การศึกษาความเรียบผิวเปรียบเทียบระหว่างอิเลคโทรดทองแดงจากกระบวนการรีด และอิเลคโทรดทองแดงจากกระบวนการอิเลคโตรฟอร์มในการสปาร์คด้วยอีดีเอ็ม

The comparative study on surface roughness comparison of copper rod electrode and copper electroformed electrode in EDM

สุรศิษฐ์ โรจนนันต์
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องมือและวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพ10140
โทร 02-4709213 โทรสาร 02-8729080 *อีเมล์ surasit.roj@kmutt.ac.th

Surasit Rojananan
Department of Tool and Materials Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi,
Bangkok 10140. Thailand.
Tel: 02-4709213, Fax: 02-8729080, *E-mail: surasit.roj@kmutt.ac.th

บทคัดย่อ

การสร้างแม่แบบโดยวิธีการสร้างต้นแบบอย่างรวดเร็ว ของอิเลคโทรดทองแดงโดยกระบวนการอิเลคโตรฟอร์ม จะทำให้สามารถสร้างแม่พิมพ์พลาสติกได้อย่างรวดเร็ว วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาความเรียบผิวของชิ้นงานเหล็ก หลังถูกสปาร์คขึ้นรูป โดยอิเลคโทรดสองชนิด ในเงื่อนไขการสปาร์คต่างกัน ผลจากการทดลองพบว่า ชิ้นงานเหล็กหลังการสปาร์คด้วยเงื่อนไข C190 โดยใช้ขั้วอิเลคโทรดทองแดงรีด มีค่า Ra เท่ากับ 11.5317 ไมครอน และชิ้นงานเหล็กหลังการสปาร์คด้วยเงื่อนไขเดียวกัน แต่ใช้ขั้วอิเลคโทรดทองแดงอิเลคโตรฟอร์ม มีค่า Ra เท่ากับ 12.7192 ไมครอน นอกจากนี้ยังพบว่าชิ้นงานเหล็กหลังการสปาร์คด้วยขั้วอิเลคโทรดทองแดงรีด ด้วยเงื่อนไข C300 มีค่าความเรียบผิวเฉลี่ย Ra เท่ากับ 1.4331 ไมครอน และชิ้นงานเหล็กหลังการสปาร์คด้วยขั้วอิเลคโทรดทองแดงอิเลคโตรฟอร์มเงื่อนไข C300 ได้ค่า Ra เท่ากับ 2.0246 ไมครอน จึงสรุปได้ว่าความเรียบผิวของชิ้นงานเหล็กที่ถูก สปาร์ค จะขึ้นกับเงื่อนไขในการสปาร์ค ด้วยอิเล็กโทรดทั้งสองชนิด

คำสำคัญ: อิเลคโตรฟอร์ม / ความเรียบผิว / อิเลคโทรด

Abstract

A model is performed by rapid prototyping in order to develop the cavity electrode mendel by electroforming process in a relatively short time span. The main objective of this work is to identify the surface roughness of steel after erosion sparking with two type of electrode under different sparking condition. The results show that the steel surface after sparking under the condition of C190 by wrought copper electrode and electroforming copper electrode showing the Ra valve are 11.5317 and 12.7192 micron, respectively. Moreover, the result of the steel surface after sparking under the condition of C300 by the by wrought copper electrode and electroforming copper electrode showing the Ra valve are 1.4331 and 2.0246 micron, respectively. It is concluded that the surface roughness of steel surface depends on the spark conditions by both types of electrodes.

Keywords: Electroforming / Surface roughness / Electrode

1. บทนำ

เทคนิคการทำต้นแบบอย่างรวดเร็ว (Rapid prototype, RP) ได้พัฒนาไปอย่างมาก ทั้งด้านความเร็วในการขึ้นรูป และความละเอียดของมิติของชิ้นงาน ดังนั้นในการทำแม่พิมพ์จึงได้อาศัยเทคนิคของ Rapid prototype ในการขึ้นรูปชิ้นงานต้นแบบและเทคนิคการสร้างผิวชิ้นงานอย่างรวดเร็วโดยใช้กรรมวิธีอีเลคโตฟอร์ม (Electroforming) มาพัฒนาร่วมกันในการทำชิ้นงานอิเลคโทรดทองแดงเพื่อใช้ในการขึ้นรูปแม่พิมพ์พลาสติก [1,2] แต่อย่างไรก็ตามปัญหาของการขึ้นรูปโลหะให้เป็นรูปร่างต่างๆด้วยวิธี EDM เมื่อใช้อิเลคโทรดทองแดงที่แตกต่างกันจะได้ผิวงานสำเร็จมีความเรียบผิวแตกต่างกันด้วยหรือไม่ โดยในการวิจัยนี้จะ

ทำการศึกษาความเรียบผิวของชิ้นงานที่เกิดจากการสปาร์คขึ้นรูปด้วยทองแดงที่ขึ้นรูปโดยการรีด(Wrought copper) ที่ใช้ในการทำชิ้นงานอิเลคโทรดทองแดงเพื่อสปาร์คขึ้นรูปโพรงแบบ(Cavity) ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน เปรียบเทียบกับความเรียบผิวของชิ้นงานที่เกิดจากการสปาร์คขึ้นรูปด้วยเปลือกทองแดงที่ได้จากกรรมวิธี Electroforming เพื่อศึกษาถึงผลของความเรียบผิวที่ขึ้นรูปด้วยวิธี EDM

2. วิธีดำเนินการทดลอง

ในการทำวิจัยนี้ได้ออกแบบวิธีการวิจัยแยกออกเป็นสองส่วนดังนี้

2.1 วิธีการวิจัยส่วนที่1

เป็นการศึกษาความเรียบผิวในการขึ้นรูป จากการใช้ทองแดงจากกระบวนการรีดและจากกระบวนการElectroformingมาใช้เป็นขั้วอิเลคโทรดเพื่อใช้ทำการสปาร์คชิ้นงานเหล็ก โดยใช้เงื่อนไขการสปาร์ค รหัส C190 ซึ่งเป็นการสปาร์คหยาบ เพื่อกัดชิ้นงานอย่างรวดเร็ว

2.2 วิธีการวิจัยส่วนที่2

เป็นการศึกษาความเรียบผิวในการขึ้นรูปจากการใช้ทองแดงจากกระบวนการรีดและจากกระบวนการElectroformingมาใช้เป็นขั้วอิเลคโทรดเพื่อใช้ทำการสปาร์คชิ้นงานเหล็กโดยใช้เงื่อนไขการสปาร์ค รหัส C300 ซึ่งเป็นการสปาร์คละเอียด เพื่อกัดชิ้นงานให้ได้ผิวสำเร็จที่มีความเรียบสูง

3. การเตรียมชิ้นงานอิเลคโทรดทองแดง

3.1 อิเลคโทรดทองแดงจากการขึ้นรูปด้วยการรีด

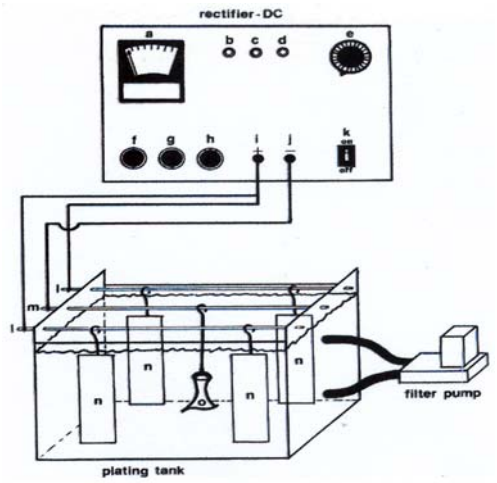
รูปร่างแม่แบบทองแดงมีลักษณะเป็นทรงกระบอก มีพื้นที่หน้าตัดเป็นวงกลม โดยจะใช้แท่งทองแดงที่ได้จากการรีดขึ้นรูป นำไปกลึงให้ได้ขนาดพื้นที่หน้าตัด 5 ขนาด คือ 50, 150, 250 350 และ 450 ตารางมิลลิเมตรตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 1

รูปที่ 1 ชิ้นงานอิเลคโทรดทองแดง จากกระบวนการรีด ขนาดพื้นที่หน้าตัด 50, 150, 250, 350และ 450 ตารางมิลลิเมตร

3.2 อิเลคโทรดทองแดง จากการขึ้นรูปด้วยกระบวนการ Electroforming

สารละลายอิเลกโตรไลต์เป็นใช้สารละลายกรดของคอปเปอร์ซัลเฟส ($CuSO_4$) ประกอบด้วยคอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$) 240 กรัม/ลิตร และกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) 75 กรัม/ลิตร ควบคุมค่าความเข้มข้นของสารละลายที่ 22 โบเม่ (bauma) และจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงโดยให้ตัวแบบ (mendel) เป็นขั้วคาโทด (Cathode) และให้ทองแดงเป็นขั้วอาโนด (Anode) ให้กระแสไฟประมาณ 4 แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร จนกระทั่งได้ความหนาของแผ่นทองแดงประมาณ 5 มิลลิเมตร ตามต้องการ นำแผ่นทองแดงที่ได้ไปทำการตัดด้วยเครื่อง W-EDM ให้เป็นแผ่นวงกลมที่มีพื้นที่ 50, 150, 250 350 และ 450 ตารางมิลลิเมตร ซึ่งมีความหนา 4 มิลลิเมตร ตามลำดับ นำแผ่นทองแดงที่ได้ไปเจาะรูขนาด M3x0.5 เพื่อประกอบก้านจับยึดทองแดงขณะใช้ในการสปาร์คดังแสดงในรูปที่ 2 ระบบที่ใช้ในการทำอิเล็คโตพอร์มมิ่ง แสดงดังในรูปที่ 3

รูปที่ 2 ชิ้นงานอิเลคโทรดทองแดง จากกระบวนการ Electroforming มาใช้เป็นขั้วอิเลคโทรด ภายหลังทำการตัดด้วยเครื่อง W-EDM ให้เป็นแผ่นวงกลมประกอบก้านยึดเพื่อใช้ในการสปาร์ค



รูปที่ 3 ผังแสดงระบบการทำ electroforming

3.3 การกำหนดตัวแปรและการควบคุมในการสปาร์ค

ในการวิจัยได้กำหนดตัวแปรในการทดลองไว้ดังนี้คือ การศึกษาความเรียบผิวในการขึ้นรูปจากการใช้ทองแดงจากกระบวนการรีด และจากกระบวนการ Electroforming มาใช้เป็นขั้วอิเลคโทรด เพื่อใช้ทำการสปาร์คชิ้นงานเหล็กโดยใช้เงื่อนไขการสปาร์คดังนี้

- ในการสปาร์คหยาบได้กำหนดกลุ่มตัวแปรในการควบคุมเพื่อใช้ในการสปาร์คหยาบเป็น C 190 โดยมีรายละเอียดตัวแปรดังปรากฏในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 กลุ่มตัวแปรเพื่อใช้ในการสปาร์คหยาบ C 190

ON	OFF	MA	IP	SV	UP	DN	LN	STEP
021	021	01	015.0	05	02	05	000	0010

- ในการสปาร์คละเอียดได้กำหนดกลุ่มตัวแปรในการควบคุมเพื่อใช้ควบคุมในการสปาร์คหยาบเป็น C300 โดยมีรายละเอียดตัวแปรดังปรากฏในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 กลุ่มตัวแปรเพื่อใช้ควบคุมในการสปาร์ละเอียด C 300

ON	OFF	MA	IP	SV	UP	DN	LN	STEP
005	032	00	001.0	05	03	04	000	0010

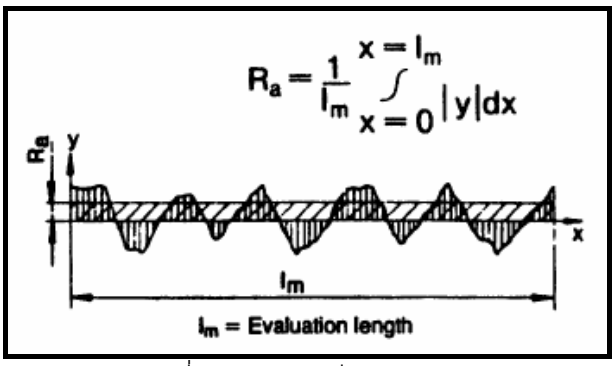
ตารางที่ 3 ตัวแปรที่ใช้ในการทดลองตอนที่ 1

การสปาร์คหยาบ C190			การสปาร์คละเอียด C300		
พื้นที่สปาร์ค ($มม^2$)	ตัวแปรกลุ่ม	ความลึก (มม)	พื้นที่สปาร์ค ($มม^2$)	ตัวแปรกลุ่ม	ความลึก (มม)
50	C 190	20	50	C 300	1
150	C 190	20	150	C 300	1
250	C 190	20	250	C 300	1
350	C 190	20	350	C 300	1
450	C 190	20	450	C 300	1

3.4 การวัดความเรียบผิว

ในการทดลองนี้ใช้วิธีวัดค่าความเรียบผิวเฉลี่ย (Average surface roughness (Ra)) ซึ่งค่าRa คำนวณได้จากสมการ [3]

$$R_a = \frac{1}{l_m}\int_{x=0}^{x=l_m}|y|dx \qquad (1)$$



รูปที่ 4 การหาความเรียบผิว Ra [3]

4. ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

ผลการทดลองสปาร์คหยาบ เพื่อศึกษาถึงความเรียบผิวชิ้นงานในการสปาร์คขึ้นรูปด้วยอิเลคโทรดที่ทำจากทองแดงรีดได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4 และความเรียบผิวชิ้นงานในการสปาร์คขึ้นรูปด้วยอิเลคโทรดทองแดงจาก Electroform ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 4 ตัวแปรกลุ่ม พื้นที่หน้าตัด ความเรียบผิวของอิเลคโทรดทองแดงรีด และ ความเรียบผิวชิ้นงานหลังการสปาร์ค

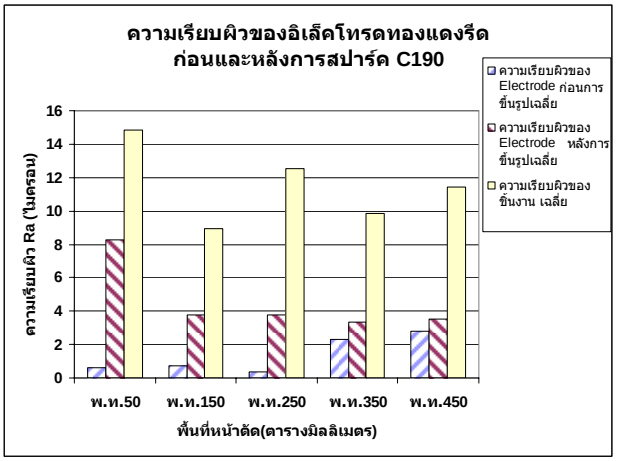
กลุ่มตัวแปร	ชนิดของอิเลคโทรด	พ.ท. หน้าตัดของอิเลคโทรด ($มม^2$)	ความเรียบผิวของ Electrode ก่อนการขึ้นรูปเฉลี่ย (Ra)	ความเรียบผิวของ Electrode หลังการขึ้นรูปเฉลี่ย (Ra)	ความเรียบผิวของชิ้นงานเฉลี่ย (Ra)
C190	รีดขึ้นรูป	50	0.5955	8.2518	14.8319
C190	รีดขึ้นรูป	150	0.7250	3.7597	8.94523
C190	รีดขึ้นรูป	250	0.3886	3.7838	12.5518
C190	รีดขึ้นรูป	350	2.2909	3.3161	9.8672
C190	รีดขึ้นรูป	450	2.8031	3.5032	11.4627
C300	รีดขึ้นรูป	50	0.3917	0.6874	1.2749
C300	รีดขึ้นรูป	150	0.3232	0.4450	1.2917
C300	รีดขึ้นรูป	250	1.1636	0.4171	1.3206
C300	รีดขึ้นรูป	350	0.7898	0.4192	1.4258
C300	รีดขึ้นรูป	450	0.8109	0.5078	1.4077

ตารางที่ 5 แสดงตัวแปรกลุ่ม พื้นที่หน้าตัด ความเรียบผิวของอิเลคโทรดทองแดงจากอิเล็คโตฟร์อม และ ความเรียบผิวชิ้นงานหลังการสปาร์ค

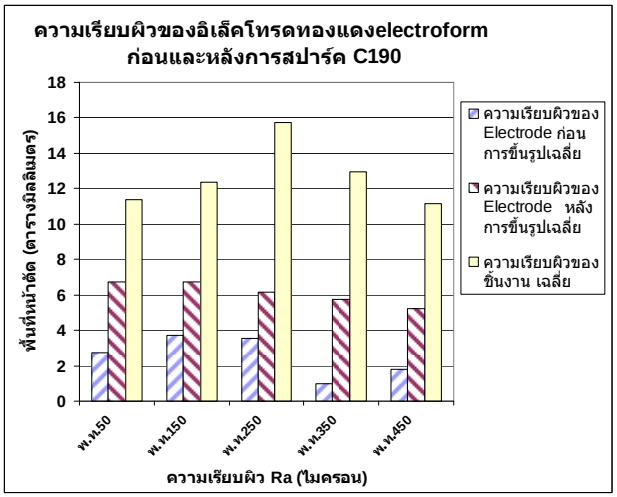
กลุ่มตัวแปร	ชนิดของอิเลคโทรด	พ.ท. หน้าตัดของอิเลคโทรด (มม^2)	ความเรียบผิวของ Electrode ก่อนการขึ้นรูปเฉลี่ย (Ra)	ความเรียบผิวของ Electrode หลังการขึ้นรูปเฉลี่ย (Ra)	ความเรียบผิวของชิ้นงานเฉลี่ย (Ra)
C190	electroform	50	2.7012	6.7121	11.4025
C190	electroform	150	3.6957	6.7301	12.3837
C190	electroform	250	3.5229	6.1269	15.7438
C190	electroform	350	0.9623	5.7603	12.9297
C190	electroform	450	1.8284	5.1981	11.1363
C300	electroform	50	1.4325	0.6181	1.5719
C300	electroform	150	0.6895	0.6934	1.5757
C300	electroform	250	0.9489	0.5099	2.4122
C300	electroform	350	0.5252	0.7734	2.0212
C300	electroform	450	1.9964	2.787	2.5422

รูปที่ 9 เปรียบเทียบความเรียบผิวของชิ้นงานเหล็กและอิเลคโทรดทองแดงรีดทั้งก่อนและหลังการสปาร์ค ด้วยเงื่อนไขตัวแปรกลุ่ม C190

ส่วนการเปรียบเทียบความเรียบผิวของการสปาร์คด้วยเงื่อนไขตัวแปรกลุ่ม C190 ทั้งความเรียบผิวของชิ้นงานเหล็กหลังการสปาร์ค และอิเลคโทรดทองแดงelectroform ทั้งก่อนและหลังการสปาร์คแสดงดังในรูปที่ 10



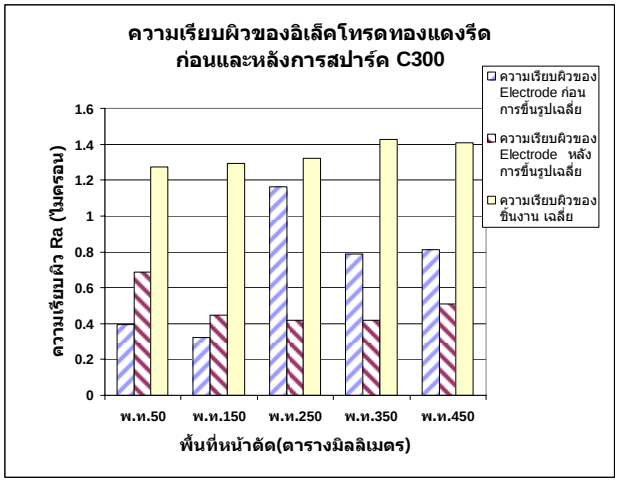
รูปที่ 9 ความเรียบผิวเฉลี่ยของอิเลคโทรดทองแดงรีดก่อนและหลังการสปาร์คและความเรียบผิวของชิ้นงาน



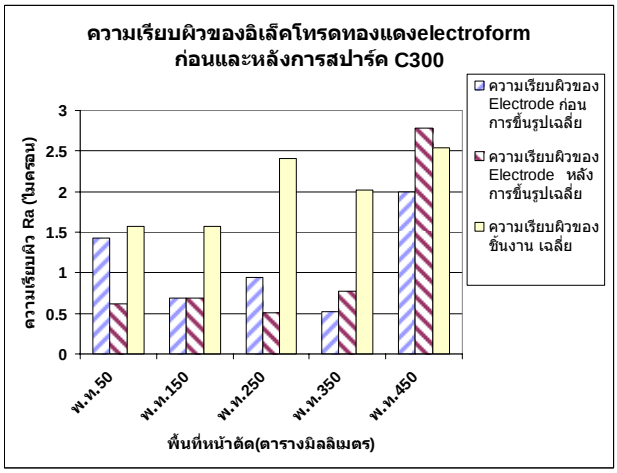
รูปที่ 10 ความเรียบผิวเฉลี่ยของอิเลคโทรดทองแดง Electroform ก่อนและหลังการสปาร์ค และความเรียบผิวของชิ้นงาน

จากรูปที่ 9 ก่อนการสปาร์คด้วยกลุ่มตัวแปร C190 อิเลคโทรดทองแดงที่ได้จากการรีดแต่ละชิ้น ซึ่งมีความเรียบผิวแตกต่างกัน แต่หลังจากการสปาร์คขึ้นรูปแล้ว พบว่าความเรียบผิวหลังการสปาร์คมีค่าใกล้เคียงกันประมาณ Ra=4 ไมโครเมตร ยกเว้นอิเลคโทรดที่มีขนาดพื้นที่หน้าตัด 50 ตารางมิลลิเมตร มีค่าความเรียบผิวสูงกว่าอิเลคโทรดขนาดอื่น ในขณะที่ความเรียบผิวของชิ้นงานเหล็กหลังสปาร์คมีค่า Ra ระหว่าง 8.5 ถึง 14.5 ไมโครเมตร โดยสังเกตได้ว่า ค่าความเรียบผิวของชิ้นงานหลังการสปาร์คหยาบ ด้วยกลุ่มตัวแปร C190 ไม่ขึ้นกับความเรียบผิวของอิเลคโทรดทองแดงรีดก่อนสปาร์ค ซึ่งมีผลการทดลองนี้ สอดคล้องกับการใช้อิเลคโทรดทองแดงจากกระบวนการ Electroform ในการสปาร์คชิ้นงาน ดังแสดงในรูปที่ 10 ส่วนความเรียบผิวของอิเลคโทรดทองแดง จะถูกผลของการสปาร์คปรับให้มีความเรียบใหม่หลังการสปาร์คใกล้เคียงกันมีค่าประมาณ Ra = 6 ไมโครเมตร

ในรูปที่ 11 แสดงการเปรียบเทียบความเรียบผิวของชิ้นงานเหล็กและความเรียบผิวของอิเลคโทรดทองแดงที่ได้จากจากการรีด ทั้งก่อนการสปาร์คและหลังการสปาร์ค ด้วยเงื่อนไขการสปาร์คตัวแปรกลุ่ม C300 ส่วนในรูปที่ 12 แสดงการเปรียบเทียบความเรียบผิวของชิ้นงานเหล็กหลังการสปาร์ค และความเรียบผิวของอิเลคโทรดทองแดงจากกระบวนการ Electroform ทั้งก่อนและหลังการสปาร์ค ด้วยเงื่อนไขการสปาร์คตัวแปรกลุ่ม C300



รูปที่ 11 ความเรียบผิวของอิเลคโทรดทองแดงรีดก่อนและหลังการสปาร์คและความเรียบผิวของชิ้นงาน



รูปที่ 12 ความเรียบผิวของอิเลคโทรดทองแดง Electroform ก่อนและหลังการสปาร์ค และความเรียบผิวของชิ้นงาน

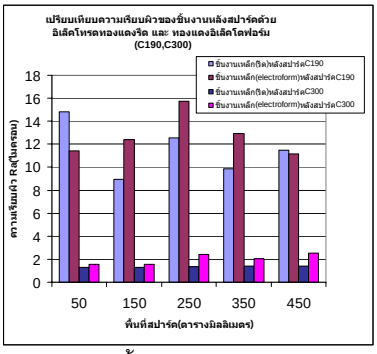
ผลการทดลองในรูปที่ 11 ซึ่งเป็นการสปาร์คละเอียดด้วยตัวแปร C300 พบว่าอิเลคโทรดทองแดงรีดแต่ละชิ้นที่มีพื้นที่หน้าตัดไม่เท่ากันจะมีความเรียบผิวก่อนการสปาร์คไม่เท่ากัน แต่ภายหลังการสปาร์คจะถูกปรับความเรียบผิวใหม่มีค่าประมาณ Ra= 0.4 ถึง 0.7 ไมโครเมตร ซึ่งจะคล้ายกับอิเลคโทรดทองแดงจากกระบวนการ electroform ดัง

แสดงในรูปที่ 12 ยกเว้นอิเลคโทรดที่มีพื้นที่หน้าตัด 450 ตารางมิลลิเมตร ที่มีค่าความเรียบผิวสูงกว่าชิ้นอื่นๆ ส่วนความเรียบผิวของชิ้นงานหลังสปาร์คมีความแตกต่างกันน้อยมาก โดยอิเลคโทรดทองแดงรีดจะมีความแตกต่างน้อยกว่าอิเลคโทรดทองแดงelectroform ซึ่งเมื่อเทียบกับกลุ่มตัวแปร C190 โดยจะเห็นได้ว่าความเรียบผิวของชิ้นงานไม่ขึ้นกับความเรียบผิวของอิเลคโทรดทองแดง ทั้งนี้เนื่องจากในการสปาร์คด้วยกลุ่มตัวแปร C190 ไฟฟ้าที่ใช้จะถูกปล่อยออกมาเป็นพัลซ์ ที่มีกระแสสูงเป็นเวลานาน แต่ความถี่ต่ำ ขณะที่การสปาร์คด้วยกลุ่มตัวแปร C300 ไฟฟ้าที่ใช้จะถูกปล่อยออกมาเป็นพัลซ์ ที่มีกระแสต่ำเป็นเวลาสั้นๆแต่ความถี่สูง ซึ่งทำให้ผิวชิ้นงานหลังสปาร์คมีความเรียบผิวขึ้นกับขนาดของกระแสไฟฟ้าและความถี่ที่ใช้ในการปล่อยกระแสไฟ โดยกระแสสูงจะทำให้ชิ้นงานเป็นหลุมลึก(ผิวหยาบ) ส่วนจำนวนหลุมจะขึ้นกับความถี่ที่ปล่อยกระแสไฟ ดังนั้นจึงสังเกตได้ว่าทั้งการสปาร์คด้วยตัวแปร C190 และตัวแปร C300 ความเรียบผิวของผิวชิ้นงานเหล็กหลังสปาร์คไม่ขึ้นกับความเรียบผิวของอิเลคโทรด แต่ขึ้นกับเงื่อนไขที่ใช้ในการสปาร์ค ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wong และคณะ [4] ที่ว่าค่ารูปร่างที่ต่างกันของพัลซ์ (pulse) ที่มีต่อความเรียบผิวเมื่อคิดค่าเฉลี่ยทุกชิ้นที่มีพื้นที่หน้าตัดแตกต่างกัน

ผลจากการวิจัยพบว่าในการสปาร์คหยาบด้วยเงื่อนไขC190โดยในการสปาร์คหยาบชิ้นงานเหล็กด้วยขั้วอิเลคโทรดทองแดงรีดมีค่าความเรียบผิวเฉลี่ยRa เท่ากับ 11.5317 ไมครอน และ ในการสปาร์คหยาบชิ้นงานเหล็กด้วยขั้วอิเลคโทรดทองแดงอิเลคโตรฟอร์มมีค่าความเรียบผิวเฉลี่ยRaเท่ากับ 12.7192 ไมครอน สำหรับในการสปาร์คละเอียดเงื่อนไขC300 สปาร์คชิ้นงานเหล็กด้วยขั้วอิเลคโทรดทองแดงรีดมีค่าความเรียบผิวเฉลี่ย Ra เท่ากับ 1.4331 ไมครอน และ ในการสปาร์คละเอียดชิ้นงานเหล็กด้วยขั้วอิเลคโทรดทองแดงอิเลคโตรฟอร์มมีค่าความเรียบผิวเฉลี่ย Ra เท่ากับ 2.0246 ไมครอน

รูปที่ 13 แสดงความเรียบผิวของชิ้นงานเหล็กหลังการสปาร์คภายใต้เงื่อนไข C190 และ C300 ด้วยอิเลคโทรดทองแดงรีดและอิเล็คโตฟอร์ม พบว่าเมื่อสปาร์คภายใต้เงื่อนไข C190 ด้วยอิเลคโทรดทองแดงรีด ค่าความเรียบผิวของชิ้นงานเหล็กหลังการสปาร์ค มีค่าความเรียบผิว Ra อยู่ในช่วง 8.94-14.83 ไมครอน เมื่อสปาร์คด้วยอิเลคโทรดทองแดงที่ทำจากอิเลกโตรฟอร์ม ความเรียบผิว Ra มีค่าอยู่ในช่วง 11.40 - 15.74 ไมครอน โดยแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงความเรียบผิวไม่ขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่หน้าตัดอิเลคโทรด

เมื่อสปาร์คภายใต้เงื่อนไข C300 ด้วยอิเลคโทรดทองแดงรีด ค่าความเรียบผิวของชิ้นงานเหล็กหลังการสปาร์ค มีค่าความเรียบผิว Ra อยู่ในช่วง 1.27-1.42 ไมครอน เมื่อสปาร์คด้วยอิเลคโทรดทองแดงที่ทำจากอิเลกโตรฟอร์ม ความเรียบผิว Ra มีค่าอยู่ในช่วง 1.57 - 2.54 ไมครอน โดยความเรียบผิวของชิ้นงานเหล็กหลังการสปาร์ค ด้วยอิเลคโทรดทองแดงที่ทำจากอิเลกโตรฟอร์ม จะสูงกว่าใช้อิเลคโทรดทองแดงรีด เล็กน้อยทุกการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่หน้าตัดอิเลคโทรด



รูปที่ 13 ความเรียบผิวของชิ้นงานเหล็กหลังสปาร์คด้วยเงื่อนไข C190 และ C300 ด้วยอิเลคโทรดทองแดงรีดและอิเล็คโตฟอร์ม

4 . สรุปผลการทดลอง

1.ความเรียบผิวของชิ้นงานเหล็กหลังสปาร์คไม่ขึ้นกับความเรียบผิวของอิเลคโทรดแต่ขึ้นกับเงื่อนไขที่ใช้ในการสปาร์ค

2. การสปาร์คโดยใช้เงื่อนไข C190 ด้วยทองแดงจากการรีดและทองแดงจากอิเลคโตรฟอร์มของอิเลคโทรดที่มีขนาดพื้นที่หน้าตัด 50-450 ตารางมิลิเมตร ได้ความเรียบผิวของชิ้นงานเหล็กมีค่า Ra แตกต่างกันมากที่สุด 5.6 และ 4.3 ไมครอน ตามลำดับ

3. การสปาร์คโดยใช้เงื่อนไข C300 ด้วยทองแดงจากการรีดและทองแดงจากอิเลคโตรฟอร์มของอิเลคโทรดที่มีขนาดพื้นที่หน้าตัด 50-450 ตารางมิลิเมตร ได้ความเรียบผิวของชิ้นงานเหล็กมีค่า Ra แตกต่างกันมากที่สุด 0.15 และ 0.97 ไมครอน ตามลำดับ

4. การสปาร์คโดยใช้เงื่อนไข C190 ได้ความเรียบผิว Ra ของอิเลคโทรดหลังการสปาร์คมีค่าสูงกว่าก่อนสปาร์ค ส่วนการสปาร์คโดยใช้เงื่อนไข C300 ความเรียบผิว Ra ของอิเลคโทรดมีค่าไม่แน่นอน อาจสูงหรือต่ำกว่าความเรียบผิวเดิม

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณสถาบันไทย-เยอรมัน ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Rennie, A.E.W, Bocking, C.E., Bennett, G.R., 2001, Electroforming of rapid prototyping mandrels for electro-discharge machining electrodes, Journal of Materials Processing Technology, Vol. 110, pp. 186-196.

[2] Yarlagadda, P.K.D.V., Christodoulou, P., Subramanian, V.S., 1999, Feasibility studies on the production of electro-discharge machining electrodes with rapid prototyping and the electroforming process, Journal of Materials Processing Technology, Vol. 89-90, pp. 231-237.

[3] ASTM B 946-06.

[4] Wong, K.P., Chanc, K.C., Yue, T.M., 1999, A study of surface finishing in pulse current electroforming of nickel by utilizing different shaped waveforms, Surface and Coatings Technology Vol.115, pp. 132-139.