

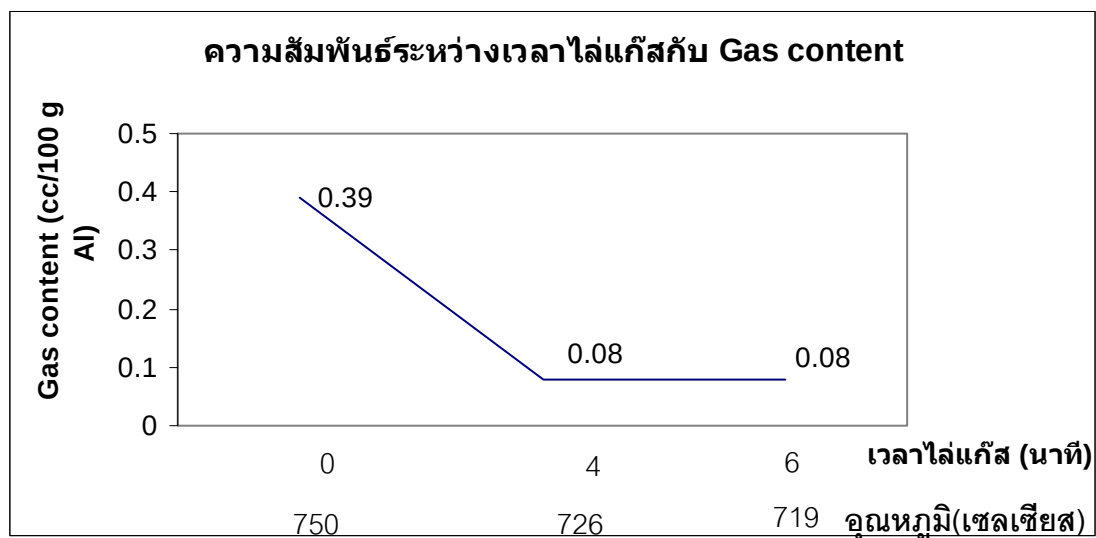
บทที่ 4

ผลของการวิจัย

ผลของการวิจัยจะประกอบไปด้วย ผลของเวลาการไล่แก๊สต่อปริมาณไฮโดรเจนในน้ำอลูมิเนียม, ผลของเวลาในการไล่แก๊สต่ออุณหภูมิของน้ำอลูมิเนียม, ผลปริมาณของไฮโดรเจนในน้ำอลูมิเนียมต่อการเกิดปริมาณไฮโดรเจนในชิ้นงานและปริมาณไฮโดรเจนในชิ้นงานต่อค่า Ultimate tensile strength และ % Elongation และผลของอายุที่สามารถทนความล้าได้ที่ระดับปริมาณไฮโดรเจนที่ต่ำ

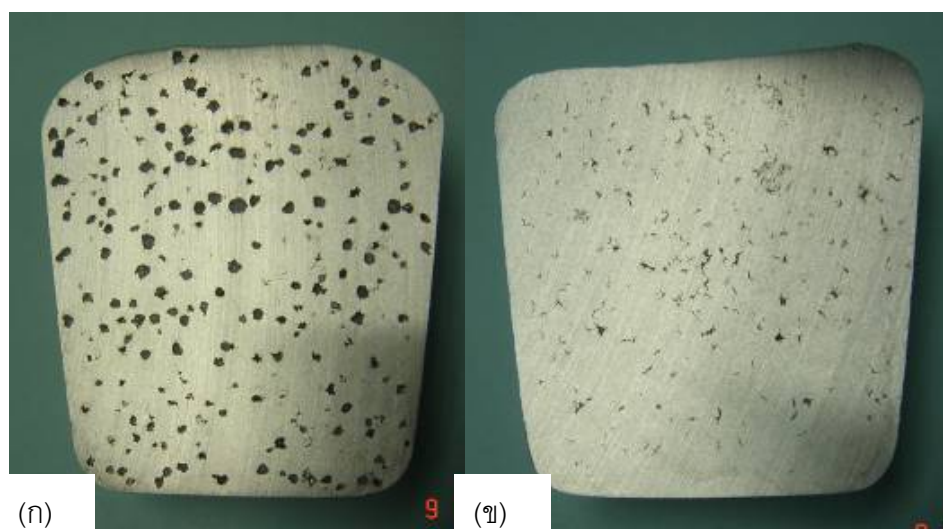
4.1 ผลของเวลาการไล่แก๊สต่อปริมาณไฮโดรเจนในน้ำอลูมิเนียม

ผลจากการทดลองกระบวนการไล่แก๊สโดยใช้ตัวโรเตอร์ที่มีใบพัดที่ปลาย แล้วทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการไล่แก๊สกับปริมาณแก๊สไฮโดรเจนในน้ำอลูมิเนียมซึ่งจะพบว่าเมื่อทำการวัดปริมาณของแก๊สไฮโดรเจนในน้ำอลูมิเนียมจากเตาหลอมก่อนเริ่มการไล่แก๊ส (ที่เวลา 0 นาทีของการไล่แก๊ส) ซึ่งจะพบว่าค่าปริมาณของแก๊สไฮโดรเจนอยู่ที่ 0.39 ซีซี ต่อ 100 กรัม อลูมิเนียม หลังจากทำการไล่แก๊สไปเป็นเวลา 4 นาที จะพบว่าค่าปริมาณของแก๊สไฮโดรเจนอยู่ที่ 0.08 ซีซี ต่อ 100 กรัม อลูมิเนียม แต่เมื่อทำการไล่แก๊สต่อไปเรื่อยจนถึง 6 นาที จะพบว่าค่าปริมาณของแก๊สไฮโดรเจนอยู่ที่ 0.08 ซีซี ต่อ 100 กรัม อลูมิเนียม ซึ่งเท่ากับที่ใช้เวลาในการไล่แก๊ส 4 นาที ซึ่งหมายความว่าหลังจากการไล่แก๊ส 4 นาที จะไม่ทำให้ปริมาณของแก๊สไฮโดรเจนลดลงไปมากกว่านี้ดังกราฟที่แสดงในภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการไล่แก๊ส อุณหภูมิอุณหภูมิเนี่ยมกับ ปริมาณแก๊สไฮโดรเจนในน้ำอลูมิเนียม



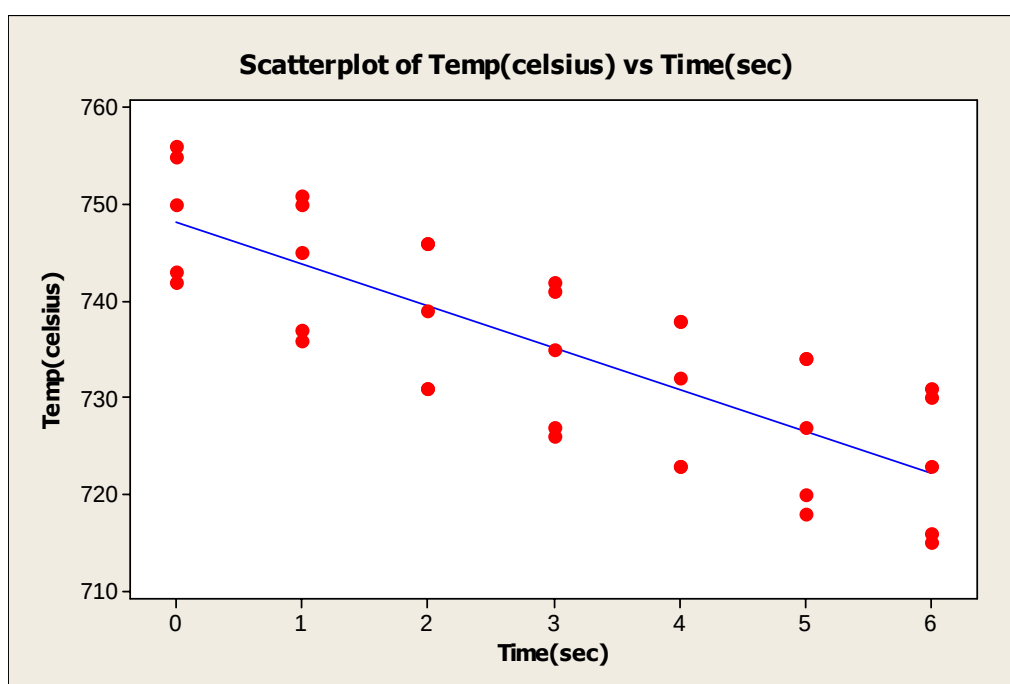
ภาพที่ 4.2

ปริมาณไฮโดรเจนในน้ำอลูมิเนียมที่กระบวนการไล่แก๊ส

(ก) 0.39 ซีซีต่อ 100 กรัมอลูมิเนียม และ (ข) 0.08 ซีซีต่อ 100 กรัมอลูมิเนียม

4.2 ผลของเวลาในการไล่แก๊สต่ออุณหภูมิของน้ำอลูมิเนียม

ผลการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการไล่แก๊สกับอุณหภูมิของน้ำอลูมิเนียมจะพบว่าเมื่อ อุณหภูมิของอลูมิเนียมในเบ้าในขณะที่ทำการไล่แก๊สจะลดลงประมาณ 4-6 องศาเซลเซียสต่อนาที โดยที่อุณหภูมิของอลูมิเนียมก่อนเริ่มทำการไล่แก๊สจะอยู่ที่ 742-755 องศาเซลเซียส หลังจากการไล่แก๊ส 6 นาที อุณหภูมิของอลูมิเนียมจะอยู่ที่ 715-731 องศาเซลเซียส ดังกราฟที่แสดงในภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการไล่แก๊สกับอุณหภูมิของน้ำอลูมิเนียม

4.3 ผลปริมาณของไฮโดรเจนในน้ำอลูมิเนียมต่อการเกิดปริมาณไฮโดรเจนในชิ้นงาน

ผลการทดลองเมื่อทำการทดลองเปลี่ยนระดับของปริมาณไฮโดรเจนในน้ำอลูมิเนียมที่ระดับต่างๆแล้วทำการหล่อด้วยระดับแรงดันลมในการระบายความร้อนที่ 3 บาร์และ 4 บาร์จะให้ผลของค่า Ultimate tensile strength และ % Elongation ดังค่าที่แสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1

ค่าของ Ultimate Tensile strength, %Elongation และ ปริมาณไฮโดรเจนในชิ้นงานหล่อ
ที่ปริมาณไฮโดรเจนในน้ำอลูมิเนียมที่ระดับต่างๆ ภายใต้ความดันในการระบายความร้อน
ที่ 3 บาร์ และ 4 บาร์

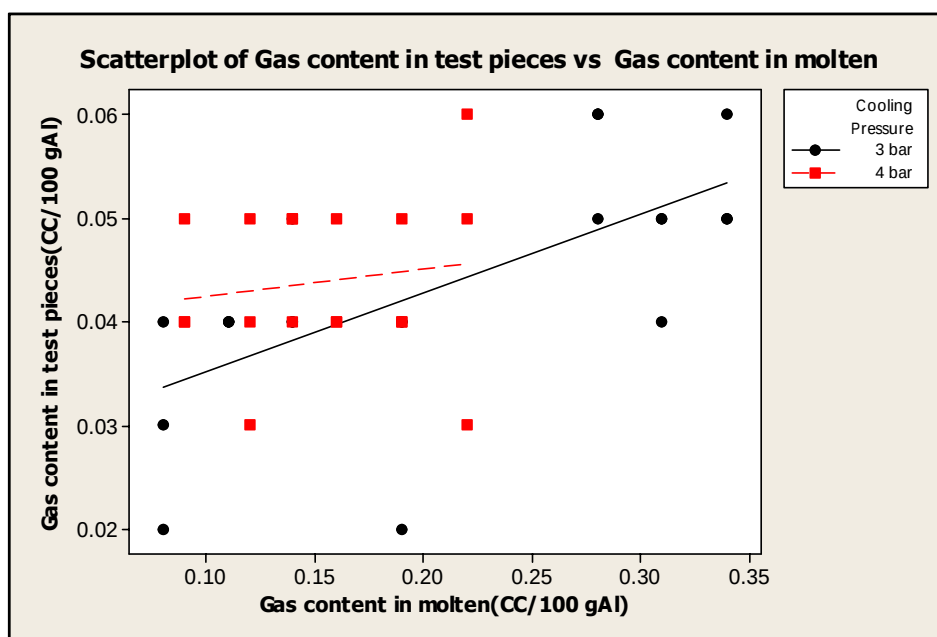
ปริมาณ ไฮโดรเจนใน น้ำอลูมิเนียม (cc/100 gAl)	แรงดันลมที่ใช้ ในการระบาย ความร้อน (bar)	ค่าความแข็งแรงดึง สูงสุด (Ultimate tensile strength ; MPa)	เปอร์เซ็นต์การ ยืดตัว (% Elongation)	ปริมาณ ไฮโดรเจนใน ชิ้นงานหล่อ ที่ทน สอบแรงดึง (cc/100 gAl)
0.08	3	183.049	6.53	0.040
0.08	3	186.875	7.33	0.020
0.08	3	180.956	6.63	0.030
0.11	3	173.138	6.47	0.040
0.11	3	177.557	7.26	0.040
0.11	3	179.546	7.7	0.040
0.14	3	177.44	7.1	0.050
0.14	3	175.947	6.3	0.040
0.14	3	180.116	6.33	0.040
0.19	3	178.139	5.73	0.020
0.19	3	174.009	5.6	0.040
0.19	3	169.909	4.73	0.040
0.28	3	174.109	6.03	0.060
0.28	3	166.094	5.43	0.060
0.28	3	172.372	6.13	0.050
0.31	3	171.04	6.56	0.050
0.31	3	162.2	4.9	0.050
0.31	3	174.2	7.4	0.040
0.34	3	163.357	5.5	0.050

0.34	3	172.18	5.83	0.060
0.34	3	179.81	6.73	0.050
0.09	4	180.228	6.83	0.050
0.09	4	186.633	7.73	0.040
0.09	4	190.836	5.97	0.040
0.12	4	178.388	5.97	0.040
0.12	4	185.669	7	0.030
0.12	4	182.268	6.7	0.050
0.14	4	171.411	4.77	0.040
0.14	4	174.618	5.77	0.050
0.14	4	178.878	6.17	0.050
0.16	4	172.441	6.7	0.040
0.16	4	172.847	7.37	0.040
0.16	4	175.416	7	0.050
0.19	4	167.012	6.07	0.040
0.19	4	162.454	5.9	0.040
0.19	4	164.309	6.27	0.050
0.22	4	167.821	6.2	0.030
0.22	4	167.805	5.9	0.050
0.22	4	154.379	4.26	0.060

จากผลการทดลองเราทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไฮโดรเจนในน้ำ อลูมิเนียมกับปริมาณไฮโดรเจนในชิ้นงานที่ใช้ทดสอบแรงดึงเราจะพบความสัมพันธ์ดังกราฟที่แสดงในภาพที่ 4.3 โดยที่เมื่อปริมาณไฮโดรเจนในน้ำอลูมิเนียมสูงขึ้นจะส่งผลให้ปริมาณไฮโดรเจนในชิ้นงานเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ไม่ว่าความดันในการระบายความร้อนที่ 3 บาร์ และ 4 บาร์ แต่ที่ 3 บาร์ จะส่งผลให้ปริมาณรูพรุนในชิ้นงานที่เพิ่มในชิ้นงานที่น้อยกว่า โดยเหตุผลที่ต้องทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไฮโดรเจนในน้ำอลูมิเนียมกับปริมาณไฮโดรเจนในชิ้นงาน เนื่องจากปริมาณไฮโดรเจนในชิ้นงานเป็นตัวที่มีผลกระทบโดยตรงกับผลของแรงดึง แต่ปริมาณไฮโดรเจนในน้ำอลูมิเนียมเป็นตัวแปรของกระบวนการผลิตที่ส่งผลให้เกิดปริมาณไฮโดรเจนในชิ้นงาน แต่ก็ยังมี

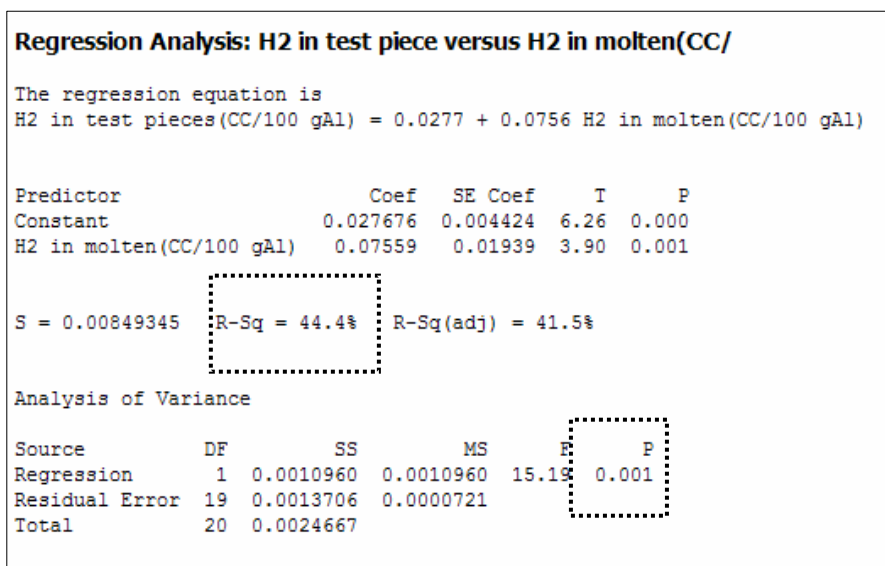
ผลกระทบที่เกิดเนื่องปริมาณแรงดันลมที่ใช้ในการระบายความร้อนอีกตัวแปรหนึ่งที่จะให้ปริมาณไฮโดรเจนในชิ้นงานเกิดมากหรือน้อย

เมื่อทำการพลอตกราฟหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไฮโดรเจนในน้ำอลูมิเนียมกับปริมาณไฮโดรเจนในชิ้นงานหล่อที่แรงดันในการระบายความร้อนที่ 3 บาร์ และ 4 บาร์ เราจะได้กราฟดังที่แสดงในภาพที่ 4.4 และ เมื่อนำมาวิเคราะห์รายละเอียดความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไฮโดรเจนในน้ำอลูมิเนียมกับปริมาณไฮโดรเจนในชิ้นงานหล่อจะพบว่าที่แรงดันในการระบายความร้อนที่ 3 บาร์ จะให้ความสัมพันธ์กัน โดยดูจากค่า P ซึ่ง $P = 0.001$ มีค่าน้อยกว่า 0.05 ส่วนค่าของ R-square(S-sq) = 44.4% ดังค่าที่แสดงในภาพที่ 4.5 ส่วนแรงดันในการระบายความร้อนที่ 4 บาร์ จะไม่มีความสัมพันธ์เนื่องจากค่า $P = 0.558$ ซึ่งมากกว่า 0.05 โดยที่ค่าของ R-square(S-sq) = 2.2 % ดังค่าที่แสดงในภาพที่ 4.6



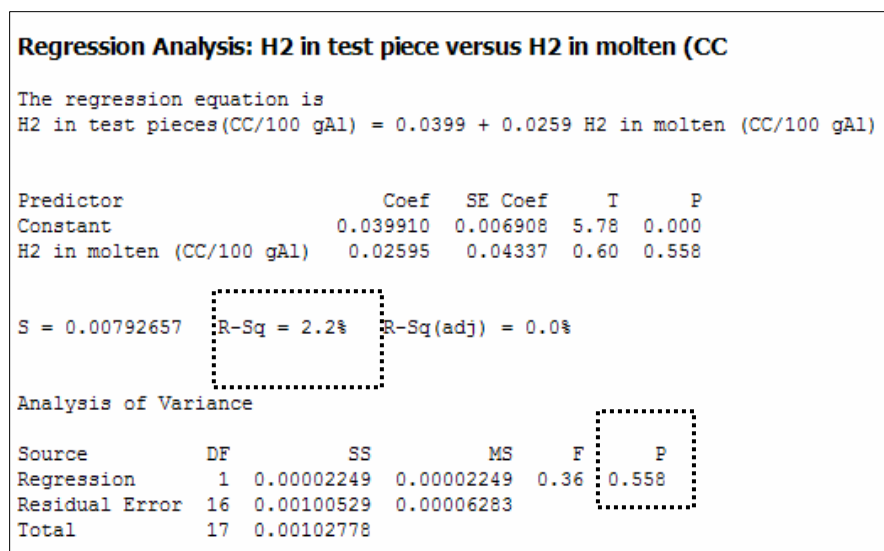
ภาพที่ 4.4

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไฮโดรเจนในน้ำอลูมิเนียมกับปริมาณไฮโดรเจนในชิ้นงาน ที่แรงดันลมของการระบายความร้อนที่ 3 บาร์กับ 4 บาร์



ภาพที่ 4.5

ผลการวิเคราะห์ห้สมการถดถอยจากโปรแกรม Minitab
 ที่แรงดันลมของการระบายความร้อนที่ 3 บาร์



ภาพที่ 4.6

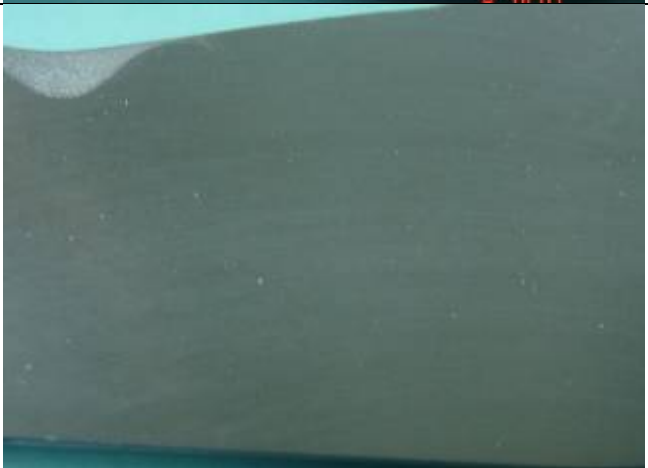
ผลการวิเคราะห์ห้สมการถดถอยจากโปรแกรม Minitab
 ที่แรงดันลมของการระบายความร้อนที่ 4 บาร์

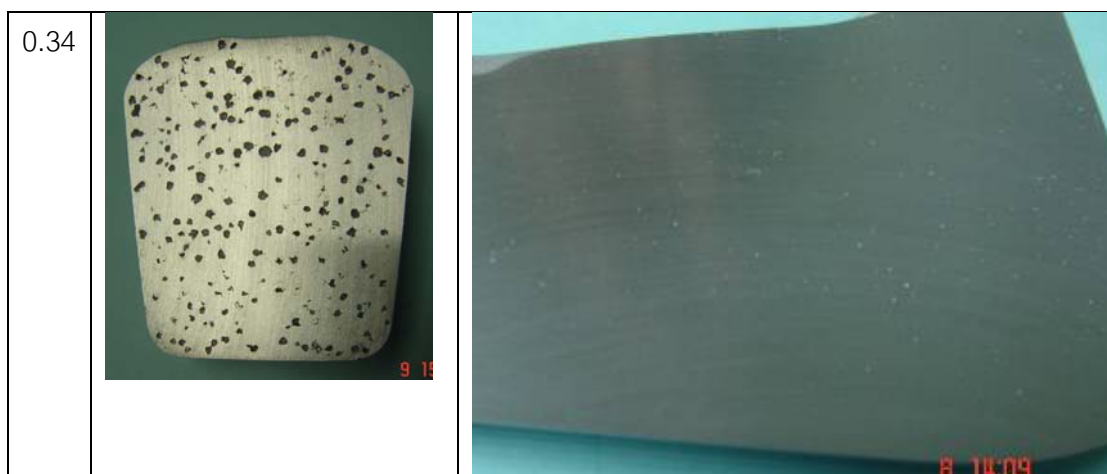
เมื่อเราทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไฮโดรเจนในน้ำอลูมิเนียมกับปริมาณไฮโดรเจนในชิ้นงานหล่อจะเป็นไปดังตารางที่ 4.2 คือเมื่อปริมาณไฮโดรเจนในน้ำอลูมิเนียมที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลทำให้ปริมาณไฮโดรเจนในชิ้นงานหล่อเพิ่มขึ้นตามไปด้วยซึ่งสอดคล้องกับผลที่แสดงในกราฟในภาพที่ 4.4 โดยที่ค่าปริมาณไฮโดรเจนในน้ำอลูมิเนียมที่ 0.08, 0.11 และ 0.14 ซีซีต่อ 100 กรัมอลูมิเนียมจะไม่พบปริมาณไฮโดรเจนในชิ้นงานภายใต้แรงดันลมในการระบายความร้อนที่ 3 บาร์

ตารางที่ 4.2

ค่าปริมาณไฮโดรเจนในน้ำอลูมิเนียมและปริมาณไฮโดรเจนในชิ้นงานหล่อภายใต้แรงดันในการระบายความร้อนที่ 3 บาร์

ปริมาณไฮโดรเจนในน้ำอลูมิเนียม (ซีซีต่อ 100 กรัมอลูมิเนียม)		ปริมาณไฮโดรเจนในชิ้นงานหล่อ (ภาพถ่ายด้วยกล้องดิจิทัล)
ค่า	รูปภาพ	
0.08		
0.11		

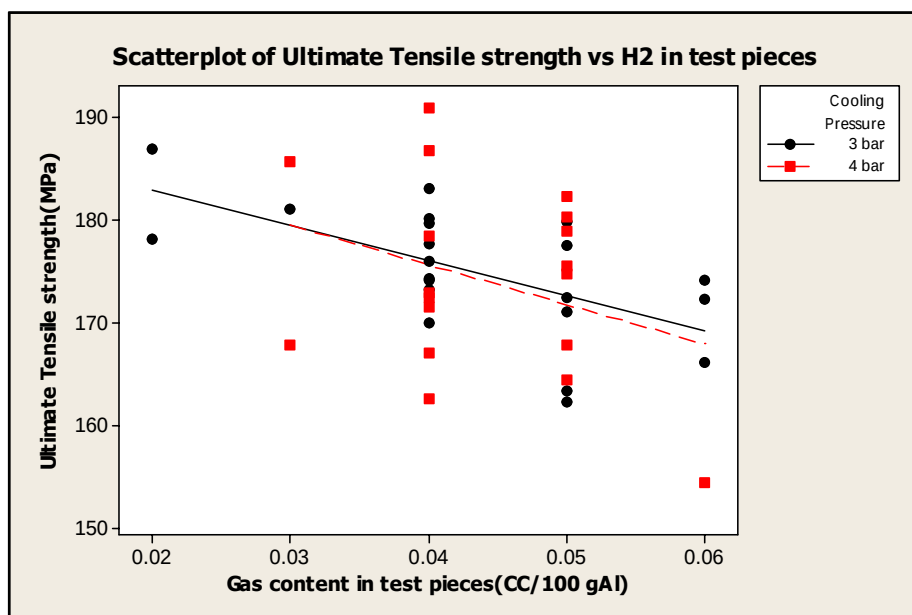
0.14		
0.19		
0.28		



4.4 ผลของปริมาณไฮโดรเจนในชิ้นงานต่อค่า Ultimate tensile strength และ % Elongation

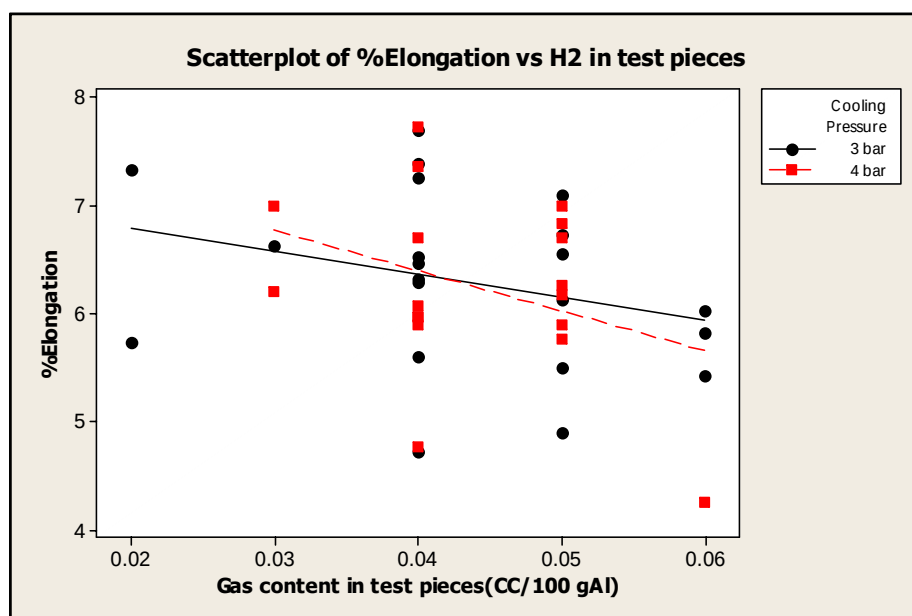
ผลการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ของปริมาณไฮโดรเจนในน้ำอลูมิเนียมในเตาหล่อ และแรงดันลมต่อปริมาณไฮโดรเจนในชิ้นงานซึ่งจะส่งผลกระทบต่อค่าทนแรงดึง โดยทดลองที่แรงดันลมของการระบายความร้อนที่ 3 บาร์ และ 4 บาร์ โดยผลของค่า Ultimate tensile strength(Rm) แสดงในภาพที่ 4.7 และค่า %Elongation(%A) แสดงในภาพที่ 4.9

จากกราฟในภาพที่ 4.7 จะพบว่าเมื่อทำการหาสมการถดถอย (Regression) ของค่า Ultimate tensile strength แรงดันของการระบายความร้อนที่ 3 บาร์ เราจะได้สมการเป็น $Ultimate\ tensile\ strength = 189.6 - 340.6 (Porosity)$ และที่แรงดันของการระบายความร้อนที่ 4 บาร์ เราจะได้สมการเป็น $Ultimate\ tensile\ strength = 191.1 - 386.8 (Gas\ content\ in\ test\ pieces)$ ส่วนกราฟในภาพที่ 4.9 ค่า %Elongation ที่แรงดันของการระบายความร้อนที่ 3 บาร์ เราจะได้สมการเป็น $\%Elongation = 7.231 - 21.58 (Gas\ content\ in\ test\ pieces)$ และที่แรงดันของการระบายความร้อนที่ 4 บาร์ เราจะได้สมการเป็น $\%Elongation = 7.886 - 37.18 (Gas\ content\ in\ test\ pieces)$



ภาพที่ 4.7

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไฮโดรเจนในชิ้นงานหล่อกับค่า Ultimate tensile strength ที่แรงดันลมของการระบายความร้อนที่ 3 บาร์กับ 4 บาร์

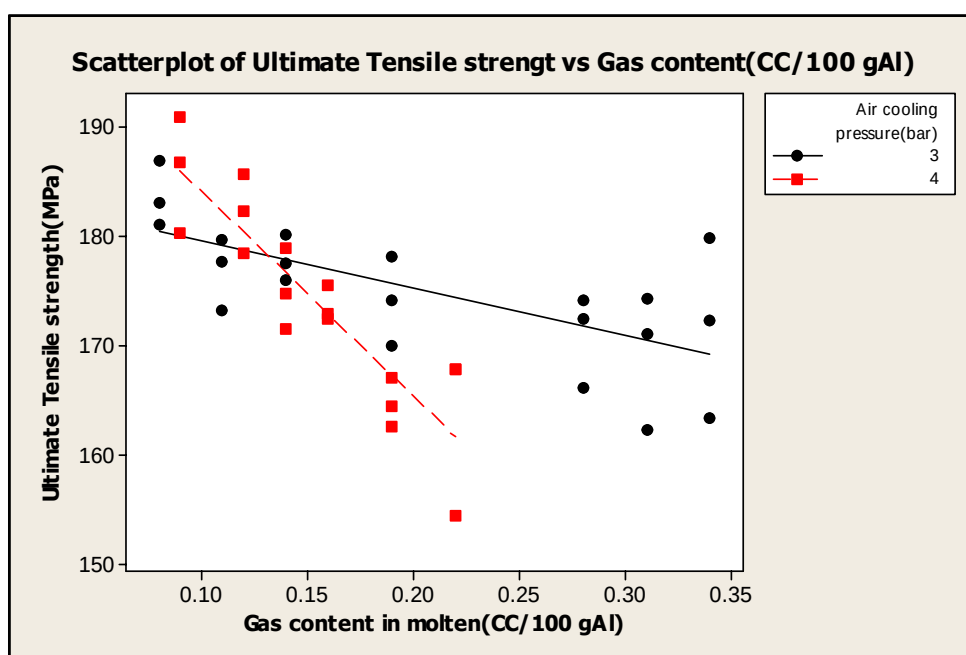


ภาพที่ 4.8

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไฮโดรเจนในชิ้นงานหล่อกับค่า %Elongation ที่แรงดันลมของการระบายความร้อนที่ 3 บาร์กับ 4 บาร์

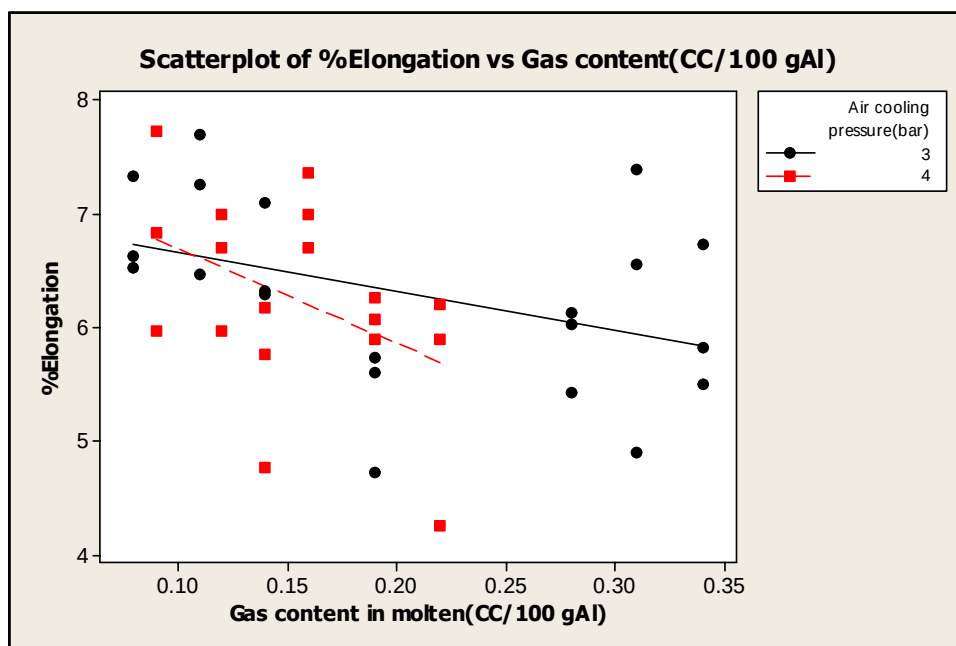
จากกราฟของ Ultimate tensile strength ที่แรงดันลมของการระบายความร้อน ทั้งที่ 3 บาร์และ 4 บาร์ พบว่าเมื่อปริมาณไฮโดรเจนในชิ้นงานที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลทำให้ค่า Ultimate tensile strength ลดลง ส่วนกราฟ ค่า %Elongation ที่แรงดันลมของการระบายความร้อนทั้งที่ 3 บาร์ และ 4 บาร์ ก็ให้ผลเช่นเดียวกับค่า Ultimate tensile strength คือเมื่อปริมาณไฮโดรเจนในชิ้นงานที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลทำให้ค่า %Elongation ลดลง

เมื่อทำการเปรียบเทียบกราฟของ Ultimate tensile strength ดังกราฟแสดงในภาพที่ 4.9 และ %Elongation ดังกราฟแสดงในภาพที่ ภาพที่ 4.10 ระหว่างแรงดันลมของการระบายความร้อนที่ 3 บาร์ กับ 4 บาร์ จะพบว่าค่า Ultimate tensile strength ที่ แรงดันลมของการระบายความร้อนที่ 4 บาร์ ที่ระดับค่าปริมาณไฮโดรเจนในชิ้นงานที่ระดับปริมาณไฮโดรเจนในชิ้นงานที่ เพิ่มขึ้นจะมีค่าที่ต่ำกว่าแรงดันลมของการระบายความร้อนที่ 3 บาร์ ส่วนของค่า %Elongation ที่แรงดันลมของการระบายความร้อนที่ 4 บาร์ จะมีค่าที่ต่ำกว่าแรงดันลมของการระบายความร้อนที่ 3 บาร์ ไม่ว่าปริมาณไฮโดรเจนจะอยู่ที่ระดับเท่าไร



ภาพที่ 4.9

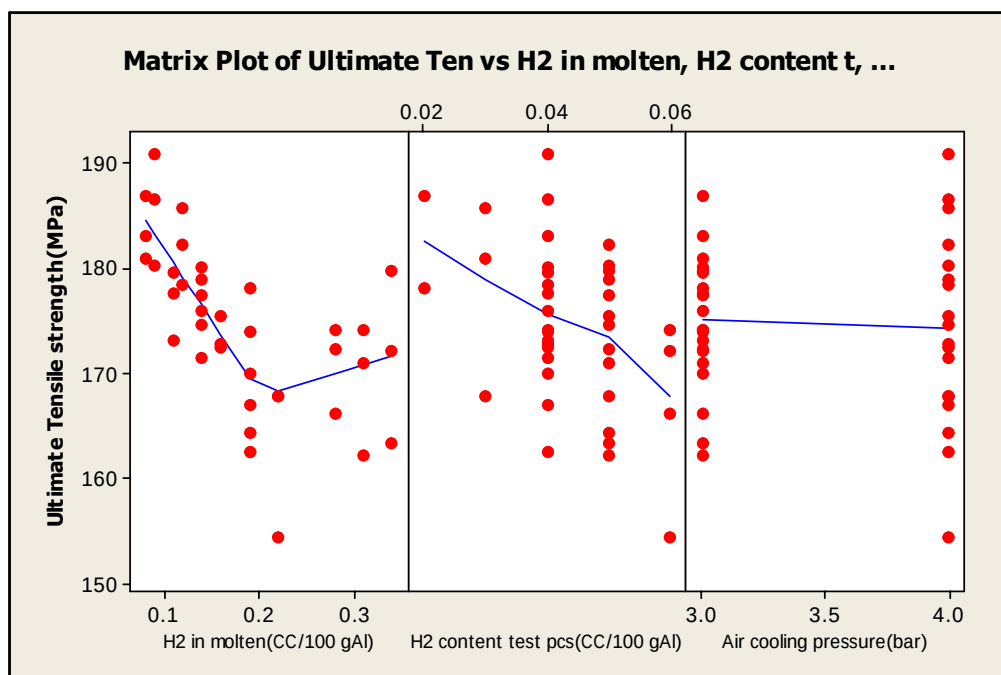
กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไฮโดรเจนในน้ำอลูมิเนียมกับค่า Ultimate tensile strength ที่แรงดันลมของการระบายความร้อนที่ 3 บาร์กับ 4 บาร์



ภาพที่ 4.10

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไฮโดรเจนในน้ำอลูมิเนียมกับค่า %Elongation
ที่แรงดันลมของการระบายความร้อนที่ 3 บาร์กับ 4 บาร์

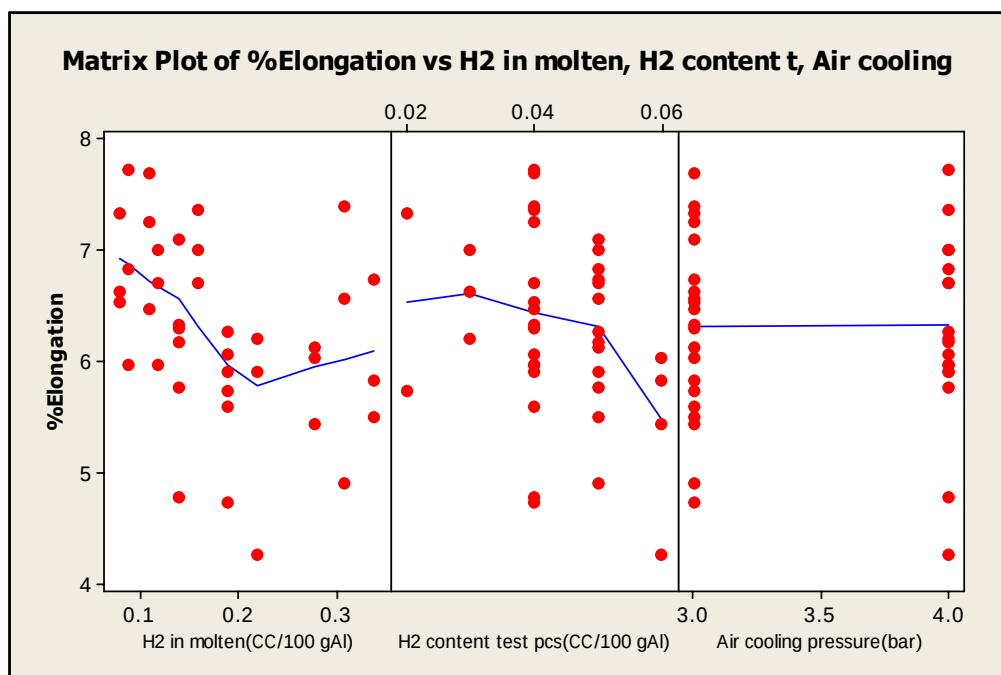
เมื่อทำการตัวแปรที่มีผลต่อค่า Ultimate tensile strength เราจะพบว่าค่าของตัวแปรของปริมาณไฮโดรเจนในน้ำอลูมิเนียมกับปริมาณไฮโดรเจนในชิ้นงานจะส่งผลโดยตรงต่อค่า Ultimate tensile strength ส่วนค่าของแรงดันที่ใช้ในการระบายความร้อนที่มีการปรับจาก 3 บาร์ เป็น 4 บาร์ ไม่ส่งผลต่อค่า Ultimate tensile strength อย่างมีนัยยะ ดังแสดงในกราฟในภาพที่ 4.11



ภาพที่ 4.11

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไฮโดรเจนในน้ำอลูมิเนียม ปริมาณไฮโดรเจนในชิ้นงาน และแรงดันลมของการระบายความร้อนที่ 3 บาร์กับ 4 บาร์กับค่า Ultimate tensile strength

เมื่อทำการตัวแปรที่มีผลต่อค่า %Elongation เราจะพบว่าค่าของตัวแปรของปริมาณไฮโดรเจนในน้ำอลูมิเนียมกับปริมาณไฮโดรเจนในชิ้นงานจะส่งผลโดยตรงต่อค่า %Elongation เช่นเดียวกับค่าส่วนค่า Ultimate tensile strength ส่วนของแรงดันที่มีการปรับจาก 3 บาร์ เป็น 4 บาร์ ไม่ส่งผลต่อค่า %Elongation อย่างมีนัยยะเช่นเดียวกับค่าส่วนค่า Ultimate tensile strength ดังแสดงในกราฟในภาพที่ 4.12

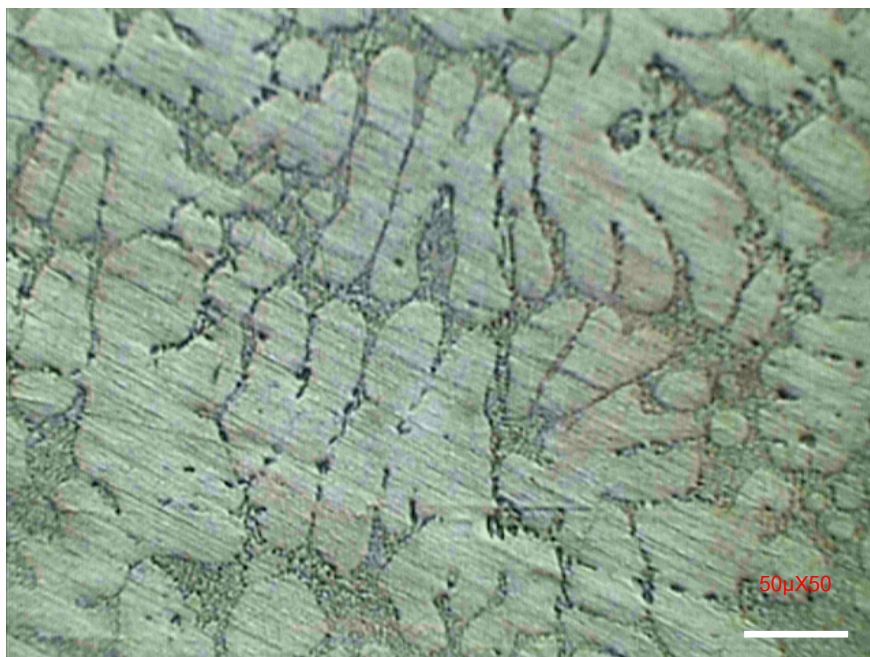


ภาพที่ 4.12

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไฮโดรเจนในน้ำอลูมิเนียม ปริมาณไฮโดรเจนในชิ้นงาน และแรงดันลมของการระบายความร้อนที่ 3 บาร์กับ 4 บาร์กับค่า %Elongation

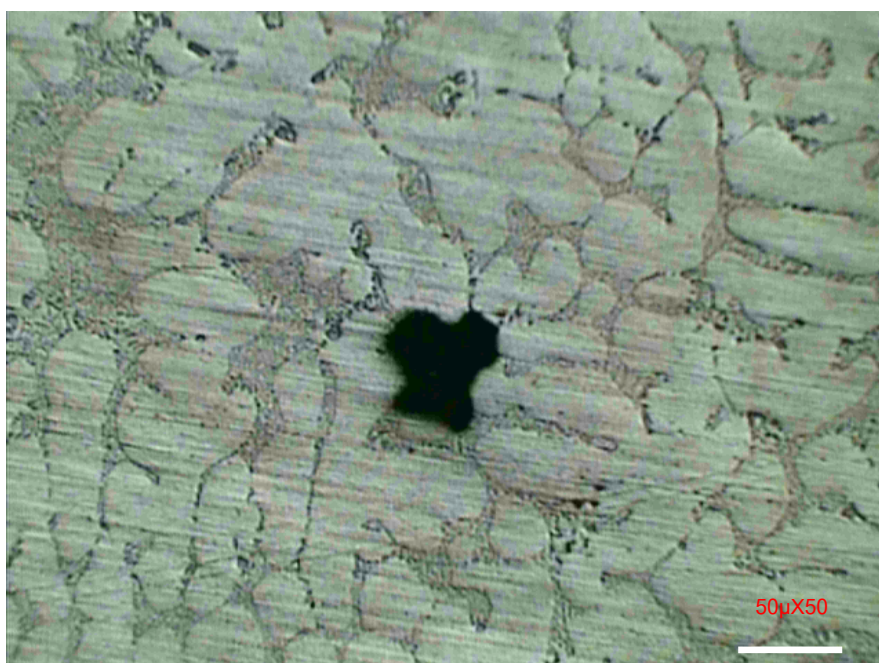
4.5 ผลของปริมาณไฮโดรเจนในน้ำอลูมิเนียมต่อปริมาณไฮโดรเจนในชิ้นงานหล่อ

เมื่อเรานำชิ้นงานหลังการทดสอบค่าทนแรงดึงมาทำการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค (microstructure) เราจะพบว่าเมื่อค่าปริมาณไฮโดรเจนในน้ำอลูมิเนียมอยู่ที่ 0.08 ซีซีต่อ 100 กรัมอลูมิเนียม จะไม่พบปริมาณไฮโดรเจนในชิ้นงานดังที่แสดงในภาพที่ 4.13 แต่เมื่อนำชิ้นงานที่ค่าปริมาณไฮโดรเจนในน้ำอลูมิเนียมอยู่ที่ 0.19 ซีซีต่อ 100 กรัมอลูมิเนียม เราสามารถที่จะตรวจพบ ปริมาณไฮโดรเจนในชิ้นงานได้ชัดเจนได้ง่ายขึ้นดังที่แสดงในภาพที่ 4.14 และเมื่อชิ้นงานที่ค่าปริมาณไฮโดรเจนในน้ำอลูมิเนียมอยู่ที่ 0.34 ซีซีต่อ 100 กรัมอลูมิเนียม จะตรวจพบปริมาณไฮโดรเจนในชิ้นงานที่มีขนาดที่ใหญ่ขึ้นดังที่แสดงในภาพที่ 4.15 ซึ่งผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าปริมาณและขนาดของปริมาณไฮโดรเจนจะเพิ่มตามปริมาณไฮโดรเจนในน้ำอลูมิเนียมที่เพิ่มขึ้น



ภาพที่ 4.13

โครงสร้างจุลภาคที่ปริมาณไฮโดรเจน 0.08 ซีซีต่อ 100 กรัม อลูมิเนียม



ภาพที่ 4.14

โครงสร้างจุลภาคที่ปริมาณไฮโดรเจน 0.19 ซีซีต่อ 100 กรัม อลูมิเนียม



ภาพที่ 4.15

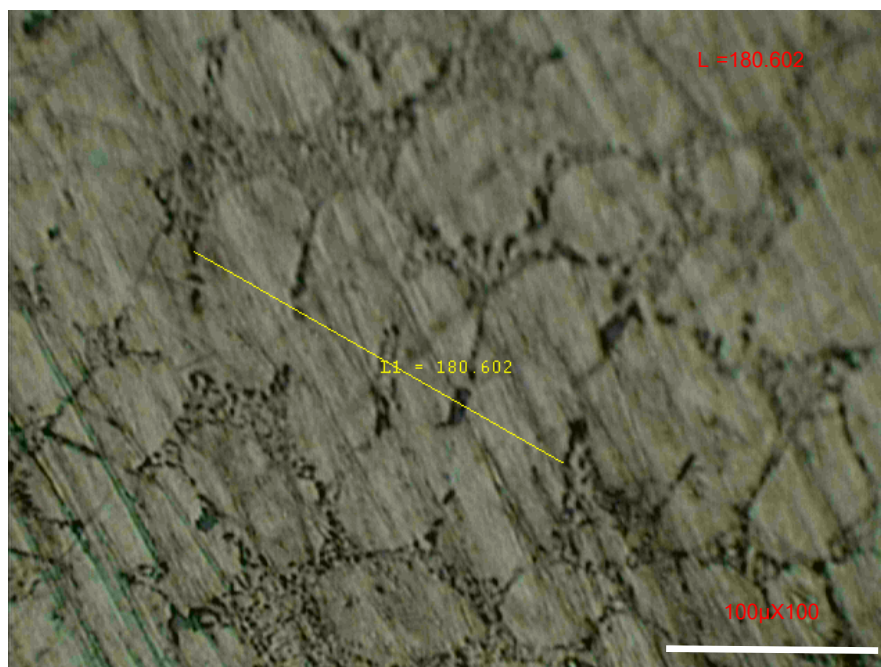
โครงสร้างจุลภาคที่ปริมาณไฮโดรเจน 0.34 ซีซีต่อ 100 กรัม อลูมิเนียม

4.6 ผลของปริมาณไฮโดรเจนต่อขนาดของแขนทุติยภูมิ (SDAS) ในชิ้นงานหล่อ

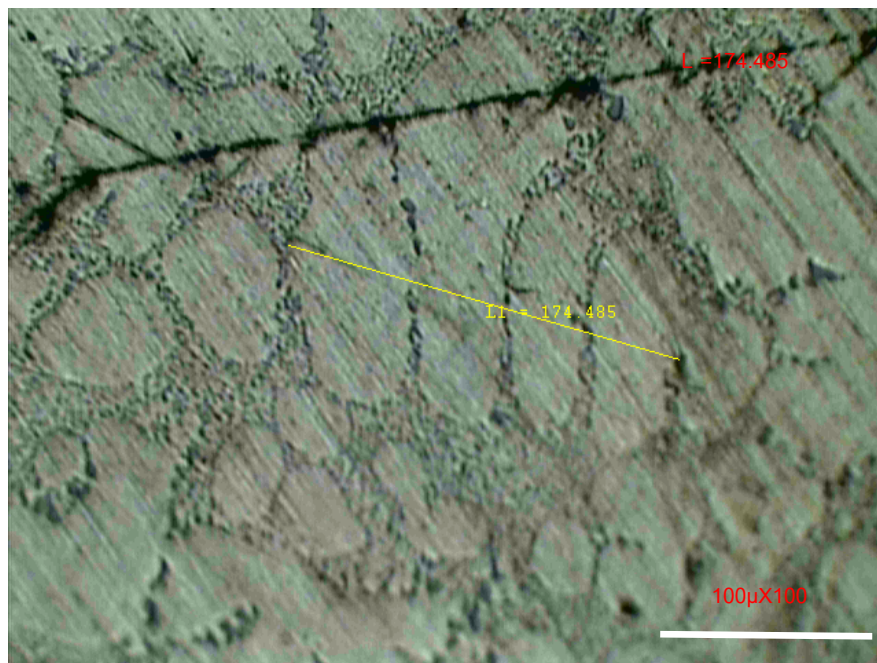
เมื่อนำชิ้นงานที่ทดสอบแรงดึง ที่ระดับปริมาณแก๊สไฮโดรเจนในน้ำอลูมิเนียมที่ 0.08, 0.19 และ 0.34 ซีซีต่อ 100 กรัม อลูมิเนียม ที่แรงดันลมที่ใช้ในการระบายความร้อนที่ 3 บาร์ มาทำการหาขนาดของแขนทุติยภูมิ (SDAS) จะพบว่าปริมาณไฮโดรเจนในน้ำอลูมิเนียมที่เพิ่มขึ้นไม่ได้ส่งผลต่อขนาดของแขนทุติยภูมิ ซึ่งแสดงรายละเอียดให้เห็นในตารางที่ 4.3 โดยขนาดของแขนทุติยภูมิ เฉลี่ย 44.385 ไมครอน ที่ระดับปริมาณไฮโดรเจนในน้ำอลูมิเนียมที่ 0.08 ซีซีต่อ 100 กรัม อลูมิเนียม สามารถดูรายละเอียดของโครงสร้างได้ในภาพที่ 4.16 และ 4.17 ส่วนขนาดของแขนทุติยภูมิ เฉลี่ย 51.073 ไมครอน ที่ระดับปริมาณไฮโดรเจนในน้ำอลูมิเนียมที่ 0.19 ซีซีต่อ 100 กรัม อลูมิเนียม สามารถดูรายละเอียดของโครงสร้างได้ในภาพที่ 4.18 และ 4.19 และขนาดของแขนทุติยภูมิ เฉลี่ย 43.381 ไมครอน ที่ระดับปริมาณไฮโดรเจนในน้ำอลูมิเนียมที่ 0.34 ซีซีต่อ 100 กรัม อลูมิเนียม สามารถดูรายละเอียดของโครงสร้างได้ในภาพที่ 4.20 และ 4.21

ตารางที่ 4.3
ค่าขนาดของแขนทุติยภูมิ(DAS)

No	Gas content (cc/100 gAl)	DAS (μm)		Number DAS	SDAS (μm)
1	0.08	1	180.602	4	45.150
		2	174.485	4	43.621
		Ave.	177.543	4	44.385
2	0.19	1	201.061	4	50.265
		2	155.644	3	51.881
		Ave.	178.352	3.5	51.073
3	0.34	1	179.257	4	44.814
		2	167.779	4	41.948
		Ave.	173.518	4	43.381

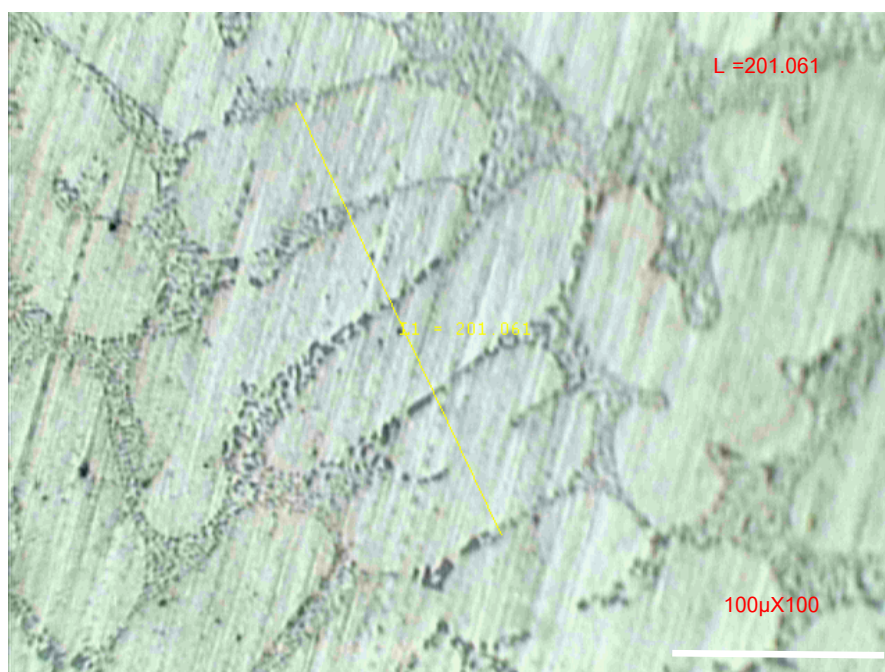


ภาพที่ 4.16
ขนาดของ DAS จุดที่ 1 ที่ปริมาณไฮโดรเจน 0.08 ซีซีต่อ 100 กรัม อลูมิเนียม



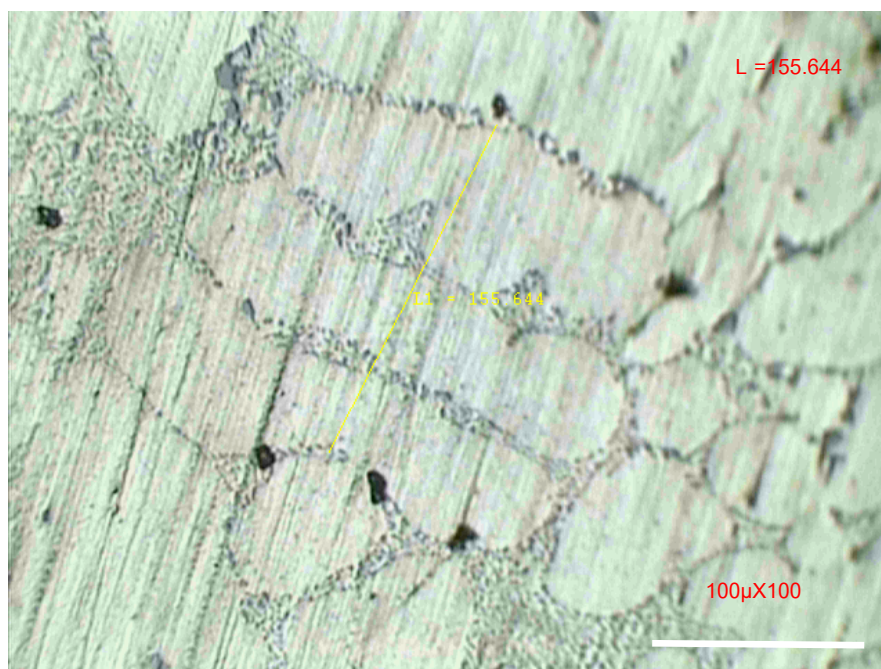
ภาพที่ 4.17

ขนาดของ DAS จุดที่ 2 ที่ปริมาณไฮโดรเจน 0.08 ซีซีต่อ 100 กรัม อลูมิเนียม



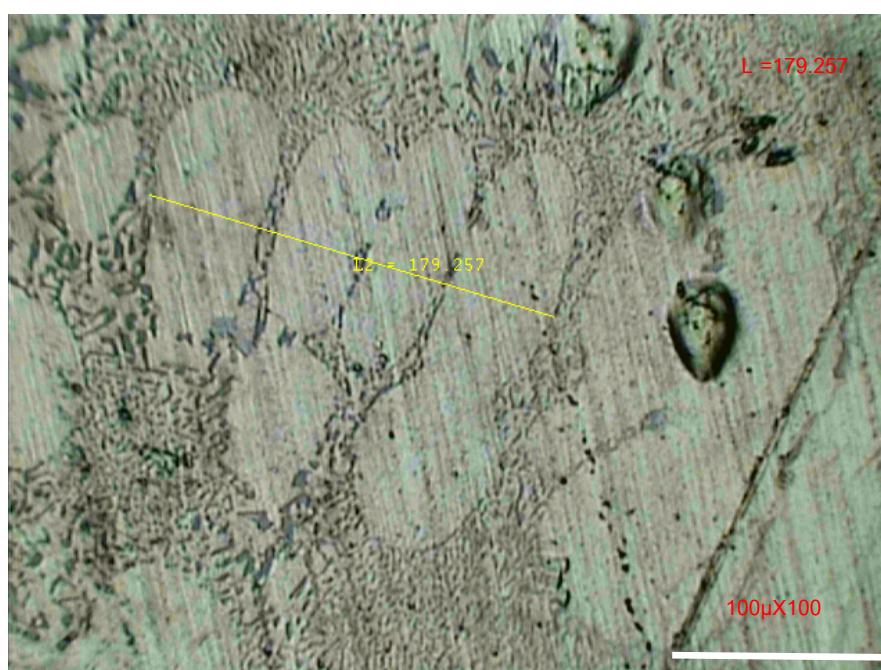
ภาพที่ 4.18

ขนาดของ DAS จุดที่ 1 ที่ปริมาณไฮโดรเจน 0.19 ซีซีต่อ 100 กรัม อลูมิเนียม



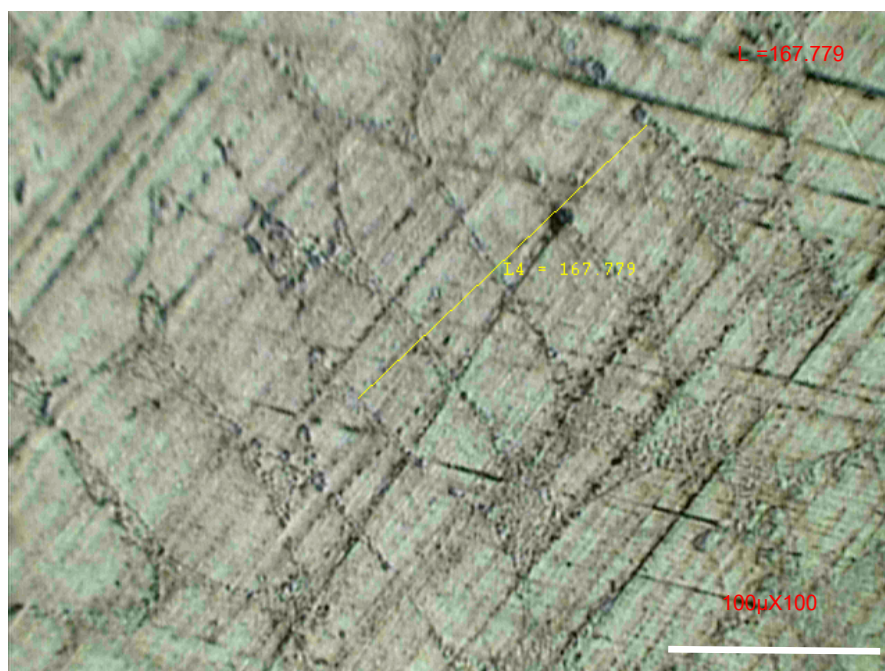
ภาพที่ 4.19

ขนาดของ DAS จุดที่ 2 ที่ปริมาณไฮโดรเจน 0.19 ซีซีต่อ 100 กรัม อลูมิเนียม



ภาพที่ 4.20

ขนาดของ DAS จุดที่ 1 ที่ปริมาณไฮโดรเจน 0.34 ซีซีต่อ 100 กรัม อลูมิเนียม



ภาพที่ 4.21

ขนาดของ DAS จุดที่ 1 ที่ปริมาณไฮโดรเจน 0.34 ซีซีต่อ 100 กรัม อลูมิเนียม

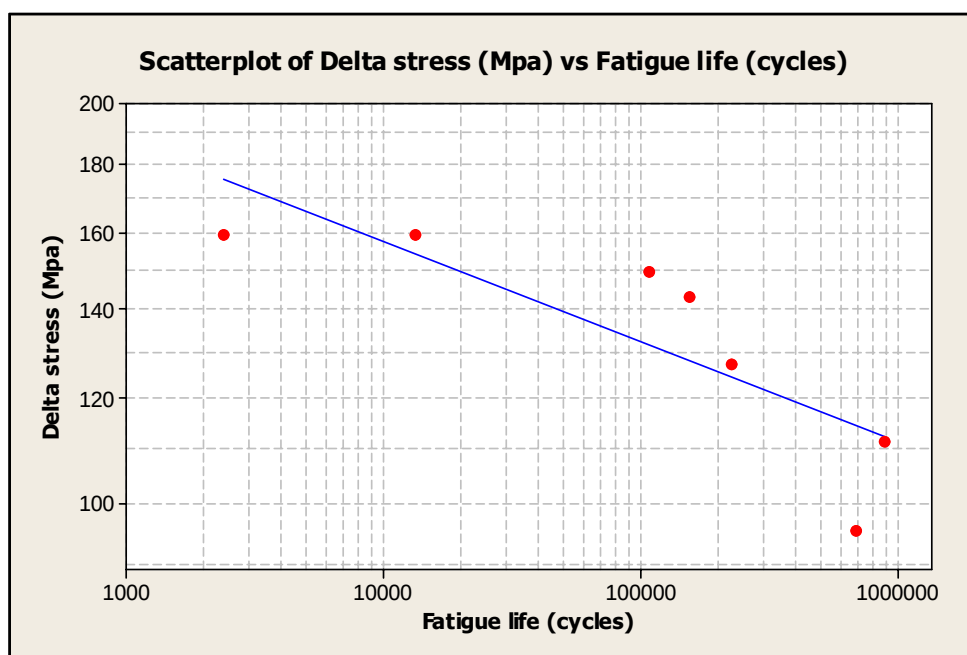
4.7 ผลของการทดสอบการทนความล้า (Fatigue life) ของชิ้นงานหล่อ

ผลจากการทดสอบหาอายุของความสามารถในการทนความล้าของชิ้นงานหล่อที่มีระดับปริมาณไฮโดรเจน 0.08 ซีซีต่อ 100 กรัม อลูมิเนียมในน้ำอลูมิเนียม และที่ระดับแรงดันลมที่ใช้การระบายความร้อนที่ 3 บาร์ โดยทดสอบที่ระดับความเค้นที่แตกต่างกันจะให้ผลดังตารางที่ 4.4 และเมื่อเรานำจำนวนรอบของการทนความล้าของแต่ละระดับความเค้นมาทำการเขียนกราฟบนสเกลล็อกการิทึม เราจะได้กราฟของ S-N curve ดังภาพที่ 4.22

ตารางที่ 4.4

ค่าผลของFatigue life ที่แต่ละระดับของความเค้น

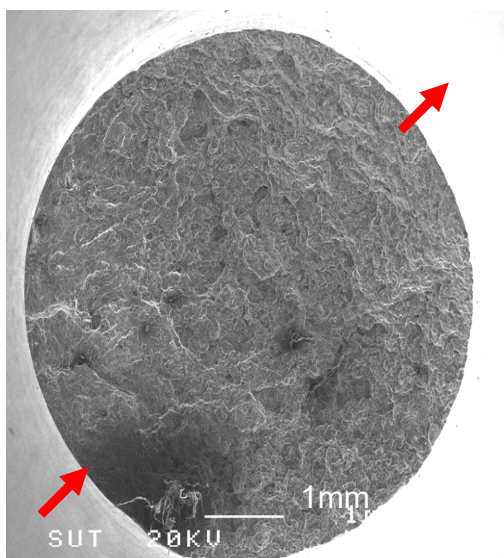
Specimen No.	Diameter	Area (mm ²)	Pmax (kN)	Pmin (kN)	Pmean (kN)	Pamp (kN)	Sigma Max (Mpa)	Delta Sigma (Mpa)	Fatigue Life (cycles)
S1	6.00	28.286	3.000	0.300	1.650	1.350	106.061	95.455	689,194
S2	6.00	28.286	3.500	0.350	1.925	1.575	123.737	111.364	893,540
S3	6.00	28.286	4.000	0.400	2.200	1.800	141.414	127.273	224,482
S4	6.00	28.286	4.500	0.450	2.475	2.025	159.091	143.182	154,432
S5	6.00	28.286	5.000	0.500	2.750	2.250	176.768	159.091	2,393
S6	6.00	28.286	4.700	0.470	2.585	2.115	166.162	149.545	108,247
S7	6.00	28.286	5.000	0.500	2.750	2.250	176.768	159.091	13,374



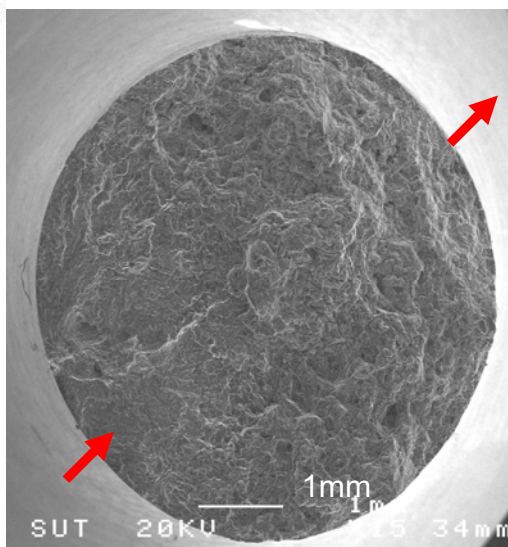
ภาพที่ 4.22

กราฟแสดง S-N curve ของชิ้นงานที่ระดับปริมาณไฮโดรเจน 0.08 ซีซีต่อ 100 กรัม
 อลูมิเนียมในน้ำอลูมิเนียมและแรงดันลมที่ใช้ในการระบายความร้อนที่ 3 บาร์

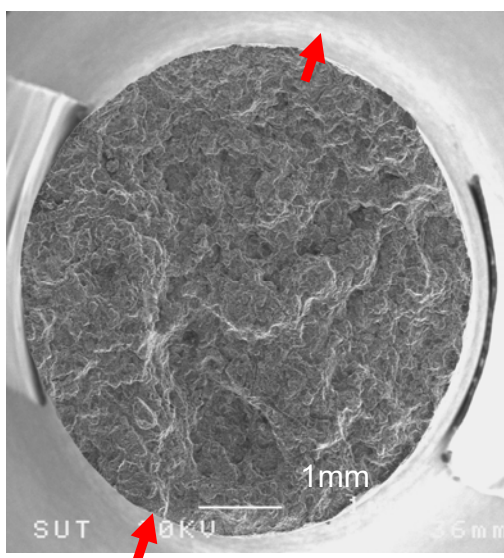
จากภาพผลของการสแกนนิ่งอิเล็กตรอนไมโครสโคป (SEM) ในภาพที่ 4.23 ก, 4.23 ข และ 4.23 ค จะแสดงให้เห็นถึงบริเวณที่เริ่มต้นของรอยแตกร้าวจากการทดสอบความล้าซึ่งแสดงให้เห็นโดยลูกศรที่ชี้เข้าหาชิ้นงานและส่วนบริเวณที่แตกเป็นบริเวณสุดท้ายซึ่งแสดงให้เห็นโดยใช้ลูกศรชี้ออกจากชิ้นงาน



(ก) Specimen S1, Nf=689,194 cycles



(ข) Specimen S2, Nf=893,540 cycles

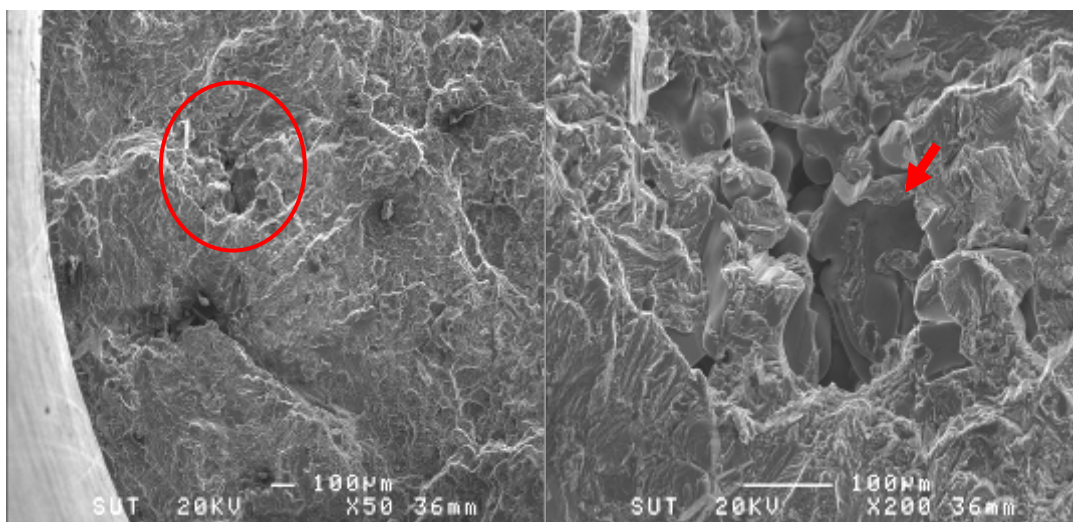


(ค) Specimen S7, Nf=13,374 cycles

ภาพที่ 4.23

พื้นผิวของรอยแตกหลังการทดสอบความล้าที่กำลังขยาย 15X ของเครื่อง SEM

จุดที่เริ่มของการแตกร้าวจากการทดสอบความล้าโดยทั้งหมดจะมาจากความบกพร่องของชิ้นงาน โดยจากภาพผลของการสแกนนิ่งอิเล็กตรอนไมโครสโคป (SEM) ในภาพที่ 4.24 ก และ 4.24 ข จะพบว่าจุดเริ่มของรอยแตกมาจากไฮโดรเจนในที่อยู่ในชิ้นงาน ซึ่งจากผลดังกล่าวส่งผลทำให้อายุที่ทนความล้าได้ของชิ้นงานลดลง



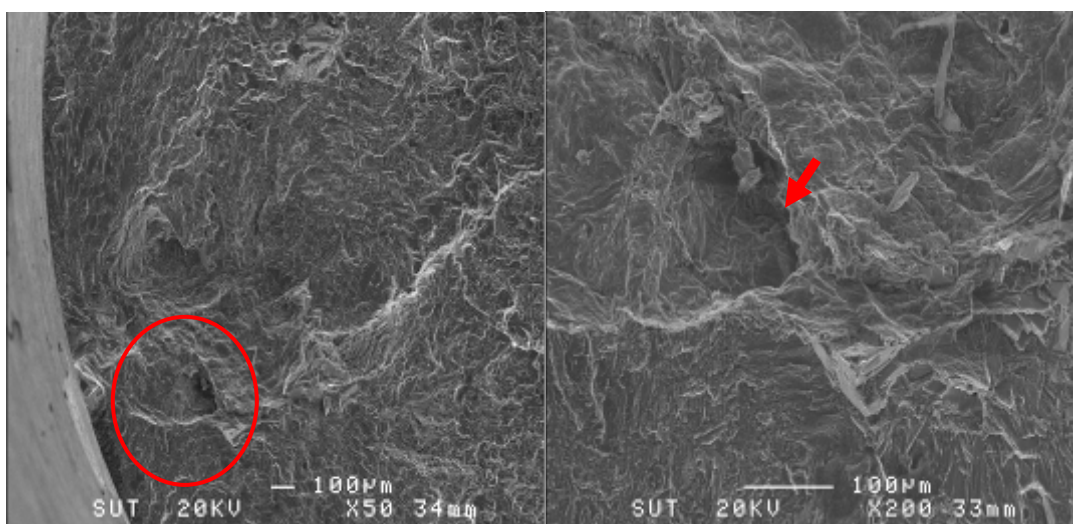
(ก) Specimen S1 กำลังขยาย 50X

(ข) Specimen S1 กำลังขยาย 200X

ภาพที่ 4.24

จุดเริ่มของรอยร้าวจากการทดสอบความล้าที่ $N_f=689,194$ cycles โดยเครื่อง SEM

เมื่อเราขึ้นงานมาทดสอบความล้าที่ความเค้นที่สูงกว่า Specimen S1 คือ 111.364 MPa
ปรากฏว่าจำนวนรอบที่ได้สูงกว่า ซึ่งสาเหตุมาจากขนาดของไฮโดรเจนที่อยู่ในชิ้นงานที่มีขนาดเล็ก
กว่าซึ่งสามารถแสดงให้เห็นในภาพที่ 4.25 ก และ 4.25 ข



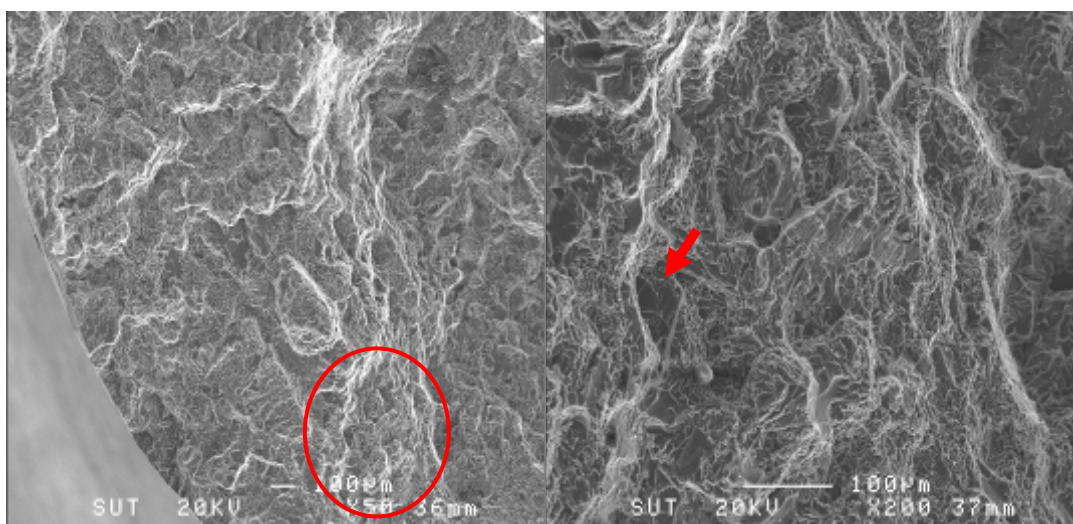
(ก) Specimen S2 กำลังขยาย 50X

(ข) Specimen S2 กำลังขยาย 200X

ภาพที่ 4.25

จุดเริ่มของรอยร้าวจากการทดสอบความล้าที่ $N_f=893,540$ cycles โดยเครื่อง SEM

เมื่อเราขึ้นงานมาทดสอบความล้าที่ความเค้นที่สูงๆ คือ 159.091 MPa จะพบว่าขนาดไฮโดรเจนเพียงเล็กน้อยจะส่งผลต่อการแตกร้าวของชิ้นงานสามารถแสดงให้เห็นในภาพที่ 4.26 ก และ 4.26 ข



(ก) Specimen S7 กำลังขยาย 50X

(ข) Specimen S7 กำลังขยาย 200X

ภาพที่ 4.26

จุดเริ่มของรอยร้าวจากการทดสอบความล้าที่ $N_f = 13,374$ cycles โดยเครื่อง SEM

4.8 ผลของค่าทนแรงดึงหลังการปรับปรุงด้วยการควบคุมปริมาณไฮโดรเจนในน้ำอลูมิเนียม

เมื่อนำผลการทดสอบแรงดึงของชิ้นงานที่ระดับปริมาณไฮโดรเจนในน้ำอลูมิเนียมที่ 0.08 ซีซี ต่อ 100 กรัมอลูมิเนียม ที่ระดับแรงดันลมในการระบายความร้อนที่ 3 บาร์ มาทำการหาค่าเฉลี่ยดังรายละเอียดในตารางที่ 4.5 เพื่อนำไปใช้เปรียบเทียบในส่วนของการปรับปรุง

ตารางที่ 4.5

ค่าผลของแรงดึงของงานหล่อหลังปรับปรุงที่ปริมาณ

ไฮโดรเจน 0.08 ซีซี ต่อ 100 กรัมอลูมิเนียม

รายละเอียดข้อมูล	Ultimate strength (MPa)	%Elongation
1. ชิ้นงานที่ 1	183.049	6.53
2. ชิ้นงานที่ 2	186.875	7.33
3. ชิ้นงานที่ 3	180.956	6.63
4. ชิ้นงานที่ 4	190.536	7.73
5. ชิ้นงานที่ 5	192.195	7.16
ข้อมูลเฉลี่ย	186.72	7.08
ข้อมูลต่ำสุด	180.96	6.53
ข้อมูลสูงสุด	192.20	7.73
ส่วนเบี่ยงเบน	4.78	0.59

เมื่อนำผลการทดสอบแรงดึงของชิ้นงานที่ระดับปริมาณไฮโดรเจนในน้ำอลูมิเนียมที่ 0.08 ซีซี ต่อ 100 กรัมอลูมิเนียม ที่ระดับแรงดันลมในการระบายความร้อนที่ 3 บาร์ มาทำการเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุงได้ผลดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6

ค่าผลของแรงดึงของงานหล่อก่อนและหลังปรับปรุง

รายละเอียดข้อมูล	Ultimate strength (MPa)	%Elongation
1. ก่อนปรับปรุง	178.34	4.880
2. หลังปรับปรุง	186.72	7.08
3. %การปรับปรุง	4.70 %	45.2 %

เมื่อนำชิ้นงานที่ระดับปริมาณไฮโดรเจนในน้ำอลูมิเนียมที่ไฮโดรเจน 0.08 ซีซีต่อ 100 กรัม อลูมิเนียม ที่ระดับแรงดันลมในการระบายความร้อนที่ 3 บาร์ ไปเข้ากระบวนการอบชุบ (Heat treatment), กระบวนการกลึง และ กระบวนการพ่นสี แล้วนำชิ้นงานมาทดสอบหาค่าแรงดึงเพื่อมาทำการเปรียบเทียบกับค่าก่อนการปรับปรุงและเปรียบเทียบกับค่าของคู่แข่งและเปรียบเทียบกับข้อกำหนดของลูกค้า จะได้ผลดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7

ค่าผลของแรงดึงของ Final product ก่อนและหลังปรับปรุง

รายละเอียดข้อมูล	Ultimate strength (MPa)	Yield strength (MPa)	%Elongation
1. ก่อนปรับปรุง	262.67	191.73	5.199
2. หลังปรับปรุง	271.45	196.72	6.284
3. คู่แข่ง	268.33	204.97	6.1
4. ข้อกำหนดลูกค้า	202 min.	160 min.	2 min.
5. %การปรับปรุง	3.34%	2.60%	20.87%

เมื่อทำการเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุงจะพบว่าค่า Ultimate strength เพิ่มขึ้น 3.34% ค่า Yield strength เพิ่มขึ้น 2.6 % และค่า % Elongation เพิ่มขึ้น 20.87% และเมื่อเราทำการเทียบทั้งค่า Ultimate strength ค่า Yield strength และค่า % Elongation กับบริษัทคู่แข่งจะพบว่ามีความใกล้เคียงกันมาก