

บทที่ 4 การดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงข้อมูลทางสถิติการเกิดการไหม้ของชิ้นงานในกระบวนการ Hard anodize เพื่อนำไปสู่การหารูปแบบการทำงานที่เหมาะสมและสามารถลดปัญหาการเกิดงานไหม้ พร้อมทั้งกล่าวถึงผลการทดลองจากสถานะที่ทำการศึกษาได้แก่ รูปแบบการระบายความร้อนภายในระบบการ Hard anodize แบบต่างๆ ระยะเวลาการจ่ายกระแสไฟเข้าสู่ระบบ และความเข้มข้นของสารละลายในกระบวนการ Hard anodize ที่เพิ่มสูงขึ้น โดยมีผลตอบสนองคือชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการ Hard anodize ไม่เกิดการไหม้ ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยแบบออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

- 4.1 วิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้เกิดการไหม้ของชิ้นงานในกระบวนการ Hard anodize
- 4.2 ระบบระบายความร้อนในกระบวนการ Hard anodize
- 4.3 การจ่ายกระแสไฟและความเข้มข้นของสารละลายในกระบวนการ Hard anodize
- 4.4 บทสรุป

4.1 วิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้เกิดการไหม้ของชิ้นงานใน Hard anodize

4.1.1 วิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้เกิดการไหม้ของชิ้นงานในกระบวนการ hard anodize

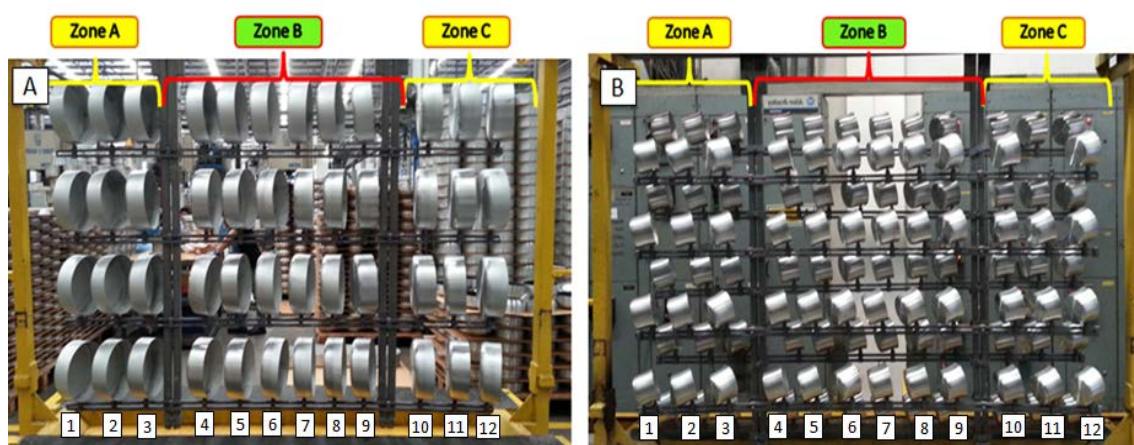
นำปัญหางานไหม้ในกระบวนการ Hard anodize มาวิเคราะห์พบว่าสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาการไหม้ของชิ้นงานในกระบวนการ hard anodize ได้แก่ อุณหภูมิในระบบสูง การยึดติดชิ้นงานไม่แน่น แหล่งจ่ายไฟชำรุด ชิ้นงานบาง ความเข้มข้นของสารละลายกรดซัลฟิวริกน้อย เครื่องผลิตลมกำลังไม่เพียงพอ การระบายความร้อนภายในบ่อ hard anodize ไม่ทั่วถึง กระแสไฟมากเกินไปและระยะ Ramp time สั้น

พบว่าปัญหาชิ้นงานไหม้เกิดจากหลายสาเหตุ เมื่อศึกษาจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ปัญหาหลักที่ส่งผลให้เกิดงานไหม้คือชิ้นงานเกิดความร้อนสะสมและเกิดการไหม้ สาเหตุที่ทำให้ชิ้นงานเกิดความร้อนเนื่องจากการระบายความร้อนในระบบไม่ทั่วถึง การจ่ายกระแสไฟที่เร็วและมากเกินไป รวมไปถึงความเข้มข้นของสารละลายกรดซัลฟิวริกที่น้อย

4.1.2 การค้นหาตำแหน่งการเกิดงานไหม้บนชั้นวางชิ้นงาน

4.1.2.1 วิธีการค้นหาตำแหน่งการเกิดงานไหม้

เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุการเกิดการไหม้ของชิ้นงานในกระบวนการ Hard anodized เริ่มต้นจากค้นหาว่าการเกิดการไหม้ของชิ้นงานมีตำแหน่งที่เกิดซ้ำๆหรือไม่ และบริเวณต่างๆบนชั้นวางส่งผลให้เกิดการไหม้หรือไม่ การค้นหาตำแหน่งเพื่อยืนยันการเกิดงานไหม้ของชิ้นงานว่าเกิดตำแหน่งใดนั้น หาได้โดยการเก็บสถิติตามตารางที่ 3.1 จากการเก็บข้อมูลทางสถิติสามารถวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 2 ชุดด้วยกัน คือ เพอร์เซ็นต์การเกิดงานไหม้ในแต่ละชั้นของชั้นวาง และเพอร์เซ็นต์การเกิดงานไหม้บนตำแหน่งต่างๆบนชั้นวาง จากรูปที่ 4.1 ชั้นวางทั้งแบบเดี่ยวและแบบคู่ได้แบ่งพื้นที่ออกเป็น 3 ส่วน คือ Zone A Zone B และ Zone C การนับตำแหน่งเริ่มนับตำแหน่งที่ 1 จากชิ้นงานด้านซ้ายมือสุด และนับชั้นที่อยู่ต่ำสุดเป็นชั้นที่ 1



รูปที่ 4.1 ตำแหน่งและลักษณะชั้นของชั้นวาง

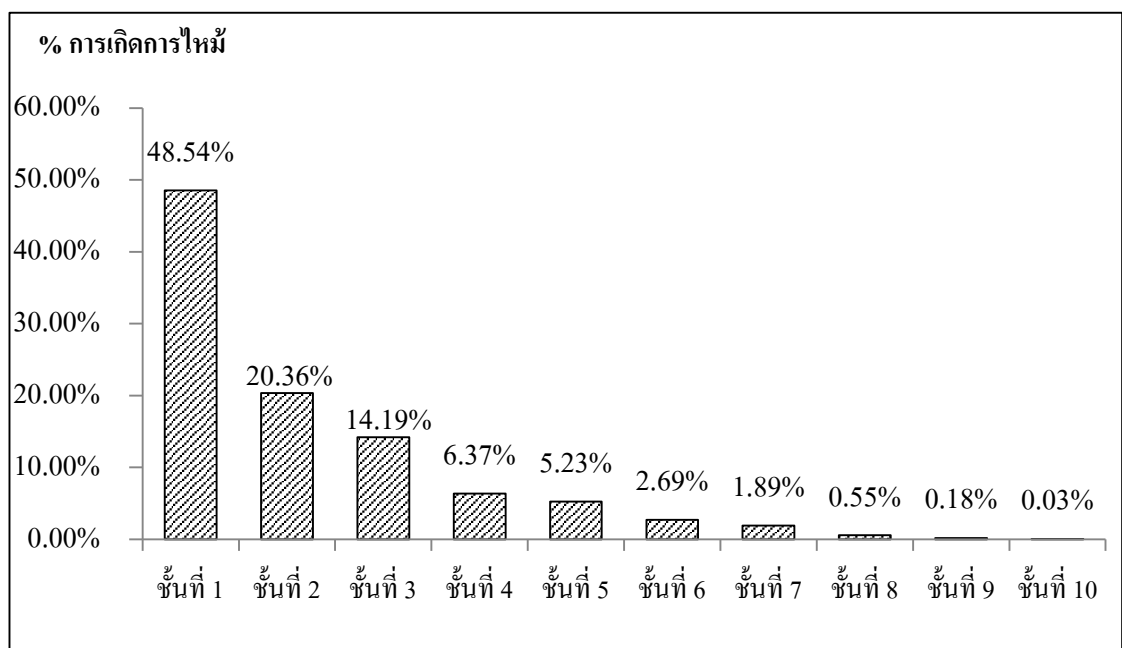
4.1.2.2 ผลการเก็บข้อมูลทางสถิติแสดงตำแหน่งการเกิดงานไหม้บนชั้นวางชิ้นงาน

ข้อมูลทางสถิติของการไหม้ของชิ้นงานในแต่ละชั้นและในแต่ละตำแหน่งของชั้นวาง ข้อมูลในช่วงวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2557 ถึง 29 มีนาคม 2557 งานไหม้ทั้งหมด 9,266 ชิ้น แสดงจำนวนชิ้นงานไหม้ของแต่ละชั้นในตารางที่ 4.1 และแสดงในรูปที่ 4.2 พบว่าบริเวณชั้นที่ 1 (ชั้นล่างสุด) เป็นชั้นที่มีการไหม้ของชิ้นงานสูงที่สุด คือ 4,498 ชิ้น คิดเป็น 48.54% และการไหม้ของชิ้นงานลดลงตามลำดับของชั้นวางที่สูงขึ้น การไหม้ของชิ้นงานในแต่ละชั้น และจากข้อมูลชุดเดียวกันเมื่อแยกเป็นตำแหน่งการไหม้บนชั้นวางพบว่าบริเวณด้านข้างของชั้นวางเป็นตำแหน่งที่เกิดงานไหม้สูงที่สุด เมื่อเทียบกับตำแหน่งอื่นๆบนชั้นวาง ข้อมูลแสดงจำนวนชิ้นงานไหม้ในแต่ละจุดแสดงในตารางที่ 4.1 จากข้อมูลทางสถิติดังกล่าวพบว่าชั้นล่างสุดของชั้นวางและตำแหน่งด้านข้างทั้งสองของชั้น

วางแผนบริเวณที่พบการไหม้ของชิ้นงานมากที่สุด และจากการจำลองการระบายความร้อนของชิ้นงานในบ่อการ Hard anodize พบว่าบริเวณด้านข้างของชั้นวางได้อยู่ในจุดที่การระบายความร้อนไม่ทั่วถึงคือฟองน้ำที่ออกจากท่อมีลักษณะเว้าและเข้ารวมอยู่ตรงกลาง

ตารางที่ 4.1 จำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละชั้นของชั้นวาง ช่วงวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2557 ช่วงวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2557 ถึง 29 มีนาคม 2557

ลำดับชั้นวาง	จำนวนของเสีย (ชิ้น)	เปอร์เซ็นต์
ชั้นที่ 1	4,498	48.54%
ชั้นที่ 2	1,886	20.36%
ชั้นที่ 3	1,315	14.19%
ชั้นที่ 4	590	6.37%
ชั้นที่ 5	485	5.23%
ชั้นที่ 6	249	2.69%
ชั้นที่ 7	175	1.89%
ชั้นที่ 8	51	0.55%
ชั้นที่ 9	16	0.18%
ชั้นที่ 10	2	0.03%



รูปที่ 4.2 เปอร์เซนต์การไหม้ในแต่ละชั้นบนชั้นวางชิ้นงาน

จากรูปที่ 4.2 พบว่าชั้นวางด้านล่างสุด หรือชั้นลำดับที่ 1 มีกึ่งเกดงานใหม่มากที่สุดถึง 48.54% ซึ่งบริเวณชั้นที่ 1 อยู่ใกล้ท่อลมมากที่สุด ลักษณะฟองอากาศที่ออกจากท่อลมจะไม่กระจายตัวมีลักษณะเป็นเส้นตามแรงลมที่พุ่งออกมา แต่จะเริ่มกระจายตัวเมื่อฟองอากาศลอยสูงขึ้นและปะทะกับชั้นที่มีอยู่ ทำให้ชั้นงานที่อยู่ติดกับท่อลม หรือชั้นงานที่อยู่ชั้นที่ 1 การระบายความร้อนไม่ทั่วชั้นงาน จึงมีเปอร์เซ็นต์ชั้นงานใหม่สูงกว่าชั้นงานที่อยู่ชั้นที่สูงขึ้นไป ลักษณะลมที่ออกจากท่อแสดงได้ในรูปที่ 4.3

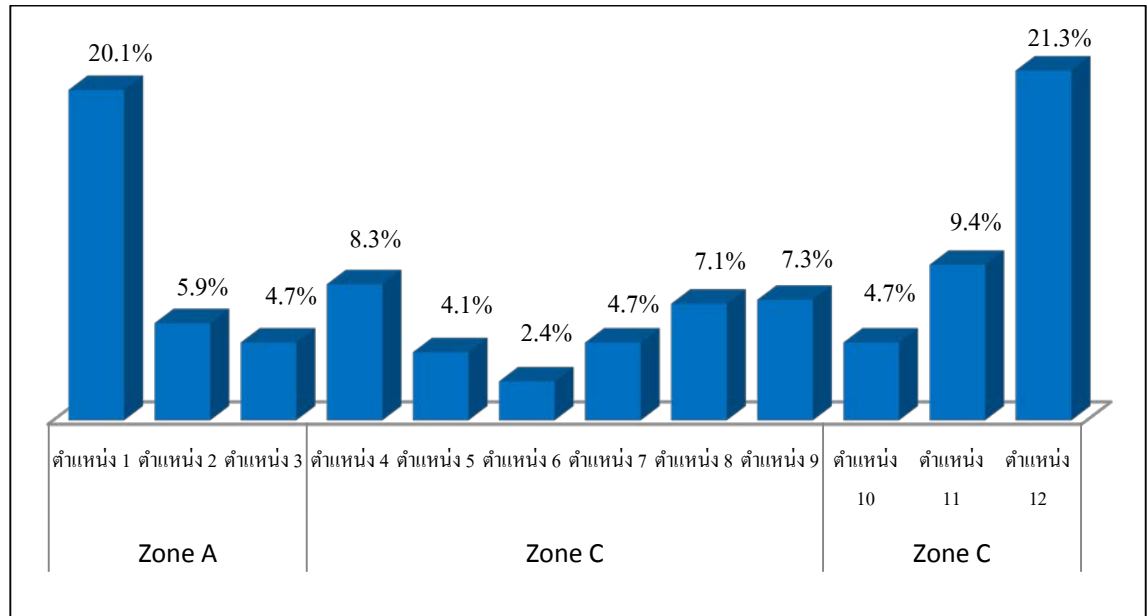


รูปที่ 4.3 ลักษณะฟองอากาศที่ออกจากท่อลมในบ่อชุบ Hard anodized

ตารางที่ 4.2 จำนวนของเสียที่เกิดขึ้น ณ ตำแหน่งต่างๆบนชั้นวาง ช่วงวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2557 ถึง 29 มีนาคม 2557

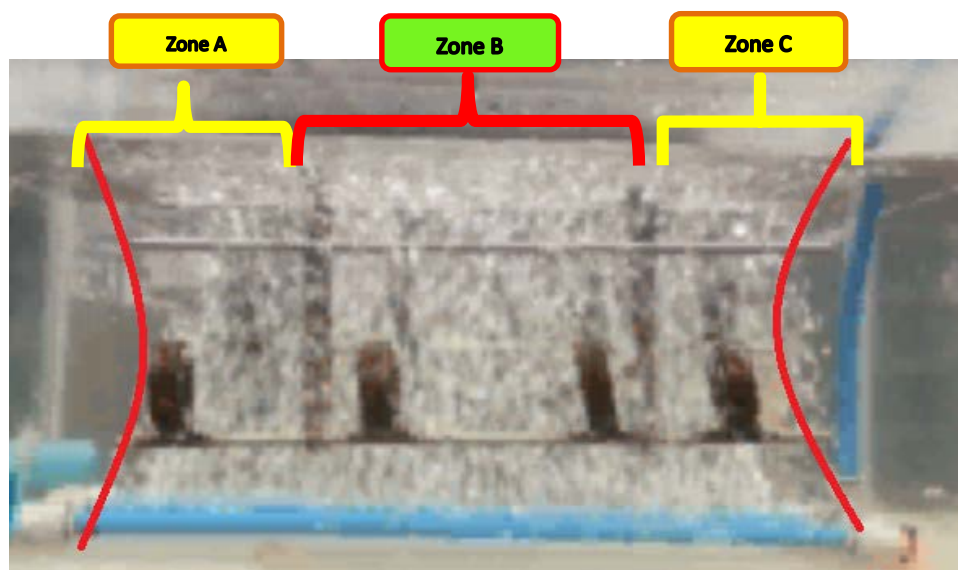
ตำแหน่งบนชั้นวาง	จำนวนของเสีย (ชิ้น)	เปอร์เซ็นต์
ตำแหน่ง 1	1,860	20.1%
ตำแหน่ง 2	547	5.9%
ตำแหน่ง 3	438	4.7%
ตำแหน่ง 4	766	8.3%
ตำแหน่ง 5	383	4.1%
ตำแหน่ง 6	219	2.4%
ตำแหน่ง 7	438	4.7%
ตำแหน่ง 8	656	7.1%
ตำแหน่ง 9	678	7.3%
ตำแหน่ง 10	438	4.7%
ตำแหน่ง 11	875	9.4%
ตำแหน่ง 12	1969	21.3%

ตารางที่ 4.2 จำนวนของเสียที่เกิดขึ้น ณ ตำแหน่งต่างๆบนชิ้นวาง ช่วงวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2557 ถึง 29 มีนาคม 2557 เมื่อนำข้อมูลมาสร้างกราฟ ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 เปอร์เซ็นต์การไหม้ของชิ้นงานในตำแหน่งต่างๆ

รูปที่ 4.4 แสดงเปอร์เซ็นต์การไหม้ของชิ้นงานในตำแหน่งต่างๆบนชิ้นวาง พบว่าตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 12 เป็นตำแหน่งที่มีเปอร์เซ็นต์การไหม้ของชิ้นงานสูงสุดคือ 20.1% และ 21.3% ตามลำดับ จากเหตุการณ์ดังกล่าวจึงจำลองระบบการระบายความร้อนในบ่อ Hard anodized เพื่อค้นหาความแตกต่างภายในบ่อ แสดงได้ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.5 แบบจำลองลักษณะลมและชิ้นงานภายในบ่อ Hard anodized

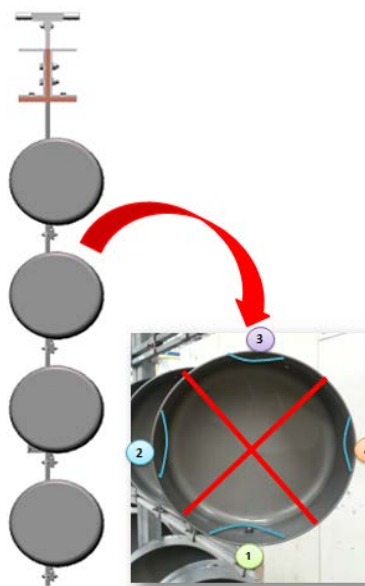
จากรูปที่ 4.5 แสดงแบบจำลองระบบระบายความร้อนในบ่อ Hard anodized พบว่าบริเวณด้านข้างของชั้นวางชิ้นงานทั้งสองข้างฟองน้ำมีลักษณะว่าเข้าด้านใน จากเหตุการณ์ดังกล่าวสอดคล้องกับตำแหน่งการไหม้ของชิ้นงาน ที่พบว่าตำแหน่งด้านข้างของชั้นวางชิ้นงานทั้งสองมีเปอร์เซ็นต์การไหม้ของชิ้นงานสูงกว่าชิ้นงานตรงกลาง

4.1.3 ตำแหน่งการเกิดงานไหม้บนตัวชิ้นงาน

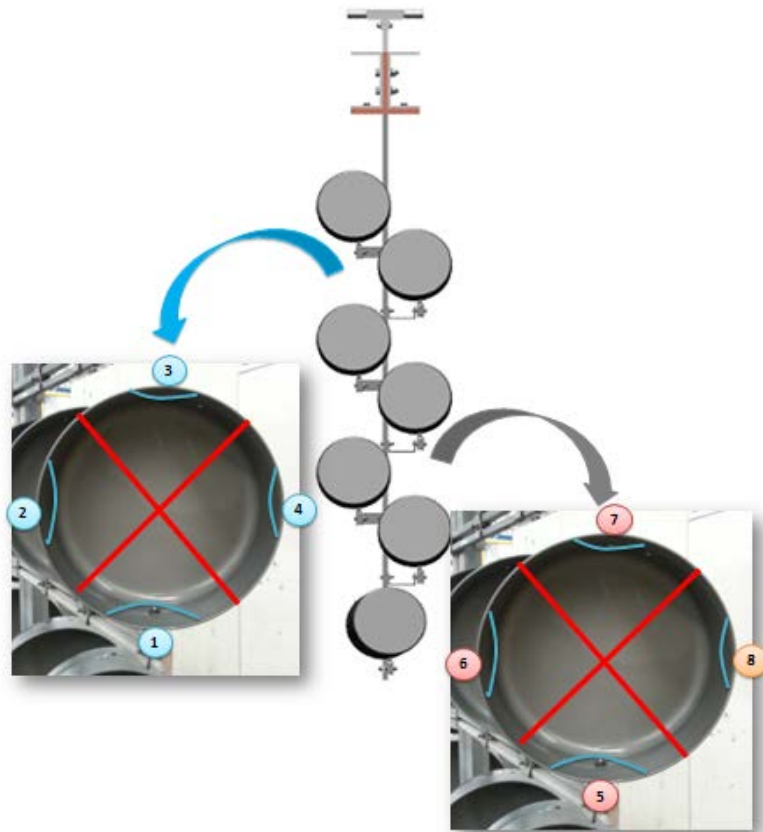
จากข้อมูลทางสถิติแสดงตำแหน่งการเกิดงานไหม้บนชิ้นวาง พบว่าบริเวณด้านข้างของชั้นวางและชั้นล่างสุดของชั้นวางเป็นตำแหน่งที่เกิดการไหม้มากที่สุด และเพื่อวิเคราะห์ลักษณะการไหม้บนชิ้นงานมีลักษณะเช่นใด ทำด้วยการเก็บข้อมูลทางสถิติตำแหน่งที่เกิดงานไหม้บนชิ้นงานโดย

ชั้นวางแบบเดี่ยวแบ่งตำแหน่งการไหม้ออกเป็น 4 ตำแหน่ง กำหนดตำแหน่งที่ 1 เป็นตำแหน่งที่ยึดติดกับชั้นวาง ตำแหน่งที่ 2 ด้านข้างชิ้นงานฝั่งซ้ายมือ ตำแหน่งที่ 3 ตรงตามกับตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 4 ด้านข้างฝั่งขวามือ ลักษณะตำแหน่งทั้ง 4 แสดงในรูปที่ 4.6

ชั้นวางชิ้นงานแบบคู่แบบออกเป็น 8 ตำแหน่ง แขนด้านซ้าย กำหนดตำแหน่งที่ 1 เป็นตำแหน่งที่ยึดติดกับชั้นวาง ตำแหน่งที่ 2 ด้านข้างชิ้นงานฝั่งซ้ายมือ ตำแหน่งที่ 3 ตรงตามกับตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 4 ด้านข้างฝั่งขวามือ กำหนดตำแหน่งที่ 5 เป็นตำแหน่งที่ยึดติดกับชั้นวาง ตำแหน่งที่ 6 ด้านข้างชิ้นงานฝั่งซ้ายมือ ตำแหน่งที่ 7 ตรงตามกับตำแหน่งที่ 5 และตำแหน่งที่ 8 ลักษณะตำแหน่งทั้ง 8 แสดงในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.6 หมายเลขเพื่อระบุตำแหน่งการเกิดงานไหม้สำหรับชั้นวางชิ้นงานแบบเดี่ยว



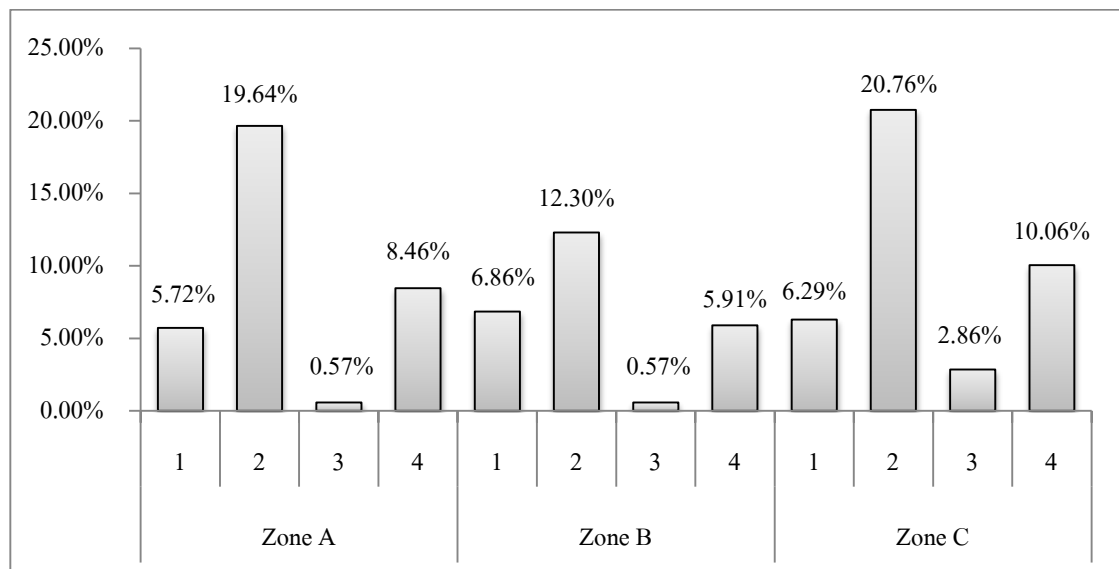
รูปที่ 4.7 หมายเลขเพื่อระบุตำแหน่งการเกิดงานไหม้สำหรับชั้นวางชิ้นงานแบบคู่

4.1.3.1 ผลการเก็บข้อมูลทางสถิติแสดงตำแหน่งการเกิดงานไหม้บนตัวชิ้นงาน

ข้อมูลการเก็บสถิติในช่วงวันที่ 2 มิถุนายน 2557 ถึง 2 กรกฎาคม 2557 พบปัญหางานไหม้ทั้งหมด 5,220 ชิ้น จากชิ้นงานเข้าสู่กระบวนการ Hard anodize ทั้งหมด 409,985 ชิ้น แบ่งเป็นของไหม้จากชั้นวางชิ้นงานแบบเดี่ยว 626 ชิ้น จากชิ้นงานเข้าทั้งหมด 49,016 ชิ้น คิดเป็น 1.28% ในส่วนของชั้นวางชิ้นงานแบบคู่งานไหม้ 4,584 ชิ้น จากชิ้นงานเข้าทั้งหมด 360,966 ชิ้น คิดเป็น 1.27% พบว่าลักษณะการไหม้ที่เกิดขึ้นบนตัวชิ้นงานที่พบมากที่สุดที่สุดในชั้นวางแบบเดี่ยวคือ ตำแหน่งที่ 2 ดังแสดงในตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.8 ในส่วนของชั้นวางชิ้นงานแบบคู่ พบว่าตำแหน่งที่ 2 เป็นตำแหน่งที่เกิดงานไหม้สูงกว่าตำแหน่งอื่นๆเช่นเดียวกับชั้นวางชิ้นงานแบบเดี่ยว ดังแสดงในตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.9

ตารางที่ 4.3 จำนวนชิ้นงานใหม่ในตำแหน่งต่างๆของชิ้นงานบนชั้นวางชิ้นงานแบบเดี่ยว

พื้นที่	ตำแหน่ง	จำนวนของเสีย (ชิ้น)	เปอร์เซ็นต์
Zone A	1	36	5.72%
	2	123	19.64%
	3	4	0.57%
	4	53	8.46%
Zone B	1	43	6.86%
	2	77	12.30%
	3	4	0.57%
	4	37	5.91%
Zone C	1	39	6.29%
	2	130	20.76%
	3	18	2.86%
	4	63	10.06%

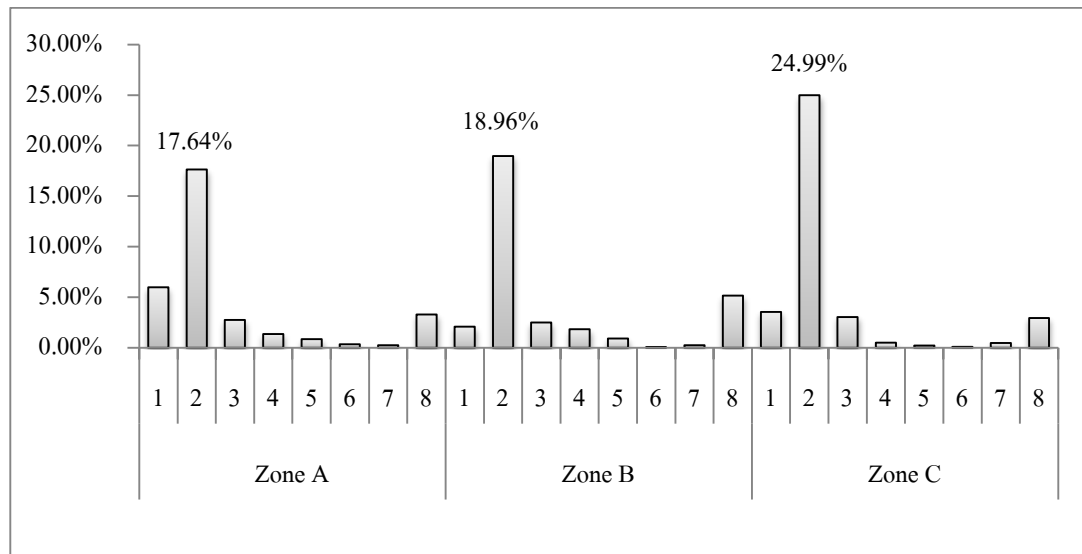


รูปที่ 4.8 เปอร์เซนต์งานใหม่ในตำแหน่งต่างๆของชิ้นงานบนชั้นวางชิ้นงานแบบเดี่ยว

จากรูปที่ 4.8 แสดงให้เห็นว่างานใหม่ตำแหน่งที่ 2 เป็นตำแหน่งที่พบปัญหาการใหม่มากที่สุดในทุก 3 พื้นที่ของชั้นวาง

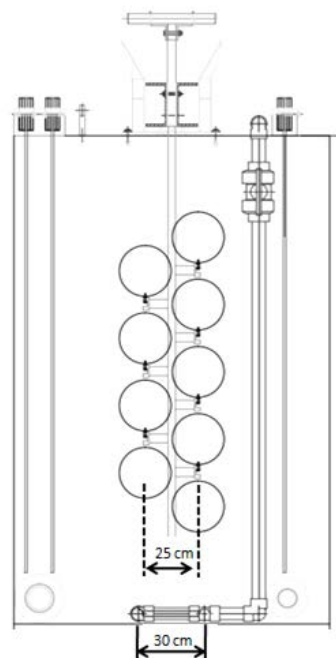
ตารางที่ 4.4 จำนวนชิ้นงานใหม่ในตำแหน่งต่างๆของชิ้นงานบนชั้นวางชิ้นงานแบบคู่

พื้นที่	ตำแหน่ง	จำนวนของเสีย (ชิ้น)	เปอร์เซ็นต์
Zone A	1	275	5.98%
	2	810	17.64%
	3	126	2.74%
	4	63	1.37%
	5	40	0.86%
	6	16	0.35%
	7	12	0.25%
	8	151	3.29%
Zone B	1	95	2.08%
	2	871	18.96%
	3	114	2.48%
	4	84	1.82%
	5	42	0.91%
	6	2	0.05%
	7	12	0.25%
	8	237	5.17%
Zone C	1	163	3.55%
	2	1148	24.99%
	3	140	3.04%
	4	23	0.51%
	5	9	0.20%
	6	5	0.10%
	7	21	0.46%
	8	135	2.94%



รูปที่ 4.9 เปอร์เซนต์งานใหม่ในตำแหน่งต่างๆของชิ้นงานบนชั้นวางชิ้นงานแบบคู่

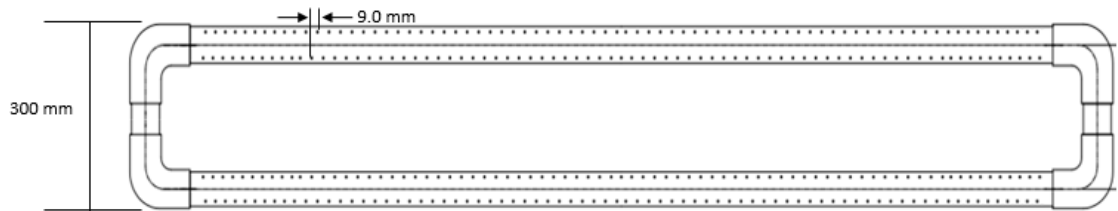
จากตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.9 แสดงให้เห็นถึงงานใหม่เกิดที่ตำแหน่งที่ 2 มากที่สุด เมื่อวิเคราะห์ถึงตำแหน่งชิ้นงานและท่อระบายความร้อนว่าเมื่อนำชิ้นงานใส่บนชั้นวางที่ราวจับยื่นออกมาด้านล่าง 12.5 เซนติเมตร เมื่อนำชิ้นงานยึดติดกับชั้นวางพบว่ารัศมีของชิ้นงานกว้างกว่าท่อพีวีซีที่มีไว้เพื่อระบายความร้อน ซึ่งมีความกว้าง 30 เซนติเมตร ดังนั้น ตำแหน่งที่ 2 เป็นส่วนของชิ้นงานที่ยื่นออกจากท่อพีวีซีที่ใช้ระบายความร้อน จึงมีเปอร์เซ็นต์การใหม่มากกว่าตำแหน่งอื่นๆ โดยลักษณะของชิ้นงานบนชั้นวางและท่อพีวีซีสำหรับการระบายความร้อนในบ่อ Hard anodize แสดงในรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.10 ภาพด้านข้างระหว่างชิ้นงานบนชั้นวางและท่อลมระบายความร้อน

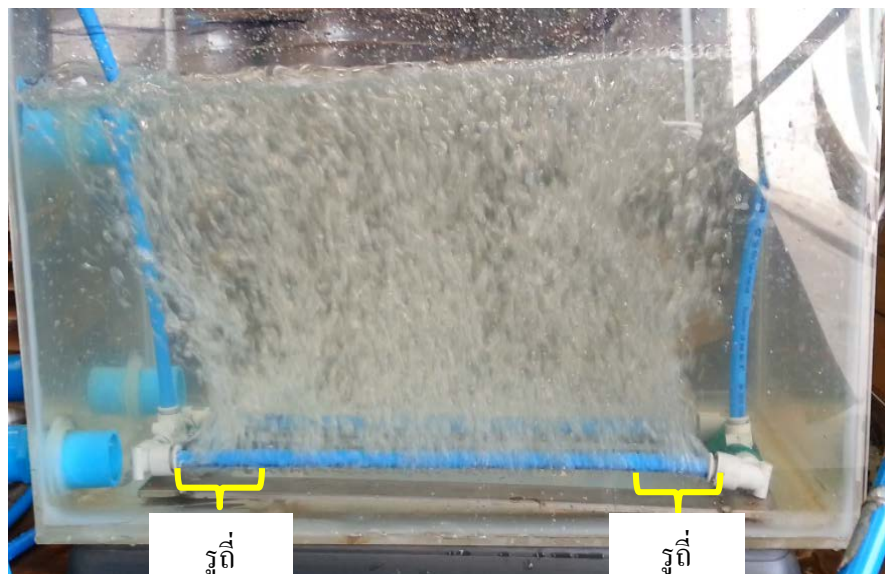
4.2 ระบบระบายความร้อนในกระบวน Hard anodized

ระบบระบายความร้อนแบบเดิมเป็นท่อพีวีซี 1 นิ้ว ระยะห่างระหว่างเส้น คือ 30 เซนติเมตรเจาะรู ลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 มิลลิเมตร ระยะห่างระหว่างรู 0.9 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 ภาพลักษณะท่อลมแบบเดิม

จากการจำลองระบบระบายความร้อนในบ่อ Hard anodized ที่พบว่าฟองอากาศด้านข้างของบ่อขุมแข็งมีลักษณะเว้าเข้าด้านในเนื่องจากรูลมมีระยะห่างเท่ากัน ส่งผลให้ด้านข้างทั้งสองที่เป็นขาเข้าของลมมีแรงดันมาก ลมที่ออกจากบริเวณดังกล่าวจึงมีแรงผลักดันเข้าด้านใน ดังนั้น ในการออกแบบท่อให้ปลายท่อทั้งซ้ายและขวาต้องเพิ่มรูเพื่อลดแรงดันบริเวณดังกล่าว ซึ่งลักษณะของลมเมื่อเพิ่มความถี่บริเวณขาเข้าพบว่าการเว้าของลมลดน้อยลง ดังแสดงในรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 ลักษณะลมที่ปลายท่อซ้ายขวาเจาะรูเพิ่ม

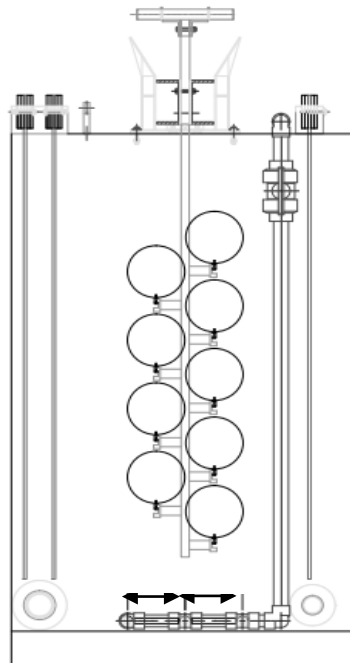
จากรูปที่ 4.12 แสดงถึงลักษณะของท่อลมเมื่อเพิ่มรูปบริเวณหัวท้ายซึ่งเป็นจุดที่ลมเข้า พบว่าลักษณะของลมไม่เว้าเข้าด้านใน และมีทิศทางขึ้นในแนวตรงมากขึ้น ลักษณะของการเพิ่มรูดังกล่าวจึงจำเป็นนำมาใช้ในหลายๆ รูปแบบของท่อที่ออกแบบใหม่

4.2.2 ออกแบบระบบการระบายความร้อนแบบ 3, 4 และ 5 เส้น

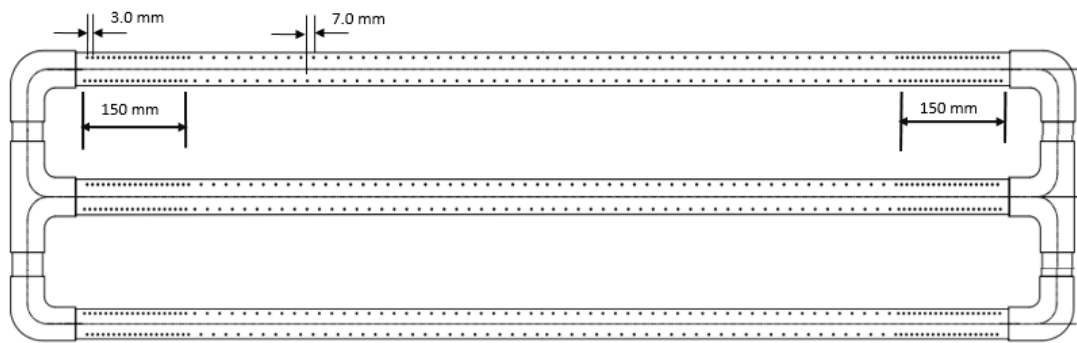
ในระบบระบายความร้อนในบ่อ Hard anodized เดิมนี้เป็นท่อพีวีซีขนาด 1 นิ้ว 2 เส้น ระยะห่างระหว่างเส้นเท่ากับ 30 เซนติเมตร เจาะรูขนาด 1.5 มิลลิเมตร พบปัญหาชิ้นงานใหม่บริเวณที่ชิ้นงานยื่นออกนอกกระทมีท่อพีวีซี เนื่องจากพื้นที่สำหรับการระบายความร้อนยังไม่ครอบคลุมชิ้นงาน ดังนั้น จึงได้ออกแบบระบบระบายความร้อนใหม่อีกทั้งหมด 4 รูปแบบ คือ ท่อ 3 เส้น ท่อ 4 เส้น ท่อ 5 เส้น และท่อ 4 เส้นแบ่งออกเป็นสองระบบ ดังนี้

1. ท่อ 3 เส้น ระยะห่างแต่ละเส้น 24 เซนติเมตร

ท่อ 3 เส้น แต่ละเส้นห่างกัน 25 เซนติเมตร รวมพื้นที่ที่มีเพื่อการระบายความร้อนทั้งหมด 50 เซนติเมตร แสดงในรูปที่ 4.13 ใช้ท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว เจาะรูขนาด 1 มิลลิเมตร ระยะห่างระหว่างรูเท่ากับ 3.0 มิลลิเมตร ในช่วง 150 มิลลิเมตร หัวท้าย และในช่วงกลางระยะห่างระหว่างรูเป็น 7.0 มิลลิเมตร รวมจำนวนรูทั้งหมด 1,417 รู (473 รูต่อเส้น) ดังแสดงในรูปที่ 4.14



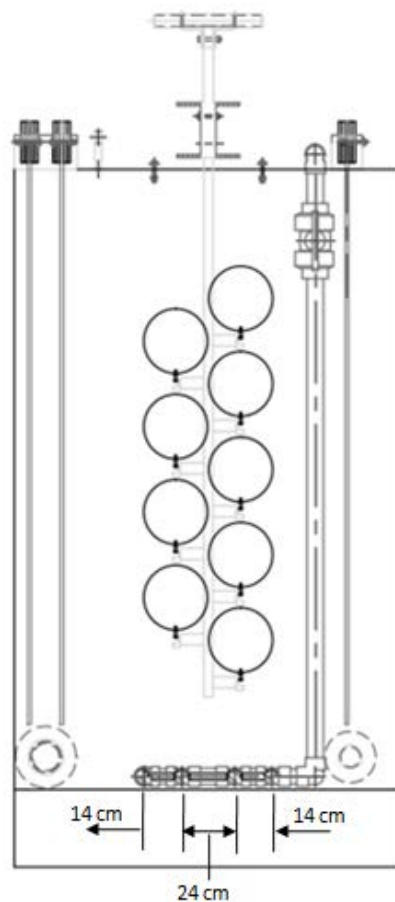
รูปที่ 4.13 ลักษณะด้านข้างระหว่างชิ้นงานบนชั้นวางและท่อลมแบบ 3 เส้นระยะห่างแต่ละเส้น 25 เซนติเมตร



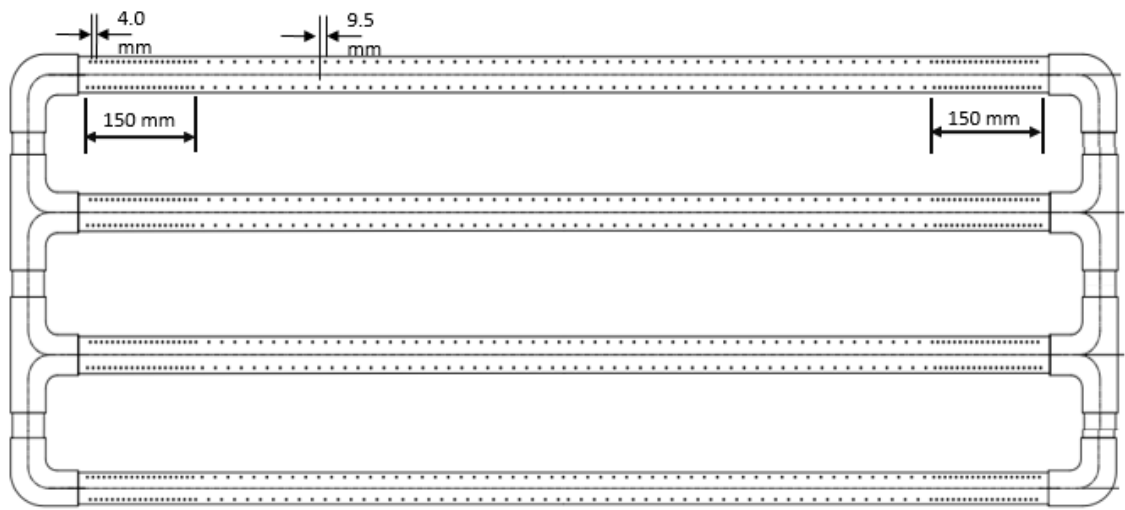
รูปที่ 4.14 ลักษณะการเจาะรูลมของท่อลมแบบ 3 เส้นระยะห่างแต่ละเส้น 25 เซนติเมตร

2. ท่อ 4 เส้น

ท่อ 4 เส้น พื้นที่ที่มีเพื่อการระบายความร้อนทั้งหมด 52 เซนติเมตร แสดงในรูปที่ 4.15 ใช้ท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว เจาะรูขนาด 1 มิลลิเมตร ระยะห่างระหว่างรูเท่ากับ 4.0 มิลลิเมตร ในช่วง 150 มิลลิเมตร หัวท้าย และในช่วงกลางระยะห่างระหว่างรูเป็น 9.5 มิลลิเมตร รวมจำนวนรู ทั้งหมด 1,417 รู (354 รูต่อเส้น) ดังแสดงในรูปที่ 4.16



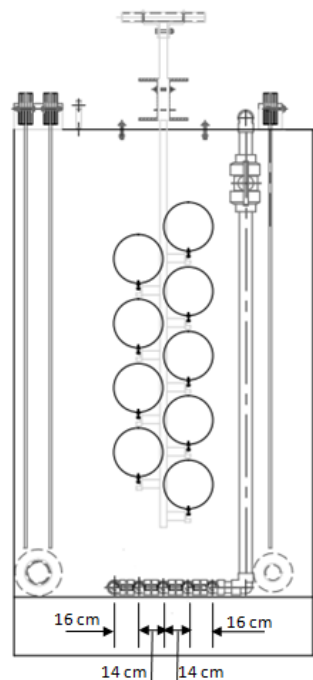
รูปที่ 4.15 ลักษณะด้านข้างระหว่างชิ้นงานบนชั้นวางและท่อลมแบบ 4 เส้น



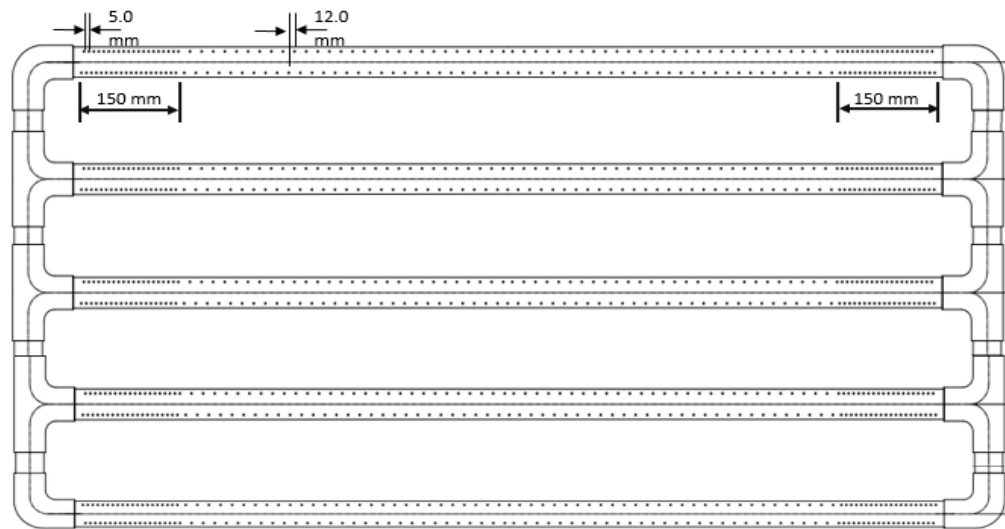
รูปที่ 4.16 ลักษณะการเจาะรูลมของท่อลมแบบ 4 เส้น

3. ท่อ 5 เส้น

ท่อ 5 เส้น พื้นที่ที่มีเพื่อการระบายความร้อนทั้งหมด 60 เซนติเมตร แสดงในรูปที่ 4.17 ใช้ท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว เจาะรูขนาด 1 มิลลิเมตร ระยะห่างระหว่างรูเท่ากับ 5.0 มิลลิเมตร ในช่วง 150 มิลลิเมตร หัวท้าย และในช่วงกลางระยะห่างระหว่างรูเป็น 12.0 มิลลิเมตร รวมจำนวนรูทั้งหมด 1,417 รู (283 รู/เส้น) ดังแสดงในรูปที่ 4.18



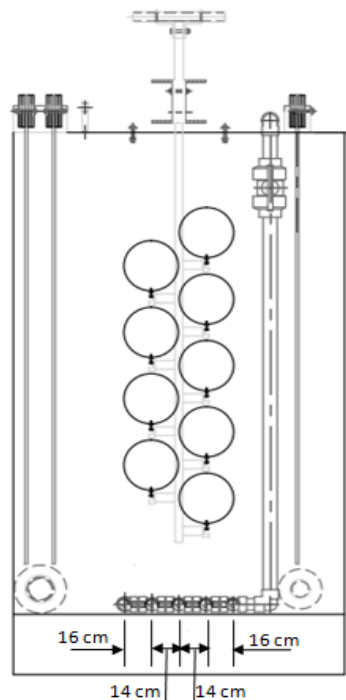
รูปที่ 4.17 ลักษณะด้านข้างระหว่างชิ้นงานบนชั้นวางและท่อลมแบบ 5 เส้น



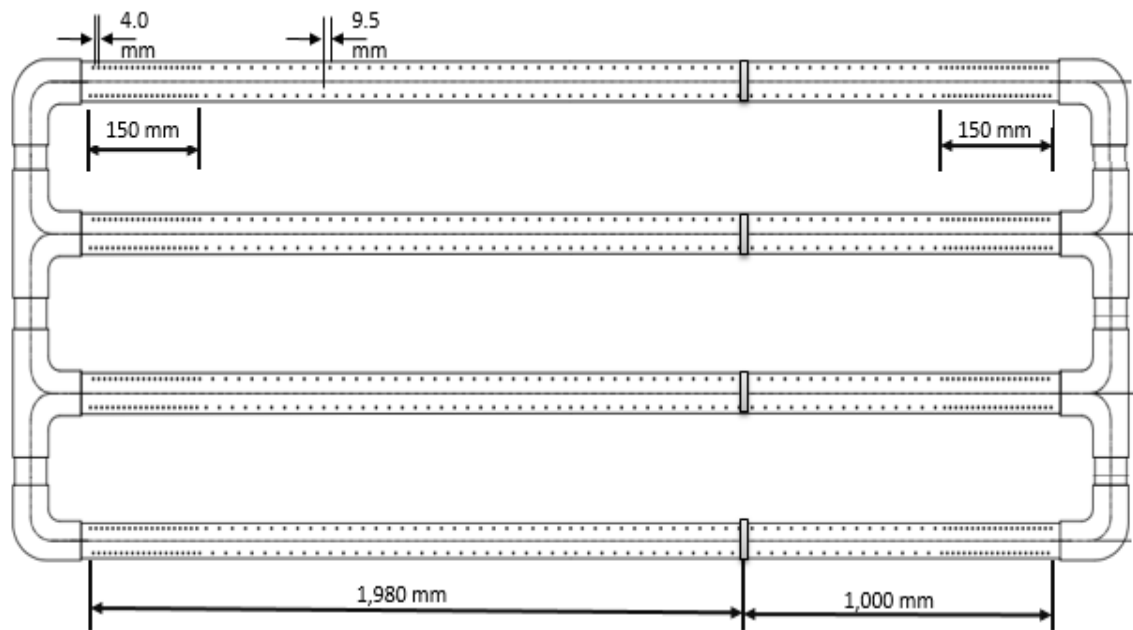
รูปที่ 4.18 ลักษณะการเจาะรูลมของท่อลมแบบ 5 เส้น

4. ท่อ 4 เส้น แบ่งเป็น 2 ส่วน

ท่อ 4 เส้น พื้นที่ที่มีเพื่อการระบายความร้อนทั้งหมด 52 เซนติเมตร แสดงในรูปที่ 4.19 ใช้ท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว เจาะรูขนาด 1 มิลลิเมตร ระยะห่างระหว่างรูเท่ากับ 4.0 มิลลิเมตร ในช่วง 150 มิลลิเมตร หัวท้าย และในช่วงกลางระยะห่างระหว่างรูเป็น 9.5 มิลลิเมตร รวมจำนวนรูทั้งหมด 1,417 รู (354 รูต่อเส้น) ขแบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกมีความยาว 1,980 มิลลิเมตร ท่อลมจากเข้าส่วนนี้มีขนาด 2 นิ้ว และอีกส่วนมีความยาว 1,000 มิลลิเมตร เนื่องจากเป็นท่อลมที่จ่ายเข้ามีขนาด 1 นิ้ว ดังแสดงในรูปที่ 4.20



รูปที่ 4.19 ลักษณะด้านข้างระหว่างชั้นงานบนชั้นวางและท่อลมแบบ 4 เส้น แบ่งเป็น 2 ส่วน



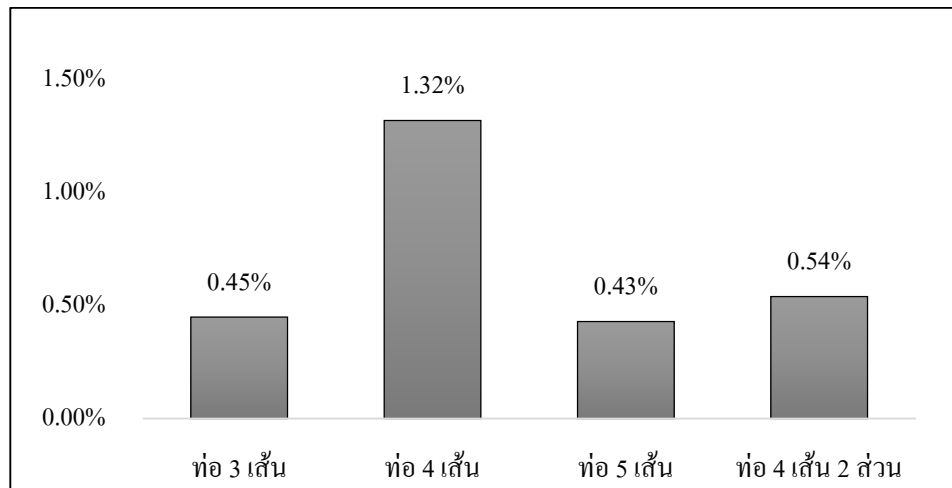
รูปที่ 4.20 ลักษณะการเจาะรูของท่อแบบ 4 เส้น แบ่งเป็น 2 ส่วน

4.2.3 ผลการทดลอง

เพื่อเปรียบเทียบที่ระบายความร้อนของท่อแบบ 3 เส้น 4 เส้น 5 เส้น และ 4 เส้น 2 ส่วน ได้เปลี่ยนท่อในบ่อ Hard anodized ช่วงวันที่ 15 กันยายน 2557 ถึง 3 ตุลาคม 2557 แสดงผลการทดลองใน

ตารางที่ 4.5 ปริมาณงานใหม่ของแต่ละระบบการระบายความร้อนในบ่อ Hard anodized ช่วงวันที่ 15 กันยายน 2557 ถึง 3 ตุลาคม 2557

ลักษณะระบบระบายความร้อน	ยอดผลิต	งานใหม่	เปอร์เซ็นต์
ท่อ 3 เส้น	73,271	332	0.45%
ท่อ 4 เส้น	72,400	955	1.32%
ท่อ 5 เส้น	68,172	292	0.43%
ท่อ 5 เส้น 2 ส่วน	62,473	336	0.54%



รูปที่ 4.21 เปอร์เซนต์งานใหม่ของท่อระบายความร้อนแบบต่างๆ

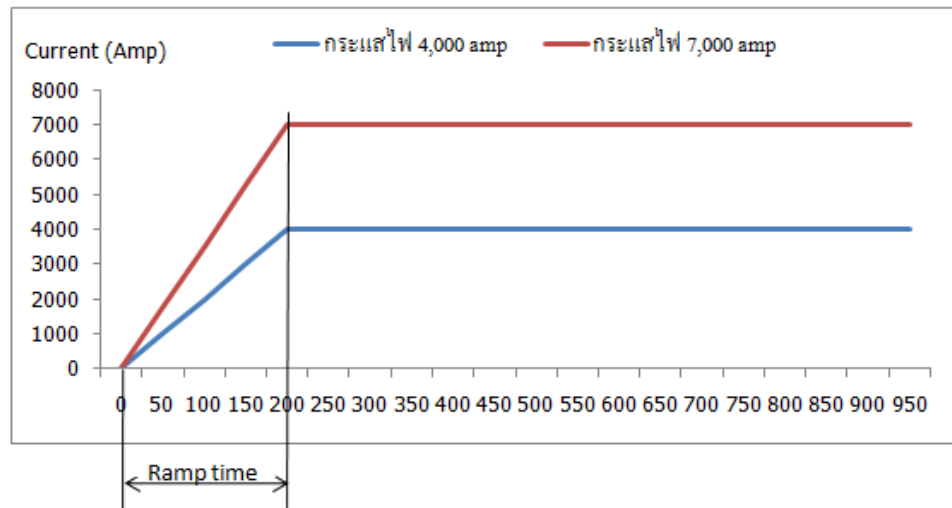
จากรูปที่ 4.20 แสดงเปอร์เซนต์งานใหม่ของท่อระบายความร้อนแบบต่างๆ พบว่าที่ท่อแบบ 3 เส้น เปอร์เซนต์งานใหม่ 0.45% ท่อแบบ 4 เส้น เปอร์เซนต์งานใหม่ 1.32 % ท่อแบบ 5 เส้น เปอร์เซนต์งานใหม่ 0.43% และท่อแบบ 4 เส้น แบ่งออก 2 ส่วน เปอร์เซนต์งานใหม่ 0.54% โดยท่อลมระบายความร้อนแบบ 5 เส้นสามารถลดงานใหม่ได้มากที่สุด

ดังนั้น ท่อลมระบายความร้อนแบบ 5 เส้นเป็นระบบระบายความร้อนที่สามารถลดงานใหม่ในกระบวนการ Hard anodized ได้ดีที่สุด จึงได้ดำเนินการเปลี่ยนท่อลมในบ่อ Hard anodized ทั้ง 6 บ่อเป็นแบบท่อระบายความร้อน 5 เส้น ผลการทดลองในช่วงวันที่ 15 ตุลาคม 2557 ถึง 3 พฤศจิกายน 2557 ยอดการผลิตทั้งหมด 385,988 ชิ้น เป็นงานใหม่ 3,619 ชิ้น คิดเป็น 0.94% พบว่างานใหม่ในกระบวนการ Hard anodized ยังลดลงไม่ได้ตามเป้าหมาย

4.3 การจ่ายกระแสไฟ (Ramp time) และความเข้มข้นของสารละลายกรดซัลฟิวริกในกระบวนการ Hard anodized

เนื่องจากปัญหางานใหม่มีสาเหตุเนื่องจากความร้อนภายในชิ้นงาน ซึ่งสาเหตุที่ทำให้เกิดความร้อนเกิดจากกระบวนการ Hard anodized ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงในการทำปฏิกิริยา และในขณะเดียวกันหากปริมาณไฟฟ้า (Current density; Amp) ที่จ่ายเข้าไปมีปริมาณที่มากกว่าพื้นที่ชิ้นงานจะสามารถรับได้ ก็ส่งผลทำให้ชิ้นงานมีความร้อนสูงและไหม้ได้ในที่สุด และอีกประการหนึ่งคือระยะเวลาการจ่ายไฟจาก 0 Amp จนถึงค่าสูงสุดที่ต้องการพบว่าเดิมใช้เวลาอยู่ที่ 200 วินาที ดังแสดงในรูปที่ 4.21 การงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง [6] หากต้องการลดปัญหางานใหม่ (burn defect) ในกระบวนการ Hard anodized นั้นสามารถทำได้โดย

1. ลดกระแสไฟ (Current density; Amp)
2. เพิ่มอุณหภูมิของสารละลายอิเล็กโทรไลต์
3. เพิ่มความเข้มข้นของสารละลายอิเล็กโทรไลต์



รูปที่ 4.22 การจ่ายกระแสไฟ (Ramp time) เข้าสู่ระบบที่กระแสไฟต่างกัน

4.3.1 การดำเนินการทดลอง

เพื่อให้สามารถลดปัญหางานใหม่ให้ตามเป้าหมาย ดังนั้นจึงได้ทำการทดลอง 4 ช่วงการทดลอง โดยการเพิ่มระยะเวลาการจ่ายไฟ (Ramp time) และเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายกรดซัลฟิวริก (กรัมต่อลิตร) ดังแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.6 สภาวะที่ใช้ในการทดลองปรับการจ่ายกระแสไฟและปรับความเข้มข้นของสารละลายกรดซัลฟิวริกในบ่อ Hard anodized

การทดลอง	เวลาการจ่ายไฟ (Ramp time (s))	ความเข้มข้นสารละลายกรดซัลฟิวริก (กรัมต่อลิตร)
1	300	190 - 200
2	300	200 - 210
3	400	190 - 200
4	400	200 - 210
5	480	190 - 200
6	480	200 - 210

4.3.2 ผลการทดลอง

ผลการทดลองปรับ Ramp time และความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกในระบบการ Hard anodized แสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองปรับสภาวะการทำงานในระบบการ Hard anodized

Ramp time (s)	ความเข้มข้นกรดซัลฟิวริก (กรัมต่อลิตร)	การทดลอง	ยอดผลิต	งานใหม่	เปอร์เซ็นต์งานใหม่
300	190-200	1	3900	20	0.52%
		2	4580	28	0.61%
		3	4640	26	0.57%
		4	4800	26	0.54%
	200-210	1	5400	29	0.54%
		2	5000	30	0.59%
		3	4600	29	0.63%
		4	6350	36	0.56%
400	190-200	1	4600	21	0.46%
		2	5560	27	0.48%
		3	4298	21	0.50%
		4	6856	32	0.46%
	200-210	1	5500	21	0.39%
		2	6500	28	0.43%
		3	4580	19	0.42%
		4	4259	17	0.41%
480	190-200	1	5870	19	0.32%
		2	5230	16	0.31%
		3	4893	16	0.33%
		4	4830	15	0.32%
	200-210	1	7900	25	0.32%
		2	8040	27	0.33%
		3	7800	22	0.28%
		4	8141	25	0.31%

4.3.3 การวิเคราะห์ผล

จากข้อมูลการไหม้ของชิ้นงานที่ได้จากการทดลอง ทางผู้วิจัยจึงทำการทดสอบสมมติฐานที่ว่า อิทธิพลของพารามิเตอร์ไม่มีผลต่อการไหม้ของชิ้นงานในกระบวนการ Hard anodized ดังสมมติฐาน

1. Ramp time ที่ใช้ในกระบวนการ Hard anodized ไม่มีผลต่อการไหม้ของชิ้นงาน

H_0 : Ramp time ที่ใช้ในกระบวนการ Hard anodized ไม่มีผลต่อการไหม้ของชิ้นงาน

H_1 : Ramp time ที่ใช้ในกระบวนการ Hard anodized มีผลต่อการไหม้ของชิ้นงาน

2. ความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกที่ใช้ในกระบวนการ Hard anodized ไม่มีผลต่อการไหม้ของชิ้นงาน

H_0 : ความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกที่ใช้ในกระบวนการ Hard anodized ไม่มีผลต่อการไหม้ของชิ้นงาน

H_1 : ความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกที่ใช้ในกระบวนการ Hard anodized มีผลต่อการไหม้ของชิ้นงาน

3. Ramp time และ ความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกที่ใช้ในกระบวนการ Hard anodized ไม่มีผลต่อการไหม้ของชิ้นงาน

H_0 : Ramp time และ ความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกที่ใช้ในกระบวนการ Hard anodized ไม่มีผลต่อการไหม้ของชิ้นงาน

H_1 : Ramp time และ ความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกที่ใช้ในกระบวนการ Hard anodized ไม่มีผลต่อการไหม้ของชิ้นงาน

จากสมมติฐาน จะทำการทดสอบสมมติฐาน โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติและใช้ค่า P-Value ในการยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐาน ว่าสมการทำนายผลมีลักษณะเป็นเส้นตรงที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.8 ตารางวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	P-value
Ramp time	2	0.0000258	0.0000129	191.75	0
Sulfuric acid	1	0.0000002	0.0000002	2.81	0.111
Ramp time*Sulfuric acid	2	0.0000007	0.0000003	5.08	0.018
Error	18	0.0000012	0.0000001		
Total	23	0.0000279			
S = 0.000259585 R-Sq = 95.66% R-Sq(adj) = 94.45%					

จากตารางที่ 4.8 แสดงผลการทดลองทางสถิติ ซึ่งการสรุปผลใช้ค่า P-Value ในการยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐาน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งสรุปผลได้ดังนี้

พารามิเตอร์ Ramp time มีอิทธิพลต่อการไหม้ของชิ้นงานในกระบวนการ Hard anodized โดยพิจารณาจากค่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 กล่าวได้ว่า Ramp time ที่ใช้ในกระบวนการ Hard anodized ที่ระดับต่างกัน จะให้ชิ้นงานไหม้ที่ต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานที่ว่า Ramp time ที่ใช้ในกระบวนการ Hard anodized ไม่มีผลต่อการไหม้ของชิ้นงาน พารามิเตอร์ความเข้มข้นกรดซัลฟิวริก อิทธิพลต่อการไหม้ของชิ้นงานในกระบวนการ Hard anodized โดยพิจารณาจากค่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.111 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 กล่าวได้ว่าความเข้มข้นกรดซัลฟิวริกที่ใช้ในกระบวนการ Hard anodized ที่ระดับต่างกัน ไม่ส่งผลให้เกิดการไหม้ของชิ้นงานที่ต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานที่ว่า ความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกที่ใช้ในกระบวนการ Hard anodized ไม่มีผลต่อการไหม้ของชิ้นงาน และพารามิเตอร์ร่วมระหว่าง Ramp time และ ความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริก มีอิทธิพลต่อการไหม้ของชิ้นงานในกระบวนการ Hard anodized โดยพิจารณาจากค่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.018 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าพารามิเตอร์ร่วมระหว่าง Ramp time และ ความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกที่ใช้ในกระบวนการ Hard anodized ที่ระดับต่างกันจะให้ชิ้นงานไหม้ที่ต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานที่ว่า Ramp time และ ความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกที่ใช้ในกระบวนการ Hard anodized ไม่มีผลต่อการไหม้ของชิ้นงาน ซึ่งความน่าเชื่อถือของผลการทดลองจะพิจารณาจาก ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่ปรับแล้ว (R^2 Adjusted) ต้องมากกว่า 80 % จึงจะถือว่าการวิเคราะห์ผลจากข้อมูลที่ทำทดลองมีความถูกต้องแม่นยำ ซึ่งจากการวิเคราะห์ผลค่า R^2 Adjusted มีค่าเท่ากับ 94.45 % ซึ่งมีค่ามากกว่า 80 % แสดงว่าการวิเคราะห์ผลจากข้อมูลที่ทำทดลองมีความถูกต้องแม่นยำเพียงพอต่อการยอมรับผลการทดลอง

4.3.4 การวิเคราะห์ความถูกต้องของข้อมูล

การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล เป็นการตรวจสอบข้อมูลที่ได้จากการทดลองว่าเป็นไปตามหลักการของการออกแบบการทดลองหรือไม่ โดยมีรูปแบบที่สำคัญคือ ข้อมูลต้องมีการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution) ข้อมูลต้องมีความผันแปรระหว่างกลุ่มข้อมูลเท่ากัน (Variance Stability) และข้อมูลต้องมีความเป็นอิสระต่อกัน (Independent)

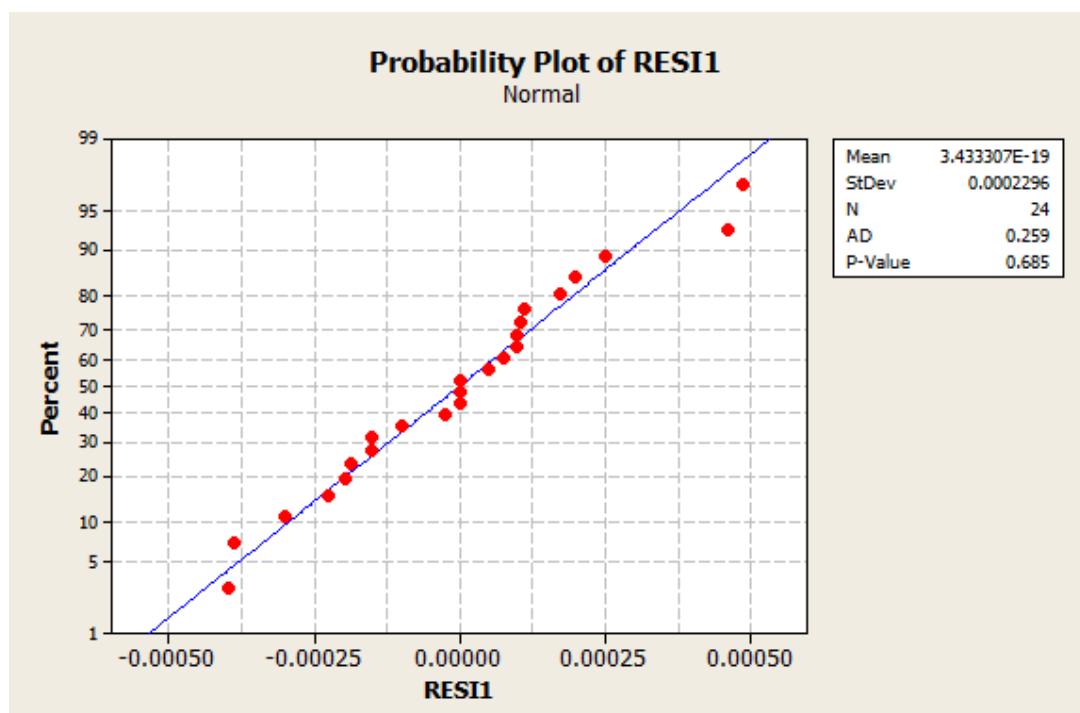
4.3.4.1 การวิเคราะห์การกระจายตัวของข้อมูล

การตรวจสอบการกระจายตัวแบบปกติของข้อมูลจะพิจารณาจากค่าส่วนตกค้าง ทางผู้วิจัยจึงทำการทดสอบสมมติฐานที่ว่า ส่วนตกค้างของข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ ดังสมมติฐาน

H_0 : ส่วนตกค้างของข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ

H_1 : ส่วนตกค้างของข้อมูลมีการกระจายตัวแบบไม่ปกติ

จากสมมติฐานที่ว่าส่วนตกค้างของข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ จะทำการทดสอบสมมติฐานโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติและใช้ค่า P-Value ในการยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานที่ว่า ส่วนตกค้างของข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังรูปที่ 4.22



รูปที่ 4.23 การกระจายตัวของส่วนตกค้างของข้อมูล

เมื่อทดสอบการกระจายตัวของส่วนตกค้างจากรูปที่ 4.22 พบว่าค่าส่วนตกค้างมีการกระจายตัวแบบปกติ โดยพิจารณาจากค่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.685 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 แสดงว่าการกระจายตัวของส่วนตกค้างของข้อมูล ไม่ได้มีการกระจายตัวแบบผิดปกติอย่างมีนัยสำคัญด้วยระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงยอมรับสมมติฐานที่ว่า ส่วนตกค้างของข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ

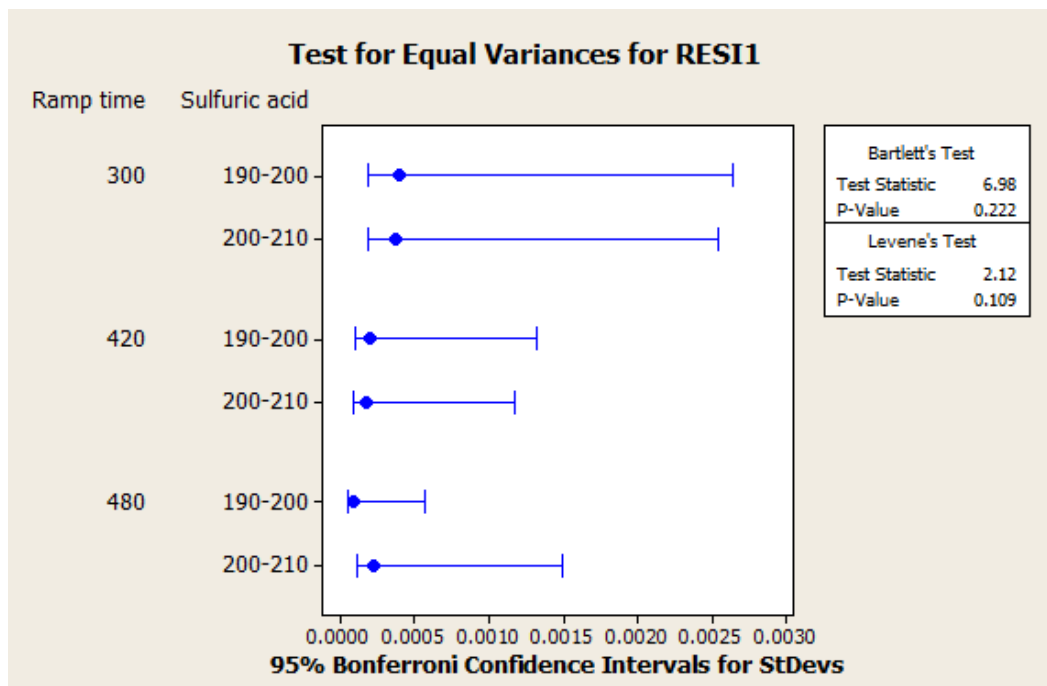
4.3.4.2 การวิเคราะห์ความผันแปรระหว่างกลุ่มข้อมูล

การตรวจสอบความผันแปรระหว่างกลุ่มข้อมูลของค่าส่วนตกค้าง ระหว่างพารามิเตอร์ ความเร็วที่ใช้ในการขัดและแรงที่ใช้ในการขัด ทางผู้วิจัยจึงทำการทดสอบสมมติฐานที่ว่า ส่วนตกค้างของข้อมูลมีความผันแปรระหว่างกลุ่มข้อมูลเท่ากัน ดังสมมติฐาน

H_0 : ส่วนตกค้างของข้อมูลมีความผันแปรระหว่างกลุ่มข้อมูลเท่ากัน

H_1 : ส่วนตกค้างของข้อมูลมีความผันแปรระหว่างกลุ่มข้อมูลไม่เท่ากัน

จากสมมติฐานที่ว่าส่วนตกค้างของข้อมูลมีความผันแปรระหว่างกลุ่มข้อมูลเท่ากัน จะทำการทดสอบสมมติฐานโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติและใช้ค่า P-Value ในการยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานที่ว่า ส่วนตกค้างของข้อมูลมีความผันแปรระหว่างกลุ่มข้อมูลเท่ากันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.24 ความผันแปรระหว่างกลุ่มข้อมูลจากค่าส่วนตกค้างที่ได้จากการทดลอง

เมื่อทดสอบความผันแปรระหว่างกลุ่มข้อมูลจากรูปที่ 4.23 พบว่าค่าส่วนตกค้างของข้อมูลมีความผันแปรระหว่างกลุ่มข้อมูลเท่ากัน โดยพิจารณาจากค่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.222 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 แสดงว่าความผันแปรระหว่างกลุ่มข้อมูลไม่ได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วย ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงยอมรับสมมติฐานที่ว่า ส่วนตกค้างของข้อมูลมีความผันแปรระหว่างกลุ่มข้อมูลเท่ากัน

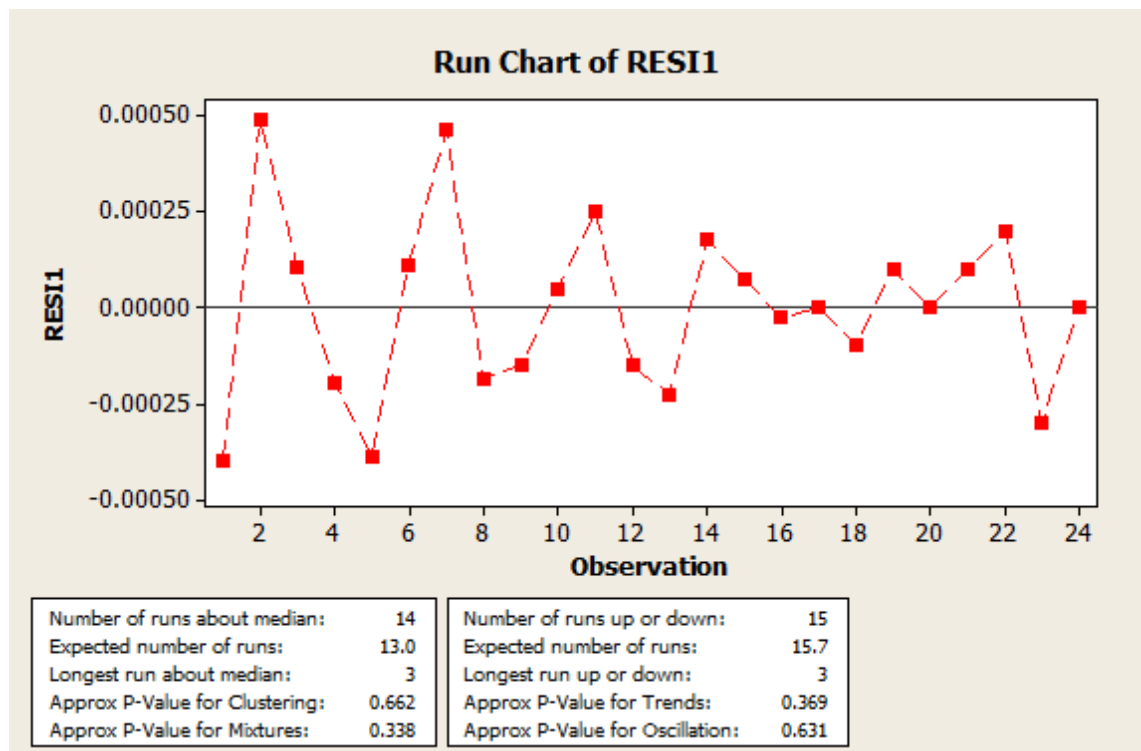
4.3.4.3 การวิเคราะห์ความเป็นอิสระต่อกัน

การตรวจสอบความเป็นอิสระต่อกันของข้อมูล ทางผู้วิจัยจึงทำการทดสอบสมมติฐานที่ว่า ส่วนตกค้างของข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกัน ซึ่งจะพิจารณาจากแผนภูมิการกระจายตัวของส่วนตกค้าง ดังสมมติฐาน

H_0 : ส่วนตกค้างของข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกัน

H_1 : ส่วนตกค้างของข้อมูลไม่มีความเป็นอิสระต่อกัน

จากสมมติฐานที่ว่าส่วนตกค้างของข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกัน จะทำการทดสอบสมมติฐานโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ ซึ่งจะใช้รูปแบบของกราฟ ในการยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานที่ว่า ส่วนตกค้างของข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกัน ดังรูปที่ 4.24

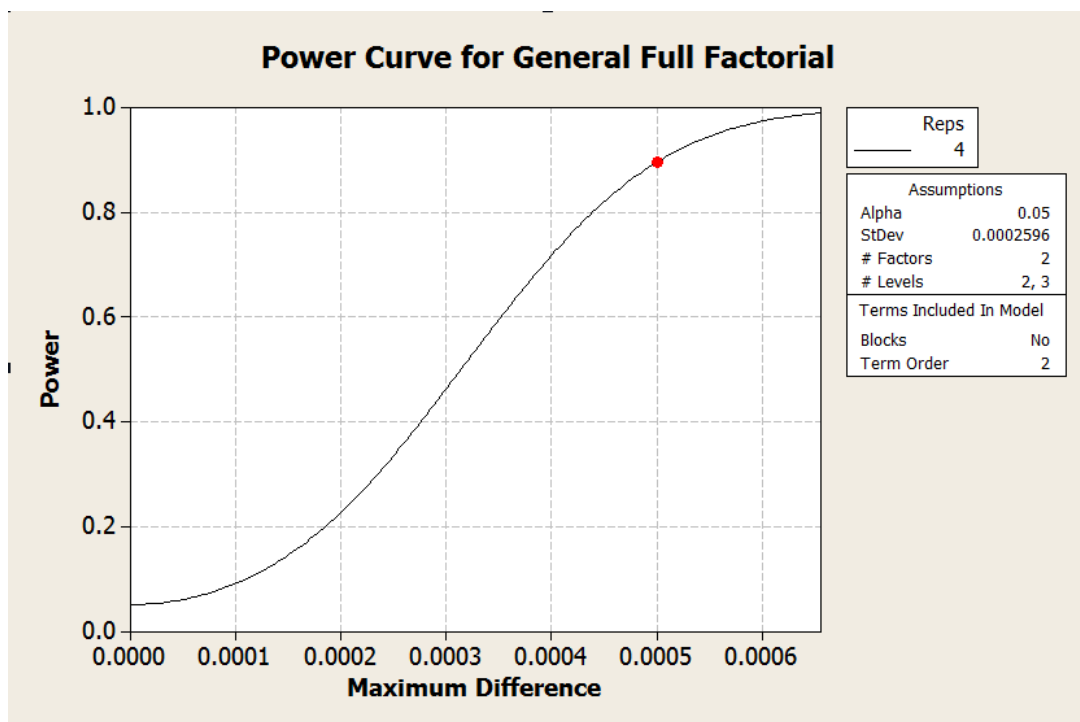


รูปที่ 4.25 แสดงความเป็นอิสระต่อกันของข้อมูลจากค่าส่วนตกค้างที่ได้จากการทดลอง

เมื่อทดสอบความเป็นอิสระต่อกันของข้อมูลจากรูปที่ 4.24 พบว่าค่าส่วนตกค้างของข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกัน โดยพิจารณาจากค่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.369 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 แสดงว่าความความเป็นอิสระต่อกันระหว่างกลุ่มข้อมูลไม่ได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วย ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงยอมรับสมมติฐานที่ว่า ส่วนตกค้างของข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกัน

4.3.4.4 การวิเคราะห์จำนวนการทดลองซ้ำ

การวิเคราะห์จำนวนการทดลองซ้ำ เป็นการตรวจสอบว่าจำนวนการเก็บข้อมูลเพียงพอต่อการสรุปผลการทดลองและเป็นไปตามหลักการของการออกแบบการทดลองหรือไม่ โดยพิจารณาที่อำนาจในการทดสอบ (Power of Test) จากการวิเคราะห์จำนวนการทดลองซ้ำโดยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ ได้ผลการวิเคราะห์ ดังรูปที่ 4.25

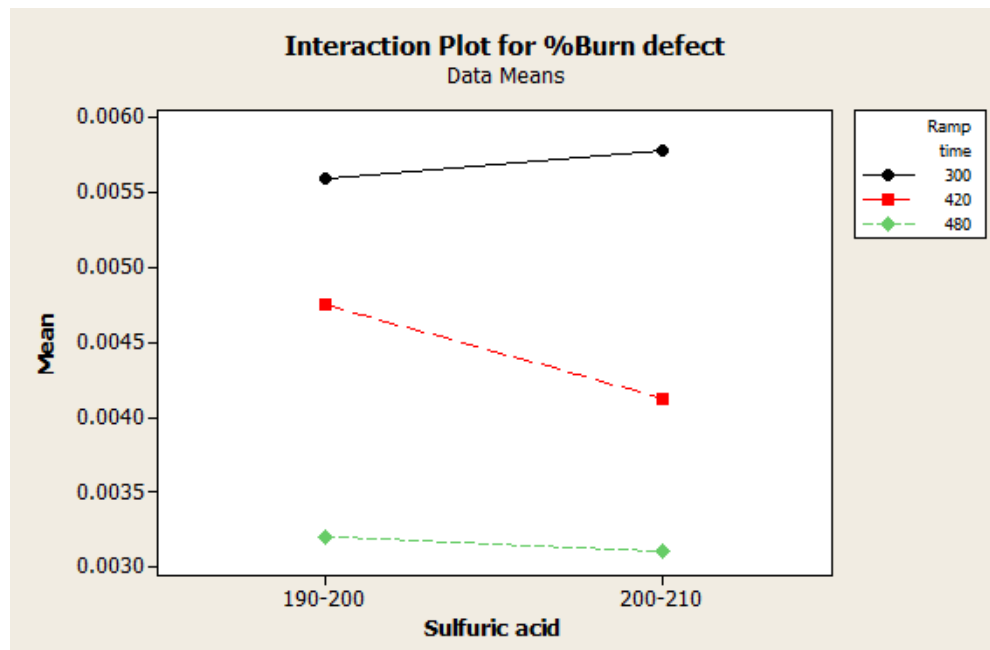


รูปที่ 4.26 แสดงผลการวิเคราะห์จำนวนการทดลองซ้ำในการออกแบบการทดลอง

จากการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรมทางสถิติ ดังแสดงรูปที่ 4.25 โดยกำหนด Ramp time และความเข้มข้นกรดซัลฟิวริกที่ใช้ในกระบวนการ Hard anodized โดยพิจารณาที่อำนาจในการทดสอบ (Power of Test) ซึ่งจำนวนการทดลองซ้ำที่ 4 การทดลอง จะมีอำนาจในการทดสอบที่ร้อยละ 89.58% ในการออกแบบการทดลอง ซึ่งพอสรุปได้ว่าการทดลองซ้ำที่ 4 การทดลองเพียงพอต่อการสรุปผลการทดลองที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

4.3.4.5 การวิเคราะห์อิทธิพลร่วม

การวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการไหม้ของชิ้นงานในกระบวนการ Hard anodized เป็นการดำเนินการเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการไหม้ของชิ้นงาน ซึ่งทำโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติในการหาอิทธิพลร่วมของพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการไหม้ของชิ้นงาน ดังรูปที่ 4.26



รูปที่ 4.27 แสดงอิทธิพลร่วมของพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการไหม้ของชิ้นงาน

จากรูปที่ 4.26 สรุปได้ว่า เมื่อ Ramp time ที่ใช้ในการจ่ายไฟเข้าสู่กระบวนการ Hard anodized เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้การไหม้ของชิ้นงานลดลง ซึ่งหมายความว่า Ramp time ที่ใช้ในการจ่ายไฟเข้าสู่กระบวนการ Hard anodized แปรผกผันกับการไหม้ของชิ้นงาน และความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกไม่มีผลต่อการเกิดงานไหม้ ในกระบวนการ Hard anodized จากรูปพบว่าที่ Ramp time 480 วินาที สามารถลดปัญหางานไหม้ได้มากที่สุด และที่ความเข้มข้นกรดซัลฟิวริก 190-200 กรัมต่อลิตร และ ที่ความเข้มข้นกรดซัลฟิวริก 200-210 กรัมต่อลิตร สามารถลดการไหม้ของชิ้นงานได้ไม่แตกต่างกัน

4.5 บทสรุป

จากการทดลองพบว่าตำแหน่งที่พบปัญหางานไหม้มากที่สุดบนชั้นวางคือชั้นล่างสุดของชั้นวาง และเป็นตำแหน่งด้านข้างทั้งสอง และลักษณะการไหม้บนชั้นงานพบว่าส่วนของชั้นงานที่ยื่นออกจากท่อระบายความร้อน ได้แก้ไขระบบการระบายความร้อนทั้งหมด 4 รูปแบบคือ ท่อ 3 เส้น, ท่อ 4 เส้น, ท่อ 5 เส้น, ท่อ 4 เส้น 2 ส่วน พบว่ารูปแบบท่อระบายความร้อนแบบ 5 เส้น สามารถลดปัญหาการงานไหม้ได้มากที่สุด และเนื่องจากปัญหางานไหม้มีสาเหตุเนื่องจากการจ่ายไฟไม่เหมาะสมทำให้เกิดความร้อนในชั้นงาน ดังนั้น สถานะที่เหมาะสมต่อการลดปัญหางานไหม้ในกระบวนการ Hard anodized คือระบบระบายความร้อนแบบท่อ 5 เส้น ระยะเวลาการจ่ายไฟ (Ramp time) 480 วินาที และความเข้มข้นของสารละลายกรดซัลฟิวริกเป็น 190-200 กรัมต่อลิตร