

เพิ่มผลผลิตในกระบวนการสร้างไดโอด ด้วยศาสตร์บริหารเชิงวิศวกรรม

Productivity in the Process of Creating Diodes with Engineering Management Science

อริย์รัช ชูโชติสกุลเลิศ¹

Arithat Chuchotsakunleot¹

บทคัดย่อ

บทความนี้เสนอกระบวนการสร้างไดโอดรอยต่อแบบเปิด ซึ่งมีหลายขั้นตอนและมีความซับซ้อน ในแต่ละขั้นตอนของการผลิตนั้นก่อให้เกิดความเสียหายขึ้นได้ ซึ่งปัญหาดังกล่าวส่งผลกระทบต่อตรงทั้งด้านเวลา ค่าใช้จ่ายและความเสถียรภาพของบริษัทลดลง ในบทความนี้ได้วิเคราะห์กระบวนการสร้างไดโอด เพื่อแยกขั้นตอนที่ไม่เพิ่มผลผลิต เช่น กรณีชิ้นงานเข้าสู่เตาบัดกรี เกิดชิ้นงานที่เสีย 2 % ของจำนวน 960,000 ชิ้นงานต่อวัน จึงแก้ไขขั้นตอนใหม่เพื่อไปสู่การเพิ่มผลผลิต จากการทดลองได้วิเคราะห์ผลของฟลักซ์ทำปฏิกิริยากับชิ้นงาน สามารถลดปัญหานี้ลงเหลือเพียง 0.375 % สำหรับการพัฒนาทางวิศวกรรมใช้เทคนิควิธีการวัดงาน การจัดคลังสินค้าและวัสดุ ผลที่ได้ลดค่าใช้จ่ายด้านอะไหล่เหลือเพียง 12,000 บาท/ 6 เดือน จากเดิม 25,000 บาท ความพร้อมความเหมาะสมในการจัดอะไหล่คงคลัง 77 % จากเดิม 60 % และวิธีการนี้ยังสามารถจัดระบบได้อย่างเป็นระเบียบมากยิ่งขึ้น โดยศึกษาได้ในบทความนี้และเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อไปในทางอุตสาหกรรม

คำสำคัญ : ไดโอด, ไดโอด, ขาทองแดง

ABSTRACT

This paper proposed the manufacturing process of an open diode junction. This complex process involves several steps of production, each of which may cause possible damage directly affecting time and cost as well as reducing company stability. This paper shows analysis of the manufacturing process of an open diode junction to differentiate unproductive steps such as the one involving feeding the parts into the furnace, which may cause 2% defective parts of the total 960,000 parts per day, in order to correct and improve the step to help increase production. Results of flux analysis in reaction with parts reveal that the damage can be reduced to only 0.375% for development of engineering techniques used in measuring work, inventory and material. As a result, cost was reduced to 12,000 baht/6 month from 25,000 baht, complete inventory was increased to 77% from 60 % and this method can help improve the system to be better organized. Findings in this study can serve as guidelines useful for further industrial development.

Keywords : Die, Diode, Copper Leg

¹ อาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

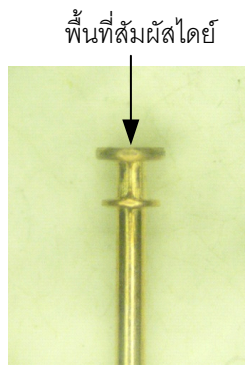
รับต้นฉบับ 8 มิถุนายน 2553 รับลงพิมพ์ 14 กรกฎาคม 2553



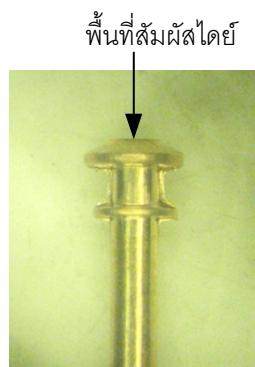
บทนำ

บริษัทที่ประกอบธุรกิจด้านการสร้างอุปกรณ์ไดโอด สูญเสียของชิ้นงานประมาณหลักหมื่นตัวต่อวัน สาเหตุมาจากวิธีการผลิตที่ไม่เหมาะสม และวิธีการทางฝ่ายวิศวกรรมที่ยังไม่เพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้นตามเป้าหมายได้ ความเสียหายจึงเกิดขึ้นกับทางบริษัทเป็นจำนวนมากมาย ด้วยเหตุนี้จึงได้พัฒนาและปรับปรุงจากข้อมูลต่างๆ รวมถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเป็นประโยชน์ [1-10] โดยมีเป้าหมายลดการสูญเสียของชิ้นงานให้น้อยลงกว่า [1-3] โดยภาพรวมต้นทุนการผลิตลดลง การทำงานเป็นระเบียบชัดเจนยิ่งขึ้น ผลที่ได้ทำให้วิธีการผลิตมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

รูปที่ 1 และ 2 แสดงลักษณะขาทองแดงชนิดธรรมดากับจีพีพี โดยพื้นที่สัมผัสไดโอดขาทองแดงชนิดธรรมดามีลักษณะแบนราบและพื้นที่สัมผัสไดโอดมีลักษณะเป็นกระแทกที่แบนราบตรงกลาง

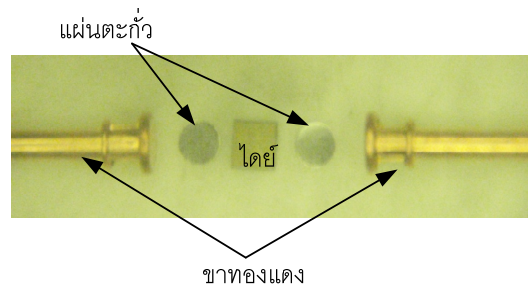


รูปที่ 1 ขาทองแดงชนิดธรรมดา



รูปที่ 2 ขาทองแดงชนิดจีพีพี

การสร้างไดโอดรอยต่อแบบเปิด ใช้ขาทองแดงชนิดธรรมดา เนื่องจากพื้นที่ที่สัมผัสไดโอดมีลักษณะเป็นแบนราบ ทำให้น้ำยากัดกร่อนไม่สามารถสัมผัสกับไดโอดได้ หากใช้ขาทองแดงชนิดจีพีพี ขนาดของไดโอดจะใหญ่กว่าพื้นที่สัมผัสไดโอดทำให้น้ำยากัดกร่อนไปทำลายไดโอดได้ สำหรับการสร้างไดโอดรอยต่อแบบปิดใช้ขาทองแดงชนิดจีพีพี ซึ่งผ่านการล้างไดโอดเป็นที่เรียบร้อย พื้นที่สัมผัสไดโอดของขาทองแดงชนิดจีพีพี สภาวะที่แผ่นตะกั่วจะเชื่อมกับไดโอดได้ดียิ่งขึ้น ตะกั่วเหลวจะไม่ซอกกับไดโอด ถ้าใช้ขาทองแดงชนิดธรรมดา เมื่อแผ่นตะกั่วถูกหลอมเหลวโอกาสที่ตะกั่วซอกกับไดโอดมีสูงมาก (ตะกั่วไหลเยิ้ม) เกิดลัดวงจรภายในโครงสร้างไดโอด



รูปที่ 3 Axial Lead ไดโอดขนาด 1A (แอมแปร์)

กรรมวิธีการสร้างไดโอด

การสร้างไดโอดมีหลายวิธี ตัวอย่างเช่น ไดโอดรอยต่อแบบเปิดขนาด 1 A มีดังนี้ นำเวเฟอร์ที่ผ่านกระบวนการได้ปัสสารเข้าสู่เครื่องจักรเลื่อยแผ่นเวเฟอร์เป็นแผ่นเล็กๆ โดย 1 แผ่นเล็กคือไดโอด 1 ตัว นำไดโอดทั้งหมดใส่ในภาชนะสเตนเลส เติมน้ำยาล้างไดโอดที่ผสมในอัตราส่วน 1 : 2Di อุณหภูมิ ($50^{\circ}\text{C} \leq \text{Di} \leq 75^{\circ}\text{C}$)



รูปที่ 4 การล้างไดโอดด้วยน้ำยาจัดคราบเจือปน

นำภาชนะสเตนเลสที่บรรจุได้ไปแช่ในถัง
อุลตราโซนิก 15 นาที จากนั้นล้างได้ด้วยน้ำร้อน



รูปที่ 5 ล้างได้ด้วยน้ำร้อนที่ปราศจากไอออน

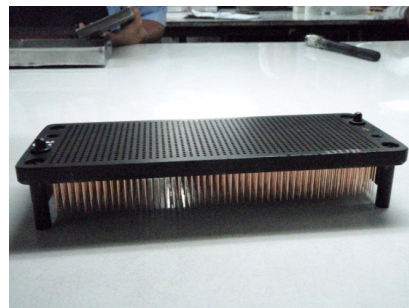
เติมน้ำร้อน Di และแช่ได้ยในถังอุลตราโซนิก
5 นาที จากนั้นล้างด้วยน้ำ Di 30 วินาทีและล้างด้วย
น้ำยาอะซิโตน 30 วินาที ($5.5 \leq \text{pH} \leq 7$) นำได้ยแช่ในถัง
อุลตราโซนิก 5 นาที อบได้ยให้แห้ง 1/2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ
60°C ตั้งเซ็นเซอร์ที่ 150°C



รูปที่ 6 ตู้อบได้ย (แห้ง) ควบคุมด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์



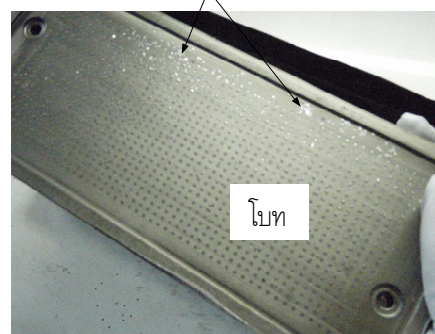
รูปที่ 7 เครื่องจักรเรียงขาทองแดง



รูปที่ 8 ขาทองแดง 2,400 ตัวถูกเรียงอยู่ใน 1 โบท

จากนั้นนำโบทที่บรรจุขาทองแดงแล้ว มาใส่แผ่น
ตะกั่ว ด้วยเครื่องร่อนสุญญากาศ

แผ่นตะกั่วกลมขนาดเล็ก



รูปที่ 9 แผ่นตะกั่วถูกเรียงเข้าไปในโบทด้วยระบบ
สุญญากาศ

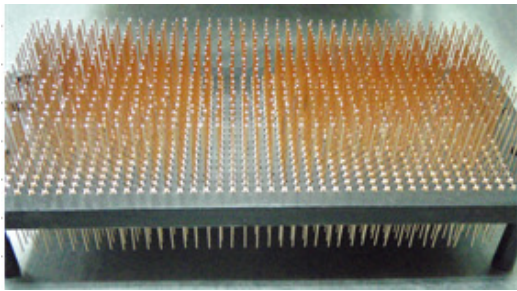
นำแผ่นตะกั่วที่ถูกเรียงอยู่ในโบทเป็นที่เรียบร้อยแล้ว
เข้าสู่กระบวนการฉีดน้ำยาฟลัก



รูปที่ 10 วิธีการฉีดฟลักเข้าสู่แผ่นตะกั่วและขาทองแดง

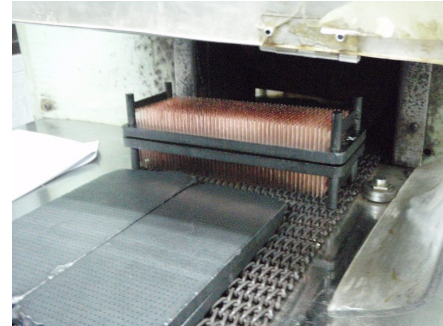


นำแผ่นโบททั้ง 2 แผ่นประกบกัน เพื่อให้ขา
ทองแดงทั้ง 2 ขาประกบกับแผ่นตะกั่วทั้งบนและล่าง



รูปที่ 11 ชิ้นงานในโบทที่ประกอบเสร็จสมบูรณ์

นำชิ้นงานที่ใช้แรงดันน้อยกว่า 10 โวลต์และ
มากกว่า 10 โวลต์ ดังตารางที่ 1 และ 2 (เตาบัดกรีจะแบ่ง
ออกเป็น 6 โซนตามค่าแรงดันต่ำและแรงดันสูง) สำหรับ
ตารางที่ 3 และ 4 คือชิ้นงานที่ใช้แรงดันมากกว่า 10 โวลต์



รูปที่ 12 วิธีการนำชิ้นงานที่อยู่ในโบทเข้าสู่เตาบัดกรี

ตารางที่ 1 ผลิตภัณฑ์ไดโอดที่ใช้แรงดันน้อยกว่า 10 โวลต์

จำนวนไดย์	ขนาด	อัตราส่วนน้ำยาเหลว และฟลักซ์	วิธีการฉีดฟลักซ์	การนำไดโอดที่อยู่ในโบท เข้าสู่เตาบัดกรี
1 ชิ้น	1A	1:5	ฉีดน้ำยาฟลักซ์ที่ด้านบน ของโบท	วางโบทในแนวนอน โดยห่างกัน 1 นิ้วของแต่ละโบท
2 ชิ้น	1A	1:5	ฉีดน้ำยาฟลักซ์ที่ด้านล่าง ของโบท	วางโบทในแนวนอน ห่างกัน 1 นิ้ว ของแต่ละโบท
> 3 ชิ้น	1A	1:5	ฉีดน้ำยาฟลักซ์ทั่วพื้นที่โบท ทั้งบนและล่าง	วางโบทในแนวนอน ห่างกัน 2 นิ้ว ของแต่ละโบท

ตารางที่ 2 ผลิตภัณฑ์ไดโอดที่ใช้แรงดันมากกว่า 10 โวลต์

จำนวนไดย์	ขนาด	อัตราส่วนน้ำยาเหลว และฟลักซ์	การฉีดฟลักซ์	การนำไดโอดเข้าสู่เตาบัดกรี
1 ชิ้น	1A	1:5	ฉีดน้ำยาฟลักซ์ที่ด้านบน ของโบท	วางโบทในแนวนอน แต่ละโบทเกือบ ชิดกัน
2 ชิ้น	1A	1:5	ฉีดน้ำยาฟลักซ์ที่ด้านล่าง ของโบท	วางโบทในแนวนอน แต่ละโบทเกือบ ชิดกัน
≥ 3 ชิ้น	1A	1:5	ฉีดน้ำยาฟลักซ์ทั่วพื้นที่โบท ทั้งบนและล่าง	วางโบทในแนวนอน แต่ละโบทจะมี โบทที่ว่างเปล่าคั่นไว้

ตารางที่ 3 ผลิตภัณฑ์ไดโอดที่ใช้แรงดันน้อยกว่า 10 โวลต์เข้าสู่เตาบัดกรี

โซน	1	2	3	4	5	6	ความเร็วรอบที่	1	2	3	4	5
°C	520	480	430	420	380	40	(rpm)	130	150	200	200	180

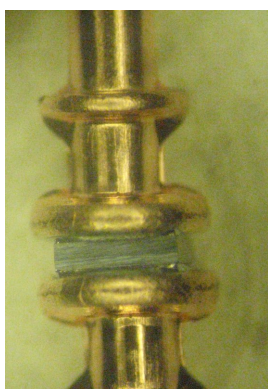
ตารางที่ 4 ผลิตภัณฑ์ไดโอดที่ใช้แรงดันมากกว่า 10 โวลต์เข้าสู่เตาบัดกรี

โซน	1	2	3	4	5	6	ความเร็วรอบที่	1	2	3	4	5
°C	460	480	480	450	440	40	(rpm)	130	150	200	200	180

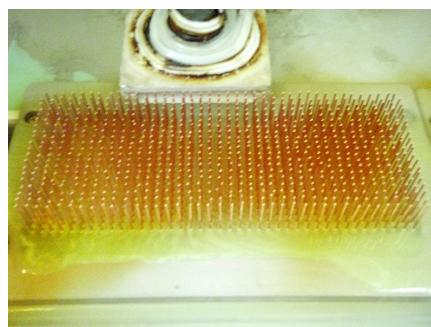
ในตารางที่ 1 และ 2 เป็นข้อมูลจากการทดลองในโรงงาน โดยผลการฉีดพ่นกับการวางตำแหน่งของโบท มีผลเชื่อมโยงกับพารามิเตอร์ของเตาบัดกรี โดยดูที่ชิ้นงานไดโอดที่ผ่านการบัดกรีจากเตาบัดกรีว่ามีลักษณะเป็นเช่นไร ถ้าชิ้นงานไม่อยู่ในลักษณะที่กำหนด ทางฝ่ายวิศวกรรมจะเข้าแก้ไขวิธีการผลิตหรือด้านเครื่องจักร การนำโบทเข้าสู่เตาบัดกรีนั้นมีความสำคัญ รวมถึงสภาวะที่ไม่มีการเชื่อมบัดกรีก็ยังคงนำโบทเปล่าเข้าสู่เตาบัดกรีเสมอ เพื่อให้เตาบัดกรีรักษาสภาพการทำงานอยู่ตลอด เช่น ตะกั่วท่วมถึงแผ่นตะกั่ว ทำให้เกิดการลัดวงจรในโครงสร้างไดโอด เป็นต้น



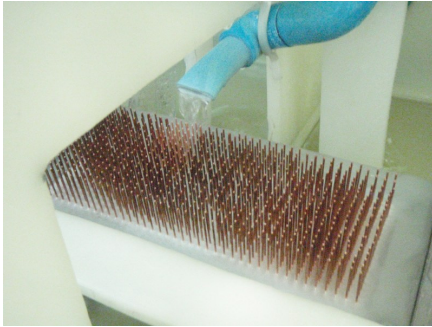
รูปที่ 14 ตรวจสอบชิ้นงานในโบทที่ออกจากเตาบัดกรี



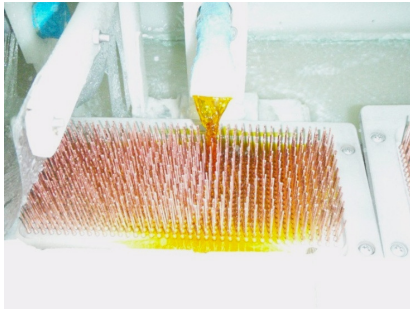
รูปที่ 13 ชิ้นงานที่ถูกเชื่อมด้วยเตาบัดกรี



รูปที่ 15 ชิ้นงานในโบทผ่านการกัดกร่อนด้วยกรดผสม



รูปที่ 16 ชิ้นงานผ่านกระบวนการสารละลายจัดคราบ



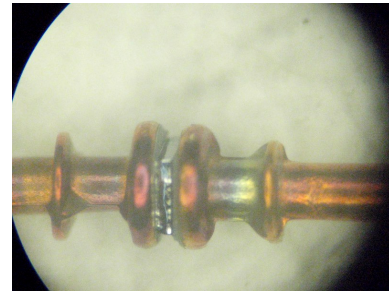
รูปที่ 17 ชิ้นงานผ่านกระบวนการเพิ่มความมันวาวให้กับ
ขาทองแดง

รูปที่ 15, 16 และ 17 คือ ชิ้นงานที่ผ่านน้ำยักัดกร่อน 3 ชนิด คือ 1. กรดผสม 2. สารละลายจัดคราบ 3. สารเพิ่มความมันวาวให้กับขาทองแดง โดยกรดผสมจะกัดผิวได้ยให้เรียบ สภาวะอุณหภูมิมากกว่า 20°C ผิวได้ยถูกกัดกร่อนมาก ทำให้ผิวได้ยไม่เรียบและขนาดได้ยจะเล็กลง เรียกว่า Over Etching สำหรับสารละลายจัดคราบจะทำความสะอาดได้ย โดยล้างไอออนออก ซึ่งมีผลต่อค่าไฟฟ้าในไดโอดกรรมวิธีเพิ่มความมันวาวแก่ขาทองแดงทำหน้าที่หยุดปฏิกิริยาของการกัดกร่อนทั้งหมด

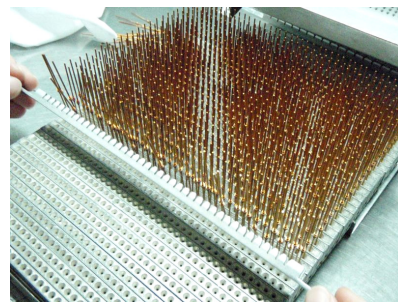


รูปที่ 18 ชิ้นงานผ่านกระบวนการล้างด้วยน้ำ DI

ระหว่างที่โครงสร้างภายในไดโอดผ่านน้ำยารัดผสม, สารละลายจัดคราบและเพิ่มความมันวาวให้กับขาทองแดง จะมีน้ำ DI ล้างอยู่ทุกขั้นตอนเสมอ ในรูปที่ 18 น้ำ DI อยู่ในระดับที่สามารถควบคุมอุณหภูมิไม่ให้เกิดความร้อนสูงเกินไป จากนั้นนำชิ้นงาน (โครงสร้างภายในไดโอด) ไปพักไว้รอจนกว่าชิ้นงานแห้ง จากนั้นนำชิ้นงานเข้าสู่กระบวนการทรานเฟอร์



รูปที่ 19 การกัดกร่อนชิ้นงานอย่างสมบูรณ์



รูปที่ 20 ฐานอลูมิเนียมสำหรับถ่ายเทความร้อนให้กับ
ชิ้นงาน

วิธีอบโครงสร้างภายในไดโอดด้วยอุณหภูมิสูง

ทรานเฟอร์ (Transfer) คือ การเคลื่อนย้ายไดโอดหรือชิ้นงานไปยังแท่งอลูมิเนียม ก่อนที่นำชิ้นงานเข้าเตาอบ เนื่องจากชิ้นงานผ่านกระบวนการกัดกร่อนน้ำยาและถูกล้างด้วยน้ำ DI เป็นผลให้อุณหภูมิสะสมในตัวชิ้นงานสูงขึ้นและการกระจายอุณหภูมิในเตาอบไม่เท่ากัน การทรานเฟอร์ใช้อุณหภูมิ 210°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วจึงลดอุณหภูมิเตาอบลงจนเหลือ 60°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำชิ้นงานในเตาอบออกมาทั้งหมด พักชิ้นงานไว้ภายนอก เพื่อให้อุณหภูมิลดลงจนเย็นใช้เวลา 1-2 ชั่วโมง

ชิ้นงานเมื่ออบเสร็จต้องเป็นสีทองเหลือง ถ้าชิ้นงานเป็นสีหมองชุ่นต้องนำชิ้นงานไปอบต่ออีก 1 ชั่วโมง)

การหุ้มได้ด้วยการยางซิลิคอน

วิธีหุ้มได้ด้วยการยางซิลิคอน (Silicon rubber) เรียกว่า การโค้ท (Coating) เพื่อป้องกันสิ่งสกปรกจากภายนอกเข้ามาเจือปนกับได้ การยางซิลิคอนมีคุณสมบัติเป็นฉนวนที่ดีจะไม่ให้กระแสไฟฟ้าไหลข้ามได้ การเก็บรักษาต้องแช่กาวที่อุณหภูมิ 2-3°C รูปที่ 21 พนักงานทำการบรรจุกาวให้กับเครื่องโค้ท โดยเครื่องโค้ทเลื่อนแท่งอลูมิเนียมและหมุนชิ้นงานไปด้วย เมื่อชิ้นงานมาถึงตำแหน่งที่หุ้มกาวเครื่องโค้ทจะยิงกาวด้วยระบบอัตโนมัติ

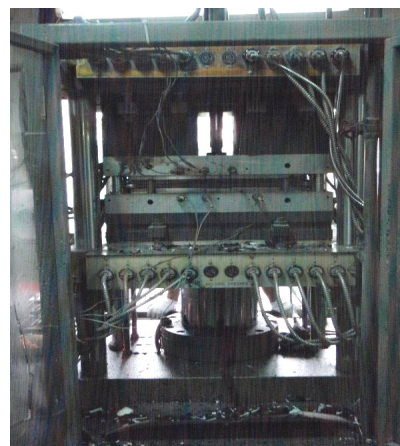


รูปที่ 21 เครื่องยิงกาวยางซิลิคอน

วิธีหุ้มกาวยางซิลิคอนด้วยคอมปาวด์

ในรูปที่ 21 หลังจากหุ้มได้ด้วยการยางซิลิคอนเป็นที่เรียบร้อย ต้องทำการอบชิ้นงานด้วยอุณหภูมิ 125 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดนำชิ้นงานพักไว้เพื่อให้อุณหภูมิลดลง ทำการตรวจสอบและทดสอบด้วยเครื่องมือทางอิเล็กทรอนิกส์ตามขั้นตอนที่กำหนด จากนั้นจึงเข้าสู่กระบวนการใช้คอมปาวด์เพื่อหุ้มโครงสร้างภายในชิ้นงานทั้งหมด ซึ่งเป็นการหุ้มกาวยางซิลิคอนไปในตัว วิธีการนี้เรียกว่า โมลด์ (Molding) เพื่อให้ชิ้นงานมีความคงทนรองรับการกระแทกจากภายนอก รวมถึงการพิมพ์อักษรและตัวเลขต่างๆ บนตัวไดโอด สภาพเดิมของคอมปาวด์มีความแข็งมาก

จึงใช้ความร้อนอบให้คอมปาวด์อ่อนตัว ใช้เวลา 30 วินาที แล้วจึงนำคอมปาวด์เข้าสู่เครื่องโมลด์ เพื่อหลอมคอมปาวด์จนละลายเป็นของเหลว ซึ่งของเหลวนี้จะไหลตามแท่นพิมพ์เพื่อหุ้มโครงสร้างภายในของชิ้นงาน (ไดโอด 240 ตัว/1 แท่นพิมพ์)



รูปที่ 22 เครื่องจักรโมลด์สำหรับอบและหลอมละลายคอมปาวด์

วิธีชุบชิ้นงาน

วิธีการชุบชิ้นงานด้วยดีบุกเรียกว่า เพลทติ้ง (Plating) เพื่อความสวยงาม ลดการเกิดสนิมที่ขาชิ้นงาน และช่วยยืดอายุการใช้งานได้มากขึ้น

บ่อที่ 1, 4 H₂SO₄(I) + Glycol + H₂O₂ 50% บ่อที่ 2,3,5,6 น้ำประปาบ่อที่ 7-12 บ่อชุบดีบุก บ่อที่ 13,14 น้ำประปา บ่อที่ 15 เป็นบ่อว่าง บ่อที่ 16 บ่อโซเดียม



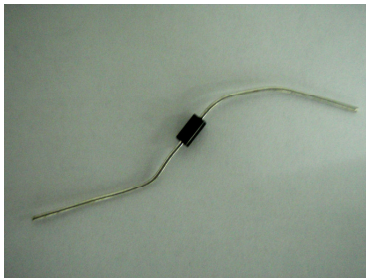
รูปที่ 23 บ่อที่ 17 ล้างด้วยน้ำ DI (อุณหภูมิปกติ)



รูปที่ 24 บ่อที่ 18 ล้างด้วยน้ำ DI (อุณหภูมิสูง)



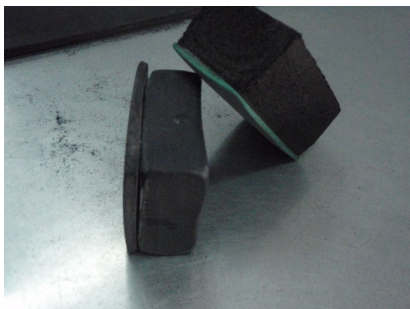
รูปที่ 27 เครื่องจักรระบบอัตโนมัติตัดขาชิ้นงาน



รูปที่ 25 ขาของชิ้นงานที่ผ่านการชุบด้วยวิธีเพลดึง

วิธีปรับขาชิ้นงานให้ตรง

วิธีปรับขาชิ้นงานให้ตรงมีอยู่ 2 วิธีคือ วิธีที่ 1 ดัดด้วยมือ วิธีที่ 2 ดัดด้วยเครื่องจักร



รูปที่ 26 ก้อนยางสำหรับดัดขาชิ้นงานให้ตรง

ทดสอบค่าทางไฟฟ้าของชิ้นงาน

ทดสอบ (Testing) คือ กระบวนการทดสอบค่าทางไฟฟ้าของชิ้นงานได้ตรงตามมาตรฐานหรือไม่



รูปที่ 28 เครื่องจักรทดสอบคุณสมบัติของชิ้นงาน

เครื่องจักรในรูปที่ 28 จะแยกคุณภาพชิ้นงานแล้วทำการจัดคุณภาพชิ้นงานลงใน Bin1 ถึง Bin4

- Bin1 เป็นถังพลาสติกจัดเก็บชิ้นงานที่ได้ค่าทางไฟฟ้าตรงตามมาตรฐานกำหนด

- Bin2 และ Bin3 เป็นถังพลาสติกที่จัดเก็บชิ้นงาน โดยมีค่าคุณสมบัติทางไฟฟ้าต่ำกว่าชิ้นงานที่ถูกจัดเก็บไว้ใน Bin1 สามารถนำมาใช้งานได้

- Bin4 เป็นถังพลาสติกสำหรับจัดเก็บชิ้นงานที่เสีย
ไม่สามารถนำมาใช้งานได้

ตารางที่ 5 พารามิเตอร์ทางไฟฟ้าของชิ้นงานแต่ละ Bin

แรงดัน	Bin 1	Bin 2	Bin 3
V_{FL}	600	600	600
V_{FH}	940	940	940
V_{BL}	520	270	180
V_{BH}	800	570	320
V_R	460	230	150

ค่าพารามิเตอร์ของเครื่องจักรทดสอบค่าทางไฟฟ้า

IF = 1.0 SI > 0.7 IR = 0.5 DV1 = 100

DV2 = 12 I1 = 0.003 T = 15

I2 = 0.2 T = 40 I3 = 0.003 T = 15

ค่า V_{FL} คือ แรงดันค่าต่ำทางฟอร์เวิร์ด

ค่า V_{FH} คือ แรงดันค่าสูงทางฟอร์เวิร์ด

ค่า V_{BL} คือ แรงดันเบรกดาวน์ค่าต่ำ

V_{BH} คือ แรงดันเบรกดาวน์ค่าสูง

V_R คือ แรงดันทางรีเวิร์ด

IF คือ ค่ากระแสทางฟอร์เวิร์ด

Si คือ ค่าแรงดันเสมือนในสภาวะฟอร์เวิร์ด

กำหนดค่าจากเครื่องทดสอบ

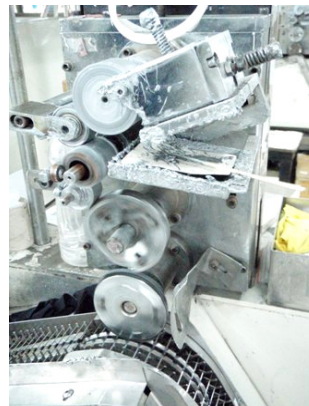
DV1 คือ ค่าแรงดันสำหรับการทดสอบชิ้นงานในส่วนที่ 1

DV2 คือ ค่าแรงดันสำหรับการทดสอบชิ้นงานในส่วนที่ 2

T คือ ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบชิ้นงาน
ไม่ควรเกินค่าที่ตั้งไว้

การพิมพ์เบอร์

การพิมพ์เบอร์ลงบนตัวชิ้นงานเรียกว่า
(Marking) โดยใช้เครื่องจักรเพื่อให้ทราบเบอร์ของชิ้นงาน
และมีค่าทางไฟฟ้าเท่าไร



รูปที่ 29 เครื่องจักรพิมพ์เบอร์บนตัวชิ้นงาน

ตู้อุณหภูมิสูงสำหรับทดสอบชิ้นงาน

นำชิ้นงานเข้าเครื่อง HIGH Temperature
Reverse Bias (HTRB) ตั้งอุณหภูมิ 125 °C ใช้เวลา
ทดสอบชิ้นงาน 24 ชั่วโมง



รูปที่ 30 ตู้อุณหภูมิสูงสำหรับทดสอบชิ้นงาน (HTRB)

เมื่อชิ้นงานออกจากตู้อบแล้ว นำชิ้นงานเข้าสู่
เครื่องทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าอีกครั้ง ถ้าชิ้นงานผ่าน
การทดสอบ ให้นำชิ้นงานเข้าสู่กระบวนการต่อไป แต่ถ้า
ชิ้นงานไม่ผ่านการทดสอบจะถูกคัดแยกเป็นของเสีย



การบรรจุ

การนำชิ้นงานที่ผ่านการทดสอบเป็นที่เรียบร้อยแล้วมาบรรจุลงในวัสดุกันกระแทกและใส่วัสดุติดกันความชื้นแล้วจึงบรรจุลงกล่อง ทำการปิดด้วยเทปโดยใช้เครื่องจักรแต่ละขั้นตอนการบรรจุต้องผ่านการตรวจสอบโดย Q.C. และ Q.A.

ฝ่ายตรวจสอบและควบคุมคุณภาพ

Q.C. (Quality control) ทำหน้าที่ตรวจสอบคุณภาพวัสดุทั้งหมด ก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการผลิตและตรวจสอบระหว่างการผลิต โดยควบคุมคุณภาพตรงตามมาตรฐานที่กำหนด สำหรับ Q.C. จะประสานงานร่วมกับ Q.A. (Quality assurance) หรือการประกันคุณภาพ ตั้งแต่การตรวจสอบจำนวนวัตถุดิบและคุณภาพของวัตถุดิบ การปฏิบัติงานและกระบวนการทดสอบทั้งหมดในกรรมวิธีการผลิต เช่น การติดบาร์โค้ดตรงตามตำแหน่งหรือไม่ ความชัดเจนและความถูกต้องของตัวอักษรในงานผลิตทั้งหมดจนถึงการร้องเรียนจากลูกค้า

การดำเนินการแก้ไขปัญหา

ปัญหาที่พบในกระบวนการสร้างไดโอด มีดังนี้

1. ศึกษาถึงผลกระทบ กรณีไม่ฉีดฟลักในตารางที่ 2 ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ไดโอดที่มีราคาสูง มีจำนวนไดโอดเสีย 2.6 % หรือ 2,496 ตัวจากจำนวน 400 โปท/วัน วันละ 8 ชั่วโมง โดย 1 โปทมีไดโอด 2,400 ตัว
2. สำหรับการบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงป้องกัน (P.M.) มีการวางแผนปฏิบัติตามหลักเกณฑ์ที่วางไว้ [3-8] ปัญหาหนึ่งที่พบคือ การไม่ให้ความร่วมมือของบางกลุ่มบางคนเกี่ยวกับนโยบายที่กำหนดขึ้นใหม่

ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ทดสอบการฉีดฟลักและไม่ฉีดฟลักในชิ้นงาน

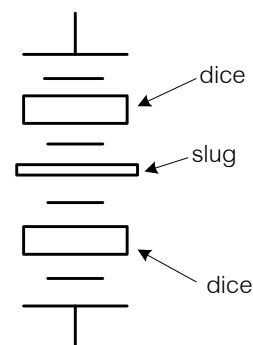
- 1.1 ตั้งค่าพารามิเตอร์เตาบัดกรีตามตารางที่ 7

1.2 นำชิ้นงานที่อยู่ในโบทเข้าสู่เตาบัดกรี กรณีไม่ฉีดฟลัก

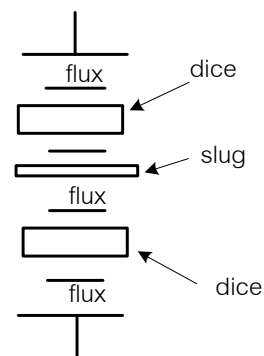
1.3 เมื่อชิ้นงานออกจากเตาบัดกรี รอสักครู่หนึ่งให้อุณหภูมิความร้อนในชิ้นงานลดลง จากนั้นใช้กล้องขยายตรวจสอบรอยเชื่อม ช่องว่างรอยต่อ ตะกั่วไหลเต็มไปซ็อกภายในโครงสร้างได้ ถ้าชิ้นงานผ่านเกณฑ์การตรวจสอบนำชิ้นงานในโบทเข้าสู่กระบวนการถัดไป

1.4 กรณีที่ชิ้นงานในโบทฉีดฟลัก กระบวนเช่นเดียวกับ 1.1 กับ 1.3

1.5 บันทึกผลที่ได้ โดยการถ่ายภาพจากตัวชิ้นงานดังรูปที่ 32 ถึง 35 ทำการวิเคราะห์ผลที่เกิดขึ้น



(ก) แบบจำลองโครงสร้างภายในของชิ้นงานที่ยังไม่ฉีดฟลัก

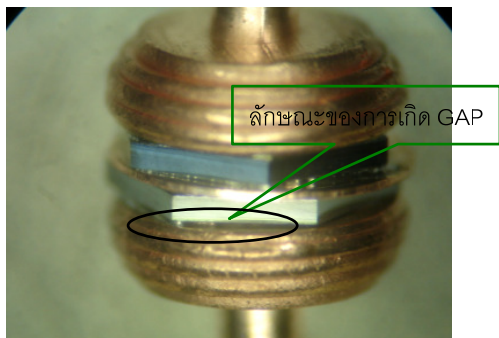


(ข) แบบจำลองโครงสร้างภายในของชิ้นงานที่ฉีดฟลัก

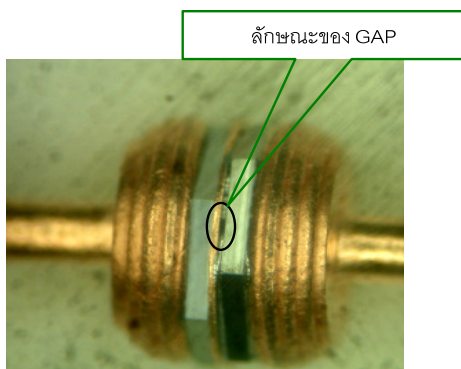
รูปที่ 31 แบบจำลองโครงสร้างภายในของชิ้นงาน

ผลการทดลอง

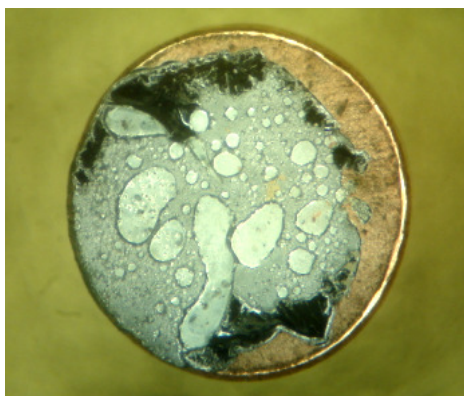
ดังรูปที่ 32 ถึง 35 เป็นเพียงตัวอย่างที่นำมาแสดงเท่านั้น จากจำนวนชิ้นงานที่เสียดังรูปที่ 32 และ 34 เฉลี่ยใน 1 วันคือ 19,200 ชิ้นงาน



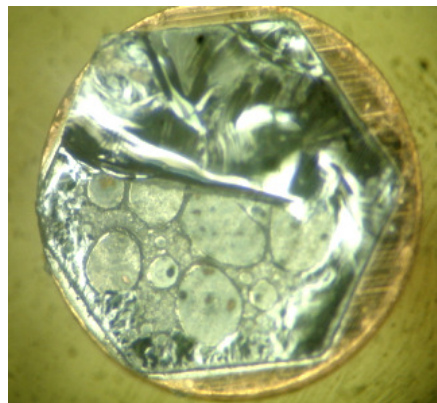
รูปที่ 32 ลักษณะการเกิดช่องว่างของชิ้นงานที่ไม่ได้ฉีดฟลัก



รูปที่ 33 ลักษณะการเกิดช่องว่างของชิ้นงานที่ฉีดฟลัก



รูปที่ 34 ลักษณะการไหลของตะกั่วเหลว (ไม่ฉีดฟลัก)



รูปที่ 35 ลักษณะการไหลของตะกั่วเหลว ผ่านการฉีดฟลัก

2. พัฒนาการปฏิบัติงานในฝ่ายวิศวกรรม

โดยประยุกต์วิธีการ[9] เป้าหมายคือเพิ่มผลผลิต

2.1 ประสานกับบริษัทที่จำหน่ายเครื่องจักรให้ส่งผู้ชำนาญการเครื่องจักร เพื่อฝึกอบรมแก่ช่างอย่างน้อย 4 เดือน

2.2 จัดสอบภาคทฤษฎีเกี่ยวกับเครื่องจักรปีละ 2 ครั้งทุกๆ 6 เดือน เพื่อประกอบพิจารณาเกี่ยวกับผู้ปฏิบัติงาน

2.3 เก็บข้อมูลเอาต์พุตของเครื่องจักรเรียงขาทองแดง ช่างผู้ชำนาญมีหน้าที่ลดของเสียที่เกิดจากเครื่องจักรและถ่ายทอดความรู้รวมถึงการประเมินภาคปฏิบัติแก่ช่างจากอาการเสียจริง

2.4 เปิดโอกาสเสนอข้อคิดเห็นร่วมประชุมซึ่งระดับผู้อำนวยการต้องรับทราบปัญหาและหาวิธีแก้ไขอย่างจริงจัง

2.5 บริษัทมีการมอบรางวัลพิเศษเป็นรายบุคคลที่ปฏิบัติงานดี โดยดูจากรายละเอียดของเสียที่เกิดจากเครื่องจักรเป็นหลักในการประกอบพิจารณา

2.6 เพิ่มความตระหนักการใช้กฎระเบียบลงโทษต่อผู้ปฏิบัติงานที่ฝ่าฝืนบ่อยๆ เพื่อรักษาเสถียรภาพของบริษัท

ซึ่งเป็นวิธีการดั้งเดิมที่ใช้กันมา ส่วนวิธีการในบทความนี้ ผลที่ได้ดังรูปที่ 33 และ 35 ผลทั้ง 2 วิธีนี้แสดงดังตารางที่ 6



ตารางที่ 6 ผลสัมพัทธ์ของฟลักซ์ที่มีต่อโครงสร้างภายในชิ้นงาน (แรงดันมากกว่า 10 โวลท์) อุณหภูมิโดยรอบ $\approx 25^{\circ}$

ลักษณะ	ปฏิกิริยาของฟลักซ์ กับชิ้นงาน	ชิ้นงานที่ไม่ฉีดฟลักซ์	ชิ้นงานที่ฉีดฟลักซ์
ขนาดของ Gap		เกิด Gap ที่มีขนาดใหญ่	เกิด Gap ที่มีขนาดเล็ก
ความสมบูรณ์ของการไหลของตะกั่ว		เกิดการไหลของตะกั่ว ที่ไม่สมบูรณ์	เกิดการไหลของตะกั่ว ที่สมบูรณ์
จำนวนชิ้นงาน 960,000		จำนวนชิ้นงานที่เสีย 19,200	จำนวนชิ้นงานที่เสีย 3,600
% ชิ้นงานที่เสีย		2.6 %	0.375 %
ประสิทธิภาพทั้ง 2 วิธี		98 %	99.6 %

ตารางที่ 7 พารามิเตอร์ของเตาบัดกรีในแต่ละโซน (แรงดันไดโอดมากกว่า 10 โวลท์)

โซน	1	2	3	4	5	6
ปรับค่าอุณหภูมิ (C°)	460	460	460	450	440	40
ความเร็วมอเตอร์ (rpm)	130	130	130	200	200	180

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบผลการดำเนินการทั้ง 2 วิธี

ผลการดำเนินการ[3] เดือน(ต.ค. 51 ถึง ก.พ. 52)	ผลการดำเนินการตามข้อ 2.1 ถึง 2.6 (มี.ค. 52 ถึง ส.ค. 52)
อบรมเครื่องจักรภาคฤดูร้อน 4 เดือน ใน 1 อาทิตย์ เฉลี่ย 1 ชั่วโมง (จากข้อมูลเดิม 3 ชั่วโมง/ 3เดือน)	ตรวจผลการประเมินจากจำนวนช่าง 16 คน คะแนนเฉลี่ย 67% ถึง 84%
ข้อมูลจากใบบันทึกจำนวนชิ้นงานที่เสีย โดยวิเคราะห์เครื่องจักร ที่ทำการซ่อมได้ เฉลี่ย 2,900 / ครั้ง/ปี (เฉลี่ย 241 ครั้ง/เดือน)	ข้อมูลจากใบบันทึกจำนวนชิ้นงานที่เสีย โดยวิเคราะห์เครื่องจักร เสียเฉลี่ย 1,920 ครั้ง /ปี (เฉลี่ย 160 ครั้ง/ เดือน)
จากข้อมูลเดิมเฉลี่ย 4,000/ ครั้ง/ ปี (เฉลี่ย 3,333 ครั้ง/เดือน)	เสียแล้วซ่อมได้
ราคาอะไหล่เครื่องจักรเฉลี่ย 6 เดือน 25,000 บาท	ราคาอะไหล่เครื่องจักรเฉลี่ย 6 เดือน 12,000 บาท/เครื่อง
เวลาสูญเสียเฉลี่ยซ่อมเครื่องจักร 2 วัน/ เครื่อง	เวลาสูญเสียเฉลี่ยซ่อมเครื่องจักร 3 ชั่วโมง/ เครื่อง
ความพร้อมความเหมาะสมในการจัดอะไหล่คงคลัง 60 % (จากข้อมูลเดิม 40 %)	ความพร้อมความเหมาะสมในการจัดอะไหล่คงคลัง 77 %
ความพร้อมทางเวลาในการพัฒนาทางวิศวกรรม 60 % (จากข้อมูลเดิม 38 %)	ความพร้อมทางเวลาในการพัฒนาทางวิศวกรรม 80 %

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยมีประเด็นสำคัญมาอภิปรายผล ดังนี้

เตาบัดกรีทำงานด้วยระบบ PLC ในตารางที่ 7 โซน 1 ถึง โซน 6 ชิ้นงานในโบทผ่านเข้าเตาบัดกรีจนออกจากเตาบัดกรี ใช้เวลาเฉลี่ย 50 วินาที ภายในเตาบัดกรีมีการพ่นก๊าซไนโตรเจน ในรูปที่ 34 ชิ้นงานที่ไม่ผ่านการฉีดพ่น ล้าง คราบสกปรกที่ติดชิ้นงานจะทำปฏิกิริยากับก๊าซไนโตรเจนมีผลต่อการไหลของตะกั่วเหลวขณะที่ทำการเชื่อมตะกั่วในเตาบัดกรี ผลที่เกิดขึ้นการไหลของตะกั่วเหลวไม่กระจายเต็มแผ่น ทำให้ตะกั่วเหลวไม่สามารถครอบคลุมทั่วแผ่นได้ช่องว่างบริเวณรอยต่อกว้างมาก เมื่อเทียบกับภาพที่ 35 ช่องว่างบริเวณรอยต่อแคบตะกั่วเหลวกระจายได้ทั่วแผ่น ผลของอุณหภูมิมีความเชื่อมโยงกับความเร็วของสายพานในเตาบัดกรี, เวลาที่เหมาะสมในการพ่นก๊าซไนโตรเจนให้กับชิ้นงานได้อย่างทั่วถึง, เวลาที่ใช้หลอมตะกั่วจนเหลวและเชื่อมโครงสร้างภายในของชิ้นงานเสร็จสมบูรณ์ด้วยเหตุนี้ อุณหภูมิที่โซน 1 ถึงโซน 5 จึงอยู่ระหว่าง 460 °C ลดลงเหลือ 440 °C เมื่อโครงสร้างภายในถูกเชื่อมเป็นที่เรียบร้อยแล้ว อุณหภูมิจะลดลงเหลือเพียง 40 °C เพื่อให้รอยเชื่อมแข็งตัว จากการบันทึกข้อมูลชิ้นงานที่ได้รับการฉีดพ่น ล้าง ทำให้ลดจำนวนชิ้นงานที่เสียจากเดิม 2.6% เหลือ 0.7 % อุณหภูมิมีผลต่อความคล่องตัวของพาหะในสารกึ่งตัวนำและอุณหภูมิยังขึ้นกับกระบวนการได้ปาส ความนำไฟฟ้าในสารกึ่งตัวนำ [10]

ในตารางที่ 8 เมื่อดำเนินการตามข้อ 2.1 ถึง 2.6 การทำงานในฝ่ายช่างมีความสามารถที่เพิ่มขึ้นในการวิเคราะห์อาการเสียของเครื่องจักร, ลดเวลาที่ใช้ทั้งหมดในการซ่อมแซม, ลดค่าใช้จ่ายในฝ่ายวิศวกรรม ยึดอายุการใช้งานเครื่องจักร, การประสานงานระหว่างฝ่ายผลิตกับฝ่ายวิศวกรรมมีความเข้าใจที่ดีขึ้นอย่างมากรวมถึงช่างผู้ชำนาญนำเครื่องจักรสำรองมาใช้ในการผลิต ทำให้ไม่กระทบต่อผลผลิตของทางบริษัท

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

จากการตั้งเป้าหมายเพื่อเพิ่มผลการผลิต โดยลดการสูญเสียชิ้นงาน ด้วยการวิเคราะห์กระบวนการสร้างไดโอดผสมผสานกับวิธีการวัดงาน การจัดคลังสินค้าและวัสดุ ผลในตารางที่ 6 จากวิธีการเดิมมีชิ้นงานที่เสีย 2 % เทียบกับจำนวน 960,000 ชิ้นงาน หรือ 19,200 ชิ้นงาน เมื่อทำการวิเคราะห์และแก้ไขกระบวนการโดยการฉีดพ่นและเก็บผลที่เกิดขึ้น ทำให้จำนวนชิ้นงานที่เสียลดลงเหลือเพียง 0.375 % หรือ 3,600 ชิ้นงาน (โดยอยู่ในเงื่อนไขอุณหภูมิเตาบัดกรีที่กำหนดไว้ และการฉีดพ่นที่ถูกต้องดังภาพที่ 10) ประสิทธิภาพจากการไม่ฉีดพ่น 98% และ ประสิทธิภาพจากการฉีดพ่น 99.6 %

จากการพัฒนาการดำเนินงานทางวิศวกรรมตามหัวข้อ 2.1 ถึง 2.6 ผู้อำนวยการได้เข้ามาสนับสนุนอย่างจริงจัง แต่เดิมที่มีการการประหยัดค่าใช้จ่ายอย่างมาก จึงสังเกตเห็นปัญหาตามความเป็นจริงในหลายๆ ฝ่ายที่ได้เสนอมา ปรับเปลี่ยนทัศนคติ เห็นคุณค่าของผู้ร่วมงานให้ได้รับค่าตอบแทนตามผลผลิตและค่าแรงสูงใจ พิจารณาเพิ่มผลผลิตในตารางที่ 8 เช่นการประหยัดค่าใช้จ่ายด้านอะไหล่ ใช้วิธีการจัดคลังสินค้าและวัสดุ โดยพิจารณาปริมาณสินค้าที่สมควรซื้อว่ามีเท่าไร ปริมาณสั่งซื้อที่ประหยัดจุดคุ้มทุน การหาอะไหล่ภายในประเทศ มีการจัดอบรมโดยเชิญวิทยากรจากบริษัทที่รับผิดชอบเกี่ยวกับเครื่องจักรของทางบริษัท ประชุมสาเหตุที่เกิดขึ้นและร่วมหาวิธีการแก้ไข รวมถึงเงื่อนไขในการลดค่าใช้จ่ายของทางบริษัท ทิศทางพัฒนากำหนดแผนต่างๆ เหล่านี้ จึงก่อให้เกิดผลงานที่เป็นรูปธรรม รวมทั้งมีการเพิ่มพูนความรู้ทางจรรยาบรรณอาชีพและความรู้ใหม่ให้กับบุคลากร



เอกสารอ้างอิง

- อริย์ธัช ชูโชติสกุลเลิศ. จักรกฤษ จันทศิริ (2553). "การเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องจักรกลเรียงขาทองแดงในกระบวนการผลิตไดโอด", **วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ**. ฉบับที่ 1 ปีที่ 2 มกราคม-มิถุนายน.
- มนูกิจ พานิชกุล. อรรถนพ เรืองวิเศษ. (2548). **แนวคิดและวิธีการออกแบบเครื่องจักรกล**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- ภาณุฤทธิ์ ยุทธะทัต (2548). **การออกแบบเครื่องจักรกล2**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ท้อป.
- สุรพล ราษฎร์นุ้ย. (2545). **วิศวกรรมการบำรุงรักษา**. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

พุดนางะ อิจิโระ. **เทคนิคการบำรุงรักษา เครื่องจักรกลในโรงงาน**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น.

<http://www.google.co.th/#hl=th&source=hp&q=>

การบริหารกระบวนการผลิต

http://www.icongrouponline.com/pr/GSS_ARRAY_Technology_Public_Company_Limited_TH/PR.html

[www.engr.sjsu.edu/.../tech_LN08_semiconductor resistance.doc](http://www.engr.sjsu.edu/.../tech_LN08_semiconductor_resistance.doc)

<http://www.eicsemi.com>

<http://www.ecenter.co.th/Product/ProductFeatures.asp>

