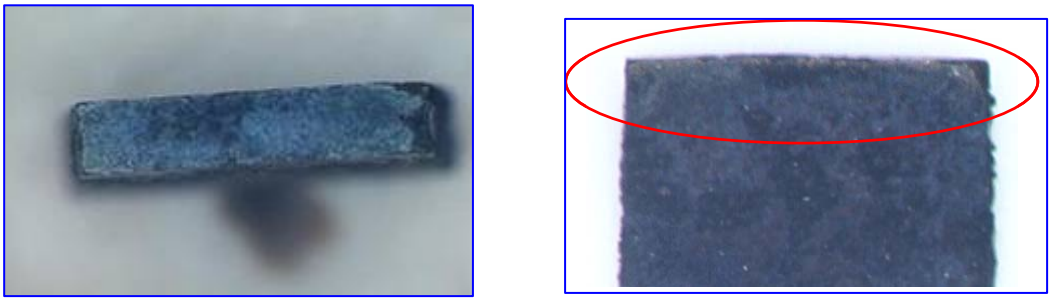
บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

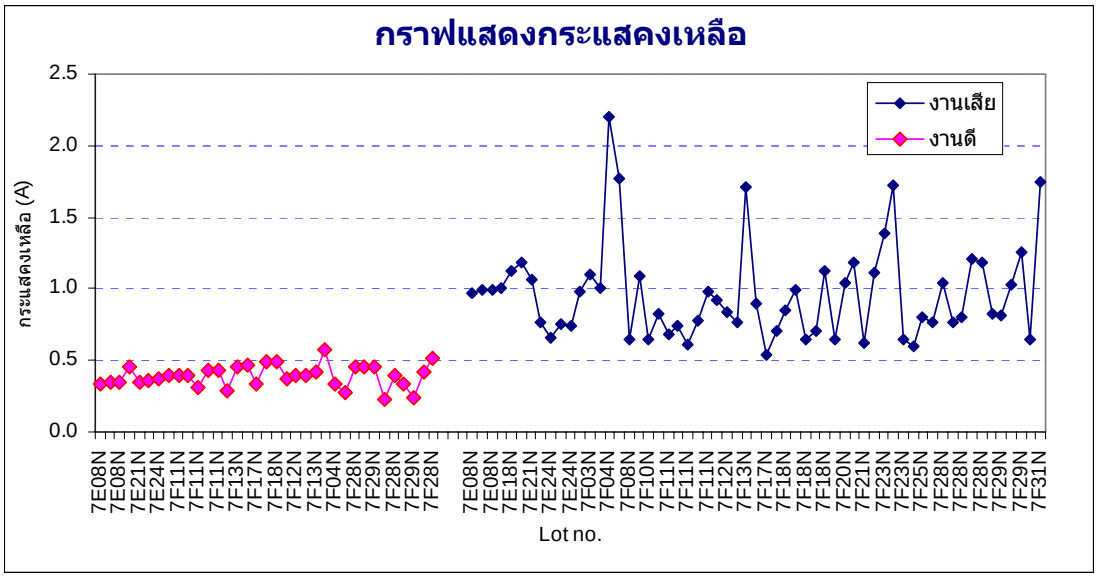
3.1 การศึกษาสภาพปัญหาจากกระบวนการผลิต

กระบวนการผลิตคาปาซิเตอร์มีกระบวนการย่อยหลายขั้นตอน ตั้งแต่การอัดขึ้นภาพที่ การสร้างชั้นกึ่งฉนวน การสร้างชั้นโพลีเมอร์ กระบวนการประกอบเชื่อมขาต่อขั้วบวกและขาต่อขั้วลบซึ่งทำมาจาก แผ่นเคลือบตะกั่ว, ส่วนห่อหุ้มชิ้นงาน รวมไปจนถึงขั้นตอนการทดสอบการใช้งาน ซึ่งหัวใจสำคัญในการผลิต คือขั้นตอนการทำโพลีเมอร์ เนื่องจากโพลีเมอร์มีคุณสมบัติในการนำไฟฟ้า และมีความต้านทานต่ำ ดังนั้นขั้นตอนนี้จึงมีความสำคัญเป็นอย่างมากในการผลิตโพลีเมอร์คาปาซิเตอร์ จากการศึกษาปัญหาในการผลิตย่อยเคมีในส่วนการทำโพลีเมอร์ พบว่ามีของเสียเกิดขึ้นจำนวนมาก ซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพของงาน จากกราฟ 1. 2 พบว่า ปัญหาที่สำคัญที่สุด คือปัญหางานกระแสสูง ซึ่งจะส่งผลกระทบให้ชั้นโพลีเมอร์ไหม้ ไม่เกาะเม็ดงาน ซึ่ง ไม่สามารถส่งต่อยังขั้นตอนต่อไปได้



ภาพที่ 3.1 ลักษณะงานที่มีปัญหากระแสสูง

เมื่อทำการวิเคราะห์ลักษณะงานที่มีปัญหา พบว่าลักษณะภายนอกของชั้นโพลีเมอร์คล้ายลักษณะงานไหม้ ไม่มีโพลีเมอร์เกาะที่หัวเม็ดงาน และเมื่อทำการตรวจเช็คใบบันทึกข้อมูลของงานพบว่างานที่มีปัญหาจะมีกระแสคงเหลือที่สูงกว่างานปกติดังแสดงในภาพที่ 3.2

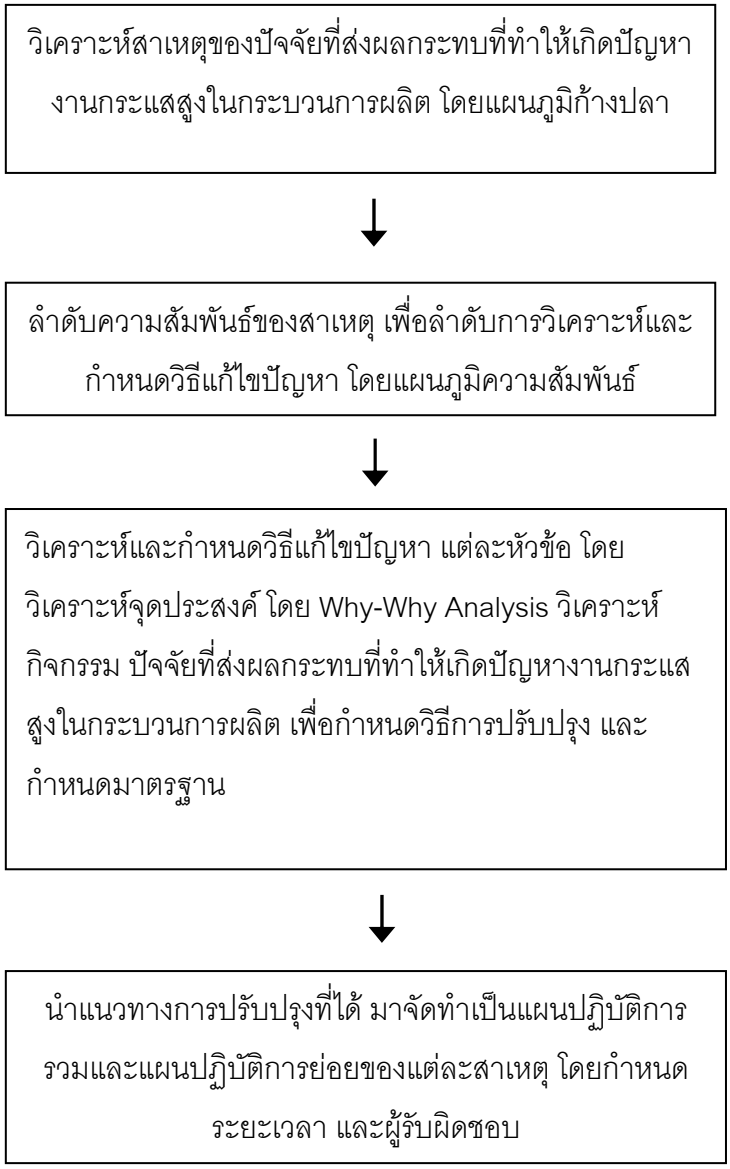


ภาพที่ 3.2 กระแสคงเหลือระหว่างงานดีกับงานเสีย

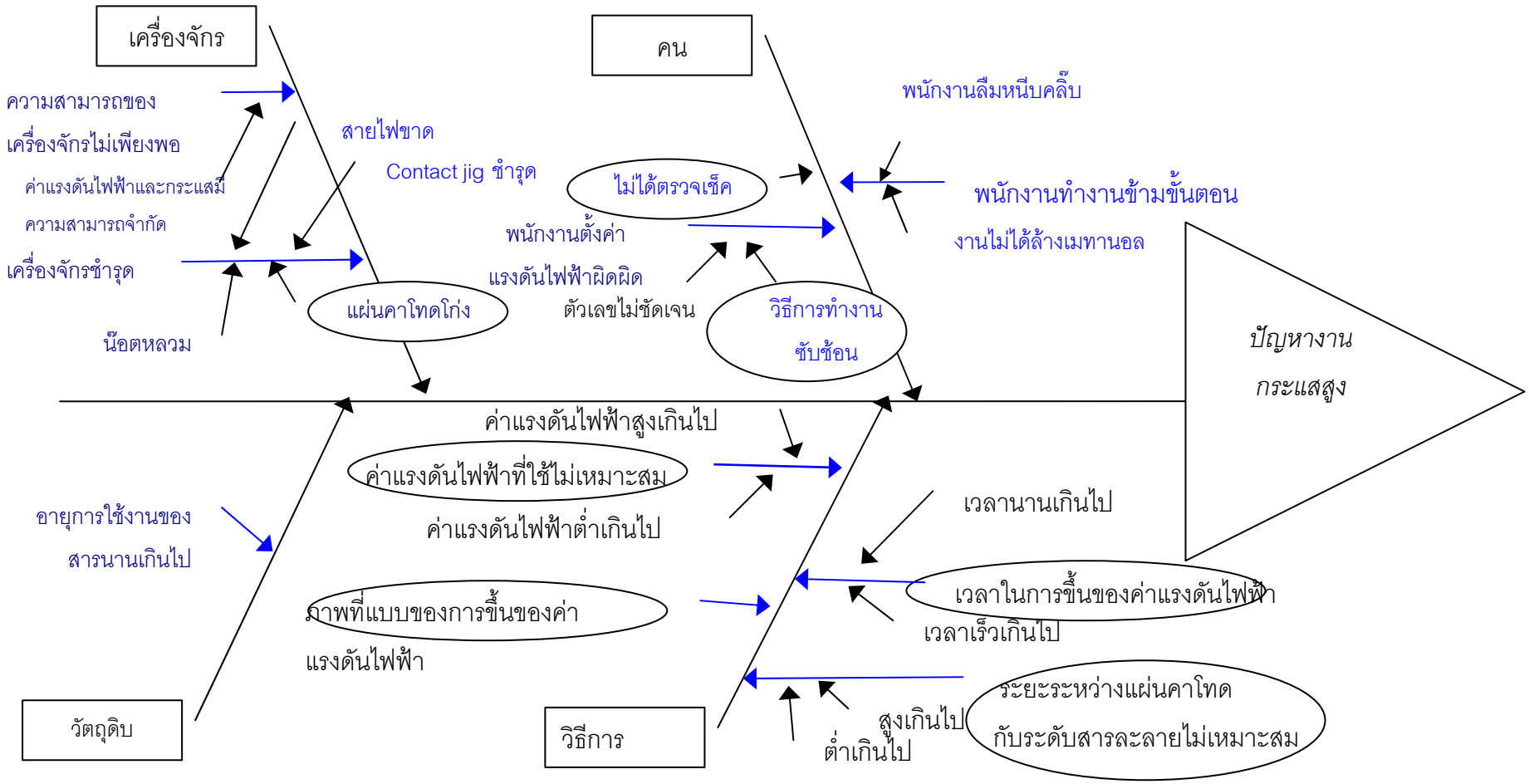
3.2 การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบให้เกิดปัญหางานกระแสสูง

วิเคราะห์หาสาเหตุของปัจจัยที่ส่งผลกระทบ ที่ทำให้เกิดปัญหางานกระแสสูงในกระบวนการผลิต โดยใช้แผนภูมิก้างปลา (Fish-bone Diagram) ในการวิเคราะห์ โดยวิเคราะห์ปัจจัยพื้นฐาน 4 อย่าง (4 M) ได้แก่ คน (Man) เครื่องจักร (Machine) วัตถุดิบ (Material) และวิธีการปฏิบัติ (Method)

หลังวิเคราะห์ปัจจัยทั้ง 4 อย่าง ได้สาเหตุดังภาพที่ 3.4 แผนภูมิก้างปลา แสดงการวิเคราะห์สาเหตุของปัจจัย ที่ส่งผลกระทบที่ทำให้เกิดปัญหางานกระแสสูงในกระบวนการผลิตย่อยเคมี เมื่อได้สาเหตุย่อยของปัญหาแล้วจึงนำมาหาความสัมพันธ์ของแต่ละสาเหตุย่อย โดยใช้แผนภูมิความสัมพันธ์ (Relation Diagram) ดังภาพที่ 3.3 แผนภูมิความสัมพันธ์ของสาเหตุของการส่งผลกระทบที่ทำให้เกิดปัญหางานกระแสสูง เพื่อหาลำดับความสัมพันธ์ก่อนและหลังของสาเหตุย่อย แล้วจึงนำไปวิเคราะห์หาสาเหตุและวางแผนปฏิบัติการตามลำดับความสัมพันธ์ ซึ่งรายละเอียดในขั้นตอนการวิเคราะห์และวางแผนปฏิบัติการแสดงดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาและการจัดทำแผนปฏิบัติการ



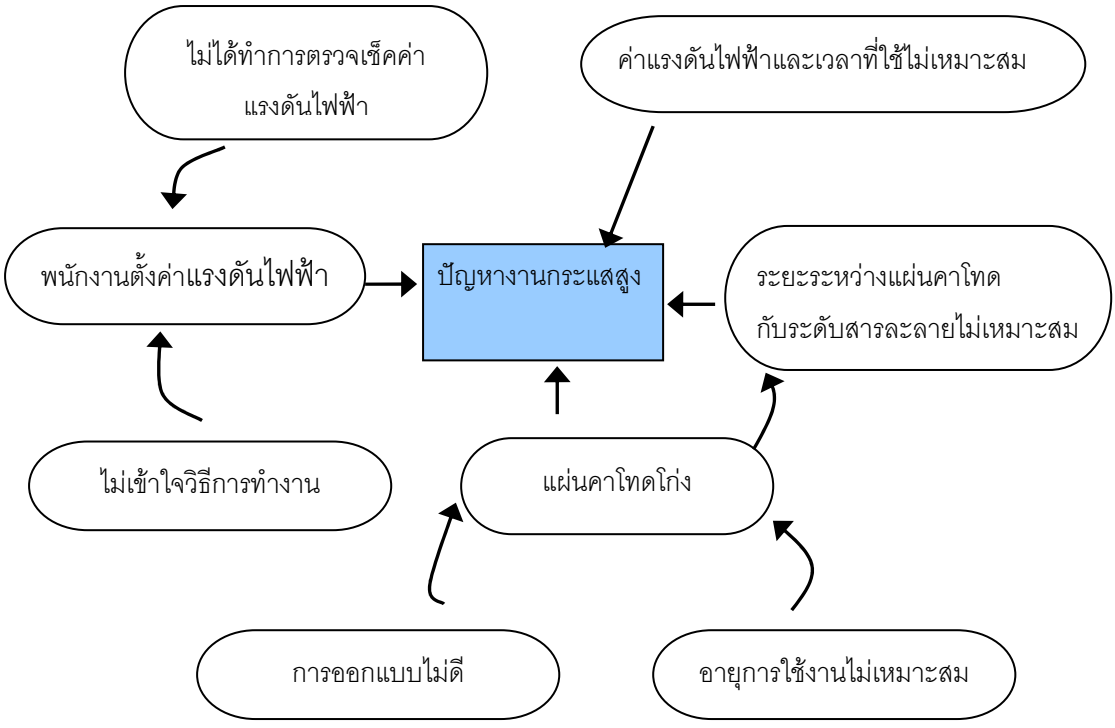
ภาพที่ 3.4 แผนภูมิก้างปลา แสดงการวิเคราะห์สาเหตุของปัจจัยที่ส่งผลกระทบที่ทำให้เกิดปัญหางานกระแสสูง

(จัดทำโดยพนักงานและวิศวกรในสายการผลิตย่อยเคมี)

จาก ภาพที่ 3.4 แผนภูมิก้างปลา แสดงการวิเคราะห์สาเหตุของปัจจัยที่ส่งผลกระทบที่ทำให้เกิดปัญหางานกระแสสูง สามารถแบ่งสาเหตุที่เป็นสาเหตุของปัญหางานกระแสสูง

1) พนักงานตั้งค่าแรงดันไฟฟ้าผิด เนื่องจากไม่ได้ตรวจเช็ค และขั้นตอนการทำงานซับซ้อน
2) เครื่องจักร เนื่องจากแผ่นคาโทดโก่ง
3) วัตถุดิบ (ไม่พบความผิดปกติ)
4) วิธีการ เนื่องจากภาพที่แบบการซ่อมแซมไม่เหมาะสม, ค่าแรงดันไฟฟ้า, เวลาที่ใช้

ในงานวิจัยนี้ นำกลุ่มสาเหตุย่อยของปัญหามาวิเคราะห์ โดยแผนภูมิความสัมพันธ์ ดังภาพที่ 3.5 แผนภูมิความสัมพันธ์ของสาเหตุของการเกิดปัญหางานกระแสสูงแล้วจึงนำมาแก้ไข โดยเรียงลำดับตามความสัมพันธ์ ซึ่งสรุปสาเหตุหลัก ได้ดังตารางที่ 3.1 ตารางสรุปสาเหตุของปัจจัยที่ส่งผลกระทบที่ทำให้เกิดปัญหางานกระแสสูงและแนวทางแก้ไข



ภาพที่ 3.5 แผนภูมิความสัมพันธ์ของสาเหตุของปัญหางานกระแสสูง

ตารางที่ 3.1 ตารางสรุปสาเหตุของปัญหางานกระแสสูงและแนวคิดการแก้ปัญหา

สาเหตุย่อย	แนวคิดการแก้ปัญหา
1) พนักงานตั้งค่าแรงดันไฟฟ้าผิด	-ทำการอบรมพนักงาน -ตรวจเช็คโดยหัวหน้างาน (OJT) -ใช้ระบบ Barcode
2) แผ่นคาโทดโก่ง	- ทำการดัดแผ่นคาโทด - เปลี่ยนแผ่นคาโทดใหม่โดยทำการออกแบบใหม่ - กำหนดอายุการใช้งานของแผ่นคาโทด
3) ระยะระหว่างแผ่นคาโทดกับระดับสารละลายไม่เหมาะสม (เม็ดงานอยู่ใกล้แผ่นคาโทดมากเกินไป)	- ตรวจเช็คสภาพปัจจุบันของระยะห่างระหว่างแผ่นคาโทดกับระดับสารละลาย - ตรวจเช็คระยะระหว่างแผ่นคาโทดกับระดับสารละลายทุกครั้งก่อนเริ่มปฏิบัติงาน (มีการบันทึกในใบตรวจเช็ค check sheet)
4) รูปแบบ,ค่าแรงดันไฟฟ้าและเวลาที่ใช้ไม่เหมาะสม	ทำการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมโดยการประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง

จากสรุปสาเหตุย่อยสาเหตุของปัญหางานกระแสสูงดังแสดงในตาราง 3.1 แล้วจึงนำสาเหตุแต่ละข้อมาวิเคราะห์ เพื่อทำแผนปฏิบัติการแก้ไขต่อไป

3.2.1 พนักงานตั้งค่าแรงดันไฟฟ้าผิด

จากการศึกษา พบว่าพนักงานตั้งค่าแรงดันไฟฟ้าผิดเกิดจาก 2 สาเหตุหลัก สาเหตุแรกเนื่องจากไม่ได้ตรวจเช็คข้อมูลให้ดีก่อนปฏิบัติงานจริง และสาเหตุที่ 2 คือตั้งค่าแรงดันไฟฟ้าของงานสลับล๊อต จึงนำปัญหาทั้งสองสาเหตุมาทำการแก้ไข

ปัญหา : พนักงานตั้งค่าแรงดันไฟฟ้าผิด

ข้อมูลเบื้องต้น :

1) พนักงานไม่ได้ตรวจเช็คข้อมูลให้ดีก่อนปฏิบัติงานจริง
2) จำนวนงานที่ใช้ในการปฏิบัติงานสามารถปฏิบัติงานได้ครั้งละมากที่สุด 6 ล๊อต ซึ่งบางครั้งพบว่าพนักงานทำงานสลับล๊อต กรณีที่งานใช้โวลต์ไม่เท่ากันทำให้เกิดการเซตโวลต์ผิด
3) ตัวเครื่องจักรที่ใช้ในการตั้งค่าแรงดันไฟฟ้าเป็นระบบที่ต้องทำการตั้งค่าแรงดันไฟฟ้าด้วยมือ ซึ่งบางครั้งพบว่าพนักงานกดตัวเลขผิด

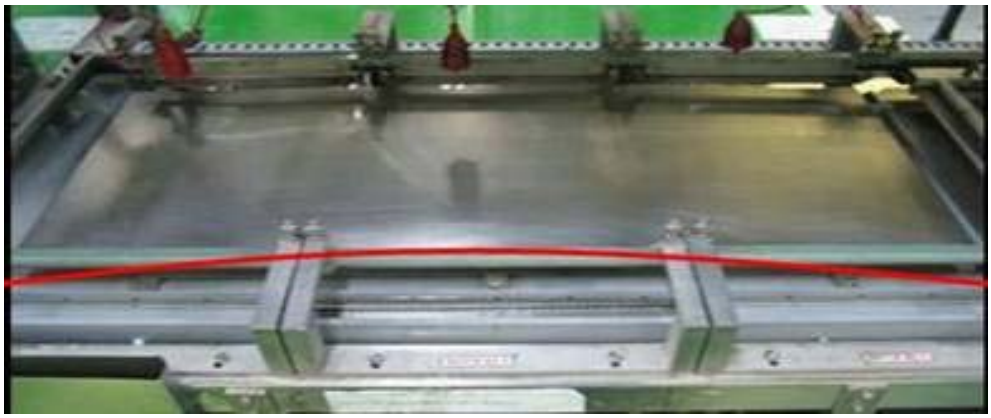
แนวทางแก้ไข : ปัญหาพนักงานตั้งค่าแรงดันไฟฟ้าผิด

ตารางที่ 3.2 ตารางสรุปสาเหตุของปัญหาพนักงานตั้งค่าแรงดันไฟฟ้าผิดและแนวคิดการแก้ปัญหา

สาเหตุ	แนวทางแก้ไข	ผู้รับผิดชอบ
1. พนักงานไม่ได้ตรวจเช็คข้อมูลให้ดีก่อนปฏิบัติงานจริง	- อบรมให้ความรู้กับพนักงาน - ตรวจเช็คการปฏิบัติงานจริง (On the job training)	- หัวหน้าพนักงานวิศวกรผลิต - หัวหน้าพนักงาน
2. พนักงานตั้งค่าแรงดันไฟฟ้าสลับล๊อต	- จัดทำป้ายบ่งบอกสถานการณ์ทำงาน และตำแหน่งของงาน	-หัวหน้าพนักงาน
3.การตั้งค่าแรงดันไฟฟ้าเป็นระบบที่ต้องทำด้วยมือ	-จัดทำวิธีการปฏิบัติงานของเครื่องจักร (work instruction) -จัดทำระบบ barcode	-วิศวกรผลิต,วิศวกรเครื่องจักร -วิศวกรเครื่องจักร

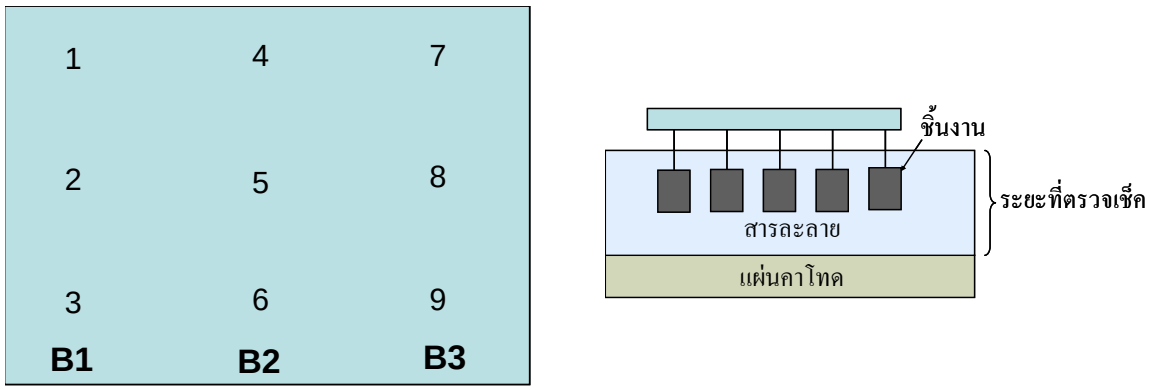
3.2.2 ปัญหาแผ่นคาโทดโก่ง และ ระยะระหว่างแผ่นคาโทดกับระดับสารละลายไม่เหมาะสม

จากการศึกษา พบว่าสภาพเครื่องจักรโดยเฉพาะแผ่นคาโทด มีสภาพที่ไม่เหมาะสมกับการทำงาน ซึ่งพบว่าแผ่นคาโทดมีสภาพโก่งงอ และระยะระหว่างแผ่นคาโทดกับระดับสารละลายของแต่ละตำแหน่งมีค่าที่แตกต่างกัน ผลกระทบที่เกิดจากแผ่นคาโทดโก่งเนื่องจากเม็ดงานอยู่ใกล้แผ่นคาโทดหรืออาจสัมผัสแผ่นคาโทดซึ่งทำให้มีโวลต์และกระแสวิ่งผ่านเม็ดงานมากจึงทำให้เหลือกระแสที่สูงและทำให้เกิดงานไหม้ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.6 อ่าง รี-อะโนไดส์เซชัน และแผ่นคาโทดที่มีปัญหา

เมื่อทำการเช็คระยะห่างระหว่างแผ่นคาโทดกับระดับของสารละลายของอ่าง รี-อะโนไดส์เซชั่นแต่ละเครื่องพบว่าแต่ละตำแหน่งมีค่าที่แตกต่างกันโดยพบว่าต่ำแหน่งตรงกลางจะมีระยะระหว่างแผ่นคาโทดกับสารละลายน้อยที่สุด



ภาพที่ 3.7 ตำแหน่งและระยะในการตรวจเช็คแผ่นคาโทด

หลังจากทำการเช็คระยะของแผ่นคาโทดกับระดับสารละลายของเครื่องรี-อะโนไดส์เซชั่นทั้ง 31 เครื่องพบว่ามีบางเครื่องที่ระยะของแผ่นคาโทดกับระดับสารละลายอยู่นอกช่วงที่กำหนดซึ่งความสูงที่กำหนดอยู่ระหว่าง 12 มิลลิเมตร ถึง 15 มิลลิเมตร

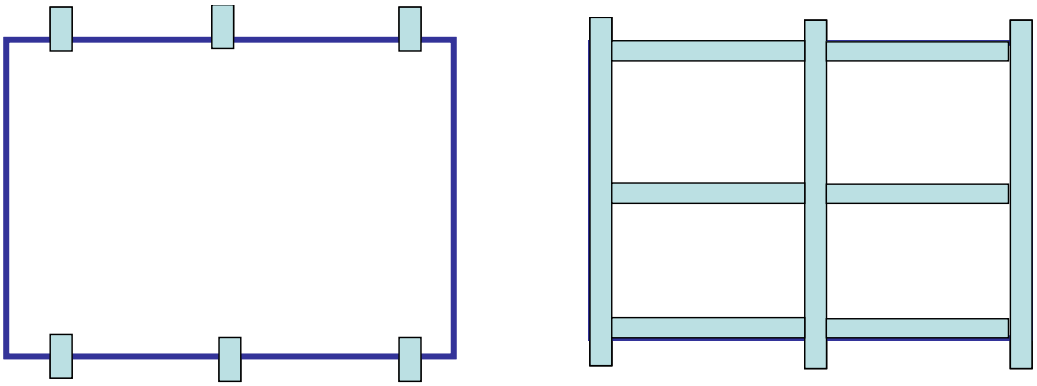
ตารางที่ 3.3 ตารางสรุปผลการตรวจเช็คแผ่นคาโทด

ลักษณะปัญหา	หมายเลขเครื่อง
1.แผ่นคาโทดอยู่ในสภาพที่ดี ไม่โก่งงอ	25,26,27,28,29,30,31
2.แผ่นคาโทดอยู่ในสภาพโก่งงอ แต่ยังอยู่ในช่วงที่กำหนด	1,2,4,5,6,7,10,11,12,14,15,16,17,22,23,24
3.แผ่นคาโทดอยู่ในสภาพโก่งงอ มีบางตำแหน่งไม่อยู่ในช่วงที่กำหนด	3,8,9,13,18,19,20,21

แนวทางแก้ไข : ปัญหาแผ่นคาโทดโก่ง

ตารางที่ 3.4 ตารางแนวทางการแก้ปัญหาแผ่นคาโทดโก่ง

สาเหตุ	แนวทางแก้ไข	ผู้รับผิดชอบ
1. อายุการใช้งานนานเกินไป	- ทำการดัดแผ่นคาโทด - เปลี่ยนแผ่นคาโทดใหม่ - กำหนดอายุการใช้งานของแผ่นคาโทด -จัดทำมาตรฐานในการตรวจเช็คโดยใช้ check chart	- วิศวกรเครื่องจักร - วิศวกรเครื่องจักร - วิศวกรผลิต,วิศวกรเครื่องจักร - วิศวกรผลิต,วิศวกรเครื่องจักร
2. การออกแบบไม่เหมาะสม	- ออกแบบแผ่นคาโทดใหม่	-วิศวกรเครื่องจักร



ภาพที่ 3.8 ก ลักษณะแผ่นคาโทดปัจจุบัน, 3.8 ข ลักษณะแผ่นคาโทดที่ออกแบบใหม่

ตาราง 3.5 ตารางการเปลี่ยนแผ่นคาโทดภาพที่แบบใหม่

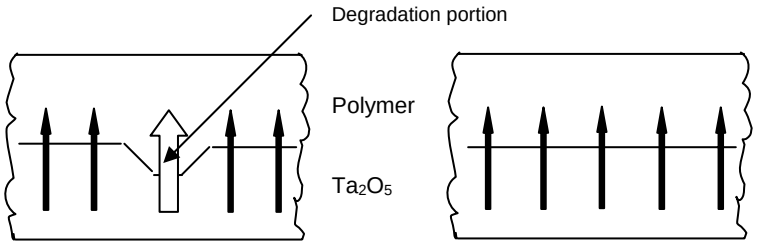
หมายเลขเครื่อง	เดือน	กรกฎาคม					สิงหาคม					กันยายน			
	สัปดาห์	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4
Z1	Plan			○											
	Actual														
Z2	Plan				○										
	Actual														
Z3	Plan	○													
	Actual														
Z4	Plan				○										
	Actual														
Z5	Plan				○										
	Actual														
Z6	Plan					○									
	Actual														
Z7	Plan					○									
	Actual														
Z8	Plan	○													
	Actual														
Z9	Plan	○													
	Actual														
Z10	Plan						○								
	Actual														
Z11	Plan						○								
	Actual														
Z12	Plan							○							
	Actual														
Z13	Plan		○												
	Actual														
Z14	Plan							○							
	Actual														
Z15	Plan								○						
	Actual														
Z16	Plan								○						
	Actual														
Z17	Plan									○					
	Actual														
Z18	Plan		○												
	Actual														
Z19	Plan		○												
	Actual														
Z20	Plan			○											
	Actual														

ตาราง 3.5 ตารางการเปลี่ยนแผ่นคาโทดภาพที่แบบใหม่ (ต่อ)

หมายเลขเครื่อง	เดือน	กรกฎาคม					สิงหาคม					กันยายน			
	สัปดาห์	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4
Z21	Plan			○											
	Actual														
Z22	Plan									○					
	Actual														
Z23	Plan										○				
	Actual														
Z24	Plan										○				
	Actual														
Z25	Plan											○			
	Actual														
Z26	Plan											○			
	Actual														
Z27	Plan												○		
	Actual														
Z28	Plan												○		
	Actual														
Z29	Plan													○	
	Actual														
Z30	Plan													○	
	Actual														
Z31	Plan														○
	Actual														

3.2.3 รูปแบบของค่าแรงดันไฟฟ้าและเวลาที่ใช้ในการขึ้นของค่าแรงดันไฟฟ้าไม่เหมาะสม

วัตถุประสงค์ของการทำรี–อะโนไดส์เซชั่นเพื่อซ่อมแซมรอยรั่วของชั้นกึ่งฉนวนเพื่อไม่ให้เกิดกระแสรั่วไหล จากการศึกษาพบว่าชั้นแทนทาลัมเพนตะออกไซด์ที่ไม่สมบูรณ์จะมีกระแสรั่วไหลมากกว่าบริเวณอื่น ความร้อนที่เกิดขึ้นจากการไหลผ่านของกระแส ทำให้ชั้นแทนทาลัมเพนตะออกไซด์อสันฐาน (Amorphous) ในบริเวณนั้นเลี่ยนภาพที่เป็นผลึกของแทนทาลัมเพนตะอกไซด์ (Crystallization) และพบว่าความหนาแน่นที่แตกต่างกันของแทนทาลัมเพนตะออกไซด์อสันฐานกับที่เป็นผลึกนั้นทำให้เกิดการแตกของชั้นแทนทาลัมเพนตะออกไซด์มากขึ้น

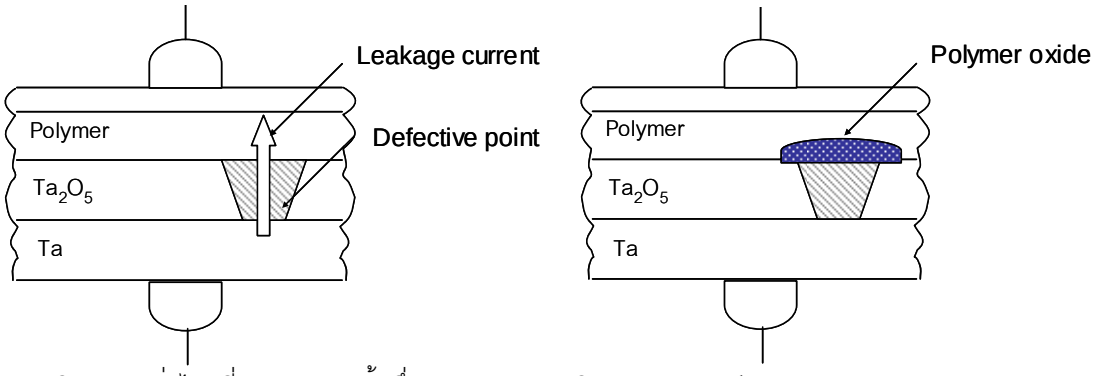


ก.มีรอยแตกที่ชั้น Ta_2O_5 ข. ชั้น Ta_2O_5 ที่สมบูรณ์

หมายเหตุ : ขนาดของลูกศรแสดงถึงปริมาณกระแสที่ไหลผ่าน

ภาพที่ 3.9 กระแสรั่วไหลจากรอยแตกของชั้นกึ่งฉนวน

อย่างไรก็ตาม พบว่าแทนทาลัมคาปาซิเตอร์มีคุณสมบัติในการซ่อมแซมตัวเองเพื่อลดการรั่วไหลของกระแสที่เรียกว่า "Self-Healing Effect" เมื่อมีการจ่ายโวลต์และให้ความร้อนผ่านสารละลายกรดฟอสฟอริกพบว่าออกซิเจนจากสารฟอสฟอริกจะทำปฏิกิริยากับโพลีเมอร์ ซึ่งเป็นสารออแกนิกส์เกิดเป็นโพลีเมอร์ออกไซด์อุดรอยรั่วของชั้นกึ่งฉนวน ซึ่งก็คือชั้นแทนทาลัมเพนตะออกไซด์



ก. เกิดกระแสรั่วไหลที่รอยแตกของชั้นกึ่งฉนวน ข. เกิดปรากฏการณ์ซ่อมแซมตัวเอง (Self-healing)

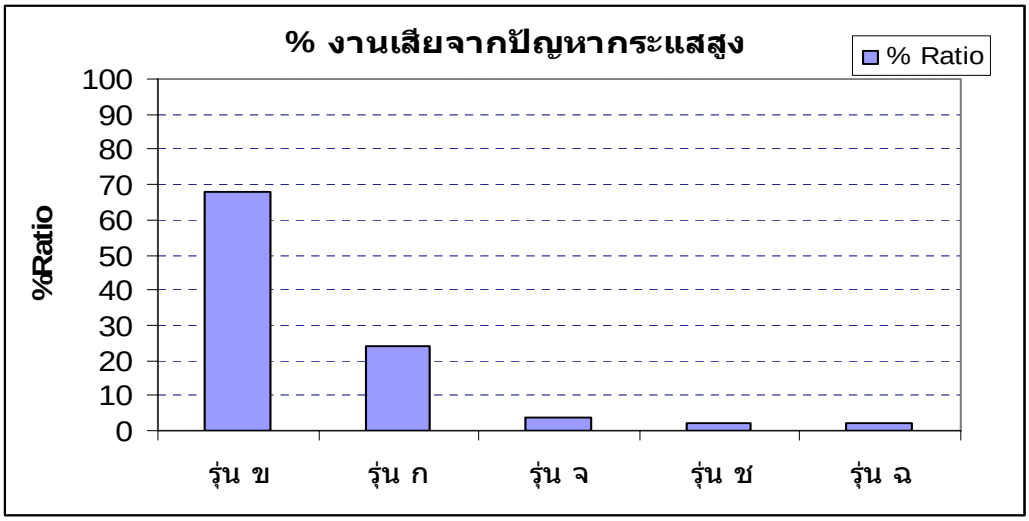
ภาพที่ 3.10 กลไกกระแสรั่วไหลจากรอยแตกของชั้นกึ่งฉนวนและแบบจำลองการซ่อมแซมตัวเอง (Self-healing)

จากการตรวจสอบงานที่มีปัญหากระแสสูงพบว่าส่วนใหญ่จะเกิดกับงานที่มีค่าโวลต์ต่ำและค่าตัวเก็บประจุสูง ซึ่งการสร้างชั้นแนทาลัมเพนตะออกไซด์จะใช้โวลต์ที่ต่ำเพื่อที่จะให้ได้ค่าความเก็บประจุตามที่กำหนด ทำให้ชั้นแทนทาลัมบางกว่างานโวลต์สูง (1 โวลต์สร้างชั้นแทนทาลัมเพนตะออกไซด์หนาประมาณ 0.17μm) ดังนั้นจึงตั้งสมมุติฐานว่าสาเหตุที่ทำให้เกิดงานกระแสสูงเกิดจากการซ่อมแซมชั้นแทนทาลัมเพนตะออกไซด์ไม่สมบูรณ์เนื่องจากค่าแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการ

ซ่อมแซมไม่เหมาะสม รูปแบบในการขึ้นของค่าแรงดันไฟฟ้า (pattern) และเวลาที่ใช้ในการขึ้นของค่าแรงดันไฟฟ้า (rising time) ไม่เหมาะสม

3.2.3.1 เลือกงานที่มีปัญหาเพื่อทำการทดลองแก้ไขปัญหา

เนื่องจากตัวชิปแทนทาลัมโพลีเมอร์มีหลากหลายขนาด และหลากหลายความจุจึงทำการเลือกงานที่มีปัญหามากที่สุดมาทำการแก้ไข จากข้อมูลเดือนมกราคมจนถึงเดือนมิถุนายน พบว่างานที่มีปัญหามากที่สุดคืองาน งานรุ่น ข. 2.5 โวลต์ 300 ไมโครฟารัด และรุ่น ก. 4 โวลต์ ความจุ 470 ไมโครฟารัด



ภาพที่ 3.11 อัตราส่วนของงานแต่ละรุ่นที่มีปัญหางานเสีย

3.2.3.2 กำหนดตัวแปรที่ส่งผลต่อค่ากระแสคงเหลือ

ปัจจัยที่ทำการศึกษามีดังนี้ โดยที่แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ

1. ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ ในการทดลองนี้ ระดับของปัจจัยที่นำมาพิจารณา คือ ช่วง (100 – 90%) และ (90 -80%) ของโวลต์ที่ใช้ในการสร้างชั้นแทนทาลัมเพนตะออกไซด์ และโวลต์ที่ใช้ในการทำรีอะโนไดส์เซชั่นต้องเป็นจำนวนเต็มเท่านั้น เนื่องจากความสามารถของเครื่องจักร
2. เวลาในการขึ้นของค่าแรงดันไฟฟ้า ระดับของปัจจัยพิจารณาจากความสามารถของเครื่องจักรในการทดลองนี้จะใช้ 10 และ 20 นาที
3. รูปแบบการขึ้นของค่าแรงดันไฟฟ้า ระดับของปัจจัยพิจารณาจากความสามารถของเครื่องจักรในการทดลองนี้จะใช้รูปแบบการขึ้นของค่าแรงดันไฟฟ้าแบบเส้นตรง และแบบเส้นโค้ง

ก. งานรุ่น ข 2.5 โวลต์ 300 ไมโครฟารัด (อะโนไดส์เซชั่นโวลต์ 15.3 volt)

ปัจจัย	ระดับที่1	ระดับที่2
ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ใช้	15 volt	14 volt
เวลาในการขึ้นของค่าแรงดันไฟฟ้า	20 นาที	10 นาที
รูปแบบการขึ้นของโวลต์	เส้นตรง (linear)	เส้นโค้ง (Curve)

ข. งานรุ่น ก. 4 โวลต์ 470 ไมโครฟารัด (อะโนไดส์เซชั่นโวลต์ 12.7 volt)

ปัจจัย	ระดับที่1	ระดับที่2
ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ใช้	12 volt	11 volt
เวลาในการขึ้นของค่าแรงดันไฟฟ้า	20 นาที	10 นาที
รูปแบบการขึ้นของค่าแรงดันไฟฟ้า	เส้นตรง (linear)	เส้นโค้ง (Curve)

ผลตอบสนองที่ต้องการจากการทดลองคือ กระแสคงเหลือ

เมื่อใช้โปรแกรมมินิแทป 14 ทำการออกแบบการทดลองโดยใช้ภาพที่แบบ 2^k โดยที่ k คือปัจจัยทำการทดลองแบบ 2^3 ทำ 2 ซ้ำ ได้ทั้งหมด 16 การทดลองดังตาราง 3.6 และ 3.7

ตาราง 3.6 แสดงสภาวะการปฏิบัติการของงาน รุ่น ข 2.5 โวลต์ 300 ไมโครฟารัด

ลำดับการทดลอง	ปัจจัยที่ศึกษา		
	ค่าแรงดันไฟฟ้า	เวลา	รูปแบบ
1	15	10	เส้นโค้ง
2	14	10	เส้นโค้ง
3	15	10	เส้นโค้ง
4	15	20	เส้นโค้ง
5	15	10	เส้นตรง
6	14	20	เส้นตรง
7	14	10	เส้นโค้ง
8	15	20	เส้นตรง
9	14	20	เส้นโค้ง
10	15	20	เส้นโค้ง
11	15	20	เส้นตรง
12	14	10	เส้นตรง
13	14	20	เส้นตรง
14	14	10	เส้นตรง
15	14	20	เส้นโค้ง
16	15	10	เส้นตรง

ตาราง 3.7 แสดงสภาวะการปฏิบัติการของงาน รุ่น ก 4 โวลต์ 470 ไมโครฟารัด

ลำดับการทดลอง	ปัจจัยที่ศึกษา		
	ค่าแรงดันไฟฟ้า	เวลา	รูปแบบ
1	12	10	เส้นตรง
2	12	10	เส้นโค้ง
3	11	10	เส้นตรง
4	12	20	เส้นโค้ง
5	11	20	เส้นโค้ง
6	11	10	เส้นโค้ง
7	11	20	เส้นตรง
8	12	20	เส้นตรง
9	12	10	เส้นตรง
10	12	10	เส้นโค้ง
11	11	10	เส้นตรง
12	12	20	เส้นโค้ง
13	11	20	เส้นโค้ง
14	11	10	เส้นโค้ง
15	11	20	เส้นตรง
16	12	20	เส้นตรง

แนวทางแก้ไข : ค่าแรงดันไฟฟ้า รูปแบบของค่าแรงดันไฟฟ้าและเวลาที่ใช้ในการขึ้นของค่าแรงดันไฟฟ้าไม่เหมาะสม

ตารางที่ 3.8 แนวทางการแก้ปัญหางานกระแสสูงเนื่องจากค่าแรงดันไฟฟ้า รูปแบบของค่าแรงดันไฟฟ้าและเวลาที่ใช้ในการขึ้นของค่าแรงดันไฟฟ้าไม่เหมาะสม

สาเหตุ	แนวทางแก้ไข	ผู้รับผิดชอบ
ค่าแรงดันไฟฟ้า รูปแบบของค่าแรงดันไฟฟ้าและเวลาที่ใช้ในการขึ้นของค่าแรงดันไฟฟ้าไม่เหมาะสม	- หาสภาวการณ์ทำงานที่เหมาะสมโดยการประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง	-วิศวกรผลิต