

การปรับปรุงคุณภาพกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีของการผลิตวงจรไฟฟ้ารวม

Quality Improvement of Electro-Plating Process in Integrated Circuits Manufacturing

วิลันดา เรืองโรจน์สรากุล และ ประเสริฐ อัครประมพงศ์

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ รหัสไปรษณีย์ 10330

โทร (+66) 0-2218-6849, (+66) 08-1854-5236 โทรสาร (+66) 0-2218-6413

e-mail : wilunda@windowsslive.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษากระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีของการผลิตวงจรไฟฟ้ารวม เพื่อลดปริมาณของเสีย และปรับปรุงมาตรฐานในการควบคุมกระบวนการให้มีประสิทธิภาพ จากการศึกษาพบว่าของเสียหลักที่เกิดขึ้นได้แก่ ของเสียประเภทเศษดีบุกส่วนเกิน ค่าความหนาไม่ได้ตามที่กำหนด และของเสียที่ไม่ผ่านการทดสอบ Solderability Test จากการวิเคราะห์ด้วยผังก้างปลา การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ และการออกแบบการทดลอง (DOE) พบว่าสาเหตุหลักเกิดจากสิ่งปนเปื้อนในสารเคมี และการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ไม่เหมาะสมกับชิ้นงาน ซึ่งหลังดำเนินการแก้ไข พบว่าปริมาณของเสียประเภทเศษดีบุกส่วนเกินลดลงจากเดิม 46% เป็น 5% LRR ชิ้นงานที่มีค่าความหนาไม่ได้ตามที่กำหนด ลดลงจากเดิม 0.3% เป็น 0.05% LRR และ ไม่พบของเสียที่ไม่ผ่านการทดสอบ Solderability Test ตามลำดับ และสามารถปรับปรุงมาตรฐานการควบคุมกระบวนการ เช่นการใช้ SPC และการควบคุมด้วยสายตา ทำให้มีของเสียอยู่ในอัตราที่ยอมรับได้อย่างต่อเนื่อง

Abstract

This research was purposed to reduce defects and improve process control for Electro-plating process in integrated circuits manufacturing. The major defects are excessive Time plating, Tin plating thickness out of spec and Solderability failure respectively. This research applied fish bone diagram, process failure mode and effect analysis (PFMEA) and design of experiment (DOE) technique to find out the root

cause of problem. Base on analysis results, the major causes of the problem are the contamination in chemical and improper parameters setting. The results after improvement showed that the defect rate of excessive Tin plating and Tin plating thickness out of spec were reduced from 46% to 5% LRR and 0.3% to 0.05% LRR respectively, and showed zero defects for Solderability failure. In addition, the process control such as SPC and visual-control was improved and can control the defect rate within acceptable limit continuously.

1. บทนำ

ในสภาพเศรษฐกิจปัจจุบันมีการแข่งขันกันทางธุรกิจค่อนข้างสูง การจะดำรงไว้ซึ่งธุรกิจที่สามารถผลิตสินค้าที่ตอบสนองความต้องการของตลาดเพียงอย่างเดียวนั้นคงไม่เพียงพอ สินค้าที่นำเสนอให้กับลูกค้าจะต้องมีความหลากหลาย มีคุณภาพที่ดีและราคาเหมาะสมที่จะดึงดูดให้ลูกค้ามาสนใจในตัวสินค้าที่บริษัทผลิตได้ การบริหารการผลิต และการจัดการทางด้านคุณภาพจัดเป็นมาตรการสำคัญที่ช่วยยกระดับความน่าเชื่อถือของผลิตภัณฑ์และทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นเป็นที่ต้องการของตลาด ในขณะเดียวกัน เมื่อกลุ่มผู้ประกอบการพยายามในการพัฒนาด้านผลิตภัณฑ์เพื่อแข่งขันกันในตลาดนั้น การปรับปรุงกระบวนการผลิตและการลดของเสียที่เกิดขึ้นจึงเป็นกลยุทธ์สำคัญในการช่วยลดต้นทุนต่อหน่วยที่ใช้ในการผลิตเพิ่มผลผลิตภาพและผลกำไรของบริษัทให้มากขึ้นได้

อุตสาหกรรมทางด้านการวงจรไฟฟ้ากึ่งตัวนำ (Semiconductors) จัดว่าเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีการแข่งขัน

กันทางธุรกิจค่อนข้างสูงและมีการพัฒนาด้านผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่องตามความก้าวหน้าอย่างไม่มีขีดจำกัดของเทคโนโลยีการผลิตวงจรรวม (Integrated Circuits, IC) เป็นตัวอย่างที่ดีตัวอย่างหนึ่งในกลุ่มอุตสาหกรรมประเภทนี้ เนื่องจากมีผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดเล็ก มีรายละเอียดย่อยๆ มาก และมีการเปลี่ยนแปลงในกลุ่มผลิตภัณฑ์สูง จึงเหมาะที่จะนำมาศึกษากระบวนการผลิต เพื่อนำไปสู่แนวทางการบริหารจัดการและปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

กระบวนการผลิตที่มีความแปรปรวนภายในแต่ละขั้นตอนการผลิตสูงที่สุดในการผลิตวงจรรวมนั้น ได้แก่ กระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี (Electro-Plating Process) เนื่องจากมีการใช้สารเคมีเป็นหลักในกระบวนการผลิต ซึ่งมีความแปรปรวนสูง ควบคุมได้ยาก มีปัจจัยต่างๆ ในการผลิตที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของตัวผลิตภัณฑ์ และมีโอกาสสร้างของเสียที่เกิดจากการผลิตได้มากที่สุดกระบวนการหนึ่ง ดังนั้นการปรับปรุงการผลิตและลดของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตนี้จึงมีความน่าสนใจและท้าทายในการทำการศึกษ โดยนำหลักการและเทคนิคทางด้านวิศวกรรมอุตสาหกรรมมาประยุกต์ใช้ เพื่อนำไปสู่แนวทางการปรับปรุงแก้ไขและเกิดประโยชน์สูงสุดต่อไป

2. แนวคิดและทฤษฎี

งานวิจัยนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีในส่วนหลักๆ ของวิเคราะห์สาเหตุของการเกิดของเสียในสายการผลิต การจัดลำดับความสำคัญและประเมินโอกาสและผลกระทบของการเกิดข้อบกพร่องเพื่อสามารถนำไปสู่แนวทางการแก้ไขปัญหานั้นๆ ได้ถูกต้อง โดยมีเครื่องมือในการวิเคราะห์ปัญหาหลักดังต่อไปนี้

2.1 ฟังแสดงเหตุและผล (Cause-and-Effect Diagram) หรือฟังก้างปลา (Fishbone Diagram)

เป็นผังที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะ ทางคุณภาพกับปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เป็นแนวทางที่มีโครงสร้างในการหาสาเหตุที่เป็นไปได้ของปัญหา โดยปกติแล้วจะนิยมใช้สำหรับการบันทึกข้อมูลระหว่างการระดมสมอง (Brainstorming) แพนผังจะแสดงถึงความสัมพันธ์ของเหตุ

(Cause) ที่ทำให้คุณภาพเปลี่ยนแปลงกับผลที่เกิด (Effect) โดยจะแสดงผลของปัญหาที่ปลายแผนภูมิ และแสดงสาเหตุของปัญหาเป็นแขนงเหมือนก้างปลา

2.2 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านกระบวนการผลิต (Failure Mode and Effects Analysis: FMEA)

เป็นวิธีการในการประเมินระบบ การออกแบบผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิต หรือการบริการ โดยเป็นแนวทางในการป้องกัน (Prevention approach) ที่ใช้สำหรับการออกแบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตโดยพิจารณาความเป็นไปได้ในการเกิดข้อบกพร่อง และทำการวิเคราะห์หาข้อขัดข้องที่เป็นไปได้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการผลิต ค้นหาสาเหตุและผลกระทบจากข้อบกพร่องนั้น ๆ กำหนดวิธีการตรวจสอบและบ่งชี้ข้อบกพร่อง ประเมินโอกาสการเกิดข้อบกพร่อง ความรุนแรงอันเกิดจากลักษณะบกพร่อง โอกาสการตรวจพบลักษณะบกพร่องและทำการกำหนดวิธีป้องกันการเกิดขึ้นอีกของข้อบกพร่องนั้น ๆ โดยการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านกระบวนการผลิต (Process Failure Mode and Effects Analysis, PFMEA) เป็นการวิเคราะห์ผลกระทบของข้อบกพร่องอันเนื่องมาจาก เครื่องมือ เครื่องจักร กระบวนการประกอบและขั้นตอนการผลิตของบริษัทในการผลิตสินค้า การวิเคราะห์จะกระทำภายใต้สมมติฐานที่ว่า ชิ้นส่วนทุกชิ้นได้รับการออกแบบมาอย่างถูกต้อง ไม่มีปัญหาข้อบกพร่องอันเนื่องมาจากกระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์

2.3 การออกแบบการทดลอง (Design of experiment, DOE)

เป็นเครื่องมือคุณภาพชนิดหนึ่งซึ่งจะมีทำการทดลองตามรูปแบบที่ได้ถูกออกแบบไว้เพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ แล้วสร้างเป็นสมการทางสถิติซึ่งจะเป็นความสัมพันธ์แบบประมาณการระหว่างตัวแปรอิสระ หรือแฟกเตอร์ (Factors) ของกระบวนการใดกระบวนการหนึ่งแล้วดูผลที่เกิดกับตัวแปรตอบสนอง (Response) ของกระบวนการนั้น ในทาง

ปฏิบัติทางอุตสาหกรรม การทดลองที่ได้รับการออกแบบมา จะมีการทำงานอย่างเป็นระบบในการสืบค้นใน ตัวแปรใน กระบวนการ (Process variable) หรือตัวแปรของผลิตภัณฑ์ (Product variable) หลังจากที่ทำทำการกำหนดเงื่อนไขของ กระบวนการ หรือองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ที่มีผลต่อ คุณภาพของผลิตภัณฑ์ จึงจะสามารถทำการปรับปรุงเพื่อเพิ่ม ความสามารถ ความน่าเชื่อถือ คุณภาพ และ ประสิทธิภาพใน การดำเนินการผลิตซึ่งในกระบวนการหนึ่งๆอาจจะมีปัจจัย มากมาย บางตัวไม่อาจควบคุมได้และถึงแม้จะเป็นเหตุให้ เกิดผลกระทบต่อกระบวนการก็ตาม แต่ต้องปล่อยให้มัน เปลี่ยนไปตามธรรมชาติของมัน เรียกตัวแปรเหล่านี้ว่า Noise แต่ตัวแปรบางตัวมีผลกระทบต่อกระบวนการและต้องถูก ควบคุมให้เปลี่ยนแปลงอยู่ในตำแหน่งและช่วงใดช่วงหนึ่งที่มี ผลเสียต่อกระบวนการน้อยที่สุด เรียกตัวแปรเหล่านี้ว่า Key Process Input Variable หรือ KPIV ในขณะที่เดียวกันจะต้องมี การวัดประสิทธิภาพหรือความเป็นไปของกระบวนการโดย การวัดด้วยตัวชี้วัด ซึ่งกระบวนการหนึ่งๆอาจจะมีตัวชี้วัด เพียงตัวเดียว หรือมากกว่า 1 ตัวก็ได้ ทั้งนี้ทั้งนั้น ให้เลือกวัดเฉพาะตัวแปรที่บ่งบอกหรือสื่อถึงประสิทธิภาพ หรือผลที่เกิดขึ้นในกระบวนการได้ดีที่สุดหรือมากที่สุด ที่ เรียกตัวแปรที่ถูกคัดเลือกแล้วนี้ว่า Key Process Output Variable หรือ KPOV และเนื่องด้วยทรัพยากรมีจำนวนจำกัด ดังนั้นการทดลองแต่ละครั้งจะต้องให้สาระข้อมูลที่สำคัญ ที่สุด ซึ่งการทดลองที่มีการวางแผนที่ดีจะทำให้ได้สาระข้อมูล ที่สำคัญและมีคุณภาพมากกว่าการทดลองที่เกิดขึ้นจากงานที่ ไม่ได้รับการวางแผนมาก่อน นอกจากนี้การทดลองตามแผนที่ วางไว้จะสามารถวิเคราะห์เกี่ยวกับอิทธิพลของปัจจัยที่ ต้องการศึกษาก็ดีกว่าด้วย ตัวอย่างเช่น ถ้ามีสมมติฐานว่า อิทธิพลของ Interaction ระหว่างปัจจัยสองตัวมีนัยสำคัญ ก็ ควรที่จะทำการออกแบบการทดลองเพื่อวิเคราะห์ของอิทธิพล interaction ด้วย ซึ่งอิทธิพล interaction จะเกิดขึ้นเมื่อปัจจัยตัว หนึ่งมีผลต่อปัจจัยอีกตัวหนึ่งที่ระดับต่างๆกันไป

2.4 การควบคุมกระบวนการ

การควบคุมกระบวนการนั้นมียุทธศาสตร์ประกอบของการควบคุม คือ การเลือกหัวข้อควบคุม, การกำหนดระบบการวัด, การ กำหนดมาตรฐานของสมรรถนะ, การวัดผลสมรรถนะจริง และการเปรียบเทียบกับมาตรฐาน ตามลำดับ

วิธีการควบคุมกระบวนการอาจจะได้รับการจำแนกออก ได้หลายวิธีด้วยกัน ได้แก่ การป้องกันความเสียหาย ได้แก่ การ กำจัด (Eliminate) การแทนที่ (Replacement) การอำนวยความสะดวก (Facilitation) การตรวจจับ (Detection) และการลด ความรุนแรง (Mitigation), วิธีการควบคุมด้วยสายตา (Visual Control), วิธีการควบคุมด้วยตนเอง (Self-Control), การ ควบคุมกระบวนการโดยอาศัยสถิติ (SPC) และการตรวจสอบ ผลิตภัณฑ์ เป็นต้น

3. ข้อมูลเบื้องต้นของโรงงานตัวอย่าง

การวิจัยนี้ทำการศึกษาโรงงานตัวอย่างที่รับจ้างผลิต (Subcontractor) และทำการทดสอบวงจรไฟฟ้ารวม (Integrated Circuit, IC) มีกำลังการผลิตสูงสุดประมาณ 20 ล้านตัวต่อวัน

3.1 ประเภทของผลิตภัณฑ์และการนำไปใช้งาน

วงจรไฟฟ้ารวม (IC - Integrated Circuits) แบ่งออกเป็นกลุ่ม ผลิตภัณฑ์ตามโครงสร้างของชิ้นงานและลักษณะการนำไปใช้ งาน ได้แก่ ประเภท Plastic Dual In Line (PDIP), ประเภท Surface Mounted Device (SMD) และประเภท Quad Flat Non lead (QFN)/Dual Flat Non lead (DFN)

ลักษณะการนำไปใช้งานของวงจรไฟฟ้ารวม คือการ ประกอบเข้ากับแผ่นวงจรไฟฟ้าหรือพีซีบี (Printed Circuit Board, PCB) ตามวัตถุประสงค์การใช้งาน โดยใช้โลหะผสม หลอมเหลวหรือโซลเดอร์ในการเชื่อมติดวงจรไฟฟ้ารวมลง บนตำแหน่งที่ต้องการบนแผ่นพีซีบี ซึ่งแผ่นพีซีบีที่ประกอบ ขึ้นส่วนครบแล้วเหล่านี้ได้ถูกติดตั้งเข้าไปในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆที่ใช้ในชีวิตประจำวัน

ข้อดีของวงจรไฟฟ้ารวมหรือไอซี คือ วงจรไฟฟ้ารวมจะ รวมวงจรที่ซับซ้อนเข้ามาเป็นวงจรเดียวกัน ทำให้มีขนาดเล็ก

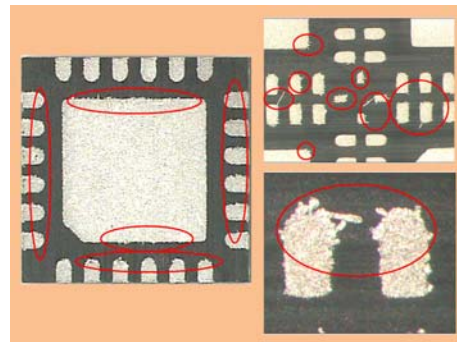
ลง ซึ่งจะทำให้เครื่องมือทางอิเล็กทรอนิกส์มีขนาดเล็กและเบาลงมาก เนื่องจากวงจรในเครื่องมือทางอิเล็กทรอนิกส์จะถูกแบ่งเป็นบล็อกที่มีหน้าที่หลักเฉพาะ วงจรในแต่ละบล็อกจะถูกทำเป็นวงจรไฟฟ้ารวมแต่ละชนิด ทำให้การประกอบวงจรทั้งหมดทำได้ง่ายขึ้น

3.2 กระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี

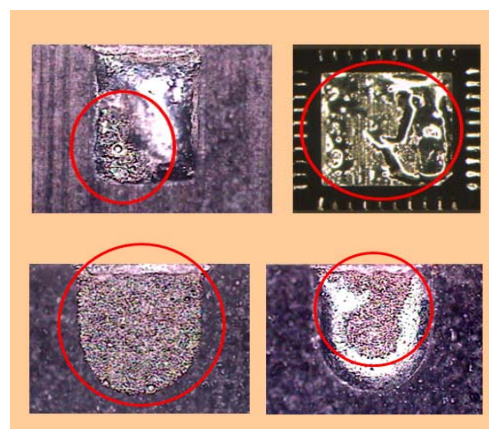
กระบวนการเคลือบขาของวงจรไฟฟ้ารวมด้วยไฟฟ้าเคมี มีวัตถุประสงค์เพื่อ หุ้มปิดผิวชิ้นงาน ป้องกันขาของวงจรไฟฟ้ารวมจากการสึกกร่อน ทนทานต่อการขัดสี ช่วยเพิ่มความสามารถในการยึดติดกับสารเชื่อมต่อกับวงจรไฟฟ้า (Solderability) และ ปรับปรุงลักษณะภายนอกของขาของวงจรไฟฟ้ารวมให้มีความสวยงามเมื่อนำไปใช้งาน กระบวนการเคลือบเป็นการสร้างชั้นของโลหะทับบนพื้นผิวที่ต้องการ โลหะหนึ่งทีนิยมนำมาใช้ในการเคลือบขาของวงจรไฟฟ้ารวมได้แก่ ดีบุก โดยผ่านกระบวนการทางไฟฟ้าเคมี ที่มีการผ่านกระแสไฟฟ้าผ่านตัวกลางเพื่อทำให้เกิดการแตกตัวของโลหะดีบุก (ขั้วบวก) และเข้าไปยึดเกาะเคลือบบนพื้นผิวชิ้นงานที่ต้องการ (ขั้วลบ)

4. วัตถุประสงค์ของการศึกษาและวิจัย

4.1 เพื่อลดของเสียที่เกิดจากกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี ได้แก่ ของเสียประเภทเนื้อเฟลตเป็นเส้นหรือเศษดีบุกส่วนเกิน ชิ้นงานที่มีค่าความหนาไม่ได้ตามที่กำหนดและของเสียที่ไม่ผ่านการทดสอบ Solderability Test โดยวัดสัดส่วนของเสีย เป็นเปอร์เซ็นต์ของจำนวนล็อตที่ตรวจพบของเสีย ต่อจำนวนล็อตที่ตรวจวัดทั้งหมด (% Lot reject Rate, %LRR)



รูปที่ 1 ของเสียประเภทเนื้อเฟลตเป็นเส้นหรือเศษดีบุกส่วนเกิน



รูปที่ 2 ของเสียของเสียที่ไม่ผ่านการทดสอบ Solderability Test

4.2 เพื่อปรับปรุงมาตรฐานในการควบคุมกระบวนการให้มีประสิทธิภาพและเกิดของเสียอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

5. ขอบเขตการวิจัย

5.1 นำเสนอแนวทางในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาแนวทางการปรับปรุง และควบคุมสำหรับกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีประเภทการเคลือบด้วยดีบุกบริสุทธิ์ สำหรับกลุ่มผลิตภัณฑ์ประเภท QFN/DFN



รูปที่ 3 ผลิตภัณฑ์ประเภท QFN/DFN

5.2 การดำเนินการวิจัย จะครอบคลุมกิจกรรมทั้งหมดในขั้นตอนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี ทั้งในส่วนการผลิต การควบคุมคุณภาพ การทำงานและการบำรุงรักษาเครื่องจักร โดยเลือกดำเนินการวิจัยที่เครื่อง Mecco#4 เป็นเครื่องจักรต้นแบบ เนื่องจากมีการผลิตในปริมาณมากเต็มขีดความสามารถในการรองรับของเครื่องจักร

5.3 กำหนดแบบแผนที่เหมาะสมในการควบคุมกระบวนการกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี นำไปประยุกต์ใช้จริงและติดตามผลของแนวทางที่ได้นำเสนอไป

6. ขั้นตอนการศึกษา

6.1 ขั้นตอนการนิยามปัญหา (Define Phase)

ศึกษากระบวนการผลิตของโรงงานตัวอย่าง เก็บรวบรวมข้อมูลจากการตรวจสอบภายใน ข้อร้องเรียนภายในและภายนอก และระบุปัญหา

จัดการประชุมภายในโรงงานเพื่อกำหนดเป้าหมายของการวิจัยและระบุค่าที่ยอมรับได้สำหรับปัญหาหลักที่สนใจทำการศึกษา

6.2 ขั้นตอนการวัดและเก็บข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัญหา (Collect and Measure Phase)

ศึกษากระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี ศึกษาการตรวจสอบทางคุณภาพและข้อกำหนดทางคุณภาพ

สำรวจสภาพปัญหาในสายการผลิตจริง เก็บข้อมูลจากพนักงานที่ปฏิบัติงานในพื้นที่ และรวบรวมข้อมูลที่ถูกบันทึกไว้ในระบบฐานข้อมูลต่างๆ

6.3 ขั้นตอนการหาสาเหตุของปัญหา (Analysis Phase)

ทำการระดมสมอง (Brainstorming) จากบุคลากรทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของแต่ละปัญหา โดยการประยุกต์ใช้ เครื่องมือทางคุณภาพ 7 เช่น ฟิชก้างปลา (Fishbone Diagram) และการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA)

นำเสนอหาสาเหตุที่เป็นไปได้มาจัดลำดับความสำคัญและแบ่งเป็นหมวดหมู่ โดยประยุกต์ใช้ แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram) ระบุปัจจัยเสี่ยงที่เกี่ยวข้อง

ระบุปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณภาพที่กำหนด และกำหนดระดับความรุนแรงของแต่ละปัจจัย

6.4 ขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขปัญหา (Improve Phase)

ดำเนินการทดลองของแต่ละปัจจัยเพื่อหาสภาวะในการดำเนินการกระบวนการผลิตที่เหมาะสม

ระบุแนวทางการแก้ไขปัญหามาปรับปรุง และควบคุมกระบวนการประเมินความเป็นไปได้ในการดำเนินการ ระบุทรัพยากรและงบประมาณที่เกี่ยวข้องเพื่อนำเสนอต่อผู้บริหาร ในกรณีที่การดำเนินการแก้ไขปรับปรุงต้องมีการลงทุนเพิ่มเติม

กำหนดแผนการควบคุมกระบวนการผลิต ปัจจัยการผลิตในสภาวะที่เหมาะสม สำหรับใช้ในกระบวนการผลิต จากนั้นจึงดำเนินการปรับปรุงแก้ไขจริงในพื้นที่การผลิต

6.5 ขั้นตอนการตรวจติดตามผลและปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง (Control Phase)

ทำการเก็บข้อมูลพร้อมการตรวจสอบผลการดำเนินการปรับปรุง วัดค่าเปรียบเทียบกับก่อนและหลังดำเนินการปรับปรุงในกระบวนการผลิต

ปรับปรุงและจัดทำวิธีการดำเนินการผลิตและข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติมจากที่ใช้อยู่ในปัจจุบันเพื่อเป็นมาตรฐานในการดำเนินการผลิตต่อไป

6.6 สรุปผลการดำเนินการวิจัยและจัดทำรายงาน

7. ผลการดำเนินการวิจัย

7.1 ผลจากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วยผังก้างปลาและการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ (FMEA)

สาเหตุในการเกิดเศษดีบุกส่วนเกิน ได้แก่ สารปนเปื้อนที่เป็นโลหะทองแดงและเหล็ก (Cu, Fe) จากลีดเฟรม (คะแนน RPN เท่ากับ 400 คะแนน), ระบบการกรองสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating) เป็นแบบ Offline กรองเฉพาะสารเคมีในถังพัก ไม่ได้กรองขณะสูบขึ้น Processing cell (คะแนน RPN เท่ากับ 200 คะแนน), การออกแบบข้อต่อ ระบบท่อต่างๆไม่ดีพอ มีจุดหักงอมากทำให้เกิดตะกอนได้ง่าย (คะแนน RPN เท่ากับ 200 คะแนน), สารปนเปื้อนที่เป็นคราบขาวจากลีดเฟรม (คะแนน RPN เท่ากับ 175 คะแนน), มีเศษทองแดงที่แตกออกบนลีดเฟรมจากกระบวนการก่อนหน้า (คะแนน RPN เท่ากับ 175 คะแนน), สารปนเปื้อนประเภทดีบุกจากสายพานที่ไม่สะอาด จากการกำหนดอายุการใช้งานของสารเคมี Belt stripper ไม่เหมาะสม (คะแนน RPN เท่ากับ 135 คะแนน) และสารปนเปื้อนประเภทดีบุกจากสายพานที่ไม่สะอาด จากปัจจัยด้านความเข้มข้นของสารเคมี Belt stripper ไม่เหมาะสมกับการใช้งาน (คะแนน RPN เท่ากับ 120 คะแนน)

สาเหตุในการเกิดค่าความหนาของชั้นดีบุกออกนอกช่วงที่กำหนดได้แก่ ค่ากระแสไฟฟ้าที่กำหนดไว้ไม่เหมาะสมกับชิ้นงาน (คะแนน RPN เท่ากับ 250 คะแนน), ลูกลอยที่ใช้วัดระดับสารเคมีผิดพลาด (ติดค้าง) เนื่องจาก วิธีการตรวจสอบและบำรุงรักษาไม่ดีพอ (คะแนน RPN เท่ากับ 240 คะแนน) และค่าความเร็วสายพานที่กำหนดไว้ไม่เหมาะสมกับชิ้นงาน (คะแนน RPN เท่ากับ 225 คะแนน)

สาเหตุในการทดสอบ Solderability ไม่ผ่านได้แก่ ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นผิดพลาดเนื่องจากพนักงานวิเคราะห์ไม่ถูกต้อง (คะแนน RPN เท่ากับ 560 คะแนน), วิธีการในการดึงดีบุกออกจากชิ้นงานก่อนนำมาเคลือบใหม่ไม่เหมาะสม (คะแนน RPN เท่ากับ 560 คะแนน), อุณหภูมิที่เครื่องสำหรับทดสอบ Solderability ไม่เหมาะสม เนื่องจากสายวัดและควบคุมอุณหภูมิชำรุด จากวิธีการตรวจสอบและ

บำรุงรักษาไม่ดีพอ (คะแนน RPN เท่ากับ 512 คะแนน) และสิ่งปนเปื้อนจากกระบวนการผลิตส่วนหน้ามากเกินไปที่กระบวนการล้างชิ้นงานในกระบวนการเคลือบจะล้างออกได้หมด (คะแนน RPN เท่ากับ 336 คะแนน)

7.2 แนวทางการแก้ไข้ปัญหา

7.2.1 แนวทางการแก้ไข้ปัญหาเนื้อเฟลตเป็นเสี้ยนหรือเศษดีบุกส่วนเกิน ได้แก่

กำหนดให้มีการวิเคราะห์โลหะปนเปื้อนในสารเคมีด้วยวิธี Inductively coupled plasma – Optical emission spectroscopy (ICP-OES) เพื่อวัดโลหะปนเปื้อนได้แก่ทองแดง (Copper, Cu) และเหล็ก (Iron, Fe) ในสารเคมี deflash และสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating) เพื่อควบคุมอายุการใช้งานของสารเคมี กำหนดปริมาณปนเปื้อนที่ยอมรับได้และกำหนดแผนการควบคุมเมื่อพบค่าสิ่งปนเปื้อนสูงเกินที่กำหนด

ติดตั้งระบบการกรองสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating) เป็นแบบกรองสารเคมีขณะสูบขึ้น processing cell หรือแบบ Inline เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกรองตะกอนดีบุกในระบบการไหลเวียนของสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating) ปรับปรุงระบบท่อให้ลดการกระแทกของการไหลของสารเคมีในระบบของสารเคมีที่ใช้เคลือบ (Plating) เพื่อลดการเกิดตะกอนสารเคมีในระบบ

กำหนดให้มีการควบคุมอายุการใช้งานสารเคมี deflash และสารเคมี Belt stripper ตามกำลังการผลิต (จำนวนชิ้นงานที่ผ่านเข้าไปในกระบวนการ) ควบคู่ไปกับการควบคุมตามกำหนดอายุการใช้งานเดิม เพื่อควบคุมและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของสารเคมีให้เหมาะสมกับการผลิตในปัจจุบัน

กำหนดให้มีการวิเคราะห์ปริมาณปนเปื้อนทองแดง (Copper, Cu) ในสารเคมี Activation เพื่อควบคุมอายุการใช้งานของสารเคมี กำหนดปริมาณปนเปื้อนที่ยอมรับได้และกำหนดแผนการควบคุมเมื่อพบค่าสิ่งปนเปื้อนสูงเกินที่กำหนด

เพิ่มช่วงความเข้มข้นของสารเคมี Belt stripper เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการล้างเศษดินูกออกจากสายพาน โดยพิจารณาถึงผลกระทบต่อการศึกษาหรือของชิ้นส่วนเครื่องจักร

7.2.2 แนวทางการแก้ไขปัญหาค่าความหนาของชั้นดินูกออกนอกช่วงที่กำหนดได้แก่

ทำการศึกษา DOE และกำหนดชุดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมใหม่สำหรับการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี ตามสัตตคของลิตเฟรมที่มีความแตกต่างกันของพื้นที่ที่ต้องการเคลือบด้วยดินูก

ปรับปรุงขั้นตอนการตรวจสอบและบำรุงรักษาถูกลอยที่ใช้วัตรระดับสารเคมี และทำการอบรมพนักงานที่เกี่ยวข้องในสายการผลิต เพื่อให้ขั้นตอนการตรวจสอบและบำรุงรักษาถูกลอยที่ใช้วัตรระดับสารเคมีนั้นมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

7.2.3 แนวทางการแก้ไขปัญหาค่าการทดสอบ Solder ability ไม่ผ่านได้แก่

ปรับปรุงแก้ไขวิธีการวิเคราะห์ปริมาณดินูกใหม่ให้มีความชัดเจนเหมาะสมกับพนักงานมากขึ้น มีการเตรียมรูปภาพตัวอย่างและอบรมพนักงานใหม่ โดยใช้ตัวอย่างการสอนจากวิดีโอต้นแบบก่อนที่จะให้พนักงานทดลองวิเคราะห์ด้วยตนเอง เพื่อลดโอกาสผิดพลาดที่เกิดจากการวิเคราะห์ความเข้มข้นสารเคมี

ปรับปรุงแก้ไขขั้นตอนการดึงดินูกออกจากชิ้นงานให้มีความชัดเจนเหมาะสมกับพนักงานมากขึ้น และมีรูปภาพตัวอย่างสำหรับพนักงานเพื่อให้การตรวจสอบชิ้นงานก่อนนำมาผ่านกระบวนการเคลือบใหม่ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

กำหนดวิธีการตรวจสอบอุณหภูมิของเครื่อง Solder test และกำหนดความถี่ในการตรวจสอบและบำรุงรักษาสายวัดและควบคุมอุณหภูมิใหม่ให้เหมาะสมกับการใช้งาน

7.3 ผลการปรับปรุง

หลังการปรับปรุงกระบวนการผลิต ทำให้ของเสียประเภทเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษดินูกส่วนเกิน ลดลงจากเดิม 46% LRR เป็น 5% LRR ดังกราฟในรูปที่ 4 ของเสียประเภทชิ้นงานที่มีค่าความหนาไม่ได้ตามที่กำหนด ลดลงจากเดิม 0.3% LRR

เป็น 0.05% LRR ดังกราฟในรูปที่ 5 และ ไม่ตรวจพบของเสียที่ไม่ผ่านการทดสอบ Solderability Test



รูปที่ 4 กราฟเปรียบเทียบ %LRR ของเสียที่มีเศษดินูกส่วนเกิน/เป็นเสี้ยนก่อนและหลังการปรับปรุง



รูปที่ 5 กราฟเปรียบเทียบ %LRR ของเสียที่มีค่าความหนาชิ้นดินูกออกนอกช่วงที่กำหนดก่อนและหลังการปรับปรุง

นอกจากนี้ ยังมีการปรับปรุงมาตรฐานการควบคุมกระบวนการของกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี เช่นการใช้ SPC ในการควบคุมค่าความหนาของชั้นดินูกและค่าความเข้มข้นของสารเคมีที่ใช้ในการเคลือบดินูก และการควบคุมด้วยสายตา เพื่อปรับปรุงมาตรฐานการปฏิบัติงานและตรวจสอบของพนักงานให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ทำให้มีของเสียหลังการปรับปรุงอยู่ในอัตราที่ยอมรับได้อย่างต่อเนื่อง

8. สรุป

หลังจากดำเนินการปรับปรุงแก้ไขตามที่กำหนดไว้ พบว่าสามารถปรับปรุงและควบคุมกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยสามารถลดปริมาณของเสียประเภทเนื้อเพลตเป็นเสี้ยนหรือเศษดินูกส่วนเกินให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ที่ไม่เกิน 5% LRR สามารถลดปริมาณของ

เสียประเภทชิ้นงานที่มีค่าความหนาไม่ได้ตามที่กำหนดให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ที่ไม่เกิน 0.05% LRR และสามารถควบคุมให้ไม่เกิดของเสียประเภทที่ไม่ผ่านการทดสอบ Solderability Test ซึ่งเป็นของเสียที่มีค่าความรุนแรงต่อการนำไปใช้งานมากที่สุด และสามารถปรับปรุงมาตรฐานการควบคุมกระบวนการสำหรับกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมี ทำให้มีของเสียอยู่ในอัตราที่ยอมรับได้อย่างต่อเนื่อง

ปริมาณของเสียที่ลดลง ยังส่งผลให้เกิดประโยชน์ในการลดเวลาสูญเสียที่เกิดจากการตรวจสอบชิ้นงานซ้ำ การคัดแยกชิ้นงานที่มีปัญหาทางด้านคุณภาพ การแก้ไขชิ้นงานที่ไม่ได้คุณภาพตามที่กำหนด ลดเวลาหยุดของเครื่องจักร และยกระดับความเชื่อมั่นทางด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ต่อลูกค้าภายนอก ซึ่งภายหลังการปรับปรุง ทางโรงงานไม่ได้รับข้อร้องเรียนด้านคุณภาพเกี่ยวกับของเสียประเภทเศษดินบุก ส่วนเกิน ค่าความหนาชั้นดินบุกไม่ได้ตามที่กำหนดหรือชิ้นงานไม่ผ่านการทดสอบ Solderability Test จากลูกค้าภายนอกเพิ่มเติมจากที่ผ่านมา นอกจากนั้น ผลจากการศึกษาวิจัยครั้งนี้ นำไปสู่กระบวนการเก็บข้อมูลการปนเปื้อนในกระบวนการเคลือบด้วยไฟฟ้าเคมีที่เกิดจากกระบวนการผลิตส่วนหน้าเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการขยายผลการวิเคราะห์ปัญหาและดำเนินการแก้ไขไปสู่กระบวนการผลิตส่วนอื่นของโรงงานต่อไป

9. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้ทำการวิจัยขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และโรงงานตัวอย่างที่ให้การสนับสนุนเพื่อทำการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] อรรถพล ฤทธิภักดี. 2544. การปรับปรุงคุณภาพสำหรับกระบวนการพ่นสีชิ้นส่วนพลาสติกในอุตสาหกรรมรถยนต์
- [2] เขมิกา วันทอง. 2546. การลดของเสียในกระบวนการพ่นสีใช้คอปร์ถจักรยานยนต์

- [3] มั่นชาภรณ์ ภูมิปัญญาคุณ. 2547. การปรับปรุงกระบวนการชุบไฟฟ้าเครื่องประดับ
- [4] สุวิมล จันทร์แก้ว. 2549. การลดของเสียในกระบวนการผลิตล้ออูมิเนียมอัลลอยด์
- [5] ณัฐพล บัวกล้า. 2549. การวิเคราะห์และลดของเสียในกระบวนการผลิตท่อส่งน้ำระบายความร้อนในรถยนต์ โดยใช้เทคนิค FMEA
- [6] สุพรรณิการ์ ธรรมนิทัศน์. 2550. การพัฒนามาตรฐานการบริหารความเสี่ยง สำหรับอุตสาหกรรมการผลิต
- [7] อรวรรณ พิทักษ์เกียรติกุล. 2551. การปรับปรุงกระบวนการทดสอบตัวรับส่งสัญญาณทางแสงในโรงงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์
- [8] หทัยวงศ์ งามวุฒิวงศ์. 2552. การปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ชุดห้องครัวแบบถอด-ประกอบ
- [9] จินต์จิรา อเนกบุญย์. 2552. การลดและควบคุมความสูญเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วน พลาสติก โดยใช้กรอบแนวทางการบริหารความเสี่ยง กรณีศึกษา : โรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์
- [10] Frank Rath, M.S.I.E. Tool for developing a quality management program : Proactive tools (Process mapping, Value stream mapping, Fault tree analysis, and Failure mode and effects analysis), Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys., Vol. 71, No. 1, Supplement, 2008, pp. S187–S190
- [11] Aymen Mili, Samuel Bassetto, Ali Siadat , Michel Tollenaere. Dynamic risk management unveil productivity improvements, Journal of Loss Prevention in the Process Industries 22, 2009, pp. 25–34
- [12] Chao-Ton Su, Chia-Jen Chou. A systematic methodology for the creation of Six Sigma projects: A case study of semiconductor foundry, Expert Systems with Applications 34, 2008, pp. 2693–2703