 13% โครเมียมจะทนต่อการสึกหรอและป้องกันการเกิดออกซิเดชันที่อุณหภูมิสูงได้ดี[5] และผิวเคลือบโลหะผสมโครเมียมจะช่วยลดสัมประสิทธิ์ความเสียดทานได้ดี[6] โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาอิทธิพลของระยะพ่นต่อโครงสร้างจุลภาคและสมบัติเชิงกลของผิวเคลือบที่ดีที่สุดเพื่อนำข้อมูลที่ได้นำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่อไป

2. วิธีการวิจัย (Methodology)

ชิ้นงานสำหรับการพ่นเคลือบใช้เหล็ก S45c ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 mm ยาว 30 mm จำนวน 15 ชิ้น การเตรียมผิวใช้การยิงกริตแล้วทำความสะอาดชิ้นงาน การพ่นเคลือบใช้พารามิเตอร์ ดังตารางที่ 1

2.1 การพ่นเคลือบด้วยการอาร์คสเปรย์ (Wire Arc Spray)



ภาพที่ 1 การพ่นเคลือบแบบอาร์คสเปรย์



ภาพที่ 2 เครื่องพ่นเคลือบแบบอาร์คสเปรย์ รุ่น Tafa 400

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง

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

2.2 การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค (Micro Structure)

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

2.3 การตรวจสอบความเป็นรูพรุน (Porosity Test)

การตรวจสอบความเป็นรูพรุนทำโดยการถ่ายภาพพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง หลังจากนั้นนำมาวิเคราะห์สัดส่วนพื้นที่รูพรุนโดย มีการใช้ Computer และ โปรแกรม image analysis ในการหาค่าเฉลี่ยพื้นที่รูพรุนของแต่ละชิ้นงาน

2.4 การทดสอบการสึกหรอ (Pin On Dish)

การทดสอบการสึกหรอแบบไถลในสภาวะไร้สารหล่อลื่น (dry sliding condition) กระทำโดยใช้เครื่องทดสอบแบบ Pin on dish วิธีการทดสอบอ้างอิงมาตรฐาน ASTM G99 DIAMETER BALL 6mm รัศมี 3, 6, และ 9 mm ทดสอบภายใต้แรงกด 2 นิวตัน 5 นิวตัน และ 8 นิวตัน เป็นระยะทาง 848 m ความเร็วรอบ 300 rpm อุณหภูมิห้อง 25 องศา

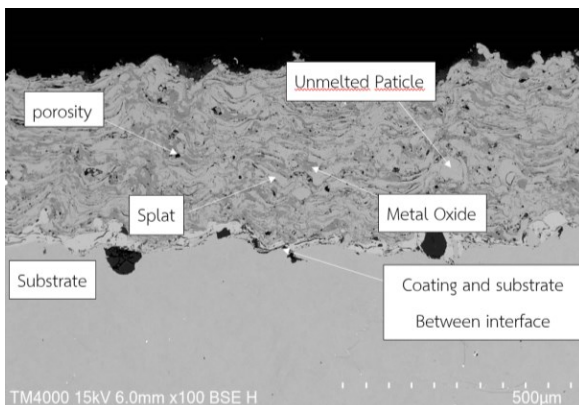
3. ผลการวิจัย (Results)

ตารางที่ 2 ส่วนผสมของลวดพ่น 13%Chrome

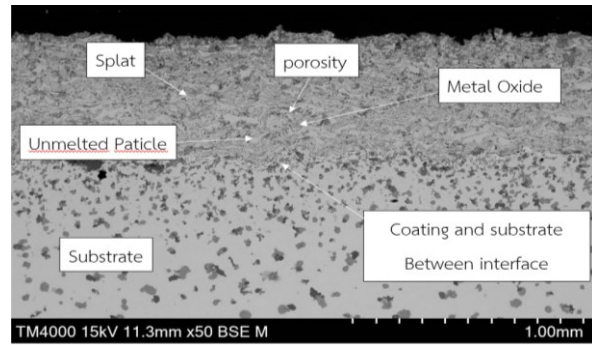
O	Fe	Cr	Si	Mn	C
3.68%	82.45%	12.61%	0.29%	0.73%	0.24%

ส่วนผสมทางเคมีของลวดพ่นประกอบไปด้วยธาตุคาร์บอน 0.24% ออกซิเจน 3.68% ซิลิคอน 0.29% โครเมียม 12.61% แมงกานีส 0.73% เหล็ก 82.45%

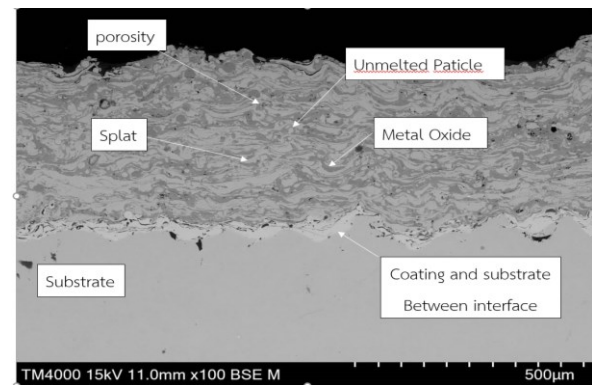
3.1 โครงสร้างจุลภาคและส่วนผสมทางเคมี



ภาพที่ 3 ระยะการพ่น 10 นิ้ว จาก SEM

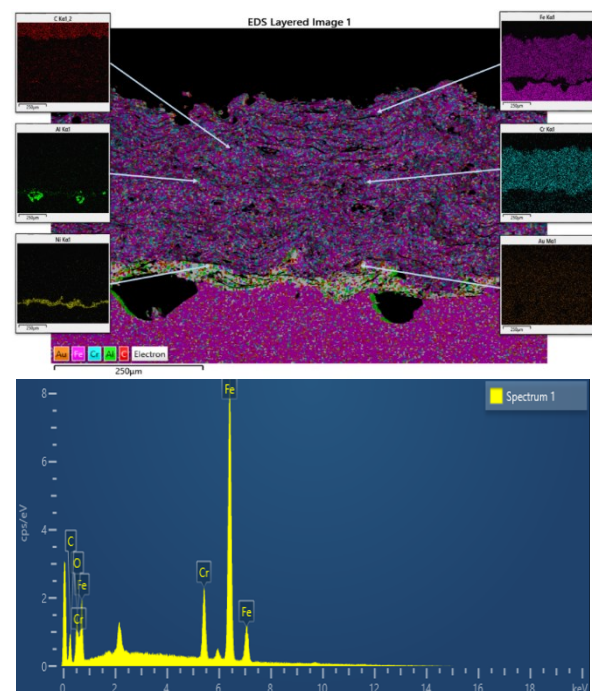


ภาพที่ 4 ระยะการพ่น 14 นิ้ว จาก SEM



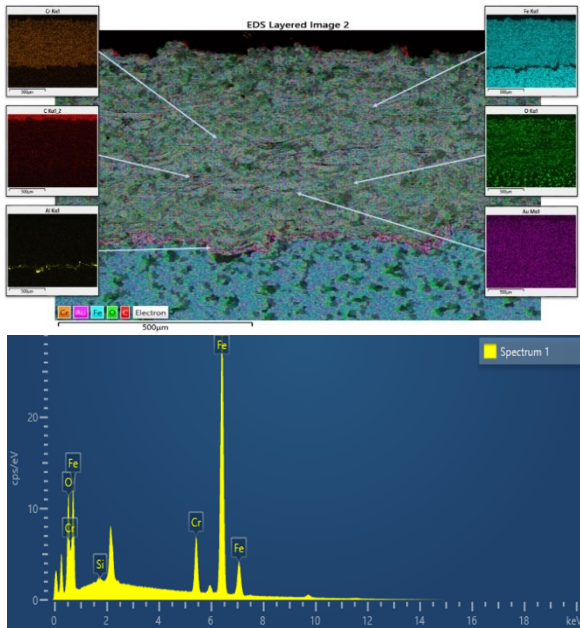
ภาพที่ 5 ระยะการพ่น 18 นิ้ว จาก SEM

จากภาพที่ 3,4,5 ใช้กล้องจุลทรรศน์ SEM เป็นโครงสร้างจุลภาค ทั้งระยะพ่น 10 นิ้ว, 14 นิ้ว และ 18 นิ้ว พบว่าโครงสร้างจุลภาคประกอบด้วยแผ่นแบนซ้อนทับกันเป็นชั้น ๆ ซึ่งเป็นเฟสของโครเมียมออกไซด์ (CrO) และเฟสของเหล็กออกไซด์ (FeO) ที่ไม่แตกต่างกัน



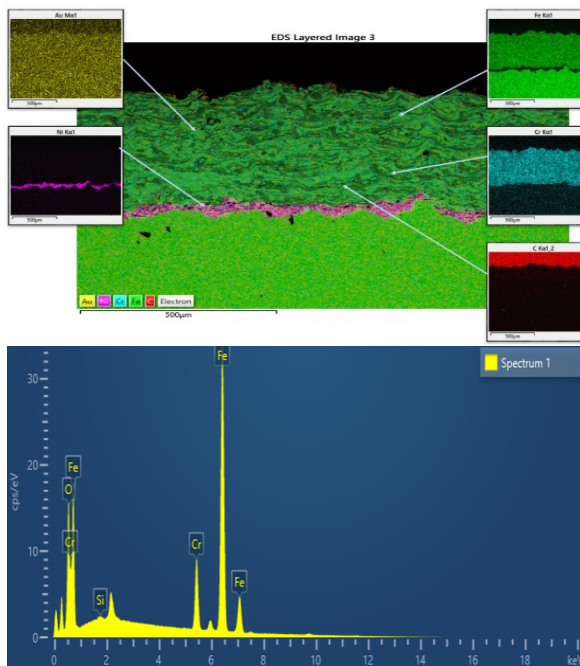
ภาพที่ 6 ระยะการพ่น 10 นิ้ว จาก EDS

จากภาพที่ 6 ผิวเคลือบจะประกอบไปด้วยรูพรุน ออกไซด์ รอยแตก และอนุภาคที่ไม่หลอมรวมกัน การวิเคราะห์ธาตุเชิงปริมาณซึ่งประกอบไปด้วยธาตุ โครเมียม 10.72% ออกซิเจน 3.86% และ เหล็ก 76.48 %



ภาพที่ 7 ระยะการพ่น 14 นิ้ว จาก EDS

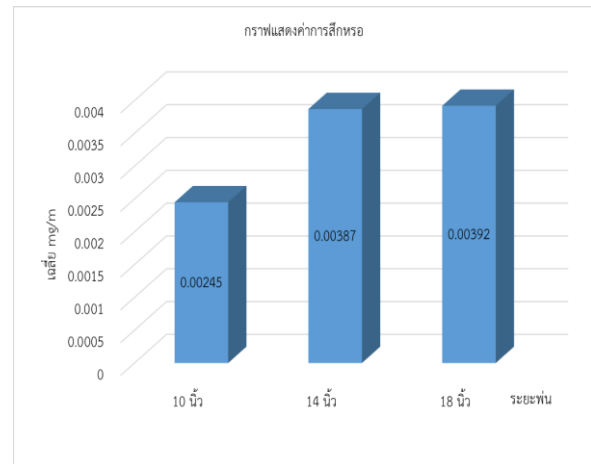
จากภาพที่ 7 ผิวเคลือบซึ่งจะประกอบไปด้วยรูพรุน ออกไซด์ รอยแตก และอนุภาคที่ไม่หลอมรวมกัน การวิเคราะห์ธาตุเชิงปริมาณซึ่งประกอบไปด้วยธาตุ โครเมียม 9.7% ออกซิเจน 7.6% ซิลิกอน 0.1% และ เหล็ก 82.5%



ภาพที่ 8 ระยะการพ่น 18 นิ้ว จาก EDS

จากภาพที่ 8 ผิวเคลือบซึ่งจะประกอบไปด้วยรูพรุน ออกไซด์ รอยแตก และอนุภาคที่ไม่หลอมรวมกัน การวิเคราะห์ธาตุเชิงปริมาณซึ่งประกอบไปด้วยธาตุ โครเมียม 11.1% ออกซิเจน 8.3% ซิลิกอน 0.1% และ เหล็ก 80.4%

3.3 ความต้านทานการสึกหรอ



ภาพที่ 9 ค่าการสึกหรอของผิวเคลือบ

จากภาพที่ 9 การทดสอบการสึกหรอ ทั้ง 3 ระยะ มีการแสดงผล ระยะ 10 นิ้ว มีอัตราการสึกหรอเฉลี่ย 0.00245 mg/m ระยะ 14 นิ้ว มีอัตราการสึกหรอเฉลี่ย 0.00387 mg/m ระยะ 18 นิ้ว มีอัตราการสึกหรอเฉลี่ย 0.00392 mg/m

4. การอภิปราย (Discussion)

- ส่วนผสมทางเคมีของลวดพ่นประกอบไปด้วยธาตุคาร์บอน 0.24% ออกซิเจน 3.68% ซิลิกอน 0.29% โครเมียม 12.61% แมงกานีส 0.73% เหล็ก 82.45% ส่วนผสมทางเคมีของผิวเคลือบประกอบด้วยธาตุโครเมียม (Cr) เท่ากับ 10.5% ออกซิเจน (O) เท่ากับ 6.6 % และเหล็ก (Fe) เท่ากับ 79.8%
- โครงสร้างจุลภาคทั้ง 3ระยะพ่นไม่แตกต่างกัน ประกอบด้วยแผ่นแบนซ้อนทับกันเป็นชั้น ๆ ซึ่งเป็นเฟสของเหล็กออกไซด์ (FeO) และ โครเมียมออกไซด์ (CrO) อนุภาคที่ไม่หลอม (Splat) แผ่นทับถมกันทำให้เกิดช่องว่างมีรูพรุน และ รอยแตก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Davis, J [7]

- ปริมาณรูพรุนของระยะพ่นทั้ง 3 มีค่าเฉลี่ยรูพรุนเท่ากับ 7.5% ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกัน ซึ่งการทดสอบดังกล่าว พบว่าช่วงระยะการพ่นที่ 10 นิ้ว อยู่ในระยะสั้น อนุภาคหลอมมีขนาดโต ระยะการพ่น 14 นิ้ว อยู่ในระยะที่เหมาะสมทำให้อนุภาคไม่หลอมและอนุภาคแผ่ (Splat) เกิดการทับถมกันทำให้เกิดช่องว่างหรือรูพรุนจำนวนมาก และระยะ 18 นิ้ว อยู่ในระยะที่ไกลอนุภาคที่ไม่หลอมมีขนาดเล็กทำให้เกิดช่องว่างหรือรูพรุนน้อย ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงระยะการพ่นที่ไกลขึ้นจะมีปริมาณรูพรุนที่ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ R.Lakhdari [8]
- อัตราการสึกหรอของผิวเคลือบที่ระยะการพ่นทั้ง 3 ระยะ ไม่แตกต่างกัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.00341 mg/m การสึกหรอของผิวเคลือบ 13%Cr ขึ้นอยู่กับโครงสร้างจุลภาค ความแข็ง ลักษณะแรงเสียดทาน และสภาวะแวดล้อม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Y.Mebdoua [9]

5. สรุปผล (Conclusion)

สรุปได้ว่าระยะพ่นทั้ง 3 ระยะ มีผลการสึกหรอค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน

6. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements)

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณศูนย์ทดสอบและวิเคราะห์วัสดุ สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย บริษัท เว็นเจอร์ เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และ สำนักวิจัยและบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สวท.) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือทางกล การใช้เครื่องมืองานวิจัยเสร็จสมบูรณ์

รวมถึง บิดา มารดา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชานนท์ มูลวรรณ เพื่อน ๆ พี่ ๆ และน้อง ๆ ทุกคนที่ให้การสนับสนุนและกำลังใจมาโดยตลอด

7. เอกสารอ้างอิง (References)

- [1] โครงการศึกษาวิจัยเพื่อปรับปรุงระบบบริหารงานวิจัยและพัฒนาของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย รองศาสตราจารย์ ดร. เอ็จ สโรบล
- [2] สิทธิชัย วิโรจน์ภูมิภักดิ์ และแมน ตัญแพร์ เรื่องการประยุกต์ใช้ผิวเคลือบที่พ่นด้วยความร้อนสำหรับงานซ่อมบำรุงนอกชายฝั่ง มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- [3] ดร.ปณิตดา นิรนาทล้ำพงศ์ “หน่วยปฏิบัติการพ่นเคลือบด้วยเปลวความร้อน” วารสารเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีวัสดุ (มกราคม-มีนาคม 2545) : 51
- [4] Ihsan Kucukrendeci and S. Hakan Yetgin, Coating Parameters Influences on Mechanical Properties of Coating. Journal of Applied Sciences, 13: 645-649, 2013
- [5] ปณิตดา เชื้อเพ็ชร “วิศวกรรมพื้นผิว ตอนที่ 1” วารสารเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีวัสดุ (ฉบับที่ 72 มกราคม-มีนาคม 2555) : 61.
- [6] P.Fauchais and A. Vardelle Thermal Sprayed Coatings Used Against Corrosion and Corrosive Wear SPCTS, UMR 7315, University of Limoges, Franc
- [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 thermally sprayed coating University Velenciennes France