3. ผลการทดลอง

3.1. การทดสอบสมบัติของรอยต่อที่ขึ้นกับกระบวนการต่อโลหะ

ผลการทดสอบแรงดึงของชิ้นงานทดสอบที่มีจำนวนอย่างละ 2 ชิ้น นำไปเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการคำนวณแรงดันน้ำที่เกิดขึ้นภายในถังน้ำที่มีระดับน้ำสูง 0.8 เมตร จากสมการที่ *1*

$$P = \rho g h \ (\mathrm{N/mm^2}) \tag{1}$$

โดยที่ ρ = ความหนาแน่นของน้ำคือ $1000\ kg/m^3$

g = แรงโน้มถ่วงของโลก คือ 9.81 m/s^2

h = ความสูงของระดับน้ำในถัง คือ 0.8 m

ผลที่ได้จาการคำนวณ คือ 0.007848 ($\mathrm{N/mm^2}$) สามรถนำค่าที่ได้ไปคำนวณค่าความเค้นที่เกิดขึ้นบริเวณตะเข็บหรือรอยที่ตำแหน่งส่วนที่ลึกสุดหรือก้นถังจากสมการที่ 2

$$\sigma = \frac{Pr}{t} \tag{2}$$

โดยที่ P = แรงดันน้ำภายในถังนะปริมาณน้ำสูง 0.8 เมตร คือ 0.007848 ($\mathrm{N/mm^2}$),

r =รัศมีของถังน้ำในที่นี้ ใช้ที่ 0.25 m, t = ความหนาของผนังหรือชิ้นงาน คือ 0.00065 m

ผลที่ได้จากการคำนวณความเค้นที่เกิดกับรอยประสานหรือMinimum Tensile Strength คือ 3.01846 ($\mathrm{N/mm^2}$) สามารถนำไปเปรียบเทียบกับผลการทดสอบแรงดึงจากตารางที่ 5

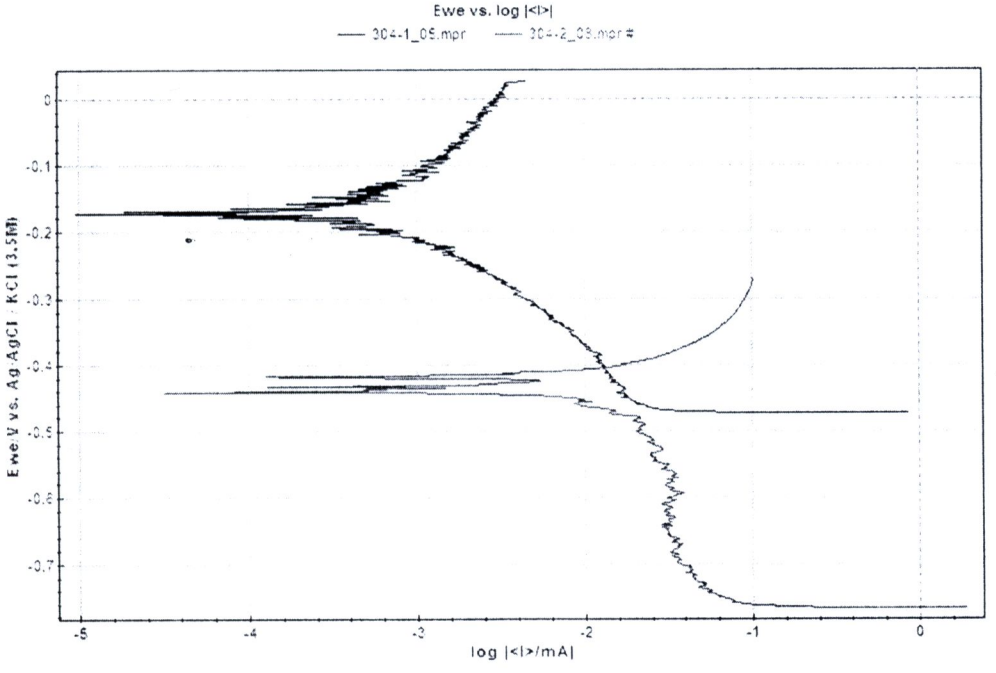
ตาราง 5 ผลการทดสอบแรงดึง

Group No.	No.	Minimum Tensile Strength($\mathrm{N/mm^2}$)	Tensile Strength($\mathrm{N/mm^2}$)	Comparison of Tensile Strength(Pass/Fail)
TIG Autogenous	1	3.01846	279.1799	Pass
	2		313.1568	Pass
TIG+ER308L	1		340.9388	Pass
	2		320.6743	Pass
Solder	1		50.10556	Pass
	2		58.12192	Pass

ผลการทดสอบแรงดึงในตารางที่ 4 ตัวอย่างทดสอบที่ผ่านการประกอบรอยต่อด้วนกระบวนการเชื่อมทิกทั้งไม่เติมโลหะเติม TIG Atogenous และเติมโลหะเติม TIG+ER 308L มีค่าความเค้นแรงดึงที่ใกล้เคียงกันและในส่วนของรอยเชื่อมประสานของกระบวนการบัดกรีมีค่าความเค้นแรงดึงต่ำสุด แต่ค่าความเค้นแรงดึงของชิ้นทดสอบทั้งสามประเภทมีค่าความเค้นแรงดึงมากกว่าค่าความเค้นที่เกิดขึ้นในภาชนะบรรจุน้ำหรือ Minimum Tensile Strength ดังนั้นการบวนการประกอบรอยต่อของภาชนะที่บรรจุน้ำสามารถใช้กระบวนการทั้งสองในการประกอบได้

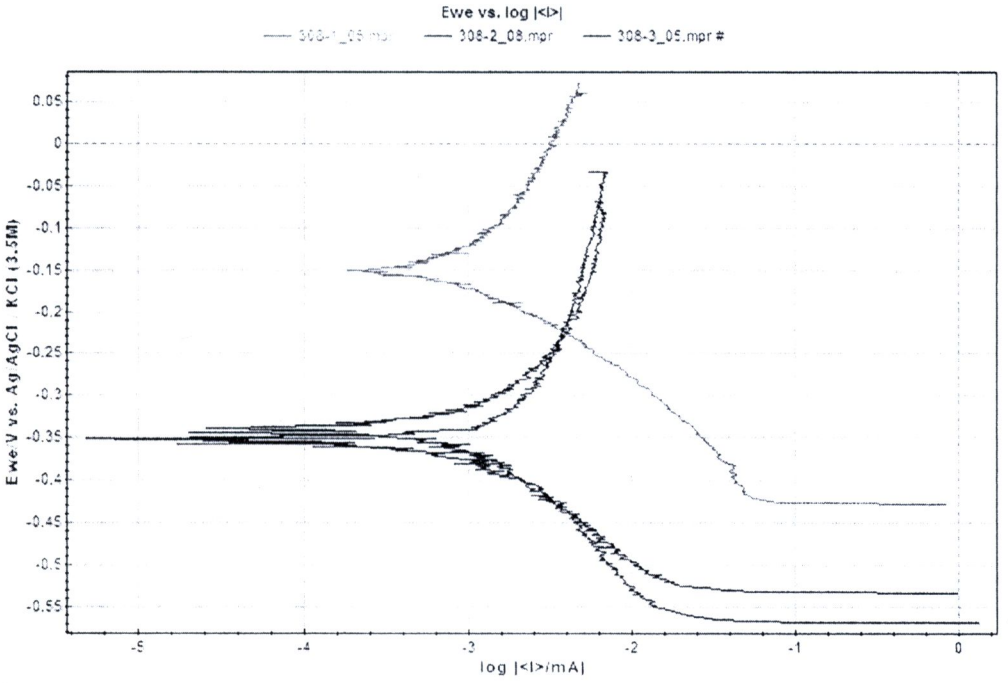
3.2. **การทดสอบการกัดกร่อนทำโดยวิธีโพเทนซิออไดนามิกโพลาไรเซชัน**

การทดสอบการกัดกร่อนด้วยเทคนิคโพเทนซิออไดนามิกส์ แสดงผลเป็นกราฟโพลาไรท์เซชัน (Polarization Curve) ที่บอกถึงพฤติกรรมการกัดกร่อนและอัตราการกัดกร่อนของตัวอย่างชิ้นทดสอบ TIG Autogenous ด้วยกระบวนการเชื่อมทิกไม่เติมโลหะเติม, TIG+308L กระบวนการเชื่อมทิกเติมโลหะเติม ER 308L และ Solderกระบวนการบัดกรีอ่อนด้วยโลหะบัดกรี Eutectic 157 PA บนรอยต่อของเหล็กกล้าไร้สนิม ดังรูป ที่ 5, 6, 7 ตามลำดับ

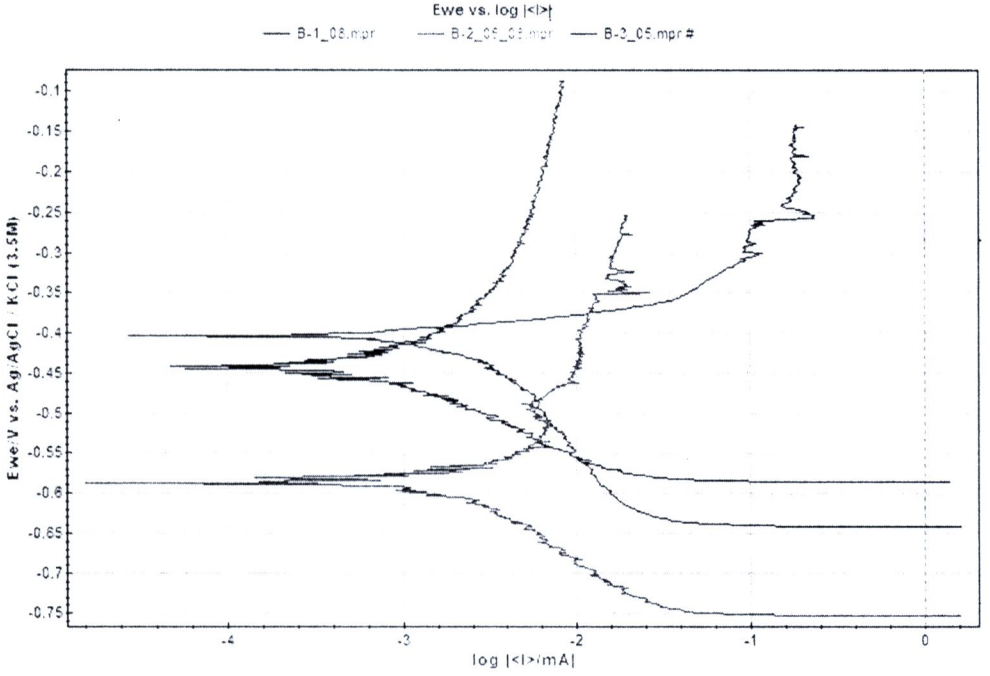


รูป 5 เส้นโค้งโพลาไรเซชัน (Polarization Curve) ของชิ้นทดสอบ TIG Autogenous (304)

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย



รูป 6 เส้นโค้งโพลาไรเซชัน (Polarization Curve) ของชิ้นทดสอบ TIG+308L (308)



รูป 7 เส้นโค้งโพลาไรเซชัน (Polarization Curve) ของชิ้นทดสอบ Solder (B)

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 29 ต.ค. 2555
เลขทะเบียน 249937
เลขเรียกหนังสือ

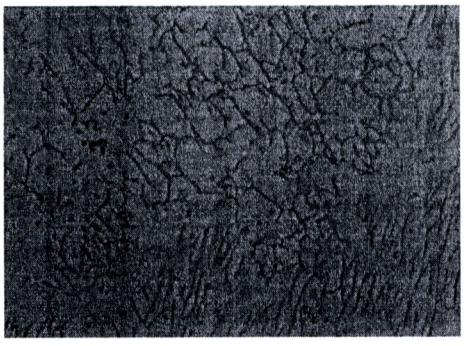
ผลของเส้นโค้งโพลาไรท์เซชันในรูปที่ 5, 6, 7 ที่แสดงค่าของความต่างศักย์ (E) ในแกนแนวตั้ง ที่แสดงถึงพฤติกรรมการการกัดกร่อนบนผิวของชิ้นทดสอบและ และค่า Log ของกระแสในแกนแนวนอนที่แสดงถึงอัตราการกัดกร่อนที่เกิดกับชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นทดสอบ โดยเส้นโค้งโพลาไรท์เซชันจะสนใจไปที่ค่าของ E_{corr} และ ค่า Log I_{corr} ซึ่งได้แสดงในตารางที่ 6

ตาราง 6 ตารางแสดงค่า E_{corr} และ I_{corr} ของตัวอย่างชิ้นงานทดสอบ

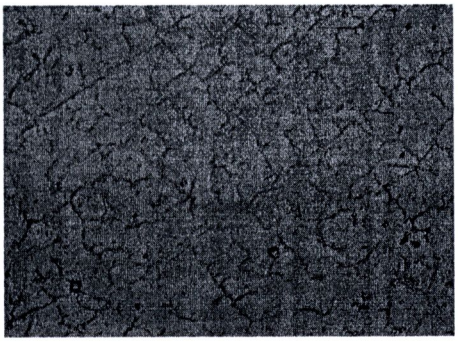
Name	test No.	E_{corr} (-mV)	I_{corr} (-uA/cm^2)
TIG+ER308L (308)	1	-152.3	1.289
	2	-385.2	1.281
	3	-343.2	1.593
Solder (B)	1	-445.3	0.928
	2	-585.4	2.169
	3	-404	2.353
TIG Autogenous (304)	1	-167.6	6.025
	2	-428.6	6.205

3.3. การทดสอบความไวต่อการเกิดการกัดกร่อนที่ขอบเกรน

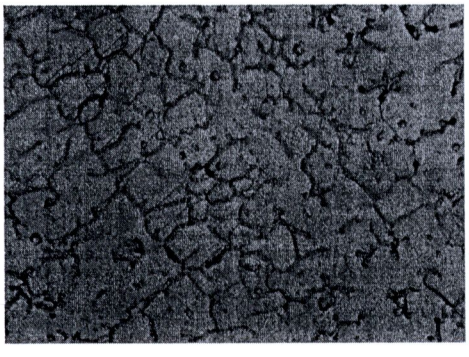
ผลของโครงสร้างจุลภาคจากการทดสอบด้วย Oxalic Acid Test ได้ผลเป็นภาพโครงสร้างจุลภาคที่มีลักษณะแตกต่างกันตามปริมาณของส่วนผสม ดังรูปที่ 8 (ก-ฉ) ตามสัดส่วนการเจือจางระหว่าง AISI 304: ER 309L, 100:0, 80:20, 60:40, 40:60, 20:80, 0:100 ตามลำดับ



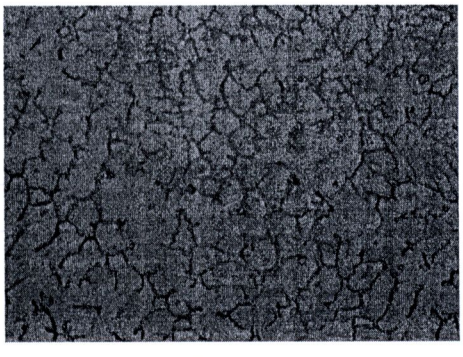
(ก) 0:100 (100% AISI 304)



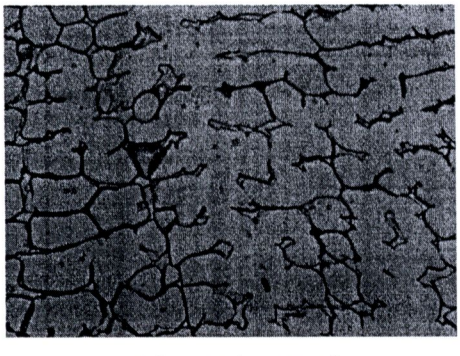
(ข) 80:20 (20% 309L)



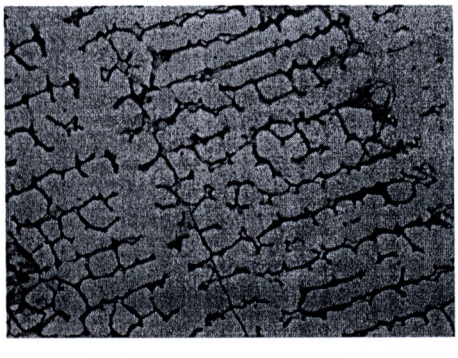
(ค) 60:40 (40%309L)



(ง) 40:60 (60%309L)



(จ) 20:80 (80%309L)



(ฉ) 0:100 (100% ER309L)

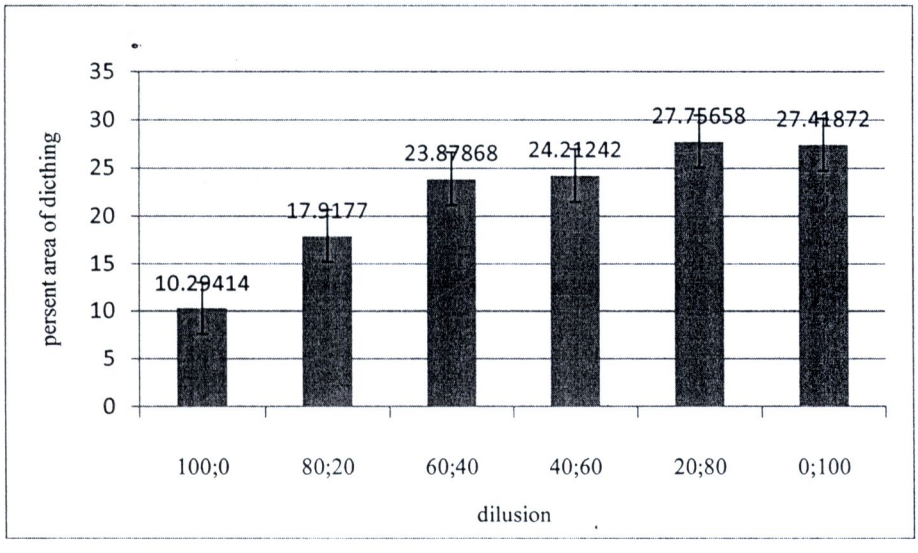
รูป 8 รูปโครงสร้างจุลภาคของโลหะเชื่อมหลอมแม่พิมพ์ทองแดง หลังการกัดกรดออกซาลิก 10 % เป็นเวลา 1.5 นาที ใช้กระแส 1.5 Am/cm^2 ด้วยกำลังขยาย 500X ในรูปที่ (ก) เป็นรูปโครงสร้าง Lathy Ferrite ชิ้นทดสอบ 100:0 รูป (ข, ค, ง) เป็นรูปโครงสร้าง Skeletal Ferrite – Lathy Ferrite ของชิ้นทดสอบ 80:20, 60:40, 60:40 และรูป (จ, ฉ) เป็นโครงสร้าง Skeletal Ferrite ของชิ้นทดสอบ 20:80, 0:100 ตามลำดับ [8]

จากรูปโครงสร้างจุลภาค ในรูปที่ 8 (ก) มีลักษณะโครงสร้างจุลภาคเป็น Lathy Ferrite ซึ่งโครงสร้างจุลภาคลักษณะนี้เกิดจากรูปแบบการแข็งตัวของโครงสร้างแบบ FA Mode ที่มีอัตราการเย็นตัวสูง [8] เนื่องจากเป็นโลหะเชื่อมที่มีอัตราส่วนการเจือจาง 100:0 หรือมีแต่โลหะชิ้นงาน (กรณีที่เชื่อมไม่เติมลวดหรือ Autogeneous) ในขณะที่รูปโครงสร้างในรูป 8 (ข – ง) มีลักษณะโครงสร้าง Skeletal Ferrite เกิดขึ้นและ Lathy Ferrite ลดลงเป็นผลมาจาก ปริมาณโครเมียมที่เพิ่มขึ้นจากโลหะเติม ER309L หรืออัตราการเจือจางของโลหะพื้นน้อยลงนั่นเอง รูป (จ-ฉ) มีลักษณะโครงสร้างจุลภาคเป็น

Skeletal Ferrite เป็นผลจากปริมาณโครเมียมที่เพิ่มมากขึ้นมากกว่า 60 % จากการเจือจางของโลหะเติม 309L มีพื้นที่ของ Dark Ditch ที่มีพฤติกรรมการกัดกร่อนที่รุนแรงขึ้น

3.4. การวัดที่พื้นที่การเกิด Ditched

ในการทดสอบความไวของการเกิดการกัดกร่อนที่ขอบเกรนด้วยกรดออกซาลิก 10% ที่ได้ผลโครงสร้างจุลภาคในรูปที่ 8 นำมาประมาณค่าพื้นที่ของ Ditching ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้ผลในรูปที่ 9

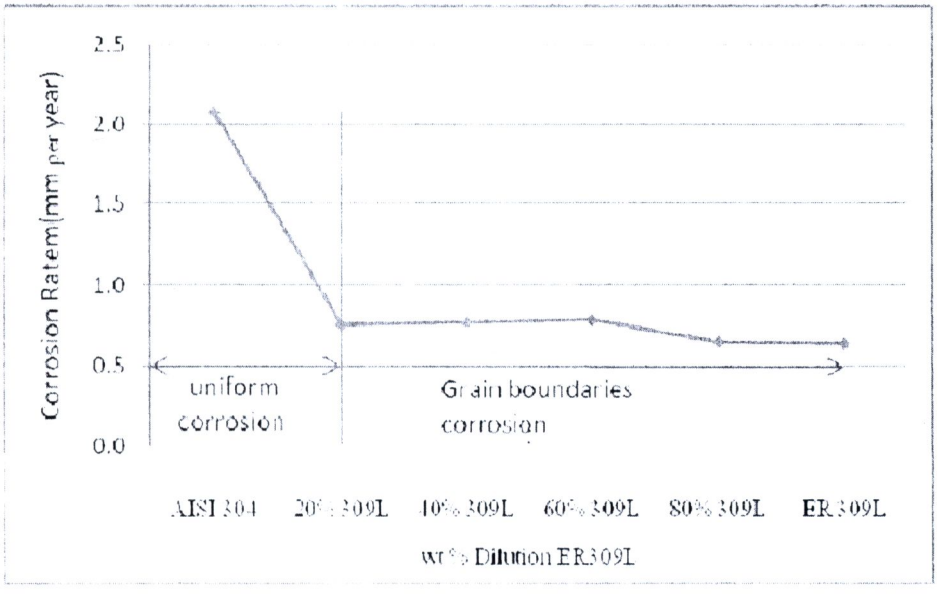


รูป 9 เปอร์เซ็นต์พื้นที่ของการกัดกร่อนที่ขอบเกรน (Percent Area of Ditching) ของตัวอย่างชิ้นงานทดสอบ

ปริมาณพื้นที่ Ditched Area จากการประมาณค่าด้วยโปรมแกรมคอมพิวเตอร์ ในชิ้นทดสอบ 100:0 มีค่าปริมาณพื้นที่ Ditched Areas ต่ำสุด เมื่อมีปริมาณของโครเมียมที่สูงขึ้นและอัตราการเย็นตัวที่ต่ำลงในชิ้นทดสอบ 80:20, 60:40, 40:60 เกิดโครงสร้าง Skeleton Ferrite ส่งผลให้ Ditched Area มีปริมาณเพิ่มขึ้นมาอยู่ในระดับกลาง ในชิ้นทดสอบที่มีการเจือจางของ ER 309L มากว่า 80% (20:80, 0:100) ให้ปริมาณ Ditched Area ในระดับสูงจากลักษณะของโครงสร้าง Skeleton Ferrite

3.5. การทดสอบการกัดกร่อนตามขอบเกรน

การทดสอบการ Weight Loss ด้วยการต้มเดือดด้วย Ferric Sulfate - Sulfuric Acid Solution ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 9

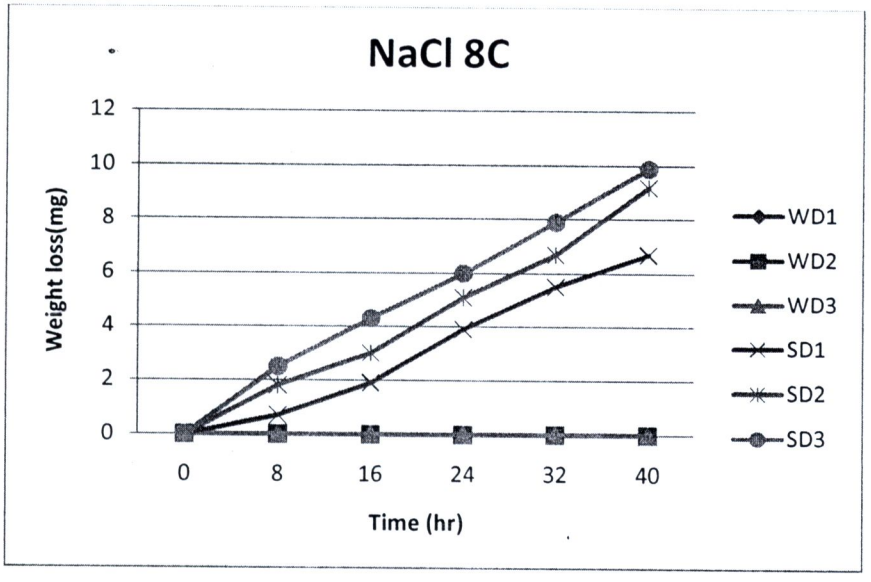


รูป 10 อัตราการกัดกร่อนของโลหะเชื่อมในแม่พิมพ์ทองแดง

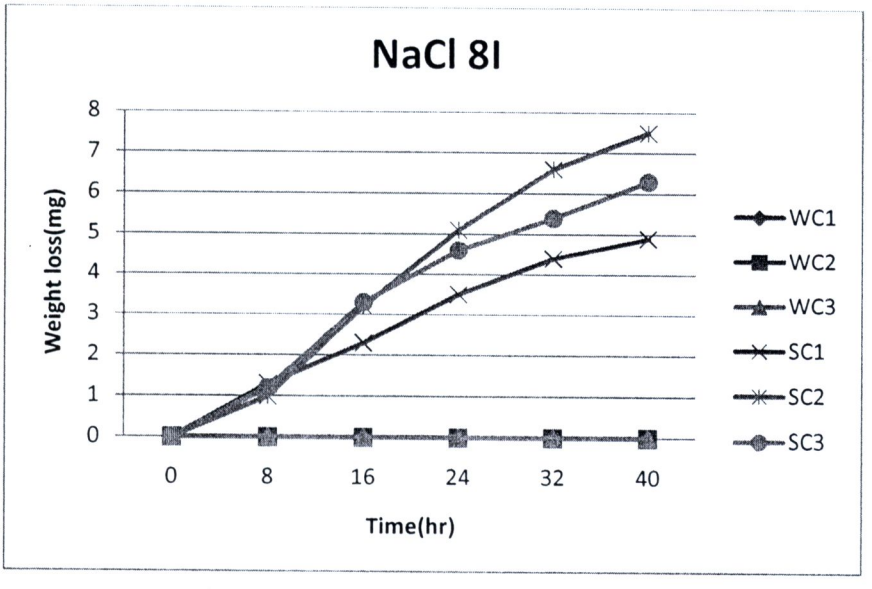
ผลของอัตราการกัดกร่อนในรูปที่ 10 ให้ผลตรงกันข้ามการกับค่าประมาณของ Ditched Area อัตราการกัดกร่อนของตัวอย่างชิ้นทดสอบการต้านทานการกัดกร่อน ชิ้นทดสอบ 100:0 (AISI 304) เมื่อดูโครงสร้างจุลภาคในรูปที่ 8 (ก) เกิดโครงสร้าง Lathy Ferrite ที่กระจัดกระจายทั่วพื้นผิว รูปร่างเป็นเส้นและมีขนาดเล็กทั่วพื้นผิวหน้า ทำให้ชิ้นทดสอบ 100:0 แสดงปริมาณการกัดกร่อนปริมาณสูง เมื่อชิ้นทดสอบที่มีการเจือจางของ ER 309L (20:80, 60:40, 40:60) แสดงอัตราการกัดกร่อนลดลง เป็นผลเนื่องมาจาก ปริมาณโครเมียมที่เพิ่มขึ้น และปริมาณคาร์บอนที่ลดลง จากการเพิ่มปริมาณของ ER 309L ส่งผลให้ปริมาณการกัดกร่อน และการเพิ่มขึ้นของสัดส่วน ER309L ที่มากกว่า 60% ในชิ้นทดสอบ 20:80, 0:100 แสดงอัตราการกัดกร่อนที่ปริมาณต่ำสุดจากลักษณะโครงสร้างที่เป็น Skeleton Ferrite ที่มีลักษณะการกัดกร่อนแบบเฉพาะที่

3.6. การทดสอบการกัดกร่อนภายใต้การจำลองแบบสภาวะการใช้งาน

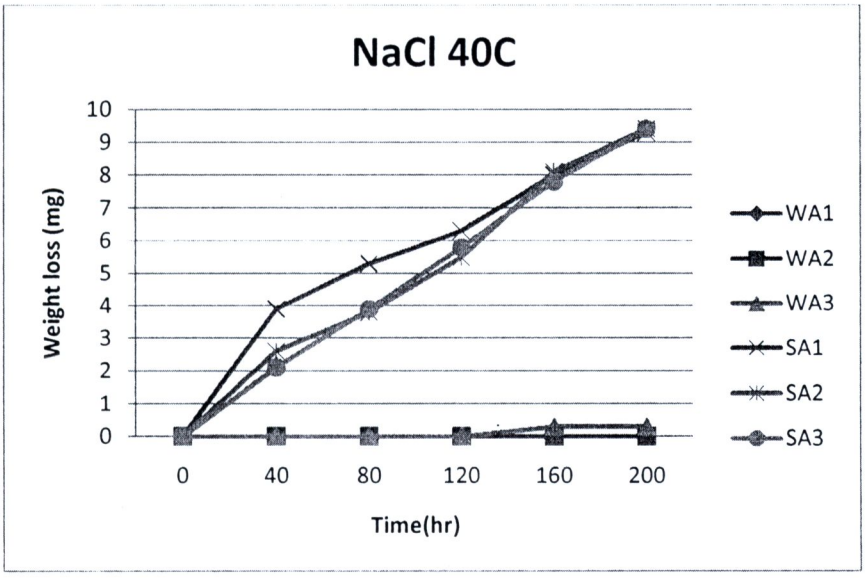
ผลการทดสอบการกัดกร่อนการสูญเสียน้ำหนัก ของรอยประสานบนรอยต่อของเหล็กกล้าไร้สนิม ของกลุ่มชิ้นทดสอบของรอยต่อจากกระบวนการเชื่อมทิกเติมโลหะป้อนเติม ER 308L ชิ้นทดสอบของรอยต่อจากการบัดกรีอ่อน ได้ผลการสูญเสียน้ำหนักที่ของชิ้นทดสอบที่ผ่านการต้มในสภาวะสารละลายโซเดียมคลอไรด์ และสภาวะสารละลายกรดอะซิติก ทั้ง 2 ชนิด แสดงผลการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักชิ้นงานทดสอบ ที่แสดงพฤติกรรมการกัดกร่อนของชิ้นงาน โดยปริมาณน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงของชิ้นทดสอบ บ่งบอกให้เห็นถึงการเกิดการกัดกร่อนของชิ้นงานทดสอบไว้ ในรูปที่ 11-14 กราฟการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของชิ้นทดสอบในสภาวะสารละลายโซเดียมคลอไรด์ และรูปที่ 15-18 กราฟการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของชิ้นทดสอบในสภาวะสารละลายกรดอะซิติก



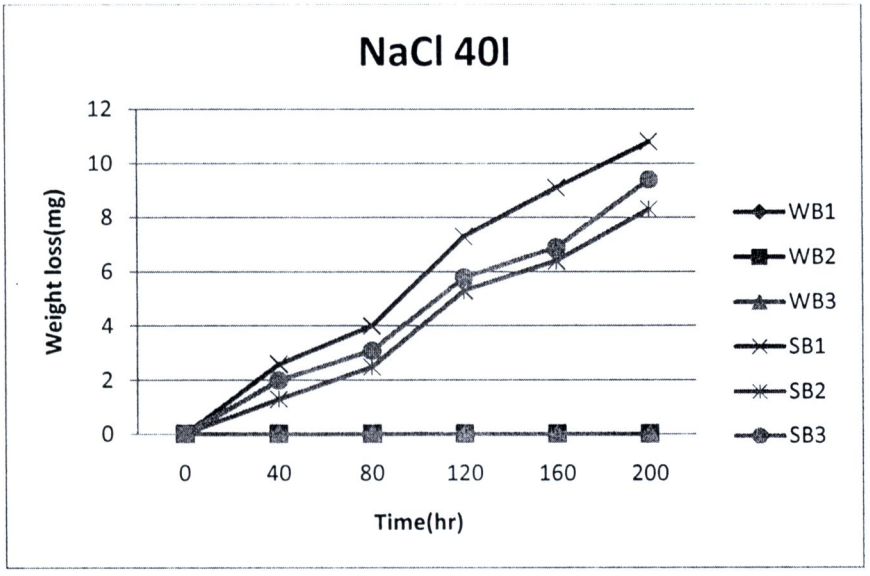
รูป 11 กราฟการสูญเสียน้ำหนักกลุ่มชิ้นทกสอบในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 8 ชั่วโมง (ต้ม-ล้าง)



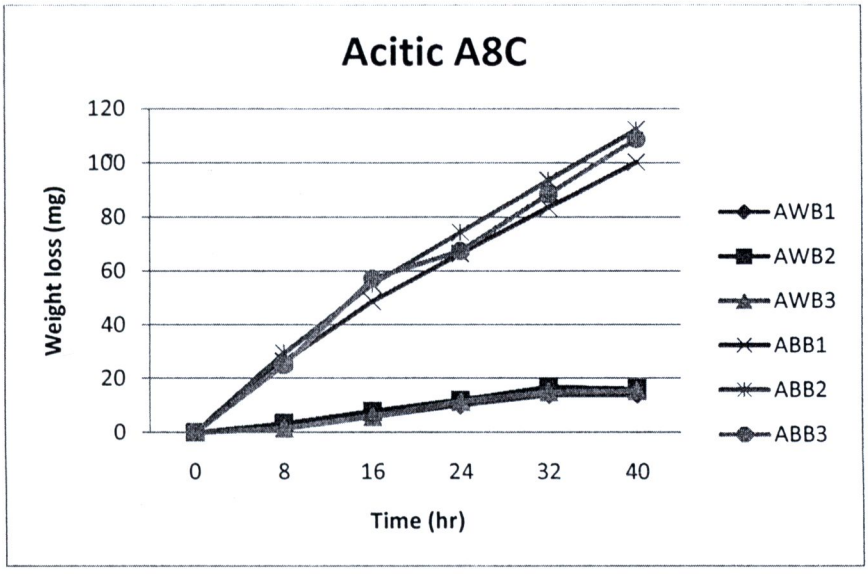
รูป 12 กราฟการสูญเสียน้ำหนักกลุ่มชิ้นทกสอบในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 8 ชั่วโมง (ต้ม-แช่-ล้าง)



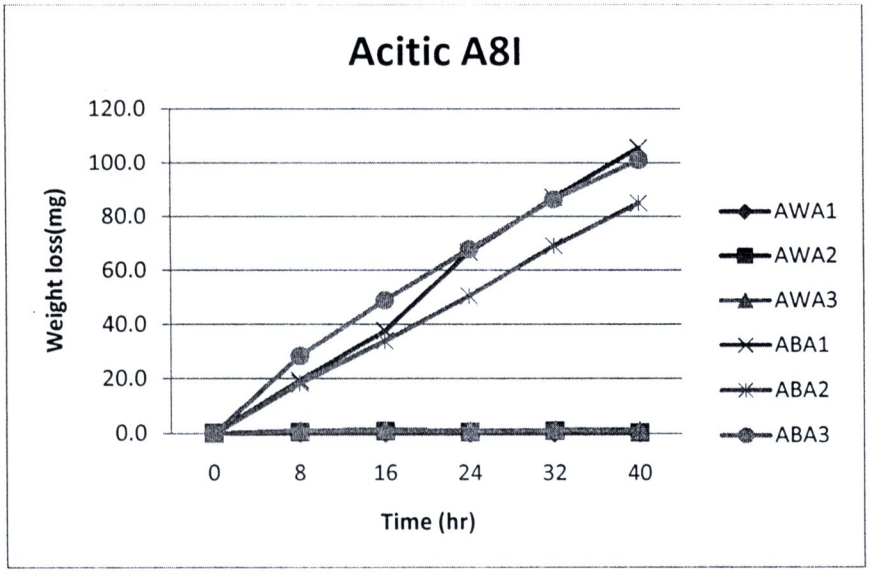
รูป 13 กราฟการสูญเสียน้ำหนักกลุ่มชิ้นทกสอบในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 40 ชั่วโมง (ต้ม-ล้าง)



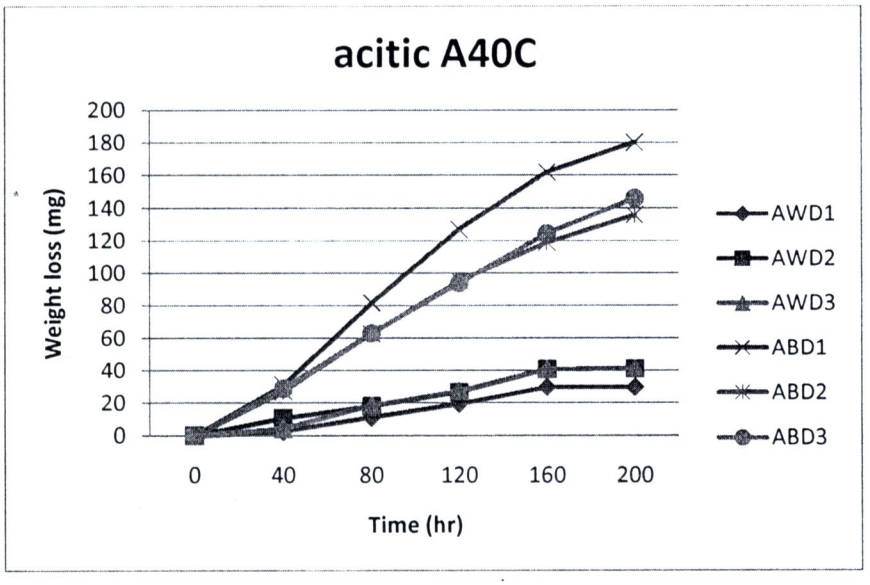
รูป 14 กราฟการสูญเสียน้ำหนักกลุ่มชิ้นทกสอบในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 40 ชั่วโมง (ต้ม-แช่-ล้าง)



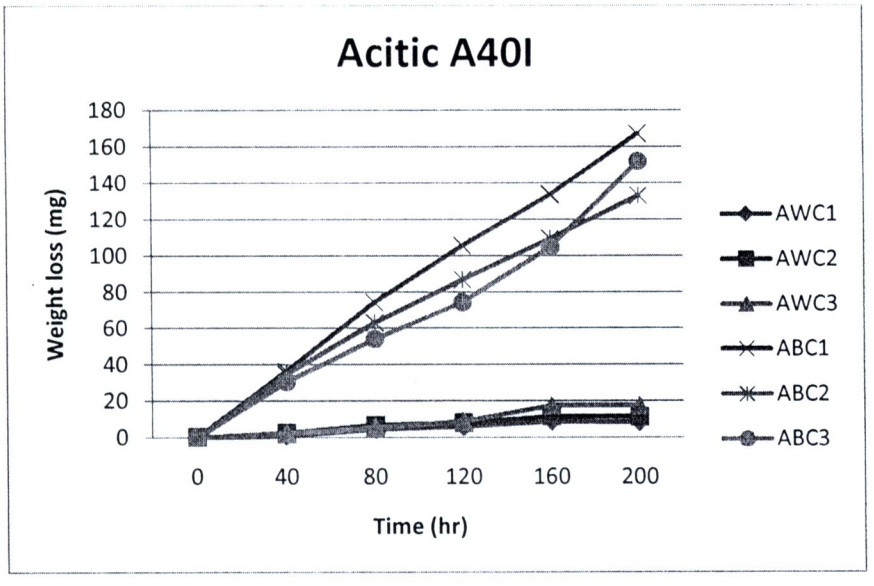
รูป 15 กราฟการสูญเสียน้ำหนักกลุ่มชิ้นทกสอบในสารละลายกรดอะซิติก 8 ชั่วโมง (ต้ม-ล้าง)



รูป 16 กราฟการสูญเสียน้ำหนักกลุ่มชิ้นทกสอบในสารละลายกรดอะซิติก 8 ชั่วโมง (ต้ม-แช่-ล้าง)



รูป 17 กราฟการสูญเสียน้ำหนักกลุ่มชิ้นทกสอบในสารละลายกรดอะซิติก 40 ชั่วโมง (ต้ม-ล้าง)



รูป 18 กราฟการสูญเสียน้ำหนักกลุ่มชิ้นทกสอบในสารละลายกรดอะซิติก 40 ชั่วโมง (ต้ม-แช่-ล้าง)