

บทที่ 4

การดำเนินการวิจัย

4.1 ข้อมูลเกี่ยวกับการผลิตวงจรรวม การระบุปัญหา การประเมินการวัด วิเคราะห์ข้อมูล

กระบวนการผลิตวงจรรวมเป็นกระบวนการที่มีความซับซ้อนมาก และมีกระบวนการผลิตหลายขั้นตอน ขั้นตอนการชุบเป็นส่วนหนึ่งในขั้นตอนที่ซับซ้อนเหล่านั้น ถึงแม้ว่ากระบวนการชุบจะอยู่ในส่วนของการผลิตส่วนหลัง แต่ปัญหาทางด้านการผลิตบางประเภทมีผลสืบเนื่องจากความผิดปกติของการผลิตในกระบวนการผลิตส่วนหน้า ดังนั้นจึงได้ทำการการอธิบายภาพรวมของกระบวนการผลิตวงจรรวม เพื่อให้เห็นกระบวนการผลิตโดยรวมของการผลิตวงจรรวม

การผลิตวงจรรวม (Integrated Circuit) ประกอบด้วยสี่กระบวนการหลัก คือ กระบวนการด้านหน้า กระบวนการด้านหลัง กระบวนการทดสอบ และกระบวนการบรรจุเพื่อเตรียมส่งลูกค้าซึ่งมีรายละเอียดปลีกย่อยต่างๆ ดังนี้

กระบวนการด้านหน้าของแผนกประกอบ Assembly Process Wafer mouth (WM) นำ Wafer นำเวเฟอร์มาติดกับ mount tape เพื่อยึดงานไว้กับเทป Die หลุดออกมาขณะทำการตัด

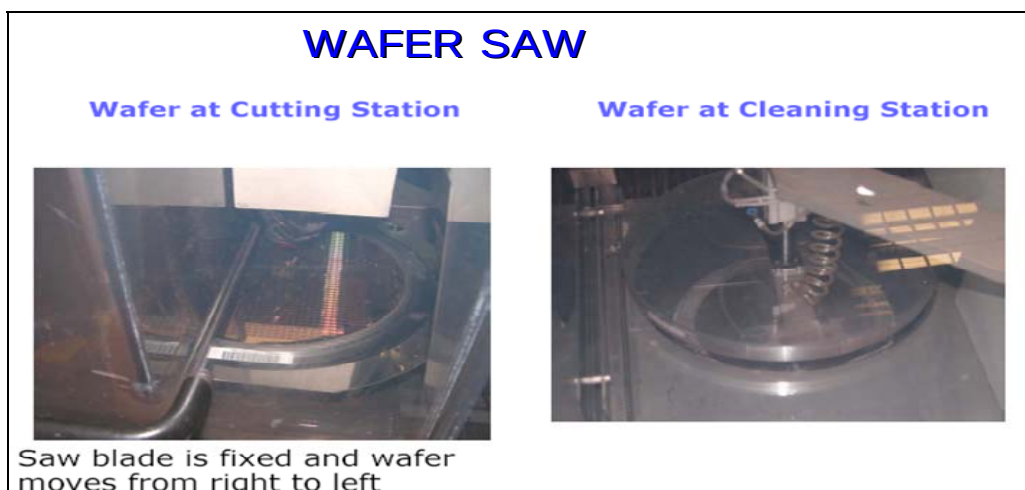


ภาพที่ 4.1

ภาพแสดงกระบวนการ Wafer mouth (WM)

4.1.1 Wafer saw (WS)

นำ Wafer นำเวเฟอร์มาตัดออกเป็นชิ้น เพื่อใช้เป็นวงจรประมวลผลในตัววงจรรวม



ภาพที่ 4.2

ภาพแสดงกระบวนการ Wafer saw (WS)

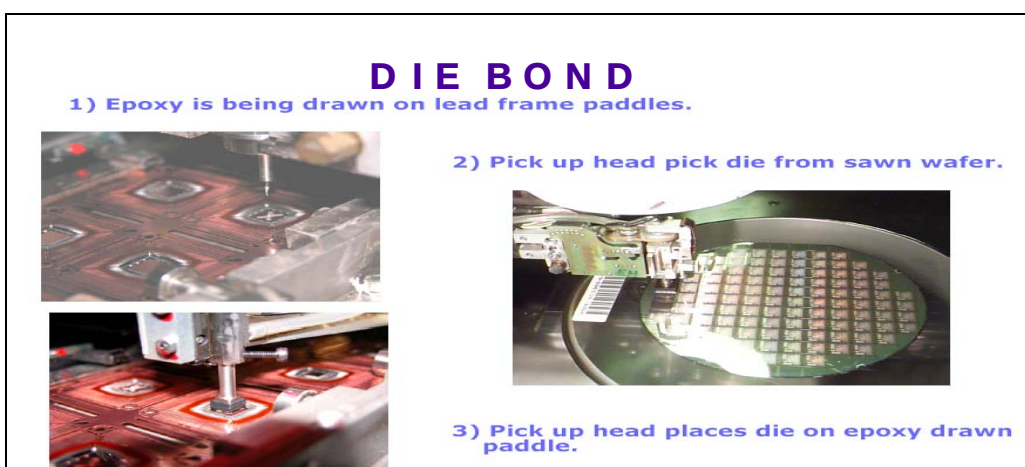
4.1.2 Cutting Method

แบบเก่า ตัดแบบเกือบขาดแล้วใช้ลูกกลิ้งมาวิ่งให้หัก แต่เนื่องจากการทำดังกล่าวทำให้โอกาสงานเสียมีมาก จึงได้มีการเปลี่ยนมาใช้วิธีใหม่

วิธีใหม่ ตัดโดยใช้เครื่องมือตัดที่มีส่วนประกอบของเพชร เป็นการตัดให้ขาดไปเลย

4.1.3 Die Bond (DB)

การประกอบ Wafer เข้ากับ Lead frame เป็นส่วนๆ ก่อนมาทำเป็น IC

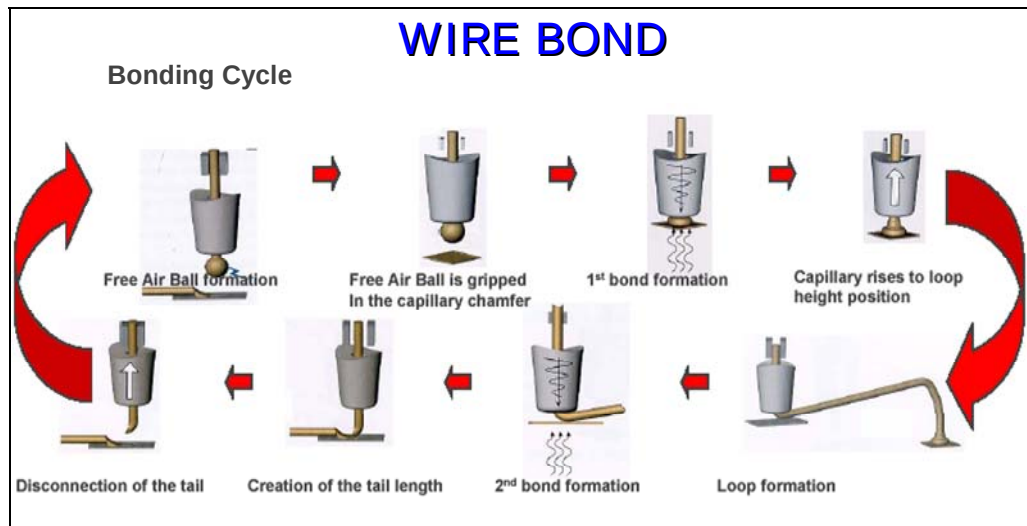


ภาพที่ 4.3

ภาพแสดงกระบวนการ Die Bond (DB)

4.1.4 Wire Bond (WB)

การต่อขาโดยใช้ลวดสีทอง ต่อกับ Wafer เป็นขาตัววงจรรวม (IC) เพื่อเชื่อมต่อวงจรของ Die กับขาตัววงจรรวม (IC)



ภาพที่ 4.4

ภาพแสดงกระบวนการ Wire Bond (WB)

กระบวนการส่วนหลังของแผนกประกอบ Assembly Process End of line Molding (MD) ประกอบด้วยกระบวนการผลิตต่างๆ ดังนี้

4.1.5 Mold process (MD)

การฉีดอัด Resin เพื่อปิดหน้าตัววงจรรวม (IC) เพื่อป้องกัน ตัวเวเฟอร์ถูกกระทบกระเทือนป้องกันวงจรด้านในเสียหาย



ภาพที่ 4.5

ภาพแสดงกระบวนการ Mold process (MD)

4.1.6 Plating process (PL)

นำไปชุบตะกั่วเพื่อให้พร้อมใช้งาน กระบวนการชุบขาดัวงจรรวม (IC) ด้วยดีบุก หรือนิกเกิลด้วยกระแสไฟฟ้า เพื่อเชื่อมเข้ากับบอร์ดวงจรรวม



ภาพที่ 4.6

ภาพแสดงกระบวนการ Plating (PL)

4.1.7 Marking (MK)

การใส่ เบอร์ วันเดือนปีที่ผลิต ยี่ห้อ และอื่นๆ โดยใช้ เลเซอร์ยิง

4.1.8 Mark cure (MC)

นำดัวงจรรวม (IC) มาผ่านความร้อนอบ รอย laser



ภาพที่ 4.7

ภาพแสดงกระบวนการ Marking (MK)

4.1.9 Trim& Form (TF)

การเข้ารูปและจัดขา IC เนื่องจากขณะทำ IC จะมาเป็นแผง จึงทำการตัดให้แยกออกจากกันแล้ว จัดขา IC เพื่อให้พร้อมใช้งาน



ภาพที่ 4.8

ภาพแสดงกระบวนการ Trim& Form (TF)

4.1.10 กระบวนการตรวจสอบด้วยการจำลองการทำงานวงจร (Final Test)

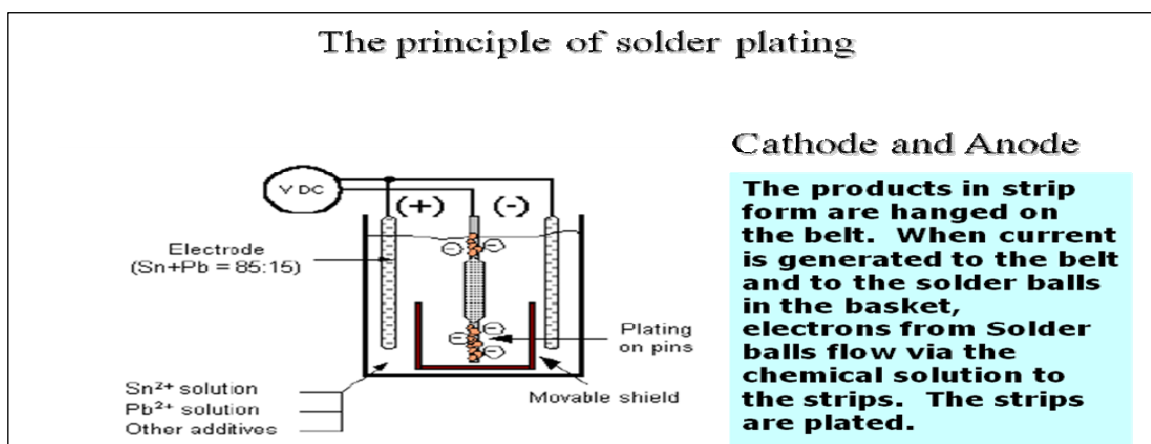
การทดสอบว่าสามารถใช้งานได้จริงหรือไม่ เป็นการทดสอบงานทุกๆ ตัว (ทดสอบ 100 เปอร์เซ็นต์) โดยมี Header หยิบงานมาใส่ Tester ซึ่งเป็นตัวทดสอบ ตัววงจรรวม (IC) ในงานต่างๆ เพื่อรับคำสั่งงานจาก DUT Board เพื่อทำการจำลองการทำงานวงจร (Simulation Circuit) สำหรับงานต่างๆ ตามประเภทของตัววงจรรวม (IC)

4.1.11 กระบวนการการตรวจสอบ (Final inspection Process)

เป็นการตรวจสอบด้านกายภาพ ตรวจสอบดูสภาพภายนอก ว่าสามารถนำมาต่อได้หรือไม่ มีขาดที่ผิดปกติหรือไม่

4.2 กระบวนการชุบโลหะโดยใช้ ดีบุก (Plating Mechanism)

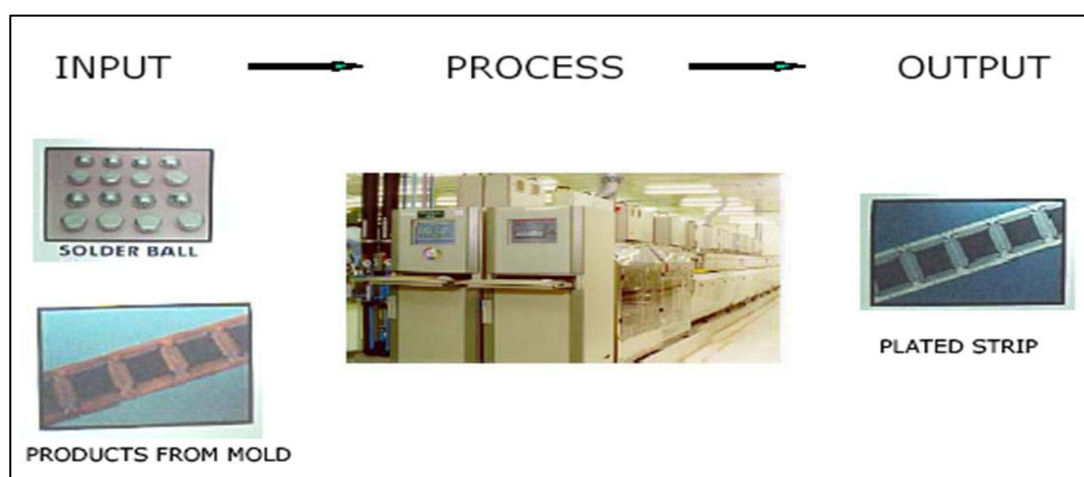
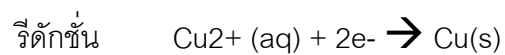
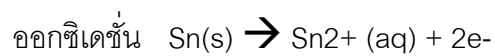
กระบวนการชุบเริ่มต้นจากการนำแผ่นวงจรรวมที่เป็นแผ่นทองแดง ทำการผ่านสารละลายที่มีองค์ประกอบของดีบุกอิสระ และมีตัวจ่ายประจุซึ่งเป็นโลหะดีบุกที่ถูกทำให้เป็นก้อน จากนั้นทำการจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านโลหะดีบุก ทำให้อิเล็กตรอนของโลหะดีบุกวิ่งไปเกาะที่ วงจรรวมที่เป็นแผ่นทองแดง ทำให้เกิดการชุบเกิดขึ้นดังภาพที่ 4.8



ภาพที่ 4.9

ภาพแสดงกระบวนการชุบด้วยไฟฟ้า

อิเล็กตรอนจากขั้วคาโทดจะเคลื่อนที่ ผ่านสารละลายดีบุก จากนั้นกระแสไฟฟ้าจะกระตุ้นให้อิเล็กตรอนไปเกาะที่แผ่นวงจรที่เป็นทองแดง ดังสมการเคมีด้านล่าง



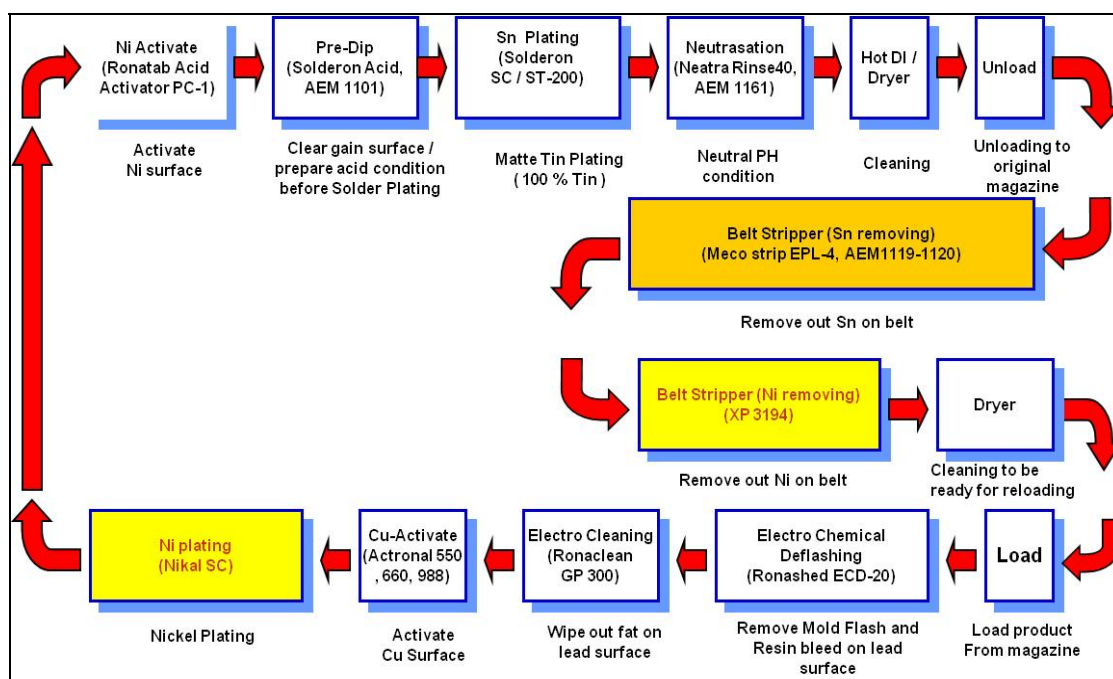
ภาพที่ 4.10

ภาพแสดงผลที่เกิดขึ้นที่เกิดจากกระบวนการชุบวงจรรวม

4.2.1 แผนภูมิการไหลของการชุบทองแดงด้วยดีบุก

กระบวนการชุบทองแดงด้วยดีบุก ประกอบด้วยกระบวนการย่อยๆ ดังนี้ คือ

- กระบวนการทำความสะอาดก่อนการชุบ (Pretreatment)
- กระบวนการชุบด้วยนิเกิล (Ni plating)
- กระบวนการชุบด้วยดีบุก (Tin plating)
- กระบวนการทำความสะอาดหลังการชุบ (Post cleaning)
- กระบวนการทำความสะอาดสายพานลำเลียงงาน (Belt cleaning)



ภาพที่ 4.11

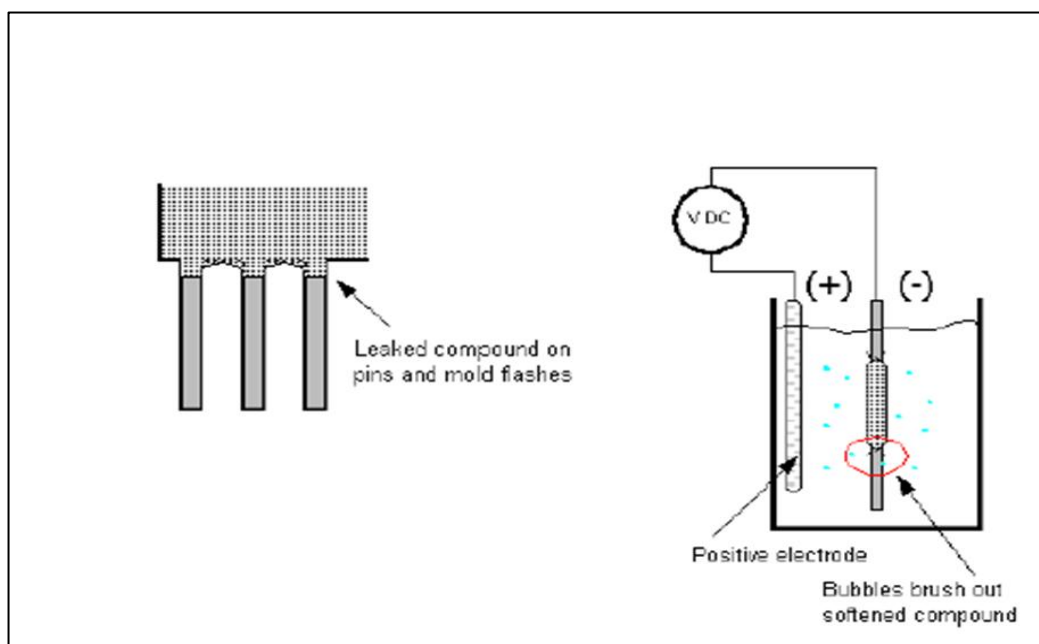
ภาพแสดงแผนภูมิการไหลของกระบวนการชุบ

4.2.1 ก กระบวนการทำความสะอาดก่อนการชุบ (Pretreatment)

กระบวนการนี้จะเป็นการทำความสะอาด พื้นผิวก่อนทำการชุบ ซึ่งวัตถุดิบที่รับเข้ามาจากกระบวนการผลิตก่อนหน้า จะมีความสกปรกที่เกิดจากการผลิต เช่น คราบน้ำมัน สนิม หรือชิ้นส่วนครีปพลาสติกส่วนเกิน ซึ่งเมื่อนำชิ้นงานไปทำการชุบ สิ่งสกปรกเหล่านี้จะขัดขวาง การยึดเกาะของอะตอมโลหะ เนื่องจากสิ่งสกปรกเหล่านี้มีคุณสมบัติที่ไม่นำไฟฟ้าดังนั้นจึงต้องมีกระบวนการกำจัดสิ่งสกปรกเหล่านี้ออกไป

กระบวนการทำความสะอาดก่อนการชุบ ประกอบด้วยกระบวนการต่าง ๆ ดังนี้

การทำความสะอาดครีบลพลาสติกด้วยกระแสไฟฟ้า (Electro Chemical declass) เป็นกระบวนการที่ผ่านกระแสไฟฟ้าลงไปในสารละลายต่าง จากนั้นจะทำให้เกิดฟองก๊าซเกิดขึ้น ฟองก๊าซ และความร้อนจะช่วยให้ครีบลพลาสติก ร้อนหลุดออกมา จากนั้นก็จะกำจัดเศษครีบลด้วยการฉีดด้วยน้ำแรงดันสูง



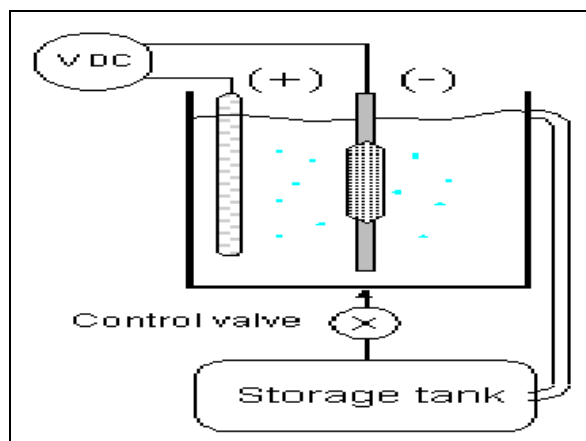
ภาพที่ 4.12

แสดงกระบวนการทำความสะอาดครีบลพลาสติกด้วยกระแสไฟฟ้า

กระบวนการทำความสะอาดคราบไขมันด้วยกระแสไฟฟ้า (Electro Cleaning)

คราบไขมันเป็น สารที่เข้าไปขัดขวางการชุบ เนื่องจากคราบไขมันจะเข้าไปจับกับงานเป็นฟิล์มบางๆ และเข้าไปยับยั้งไม่ให้อะตอมของดีบุก รวมตัวกันที่ชิ้นงาน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องกำจัดคราบไขมันออก ก่อนทำการชุบ

กลไกการกำจัดคราบไขมันคือ การจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไป กระแสไฟฟ้าจะเข้าไปดึงอิเล็กตรอนอิสระของไขมันเพื่อให้ไขมันละลายในสารละลาย จากนั้นจึงทำการล้างทำความสะอาดชิ้นงานด้วยน้ำแรงดันสูง



ภาพที่ 4.13

ภาพแสดง กระบวนการทำความสะอาดคราบไขมันด้วยกระแสไฟฟ้า

กระบวนการทำความสะอาดแผ่นทองแดงด้วยกรด (Copper Activate)

แผ่นทองแดงที่นำมาใช้โดยทั่วไป จะมีสนิมที่เกิดจากการทำปฏิกิริยากับออกซิเจน และอาจจะมี เศษโลหะส่วนเกินเนื่องจากกระบวนการตัดขึ้นรูป ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้กรดกัดเพื่อลดเศษโลหะส่วนเกินและ เป็นการกำจัดสนิมทองแดง (Copper Oxide) เนื่องจากสนิมจะเป็นตัวกั้นไม่ให้การชุบสมบูรณ์ (Incomplete Plating) และถ้าหากยังมีสนิมจะทำให้ คุณสมบัติการเชื่อมของดีบุกเสียไป (Solder Ability) ดังนั้นจึงต้องทำการเตรียมผิวก่อนทำการชุบ

4.2.1 ข กระบวนการชุบผิวด้วยนิกเกิลด้วยไฟฟ้า

เป็นกระบวนการชุบผิวโดยนิกเกิล เพื่อป้องกันการเกิดการรอกของดีบุก เนื่องจากการชุบดีบุกบนแผ่นทองแดง จะเกิดความไม่สมดุลของพลังงานซึ่งจะทำให้อะตอมของดีบุกเกิดการรอก เป็นเส้นดีบุก (Whisker Grow) ดังนั้น จึงต้องมีการชุบนิกเกิลบนแผ่นทองแดงก่อน เพื่อลดความไม่สมดุลระหว่างผิวของทองแดงและดีบุก ซึ่งหลักการชุบนิกเกิลจะเป็นการชุบด้วยไฟฟ้า ลักษณะเดียวกับการชุบดีบุก แต่จะชุบที่ความหนาต่ำๆ คือ ประมาณ 0.5-1 ไมครอน ซึ่งหากความหนาเกินกว่านี้จะทำให้เกิดการแตกของผิวนิกเกิล (Nickel Crack) ในการชุบโดยใช้การชุบแบบการชุบด้วยชั้นนิกเกิลก่อน จำเป็นต้องระมัดระวัง เรื่องการปนเปื้อนภายในบ่อชุบ โดยเฉพาะปริมาณโลหะที่อยู่ในบ่อ เช่น ปริมาณทองแดง หรือปริมาณเหล็กที่เจือปนอยู่ เนื่องจากโลหะเหล่านี้ จะไปแทรกตัวระหว่างพื้นผิวนิกเกิลและดีบุก ซึ่งจะทำให้การยึดเกาะระหว่างสองพื้นผิวไม่ดี อาจเกิดการหลุดลอกออกจากกันได้ (Peeling) นอกจากนี้ เมื่อมีการผสมของโลหะปนเปื้อนมากเกินไปจะทำให้ความสมดุลของคุณสมบัติโลหะเสียไป การควบคุมโลหะปนเปื้อนในกระบวนการนี้จึงมี

ความสำคัญ การทดสอบปริมาณของโลหะปนเปื้อนสามารถทำได้โดยใช้เครื่องวัดปริมาณการกระจายอะตอมของสาร (Atomic Absorption)

4.2.1 ค กระบวนการกัดผิว निकเกิดส่วนเกิน

กระบวนการกำจัด निकเกิดส่วนเกินโดยใช้กรดอ่อน และเป็นการเตรียมผิวเพื่อให้ผิว निकเกิดเกิดความขรุขระ เพื่อให้ทำดีบุกสามารถเกาะติดได้ดี ในกระบวนการนี้จะใช้กรดอ่อน เนื่องจากหลังการชุบ निकเกิดยังเกาะได้ไม่ดีนัก ดังนั้นต้องใช้กรดที่ความเข้มข้นไม่มากจนเกินไป เพราะถ้าหากใช้กรดที่แรงจะทำให้ผิวเกิดการขรุขระมาก และเมื่อชุบดีบุกจะทำให้พื้นผิวขึ้นงาน ไม่สม่ำเสมอ

4.2.1 ง กระบวนการกระตุ้นผิวก่อนการชุบดีบุก

กระบวนการกระตุ้นผิวด้วยกรด เพื่อให้พื้นผิวที่ถูกกัดในขั้นตอนการกัดผิว निकเกิดส่วนเกิน ให้ผิวมีรูพรุนเพิ่มขึ้นเพื่อเตรียมในการชุบดีบุกต่อไป กระบวนการนี้มีความสำคัญเพราะ หากเตรียมผิวไม่ดีจะทำให้ชุบไม่ติด ดังนั้นการควบคุมความเข้มข้นของกรด และการควบคุมระยะเวลาในการกัดผิวต้องเพียงพอ เพื่อให้ได้คุณสมบัติการชุบผิวที่ดีที่สุด

4.2.1 จ กระบวนการชุบดีบุกด้วยไฟฟ้า

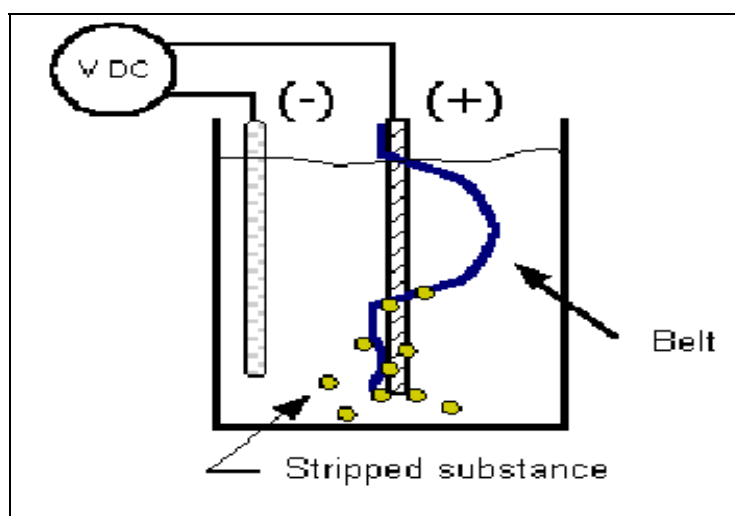
กระบวนการนี้เป็นกระบวนการที่สำคัญที่สุด เนื่องจากเป็นการชุบดีบุกลงในแผ่นทองแดง ประโยชน์ของการชุบดีบุก คือ ป้องกันการเกิดสนิมเหล็ก และใช้เป็นตัวประสานระหว่างช่องของแผงวงจรรวม กับ ขาของวงจรรวม โดยปกติจะทำการชุบดีบุกที่ความหนา 7-17 micron หรือประมาณ 300-800 micro inch การชุบดีบุกจะใช้ตัวแปรที่สำคัญคือ ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า อุณหภูมิของสารละลาย ความเข้มข้นของสารละลาย และระยะเวลาในการชุบ เป็นตัวควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังมีปัจจัยๆ อื่นๆ ที่ต้องควบคุมด้วย เช่น ความสะอาดในบ่อสารเคมี ต้องไม่มีสิ่งสกปรก หรือเศษโลหะตกค้างอยู่ในบ่อน้ำยา เพราะจะทำให้ประสิทธิภาพของน้ำยาเคมีเปลี่ยนไปเนื่องจากเกิดการกัดกร่อนตลอดเวลา ทำให้ปริมาณสิ่งเจือปนที่เป็นโลหะเพิ่มขึ้น และจะทำให้คุณสมบัติของการชุบเสียไป นอกจากนี้ความสกปรกในบ่อยังทำให้สภาพการนำไฟฟ้าเกิดปัญหาเนื่อง จะทำให้เซลล์ไฟฟ้าสกปรกและไม่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้เต็มที่ซึ่งจะมีผลทำให้คุณภาพของการชุบไม่ดี

4.2.1 ฉ กระบวนการปรับสภาพหลังการชุบ (Neutralization)

เป็นกระบวนการใช้ด่างเพื่อปรับสภาพของงาน เนื่องจากสภาพของบ่อชุบมีความเป็นกรดสูง ดังนั้นงานที่ออกมาจากบ่อชุบก็จะมีสภาพความเป็นกรดตามไปด้วย ซึ่งในสภาพนี้ผิวดิบบุกจะเป็นตัวออกซิไดซ์ได้ดีทำให้เกิดการเปลี่ยนสีในชิ้นงานได้ง่าย (Discoloration) ดังนั้นกระบวนการปรับสภาพผิวจึงเป็นกระบวนการที่ใช้เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของการชุบให้ดีขึ้น

4.2.1 ข กระบวนการทำความสะอาดส่วนลำเลียงงาน

กระบวนการนี้เป็นกระบวนการทำความสะอาดในส่วนของส่วนลำเลียงงาน หากในการทำความสะอาดในขั้นตอนนี้มีประสิทธิภาพไม่ดีพอ จะทำให้เกิดปัญหาด้านคุณภาพ เนื่องจากยังมีเศษดีบุกติดอยู่ ทำให้เกิดการนำไฟฟ้า ทำให้เมื่อมีการชุบจะทำให้เกิดการเหนียวน้ำทำให้มีเศษดีบุกส่วนเกินเกิดขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้เกิดชิ้นงานหลุดลอกเนื่องจากแรงในการจับตัวของดีบุกกับ โลหะที่เป็นส่วนลำเลียงงานมีค่ามากกว่าการจับตัวระหว่างดีบุกกับทองแดงดังนั้นจึงทำให้มีการลอกของผิวงานเมื่อมีการ ถอดงานออกมา

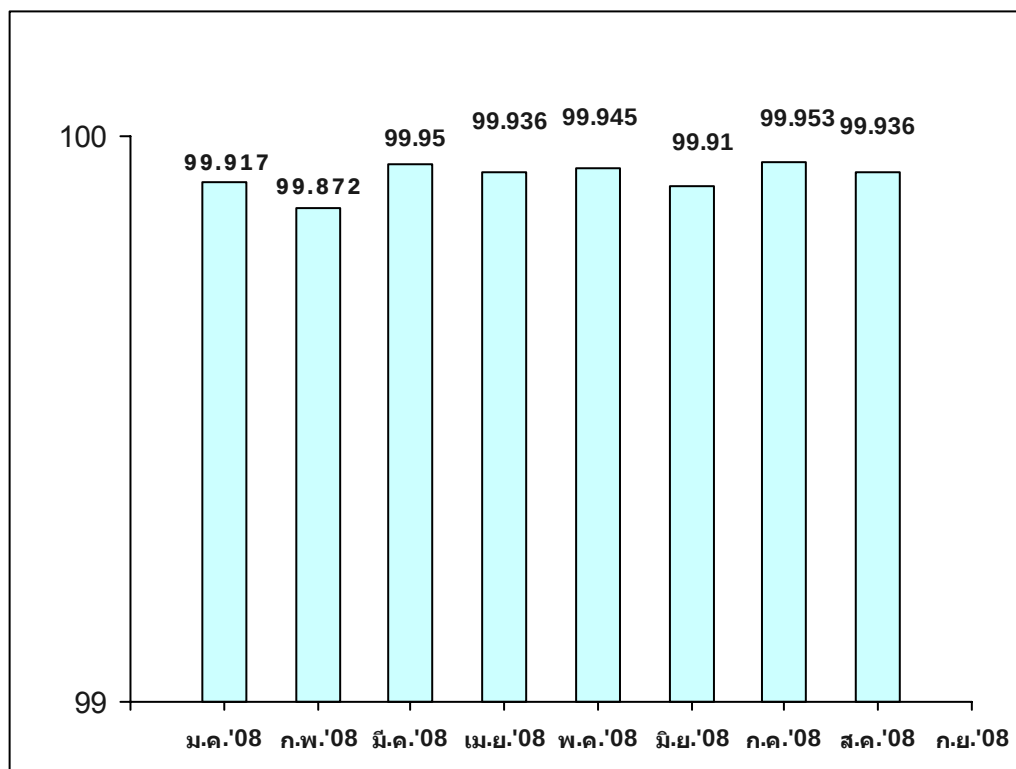


ภาพที่ 4.14

ภาพแสดง กระบวนการทำความสะอาดส่วนลำเลียงงาน

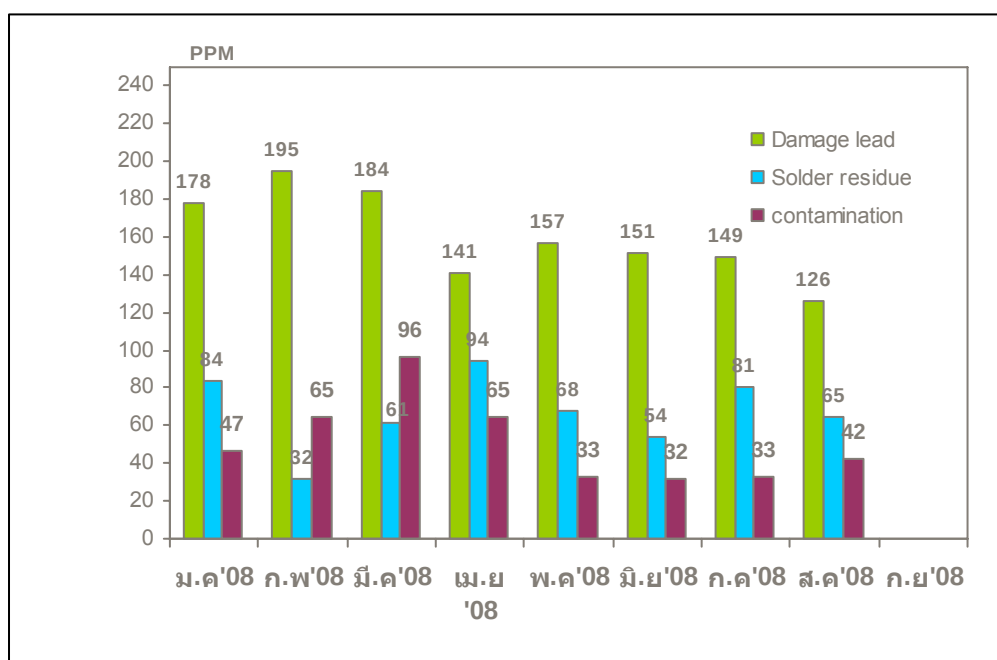
4.3 การระบุปัญหา (Define Phase)

จากข้อมูลการผลิตของกระบวนการชุบตั้งแต่เดือนมกราคม จนถึงเดือนสิงหาคมมีการผลิตทั้งหมด 23,289,200 ชิ้นพบว่ามีของเสียทั้งหมด 9,834 ชิ้น และมีเปอร์เซ็นต์ของผลได้สูงสุดที่เคยทำได้คือ 99.953% และมีเปอร์เซ็นต์ของผลได้เฉลี่ย 99.93% ข้อมูลเปอร์เซ็นต์ของผลได้ตั้งแต่อดีตไม่เคยเกินกว่า 99.96% ดังนั้นจึงวางแผนในการจัดทำ การพัฒนากระบวนการผลิตโดยประยุกต์หลักการ ชิก ชิกมาเพื่อให้ได้เปอร์เซ็นต์ของผลได้มากกว่าหรือเท่ากับ 99.98%



ภาพที่ 4.15

ภาพแสดงเปอร์เซ็นต์ของผลได้ก่อนการปรับปรุงกระบวนการผลิต



ภาพที่ 4.16

ภาพแสดงจำนวนของเสียต่อล้านส่วนการผลิตก่อนการปรับปรุงกระบวนการผลิต

จากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาโดยการเก็บข้อมูลทางสถิติ ตั้งแต่เดือน มกราคม และเรียงอันดับการเกิดของเสียเนื่องจากกระบวนการผลิต พบว่า 3 อันดับแรกของปัญหาที่เกิดจากการผลิตประกอบด้วย

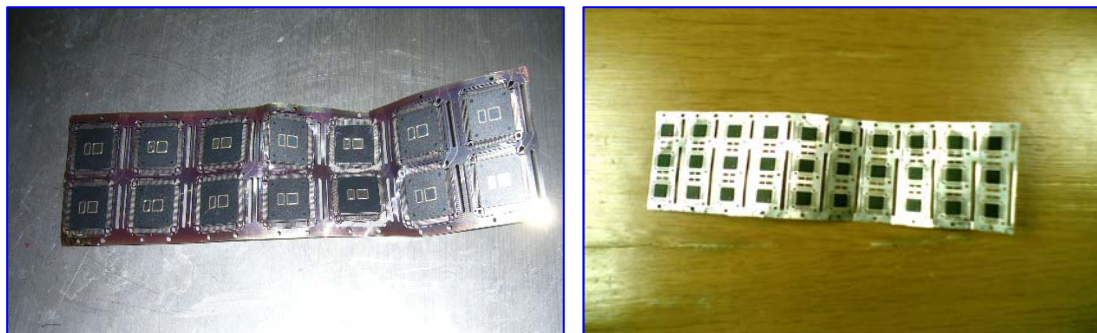
1. ชิ้นงานเสียรูป
2. การเกิดเศษดีบุกส่วนเกิน
3. การมีวัตถุปลอมปนบนผิวชิ้นงาน

4.3.1 รูปแบบของการเกิดปัญหา

4.3.1.ก ชิ้นงานเสียรูป (Damage lead)

คือ ลักษณะการ เสียรูปเนื่องจากการอัด บด หรือ การติดขัดภายในของตัวเครื่องจักร ซึ่งความผิดปกตินี้อาจเกิดขึ้นจากการที่สภาพของเครื่องจักรมีปัญหา สภาพของวัตถุดิบที่นำมาใช้มีลักษณะผิดปกติ เช่น มีการเกิดปัญหามาจากกระบวนการก่อนหน้า เกิดจากวัตถุดิบมีการเปลี่ยนแปลง หรือเกิดจากการเคลื่อนย้ายวัตถุดิบระหว่างกระบวนการ นอกจากนี้การเกิดปัญหาความหนาของการชุบมากผิดปกติยังสามารถทำให้เกิดปัญหาชิ้นงานเสียรูปได้ด้วย เนื่องจากเมื่อความหนาของการชุบมากขึ้นจะเกิดแรงต้านจากการเคลื่อนที่ (Friction) เพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะทำให้การเคลื่อนที่ภายในเครื่องจักรคือระยะสัมผัสระหว่างลูกกลิ้งนำชิ้นงาน (Roller) กับชิ้นงานมีน้อยและอาจเกิดแรงดึงทำให้ชิ้นงานหลุดจากตัวจับทำให้เกิดการติดขัดในตัวเครื่อง หรือหากความหนาในชิ้นงานไม่สม่ำเสมอจะทำให้เกิดผิวขรุขระทำให้เกิดการติดขัดในตัวเครื่อง ได้เช่นกันการเกิดปัญหาประเภทนี้จะทำให้ส่วนของชิ้นงานไม่สามารถที่จะนำไปใช้กับกระบวนการต่อไปได้กระบวนการตัดขึ้นรูปชิ้นงาน เนื่องจาก สภาพของงานไม่เรียบทำให้ไม่สามารถนำชิ้นงานเข้าเครื่องซึ่งเป็นแบบใช้ แกนเหล็กในการดึงชิ้นงานเข้าไป (Pin Insert) อีกทั้งหากสามารถนำงานเข้าไปในเครื่องได้ก็จะเกิดปัญหาตามมาก็คือเกิดการบิดเบี้ยวในการตัดในส่วนที่เป็นขาชิ้นงานเนื่องจากงานที่ใส่เข้าไปไม่เป็นระนาบ นอกจากจะเกิดปัญหาเกี่ยวกับ ขาของงาน การบดอัดของเครื่องจักรยังสามารถทำให้เกิดปัญหาตัววงจรภายในเสียหาย เช่น ลวดทองฉีกขาด (Wire Short) และส่วนที่เป็นตัวประมวลผลของวงจรรวมเกิดการแตกหัก (Die Crack) ซึ่งจะมีผลต่อฟังก์ชันการทำงานของชิ้นงาน

สภาพงานหักงอ เสียหาย (Damage lead)



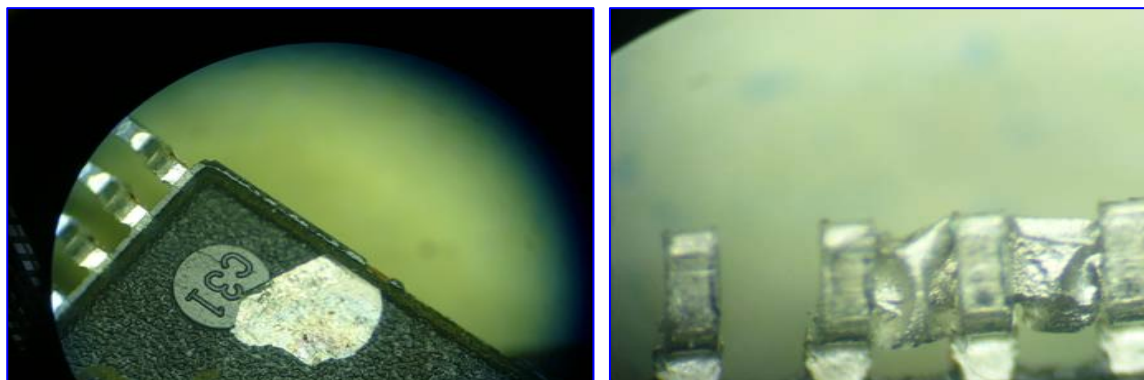
ภาพที่ 4.17

ภาพแสดงจำนวนประเภทของเสียสภาพงานหักงอ เสียหาย (Damage lead)

4.3.1. ข การเกิดเศษดีบุกส่วนเกิน (Solder Residue)

คือ สภาพปัญหาที่เกิดจากการที่มีเศษดีบุกส่วนเกินเนื่องจากการเกิด ปฏิกริยาภายในบ่อชุบ ซึ่งเกิดจากประจุอิสระของโลหะตัวอื่นๆที่เจือปนทำให้เกิดการชุบติดกันและแปะติดบนตัวงาน หรือเกิดจากความหนาของดีบุกที่มากทำให้ไปเกาะติดของดีบุกในสายพานลำเลียงมีมากดังนั้นทำให้ประสิทธิภาพในการทำทำความสะอาดของส่วนล่างสายพานลำเลียงลดลงเนื่องจากมีความหนามากทำให้ไม่สามารถล้างเศษดีบุกออกมาได้ทั้งหมด นอกจากนี้ยังสามารถเกิดจากการที่กระบวนการล้างที่ผิดปกติ ทำความสะอาดส่วนล่างสายพานมีปัญหาทำให้มีการเกาะติดในส่วนดีบุกไปเกาะที่ชิ้นงานทำให้ อะตอมของดีบุกในบ่อสามารถไปจับกับเศษดีบุกที่เกาะที่ส่วนล่างสายพาน ซึ่งเมื่อถอดงานออกมาเศษดีบุกที่จับกันหลวมๆก็จะหลุดออกมา และไปติดกับชิ้นงาน ปัญหาการเกิดเศษดีบุกส่วนเกินทำให้ เมื่อผ่านกระบวนการยิงเลเซอร์ลงบนโมลคอมปาวจะทำให้เศษดีบุกไปปิดกั้นการยิงเลเซอร์ ทำให้เส้นของการเขียนไม่สมบูรณ์ นอกจากนี้เศษดีบุกส่วนเกินยังมีผลทำให้เกิดปัญหาฟังก์ชันล้มเหลวเนื่องจาก เศษดีบุกสามารถไปพาดทับกับขาของชิ้นงานทำให้เกิดการลัดวงจรเมื่อมีการนำชิ้นงานไปใช้งาน

เศษดีบุกส่วนเกินที่ขึ้นงาน (Solder Residue)



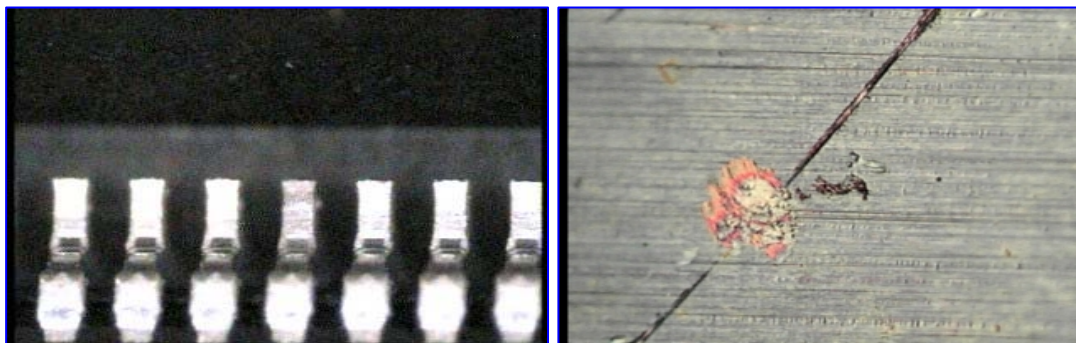
ภาพที่ 4.18

ภาพแสดงจำนวนประเภทของเสียการเกิดเศษดีบุกส่วนเกิน (Solder Residue)

4.3.1. ค การมีวัตถุแปลกปลอมบนผิวชิ้นงาน (Contamination)

วัตถุแปลกปลอมบนชิ้นงาน คือ เศษคราบสกปรกเช่นคราบน้ำยา หรือเศษสิ่งสกปรกที่มาเกาะกับชิ้นงาน ซึ่งคราบพวกนี้เกิดจากกระบวนการทำความสะอาดชิ้นงานมีปัญหา ซึ่งเกิดจากส่วนที่เป็นน้ำยาในบ่ออชูปเกิดการปนเปื้อน นอกจากนี้ความสะอาดในบ่อน้ำล้างก็สามารถทำให้เกิดปัญหานี้ได้เช่นกัน เพราะเมื่อบ่อน้ำล้างมีความสกปรกจะส่งผลให้แบคทีเรียสามารถเติบโตได้ดีเกิดเป็นวัตถุแปลกปลอมบนตัวงาน นอกจากนี้การความหนาของการชุบน้อยก็สามารถทำให้เกิดวัตถุแปลกปลอมเนื่องจากเมื่อผิวของทองแดงมีการปกคลุมของดีบุกน้อยๆ ทองแดงภายในจะสามารถทำปฏิกิริยากับอากาศได้ดี หรือเรียกว่า ออกไซด์ของทองแดงทำให้เกิดสิ่งแปลกปลอมบนผิวชุบ ซึ่งปัญหาวัตถุมีสิ่งแปลกปลอมบนผิวชุบจะมีผลทำให้การเชื่อมเข้ากับแผงวงจรไม่ติดเนื่องจากมีสิ่งปลอมปนเข้าไปรวมกับดีบุกที่ใช้ในการชุบจะทำให้สภาพการละลายของดีบุกเปลี่ยนไปทำให้อัตราการรวมตัวระหว่างดีบุกแย่งลงเมื่อนำ ประกอบในวงจรรวมซึ่งจะทำให้เกิดปัญหาของการเกิด สนิม และการลัมเหลวของวงจรตามมา

การมีวัตถุแปลกปลอมบนผิวชิ้นงาน (Solder Contamination)



ภาพที่ 4.19

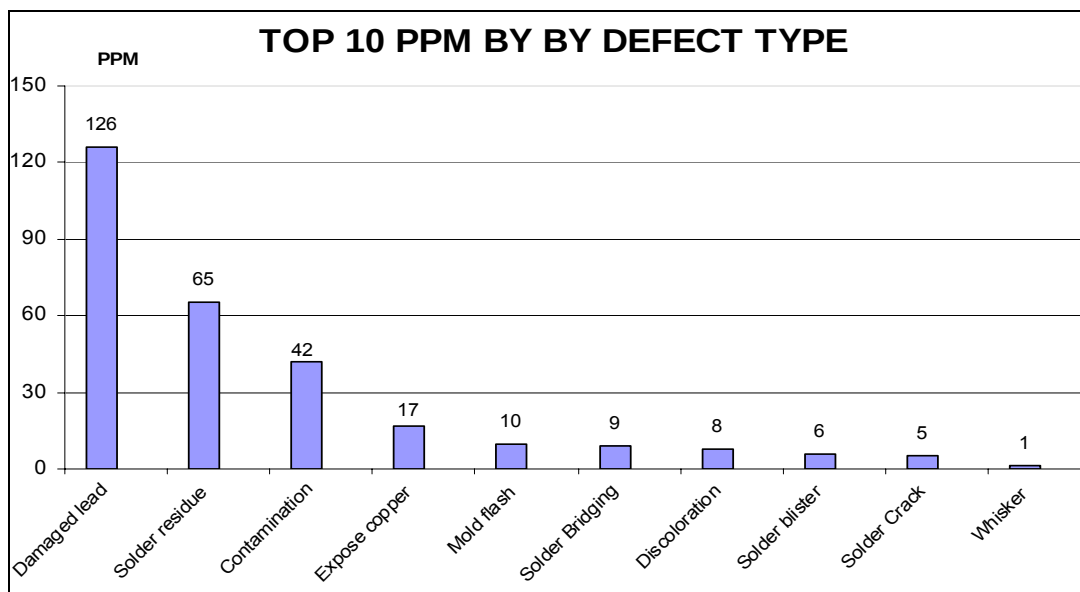
ภาพแสดงจำนวนประเภทของเสียการมีวัตถุแปลกปลอมบนผิวชิ้นงาน (Solder Contamination)

4.3.2 การดำเนินการวิจัย

จากข้อมูลการเกิดของเสียเนื่องจากกระบวนการชุบตั้งแต่เดือนมกราคม 2551-สิงหาคม 2551 พบว่า 3 อันดับที่มีอัตราการเกิดของเสียรุนแรงที่สุด คือ ชิ้นงานเสียรูป 42.4% การเกิดเศษดีบุกส่วนเกิน 22.6% การมีวัตถุแปลกปลอมบนผิวชิ้นงาน 16.6% ทั้งสามชนิดเป็นปัญหาที่ทำให้เกิดความสูญเสียเนื่องจากการผลิตของกระบวนการชุบ ซึ่งหากสามารถปรับปรุงโดยกำจัดปัญหาทั้งสามส่วนจะทำให้ลดอัตราการสูญเสียที่ 81.6% ของจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นทั้งหมดในแต่ละเดือน

4.3.3 ข้อมูลอัตราการเกิดของของเสียในระบบการชุบ

เป็นการรวบรวมข้อมูลจากฐานข้อมูลการผลิต โดยข้อมูลต่างๆ รวบรวมจากการเกิดของเสียอันเกิดจากภาพผิดปกติภายในเครื่องจักร, การควบคุมตัวแปรและพารามิเตอร์ในการชุบไม่คงที่ ความเมื่อยล้าของพนักงานทำให้เกิดปัญหาในด้านคุณภาพ ซึ่งข้อมูลของเสียที่ใช้อ้างอิงมาจากของเสียจากกระบวนการชุบก่อนการปรับปรุงที่เกิดขึ้นในเดือนสิงหาคม 2008



ภาพที่ 4.20

แสดงอัตราการเกิดของของเสียในระบบการชุบก่อนการปรับปรุงเดือนสิงหาคม 2008

4.3.4 แผนภูมิ SIPOC (Supplier, Input, Process, Output, Customer)

คือ การแสดงความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับการผลิต ในที่นี้หมายถึงกระบวนการชุบ ซึ่งส่วนต่างๆ เหล่านี้จะมีผลต่อคุณภาพของกระบวนการชุบ

ผู้ส่งมอบ หมายถึง กระบวนการก่อนหน้า คือ กระบวนการโมล และกระบวนการตัดส่วนที่เพิ่มความแข็งแรงให้ชิ้นงาน นอกจากนี้ยังรวมไปถึง ผู้ส่งมอบวัตถุดิบในการชุบเช่น ก้อนดีบุก และน้ำยาเคมีที่เกี่ยวข้อง

ปัจจัยนำเข้า คือ ส่วนที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการชุบ ประกอบด้วย วัตถุดิบ (Raw Material) คือ (แผ่นทองแดง Copper Lead Frame, ก้อนดีบุก Solder Ball, สารเคมีที่เกี่ยวข้องกับการชุบ Plating Chemical, พนักงานฝ่ายผลิต Production Operator, การตรวจสอบ Inspection, แผนการปฏิบัติงาน Work Instruction, การควบคุม Specification

กระบวนการผลิต คือ กระบวนการที่ใช้ในการแปรรูปวัตถุดิบให้เป็นชิ้นงานที่ต้องการสำหรับกระบวนการชุบประกอบด้วยกระบวนการผลิตดังนี้

1. การนำงานเข้าสู่เครื่อง
2. กระบวนการทำความสะอาดเบื้องต้น
3. กระบวนการชุบ
4. กระบวนการทำความสะอาดสุดท้าย

5. กระบวนการทำความสะอาดส่วนลำเลียงงาน

6. กระบวนการตรวจสอบ

ปัจจัยนำออก คือ ส่วนที่ผ่านกระบวนการผลิตออกมา ได้แก่ ชิ้นงานที่ผ่านการชุบแล้ว
ลูกค้า คือ กระบวนการถัดไปที่รับงานจากแผนกชุบ นั่นคือ กระบวนการเขียนข้อความด้วยเลเซอร์
และกระบวนการตัดขวางงานและขึ้นรูปชิ้นงาน

ตารางที่ 4.1

แสดงจากปัจจัยต่างๆ ของแผนภูมิ SIPOC

Suppliers	Input	Process	Output	Customer
1.กระบวนการโมล 2.กระบวนการตัด ส่วนที่เพิ่มความแข็งแรงให้ ชิ้นงาน 3.ผู้ส่งมอบวัตถุดิบในการชุบ	1.งานจากกระบวนการก่อนหน้า 2. ก้อนดิบ 3.สารเคมี 4.พนักงานฝ่ายผลิต 5.การตรวจสอบงาน 6.แผนการปฏิบัติงาน 7. การควบคุม	1.การนำงานเข้าสู่เครื่อง 2.กระบวนการทำความสะอาด เบื้องต้น 3. กระบวนการชุบ 4.กระบวนการทำความสะอาด สุดท้าย 5 กระบวนการทำความสะอาดส่วน ลำเลียงงาน 6.กระบวนการตรวจสอบ	1.ชิ้นงานที่ผ่าน การชุบแล้ว	1.กระบวนการ เขียน ข้อความด้วยเลเซอร์ 2.กระบวนการตัดขวางงานและ ขึ้นรูปชิ้นงาน

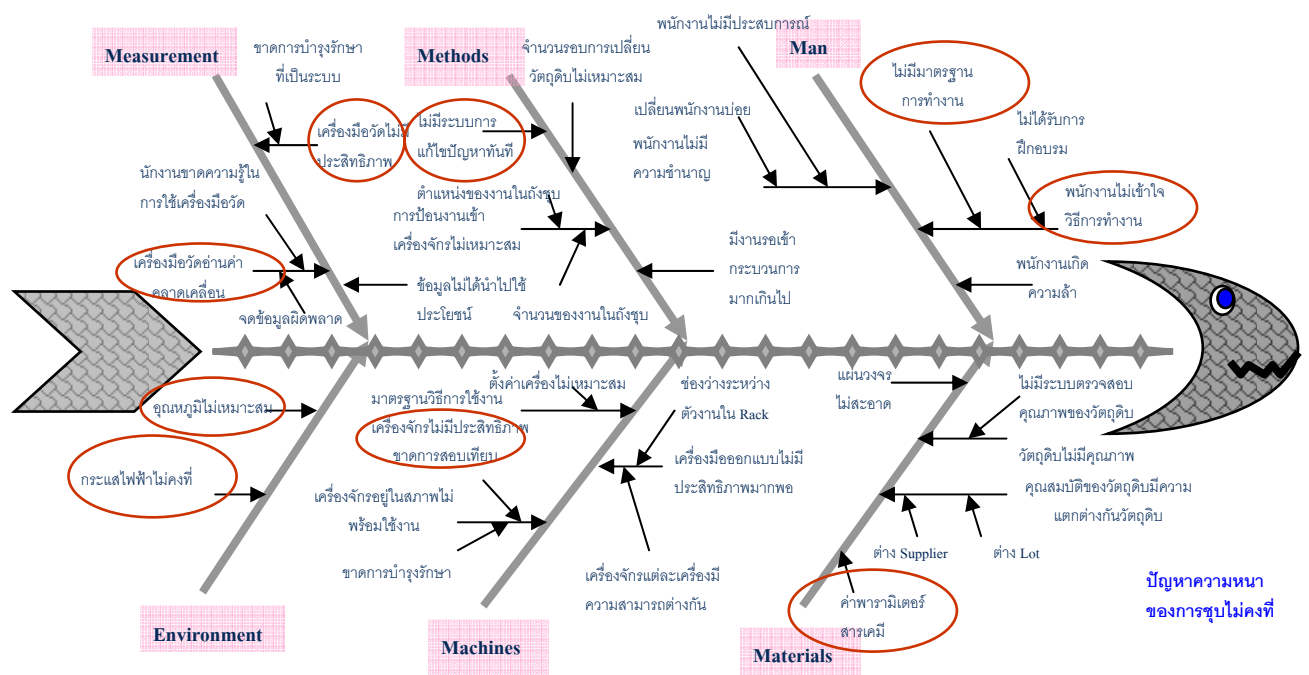
4.3.5 แผนภูมิก้างปลา (Fish Bone Diagram)

เป็นวิธีการวิเคราะห์ปัญหาในการผลิต โดยการรวบรวมข้อมูลของเหตุและผล ของ
ปัจจัยที่ ทำให้เกิดปัญหาในการผลิต โดยใช้หลักการของ “ทำไม ทำไม (Why Why Analysis)” และ
หลักการ 5M 1E ในการรวบรวมข้อมูลโดยอาศัยประสบการณ์การทำงาน การทดลองรวมถึงการ
วิเคราะห์ปัญหาของลูกค้า ในที่นี้ประกอบด้วย ปัญหาจากตัวบุคคล (Man) ปัญหาจากเครื่องจักร
(Machine) ปัญหาจากวิธีการทำงาน (Method) ปัญหาเนื่องจากวัตถุดิบ (Material) ปัญหา

เนื่องจากการวัดค่า (Measurement) และปัญหาจากสภาพแวดล้อม (Environment) ปัจจัยต่างๆ เหล่านี้จะถูกนำมาวิเคราะห์ให้ได้สาเหตุของปัญหา

ในการวิเคราะห์ปัญหาความหนาของการชุบดินกนี้ จะใช้การรวบรวมปัญหาโดย รวบรวมความคิดของ สมาชิกเพื่อให้ได้ข้อมูลของการเกิดปัญหา ผลที่ได้ช่วยให้สามารถนำ ข้อมูลนี้ไปใช้วิเคราะห์ FMEA ได้ และยังสามารถนำไปใช้ทำแผนการปรับปรุง และแก้ไขปัญหานั้น การวิเคราะห์แผนภูมิแก๊งปลาจะทำให้ทราบสาเหตุการเกิดปัญหาในภาพรวม เราจึงใช้วิธีการ วิเคราะห์อื่นๆ ร่วมด้วย เพื่อให้วิเคราะห์ปัญหาได้ละเอียดมากขึ้น

ในการวิเคราะห์การปรับปรุงกระบวนการผลิตนั้นนอกจากจะทำการปรับปรุงกระบวนการวัด ความหนาของชิ้นงานแล้ว ยังต้องทำการวิเคราะห์กระบวนการผลิตว่าปัจจัยใดบ้างมีอิทธิพลทำให้ ความหนาของการชุบไม่เป็นไปตามที่กำหนดไว้ ซึ่งแผนภูมิแก๊งปลา เป็นเครื่องมือที่สามารถช่วย จำแนกปัจจัยต่างๆ ได้เป็นอย่างดี



ภาพที่ 4.21

การวิเคราะห์แผนภูมิแก๊งปลาของปัญหาการชุบไม่คงที่

จากการวิเคราะห์โดยใช้แผนภูมิแก๊งปลาจะช่วยให้ได้พารามิเตอร์ที่สามารถนำมาปรับปรุงดังนี้

ตารางที่ 4.2

การปรับปรุงโดยการทำแผนภูมิแก๊งปลา

กระบวนการที่เกิดปัญหา	วิธีการปรับปรุง
<u>1.ปัญหาจากตัวบุคคล</u> ไม่มีมาตรฐานการทำงาน พนักงานไม่เข้าใจวิธีการทำงาน	จัดทำ OCAP (แผนการแก้ไขปัญหาเมื่อออกนอกควบคุม) ทำการอบรมการการความหนา
<u>2.ปัญหาจากวิธีการ</u> ไม่มีระบบการแก้ไขปัญหันทันที	จัดทำ OCAP (แผนการแก้ไขปัญหากรณีออกนอกควบคุม)
<u>3.ปัญหาจากกระบวนการวัด</u> เครื่องมือวัดไม่มีประสิทธิภาพ เครื่องมือวัดอ่านค่าคลาดเคลื่อน ขาดการสอบเทียบ	ทำการ CpK เพื่อนำข้อมูลมาทำการแก้ไข ทำการวัดค่า MSA เพื่อนำข้อมูลมาทำการแก้ไข ทำแผนในการสอบเทียบ
<u>4.ปัญหาจากวัตถุดิบ</u> ค่าความเข้มข้นสารเคมี	ใช้ DOE ในการควบคุมการผลิต
<u>5.ปัญหาจากเครื่องจักร</u> กระแสไฟฟ้าไม่คงที่ เครื่องจักรไม่มีประสิทธิภาพ	ใช้ DOE ในการควบคุมการผลิต ทำการปรับปรุงโดย FMEA
<u>6.ปัญหาจากสิ่งแวดล้อม</u> อุณหภูมิไม่เหมาะสม	ใช้ DOE ในการควบคุมการผลิต

4.3.5. ก การประเมินกระบวนการผลิตโดยวิธีทาง FMEA

เป็นการวิเคราะห์กระบวนการชুবวงจรรวม โดยการระดมความคิดของทีม FMEA ซึ่งประกอบด้วยหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตและทำการวิเคราะห์ และหาวิธีปรับปรุง ซึ่งจะใช้เกณฑ์การตัดสินใจเพื่อให้คะแนน ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.3

แสดงตารางการประเมินระดับความรุนแรงของปัญหา

คะแนน	ระดับความรุนแรง	ผลกระทบต่อลูกค้า	ผลกระทบต่อสายการผลิต
10	อันตรายโดยปราศจากการเตือน	ผลกระทบจากของเสียเป็นอันตรายต่อผู้ใช้งานโดยไม่มีการเตือนล่วงหน้า และต้องมีกฎหมายรองรับ	ผลกระทบจากของเสียมีโอกาสส่งผลให้พนักงานในโรงงานได้รับอันตรายมาก โดยไม่มีการเตือนและต้องมีกฎหมายรองรับ
9	อันตรายแต่มีการเตือน	ผลกระทบจากของเสียเป็นอันตรายต่อผู้ใช้งานโดยมีการเตือนล่วงหน้า และต้องมีกฎหมายรองรับ	ผลกระทบจากของเสียมีโอกาสส่งผลให้พนักงานในโรงงานได้รับอันตรายมากโดยไม่มีการเตือนและต้องมีกฎหมายรองรับ
8	สูงมาก	ผลกระทบจากของเสียส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ทำงานไม่ได้	ผลกระทบจากของเสียทำให้สายการผลิตทำงานไม่ได้
7	สูง	ผลกระทบจากของเสียส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ลดคุณสมบัติการทำงานหลักของผลิตภัณฑ์ลง	ผลกระทบจากของเสียส่งผลให้สายการผลิตต้องมีการซ่อมผลิตภัณฑ์เป็นเวลา 30 นาที ถึง 60 นาที
6	ปานกลาง	ผลกระทบจากของเสียส่งผลให้คุณสมบัติการทำงานหลักไม่สะดวกหรือทำงานติดๆ ขัดๆ	ผลกระทบจากของเสียส่งผลให้สายการผลิตต้องมีการซ่อมผลิตภัณฑ์เป็นเวลาน้อยกว่า 30 นาที
5	ต่ำ	ผลกระทบจากของเสียส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติการทำงานลดลงโดยไม่กระทบต่อคุณสมบัติการทำงานหลักของผลิตภัณฑ์	ผลกระทบจากของเสียส่งผลให้สายการผลิตต้องส่งผลิตภัณฑ์ไปซ่อมแต่ไม่ถึงกับส่งไปซ่อมในแผนกซ่อมแซม
4	ต่ำมาก	ผลกระทบจากของเสียส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไม่สามารถประกอบได้อย่างสมบูรณ์แต่สามารถใช้งานได้ โดยมีส่วนของรอยของเสียมากกว่า 75%	ผลกระทบจากของเสียส่งผลให้สายการผลิตมีการปรับปรุงโดยที่ผลิตภัณฑ์ไม่ต้องทำการซ่อมแซม

ตารางที่ 4.3

แสดงตารางการประเมินระดับความรุนแรงของปัญหา (ต่อ)

คะแนน	ระดับความรุนแรง	ผลกระทบต่อลูกค้า	ผลกระทบต่อสายการผลิต
3	น้อย	ผลกระทบจากของเสียส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไม่สามารถประกอบได้อย่างสมบูรณ์แต่สามารถใช้งานได้ โดยมีส่วนของรอยของเสียน้อยกว่า 50%	ผลกระทบจากของเสียส่งผลให้สายการผลิตต้องมีการปรับปรุงโดยผลิตภัณฑ์ไม่ต้องทำการซ่อมแซม
2	เล็กน้อย	ผลกระทบจากของเสียส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไม่สามารถประกอบได้อย่างสมบูรณ์แต่สามารถใช้งานได้ โดยมีส่วนของรอยของเสียน้อยกว่า 25%	ผลกระทบจากของเสียส่งผลให้สายการผลิตต้องมีการปรับปรุงโดยผลิตภัณฑ์ไม่ต้องทำการซ่อมแซม
1	ไม่มี	ไม่มีผลกระทบ	ไม่มีผลกระทบ

ตารางที่ 4.4

แสดงตารางโอกาสการเกิดผลกระทบ

ระดับคะแนน	อัตราส่วนการเกิดของเสีย	ความเป็นไปได้
10	มากกว่า 100 ใน 1000 ชิ้น	ต่ำมาก
9	50 ต่อ 1000 ชิ้น	
8	20 ต่อ 1000 ชิ้น	สูงมาก
7	10 ต่อ 1000 ชิ้น	
6	5 ต่อ 1000 ชิ้น	สูง
5	2 ต่อ 1000 ชิ้น	
4	1 ต่อ 1000 ชิ้น	ปานกลาง
3	0.5 ต่อ 1000 ชิ้น	
2	0.1 ต่อ 1000 ชิ้น	ต่ำ
1	น้อยกว่า 0.01 ต่อ 1000 ชิ้น	

ตารางที่ 4.5
แสดงตารางการป้องกันผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นได้

ระดับคะแนน	การตรวจสอบ	การป้องกัน
10	ตรวจด้วยสายตา	เป็นไปไม่ได้
9	ตรวจด้วยสายตา	ป้องกันได้น้อยมาก
8	ตรวจด้วยสายตา	ป้องกันได้น้อย
7	ตรวจด้วยสายตา	ป้องกันได้ต่ำมาก
6	ตรวจด้วยสายตาและเครื่องมือวัด	ป้องกันได้ต่ำ
5	ตรวจด้วยเครื่องมือวัด	ป้องกันได้ปานกลาง
4	ตรวจด้วยเครื่องมือวัดและเครื่องมือป้องกันความผิดพลาด	ป้องกันได้ปานกลาง-สูง
3	ตรวจด้วยเครื่องมือวัดและเครื่องมือป้องกันความผิดพลาด	ป้องกันได้สูง
2	ตรวจด้วยเครื่องมือวัดและเครื่องมือป้องกันความผิดพลาด	ป้องกันได้สูงมาก
1	ตรวจด้วยเครื่องมือป้องกันความผิดพลาด	ป้องกันได้แน่นอน

ทั้งสามตารางเป็นเกณฑ์การให้คะแนนของ FMEA

การวิเคราะห์โดยวิธีการทางของ FMEA นี้จะเป็นการศึกษาผลกระทบเนื่องจากความผิดพลาดในกระบวนการผลิต การชุบนิกเกิล และตีบุก ขั้นตอนนี้จะศึกษาและวิเคราะห์ความผิดพลาดของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการชุบทั้งหมด โดยสาเหตุของปัญหาจะมีการแสดงสาเหตุและผลที่เป็นต้นกำเนิดของปัญหา ค่าตัวเลขระดับความเสี่ยง (RPN) ซึ่งมาจากการ วิเคราะห์กระบวนการผลิต วิธีการข้างต้นสามารถนำมาสร้างแผนภาพพาเรโต เพื่อคัดเลือกสาเหตุที่สำคัญ และพิจารณาว่าสาเหตุใดบ้างที่ควรนำมาแก้ไข ดังตารางที่ 4.15, 4.16 และ 4.17

ตารางที่ 4.6
แสดงตัวอย่างตาราง FMEA

POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (PROCESS FMEA)												Page ____ of ____			
												FMEA Registered Number : _____			
Item : _____		Process Responsibility : _____				Prepared by : _____									
Model Year (s) / Vehicle (s): _____		Key date : _____				FMEA date (Orig.): _____ (Rev.): _____									
Core team : _____															
Process Step	Process Function	Potential failure mode	Potential Effect (s) of failure	S e v	Potential cause (s) / Mechanism (s) of failure	O c c	Current Process Control	D e t	R P N	Recommended Action (s)	Responsibility & Target Completion Date	Action results			
												Action Taken	S e v	O c c	D e t
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		

4.3.5. ข การดำเนินการปรับปรุงโดยวิธี FMEA

การปรับปรุงกระบวนการชุด โดยวิธีทาง FMEA จะเป็นวิเคราะห์ปัญหาอันอาจเกิดขึ้น ซึ่งจะทำให้สามารถป้องกันปัญหาต่างๆ ทั้งที่มีการเกิดขึ้นแล้ว และปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต เมื่อมีปัญหาก็ต้องทำการหาสาเหตุ รวมทั้งหาวิธีการควบคุม และกำหนดวิธีป้องกันและแก้ไข ระบบการให้คะแนนจะมีการให้คะแนน ความเสี่ยงในการเกิดปัญหา ให้คะแนนโอกาสการเกิดผลกระทบ และการให้คะแนนการป้องกันผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นได้

4.3.5. ค การจำแนกส่วนประกอบของตาราง FMEA

1. กระบวนการผลิต คือกระบวนการผลิตที่นำมาใช้วิเคราะห์ปัญหา FMEA และจะมีการระบุฟังก์ชันการใช้งานของกระบวนการนั้นเพื่อให้สอดคล้องต่อการทำความเข้าใจกระบวนการ นอกจากนี้การระบุฟังก์ชันการใช้งานของกระบวนการเป็นการแสดงถึงส่วนของกระบวนการที่อาจเกิดความเสียหายหรือของเสียหากไม่มีการวางแผนป้องกันหรือตรวจจับปัญหา

2. ความเป็นไปได้ในการเกิดของเสีย เป็นส่วนการอธิบายความผิดปกติที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ส่วนนี้จะทำการระบุความผิดปกติซึ่งจะถูกใช้พิจารณาว่าอาการของเสียที่คาดว่าจะเกิดขึ้นนั้นมีลักษณะอาการอย่างไร

3. ผลกระทบจากความเป็นไปได้ในการเกิดของเสีย การอธิบายผลกระทบของปัญหาเป็นส่วนที่จะต้องอธิบายผลกระทบของความผิดปกติที่เกิดขึ้น ถ้าผลิตภัณฑ์เกิดของเสียขึ้นจะส่งผลอย่างไรต่อไป

4. ระดับความรุนแรงของการเกิดปัญหา เป็นช่องสำหรับใช้ระบุระดับความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดขึ้น ซึ่งจะใช้มาตรฐานตามแนวทางในตารางระดับความรุนแรง ตารางผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นในกระบวนการ

5. สาเหตุของความเป็นไปได้ในการเกิดของเสีย เป็นการระบุสาเหตุของปัญหาหรือความผิดปกติที่จะส่งผลให้เกิดของเสีย แหล่งข้อมูลที่น่ามาใช้วิเคราะห์ความเป็นไปได้จากการเกิดของเสียนี้ จะได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลการผลิต เช่น การทดลองในกระบวนการผลิต การปรับพารามิเตอร์ หรือจากการร้องเรียนปัญหาของลูกค้าและนำมาสรุปเป็นฐานข้อมูลการผลิต โดยจะต้องนำข้อมูลที่ได้ลงสาเหตุที่คาดว่าเป็นต้นเหตุของการเกิดของเสีย สาเหตุของการเกิดของเสียนี้อาจมีมากกว่าหนึ่งสาเหตุก็เป็นได้ เนื่องจากในบางปัญหามีปัจจัยที่มีอิทธิพลทำให้เกิดความผิดปกติ ในการบันทึกสาเหตุของปัญหาจึงจำเป็นต้องลงสาเหตุทั้งหมดเพื่อให้การป้องกัน และแก้ไขปัญหาสารสามารถทำได้อย่างครอบคลุม

6. ความถี่ของการเกิดปัญหา การให้คะแนนเนื่องจากอัตราการเกิดของปัญหาว่ามีความบ่อยครั้งมากน้อยเพียงไร เป็นช่องสำหรับลงระดับคะแนนโอกาสที่ทำให้เกิดผลกระทบโดยใช้มาตรฐานตามแนวทาง ตารางโอกาสการเกิดผลกระทบ

7. กระบวนการปัจจุบันในการป้องกัน จะเป็นการอธิบายถึงการป้องกันการเกิดปัญหาในปัจจุบันที่ใช้อยู่ หรือเป็นตัวบ่งบอกว่าในระบบการผลิต มีเครื่องมือใดบ้างที่สามารถรับประกันกระบวนการได้ว่าจะไม่เกิดความผิดพลาดเนื่องจากกระบวนการผลิต ถ้าหากกระบวนการป้องกันปัญหาในกระบวนการผลิตมีน้อยนั้นแสดงถึงการโอกาสเสี่ยงที่จะเกิดปัญหาเนื่องจากกระบวนการผลิตมีสูง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหามาตรการเพิ่มการป้องกันการเกิดปัญหาให้มากขึ้น

8. กระบวนการตรวจจับในปัจจุบัน กระบวนการตรวจสอบปัญหามีความสำคัญในการที่จะหยุดยั้งการเกิดปัญหาในขณะที่ปัญหาเพิ่งจะเริ่มต้น การตรวจสอบปัญหาที่ดีจะทำให้สามารถหยุดและแก้ไขปัญหได้ขณะที่ยังไม่รุนแรง และจะเป็นกระบวนการที่ใช้ในการตรวจสอบผลกระทบของเสียที่เกิดขึ้น ดังนั้นระบบการตรวจสอบปัญหาจึงมีความสำคัญและควรจะมีการปรับปรุงระบบ

การตรวจสอบเพื่อให้ความสามารถในการตรวจจับปัญหามีประสิทธิภาพ สามารถป้องกันปัญหาก่อนที่จะส่งผลเสียรุนแรง

9. ระดับการตรวจจับปัญหา เป็นช่องสำหรับลงระดับคะแนนการตรวจสอบที่สามารถตรวจจับได้ เป็นตัวบ่งบอกถึงประสิทธิภาพในการตรวจจับปัญหาว่ามีความแน่นอนเพียงใด โดยจะใช้มาตรฐานในการตรวจสอบตามแนวทางในตารางการให้คะแนนการตรวจจับปัญหา ซึ่งการประเมินนี้จะสามารถทราบถึงระดับการป้องกันผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นได้

10. ผลรวม RPN (Risk Priority Number) จะเป็นคะแนนรวมของการคูณระหว่างระดับความรุนแรงของการเกิดปัญหา X ความถี่ของการเกิดปัญหา X ระดับการตรวจจับปัญหาซึ่งจะออกมาเป็นระดับคะแนนรวมของความสำคัญที่จะต้องแก้ไขปัญหานั้น ๆ เป็นอันดับแรก

11. ข้อเสนอแนะในการแก้ไขและป้องกัน จะเป็นการบอกแนวทางในแก้หาทางแก้ไขและป้องกันไม่ให้ผลกระทบเกิดขึ้นอีก หัวข้อนี้เป็นเพิ่มมาตรการในการป้องกันการเกิดปัญหา ซึ่งการแก้ปัญหาอาจจะเป็นการเพิ่มการตรวจจับการเกิดปัญหา หรือการป้องกันการเกิดปัญหาเพื่อให้ค่าของ RPN ลดลง

12. ระบุเป้าหมายของการปรับปรุง และวันที่ที่คาดว่าจะการปรับปรุงจะเสร็จสิ้น

13. สถานะของการแก้ไขปัญหา มีการแก้ไขแล้วหรือไม่

14. ผลรวมคะแนน RPN ในส่วนของการแก้ไขการปรับปรุง ซึ่งทางที่ถูกต้องและการปรับปรุงลดผลกระทบที่ทำให้เกิดของเสียได้จริงควรจะต้องมีค่านี้น้อยลง

ตารางที่ 4.7

แสดงความรุนแรงของความเสี่ยงในการเกิดปัญหาเนื่องจากการซบวงจรรวม

Process FMEA Flow Chart / Risk Assessment Solder Plate Process	
Process Step	Risk Assessment
1. Load	Middle
2. Product transfer	Middle
3. Electro-Deflashing	Low
4. Cu-descale	Low
5. Ni-Plating	High
6. Sn-Plating	High
7. Neutalisation	Middle
8. Post-cleaning	Low
9. Belt-stripper	Middle
10. Unload	High

ตารางนี้เป็นการรวมผลของข้อมูลในการระบุความเสี่ยงในกระบวนการย่อยในการผลิตต่างๆ ซึ่งในการนำข้อมูลมาวิเคราะห์ว่ากระบวนการนั้นๆ มีความเสี่ยงมากหรือน้อยจะใช้ข้อมูลการเกิดของเสียเนื่องจากการผลิตในปีก่อนๆ และการพบของเสียที่ตรวจจับได้ทั้งในส่วนภายในกระบวนการผลิต หรือในส่วนการตรวจจับปัญหาได้จากฝ่ายประกันคุณภาพ ทั้งนี้ทางทีมงาน FMEA จะร่วมกัน และลงความเห็นว่าจะควรให้น้ำหนักความเสี่ยงจากกระบวนการใดมากที่สุด จากนั้น จึงนำกระบวนการที่ได้ลงความเห็นแล้วมาทำการแยกปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต รวมทั้งในส่วนของ เครื่องมือที่ใช้ป้องกันและตรวจสอบปัญหา และนำส่วนต่างๆ มาวิเคราะห์และปรับปรุง

ตารางที่ 4.8

แสดงการวิเคราะห์ FMEA ของกระบวนการชุบนิเกิลบนแผ่นทองแดง

Process Step/Process Function	Potential failure mode	Potential Effect(s) of failure	S E V	class	Potential cause(s)/ Mechanism(s) of failure	O O C	Current Process Control (Preventive)	Current Process Control (Detection)	D E T	R P N
7.การชุบด้วยนิเกิล การชุบนิเกิลด้วยไฟฟ้าลงบนแผ่นทองแดง	การลอกกระหว่างแผ่นทองแดงกับผิวนิเกิล	การทดสอบคุณสมบัติของการชุบไม่ผ่าน	7		การยึดติดของการชุบไม่ดีเนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีเกิดการผิดปกติ	5	วิเคราะห์คุณภาพของสารเคมีก่อนการผลิต	1) การทดสอบด้วยเทป 2) การทดสอบด้วยการตัดชิ้นงาน 90 องศา 3) การตรวจสอบคุณภาพชิ้นงานโดยพนักงานฝ่ายผลิต 4) การสุ่มตรวจสอบคุณภาพโดยพนักงานตรวจสอบคุณภาพ	4	140
		ไม่สามารถนำไปเชื่อมกับแผ่นวงจร	7		จุดหลอมเหลวของดินบุกมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากมีสิ่งเจือปนในเนื้อของดินบุก	2	เพิ่มระบบการกรองด้วยตัวกรอง	1) การทดสอบด้วยเทป 2) การทดสอบด้วยการตัดชิ้นงาน 90 องศา 3) การตรวจสอบคุณภาพชิ้นงานโดยพนักงานฝ่ายผลิต 4) การสุ่มตรวจสอบคุณภาพโดยพนักงานตรวจสอบคุณภาพ	4	56
		เกิดออกไซด์เมื่อนำไปใช้งาน	7		มีความสกปรกเจือปนจากวัตถุดิบ	4	มีการตรวจสอบวัตถุดิบก่อนนำมาใช้	1) การทดสอบด้วยเทป 2) การทดสอบด้วยการตัดชิ้นงาน 90 องศา 3) การตรวจสอบคุณภาพชิ้นงานโดยพนักงานฝ่ายผลิต 4) การสุ่มตรวจสอบคุณภาพโดยพนักงานตรวจสอบคุณภาพ	3	84

ตารางที่ 4.9

แสดงการวิเคราะห์ FMEA ของกระบวนการชุบตีบุกบนแผ่นทองแดง

Process Step/Process Function	Potential failure mode	Potential Effect(s) of failure	S E V	C I a s s	Potential cause(s)/ Mechanism(s) of failure	O O C	Current Process Control (Preventive)	Current Process Control (Detection)	D E T	R P N
กระบวนการชุบตีบุก การชุบแผ่นทองแดงด้วยตีบุก	แผ่นทองแดงหลุดออกจากตัวจับ	แผ่นทองแดงไม่เรียบ / สายพาน หรือตัวจับงานบิดงอ	4		แผ่นทองแดงไปติดขัดภายในเครื่องจักร	2	ระบบการตรวจสอบเครื่องจักร	เซ็นเซอร์ตรวจจับงานโดยใช้ตัวเหนี่ยวนำ	2	16
							การตั้งค่าความสูงของตัวกันกระแสไฟฟ้า	เซ็นเซอร์ตรวจจับความต่อเนื่องของการจ่ายกระแสไฟฟ้า	2	16
	ตัวกันกระแสไฟฟ้าเสียหาย	เกิดปัญหาการชุบเนื่องจากกระแสไฟฟ้าไม่คงที่	4		แผ่นทองแดงไปติดขัดภายในเครื่องจักร / ก่อนตีบุกหลุดออกจากตระกร้าไปขัดขวางการไหลของตัวกันกระแสไฟฟ้า	2	1) ทำตัวเดิมก่อนตีบุกเพื่อลดการหล่นออกจากตระกร้าในระหว่างการเดิม	การตรวจสอบสภาพตัวกันกระแสไฟฟ้าทุกต้นกะทำงาน	6	48
	ความดันไฟฟ้าสูงหรือต่ำผิดปกติ	เครื่องจักรหยุด / ไม่สามารถผลิตงานได้ตามปกติ	4		ขั้วไฟฟ้าสกปรก	2	1) แผนการตรวจสอบเครื่องจักรทุกอาทิตย์ 2) เซ็นเซอร์ตรวจสอบกระแสไฟฟ้า	ยังไม่มีตรวจสอบ	6	48
			4		ความเข้มข้นของสารเคมีผิดปรกติ	2	การวัดค่าสารเคมี	การตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงาน	6	48
	การชุบที่ไม่สมบูรณ์	ลูกค้าเกิดปัญหาไม่สามารถนำงานไปใช้ได้	7		ปริมาณเอาในบอลลไม่อยู่ในปริมาณที่เหมาะสมทำให้กระแสไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอ	2	เดิมปริมาณเอาในบอลลทุกอาทิตย์	1) ตรวจสอบระดับเอาในบอลลทุกกะ 2) พนักงานฝ่ายคุณภาพสุ่มตรวจสอบการเดิมเอาในบอลลทุกวัน	4	56
	ตีบุกหลวมไม่เกาะกับแผ่นทองแดง	ลูกค้าเกิดปัญหาไม่สามารถนำงานไปใช้ได้	7		ตีบุกมีการหลวมเหลวเนื่องจากแหล่งความร้อนในเครื่องจักรเช่นทรายเบอร์ มีความร้อนมากกว่าจุดหลอมเหลวของตีบุก	3	การตรวจอุณหภูมิทรายเบอร์ทุกวันก่อนการผลิต	1) ตรวจสอบระดับอุณหภูมิทรายเบอร์ทุกกะ 2) พนักงานฝ่ายคุณภาพสุ่มตรวจสอบอุณหภูมิทรายเบอร์ทุกวัน	7	147
	ตีบุกลอกหลังจากการชุบ	ลูกค้าเกิดปัญหาไม่สามารถนำงานไปใช้ได้	7		การยึดเกาะของตีบุกไม่ดี เนื่องจากพื้นผิวของทองแดงมีความสกปรก	4	การตรวจอุณหภูมิทรายเบอร์ทุกวันก่อนการผลิต	1.การวัดค่าไอออนิคคอนแทกมีเนชั่น 2.การทดสอบผ่านอุณหภูมิสูงไออาร์ไฟร์	3	84
ผิวขรุขระ	คุณสมบัติของการชุบมีปัญหา		7		กระแสไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นหรือมีการสปีกตรงปลายแถวของชิ้นงาน	1	เซ็นเซอร์ป้องกันกระแสไฟฟ้าเกิน	1) ตรวจสอบคุณภาพงานโดยพนักงาน 2) พนักงานคุณภาพสุ่มตรวจสอบงาน	7	49
ความหนาของการชุบตีบุกนอกค่าควบคุม	ลูกค้าเกิดปัญหาไม่สามารถนำงานไปใช้ได้/กระบวนการขึ้นรูปงานมีปัญหา		7	<S/C>	กระแสไฟฟ้าเกิดการแปรผันทำให้ความหนาเกิดความผิดปรกติ	5	1)การทำความสะอาดชิ้นกระแสไฟฟ้า 2)การตรวจระบบการจ่ายไฟและการทวนสอบค่าการจ่ายกระแสไฟฟ้า 3)การกำหนดค่ามาตรฐานค่าการจ่ายกระแสไฟฟ้า 4)ระบบการเก็บอุปกรณ์สำรองเพื่อเปลี่ยนได้ทันทีเมื่อเกิดปัญหา	1) ตรวจสอบคุณภาพงานโดยพนักงาน 2)พนักงานคุณภาพสุ่มตรวจสอบงาน 3)การวัดค่าความหนาของการชุบ	4	140

4.3.5.ง การวิเคราะห์การกระบวนการผลิตด้วยวิธีทาง FMEA ในกระบวนการชุบทองแดงด้วยนิกเกิล

ระบบการวิเคราะห์กระบวนการผลิต โดยวิธีทาง FMEA จะเน้นการป้องกันมากกว่าการตรวจพบโดยแนวคิดหลักของการบริหารระบบคุณภาพที่ดี จะมุ่งเน้นที่การป้องกันไม่ให้เกิดปัญหา มากกว่าที่จะพยายามสร้างความสามารถในการตรวจจับข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น เพราะการป้องกันปัญหา จะช่วยลดความสูญเสียและความเสี่ยงที่จะทำให้ลูกค้าไม่พึงพอใจได้ แต่ถ้าเน้นที่การตรวจจับข้อบกพร่อง หากความสามารถในการตรวจจับทำได้ไม่ดี ก็สร้างความเสียหายอย่างมากต่อองค์กร ซึ่งเป็นระบบที่มีความเสี่ยงอย่างมาก ดังนั้นจึงมีข้อกำหนดต่างๆ ในมาตรฐาน ISO/TS 16949:2002 ที่เน้นการป้องกันอยู่หลายข้อ ไม่ว่าจะเป็นการกำหนดให้มีการนำ FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) หรือ เทคนิคการป้องกันความผิดพลาด (Mistake Proofing) มาใช้ หรือการมุ่งเน้นให้ใช้เวลาในการวิเคราะห์ปัญหาจากลูกค้าให้น้อยที่สุด หรือการดำเนินการปฏิบัติการป้องกัน (Preventive Action) หรือการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Action) และการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ (Predictive Action) หรือการวิเคราะห์ข้อมูลโดยพิจารณาจากแนวโน้ม (Trend) ที่เกิดขึ้น สิ่งเหล่านี้ล้วนมุ่งเน้นไปที่การป้องกันการเกิดของปัญหามากกว่าการจะปล่อยให้ปัญหาเกิด และทำการตรวจให้พบในภายหลัง

ในกระบวนการวิเคราะห์ปัญหาโดยกระบวนการทาง FMEA จะเป็นการนำปัญหาต่างๆ ที่เกิดจากการผลิต นำมาหาผลกระทบที่เกิดขึ้นโดยการใช้ แผนภูมิเหตุและผล (Cause & Effect diagram) หรือการรวบรวมข้อมูลเหตุผลโดยใช้แผนภูมิก้างปลา (fish bone diagram) เพื่อวิเคราะห์ที่มาของปัญหา ส่วนผลกระทบของปัญหาจะได้จากฐานข้อมูล หรือพื้นฐานความรู้ รวมทั้งประสบการณ์การทำงานและการทดลองปัญหาต่างๆ รวมไปถึงข้อมูลการวิเคราะห์การเกิดปัญหาของลูกค้าเมื่อทำการใช้งาน ด้วยเหตุนี้การจัดทำ FMEA จึงมุ่งเน้นการป้องกันการเกิดปัญหา และป้องกันปัญหาที่เคยเกิดขึ้นแล้วไม่ให้เกิดซ้ำอีก

นอกจากการจำแนกและวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้พื้นฐานประสบการณ์แล้ว หลักการสำคัญของการทำ FMEA คือ การประชุมและระดมความคิดของสมาชิกภายในกลุ่มเพื่อให้ได้แผนการแก้ไขปัญหา นอกจากนี้เนื่องจากสมาชิก FMEA มาจากพนักงานจากทุกฝ่ายดังนั้นการมองปัญหา รวมไปถึงมุมมองในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น ย่อมจะทำได้ครอบคลุมกว่าการมองปัญหาเพียงคนเดียว การให้คะแนนแต่ละข้อก็เช่นกันจะต้องใช้ความเห็นของสมาชิกในทีม เพื่อลงความเห็นในการให้คะแนนเนื่องจากแต่ละคนจะมีแนวคิดและมุมมองในการมองปัญหาแตกต่าง

กันไป ในการระดมสมองของสมาชิกนั้นยังมีสมาชิกมากก็ยิ่งจะทำให้ได้ค่า RPN ที่ถูกต้องยิ่งขึ้น และในการกำหนดแผนการปรับปรุงกระบวนการก็จะครอบคลุมปัญหามากยิ่งขึ้น

4.3.5.๑ การวิเคราะห์ตาราง FMEA

ในการวิเคราะห์กระบวนการโดยใช้วิธีการทาง FMEA ที่อยู่ในงานวิจัยเล่มนี้ ได้ทำการรวบรวมและวิเคราะห์ปัญหาอันเกิดจากกระบวนการซัพบวงจรรวม ทั้งในส่วนที่เป็นการซัพพิดวณิกเกิด และการซัพพิดวณิกและให้คะแนนจากความเสียหายอันเกิดจากปัญหา ความถี่ของการเกิดปัญหา และสามารถป้องกันปัญหาของกระบวนการ จากนั้นนำมาหาค่า RPN และนำคะแนน RPN ที่ได้มาทำการวิเคราะห์ โดยนำปัญหาที่มีคะแนนเกิน 80 คะแนนมาทำการปรับปรุงก่อน

ตารางที่ 4.10

แสดงการปรับปรุงโดยวิธีการทาง FMEA

Process Step/Process Function	Potential failure mode	Potential Effect(s) of failure	Potential cause(s)/ Mechanism(s) of failure	Current Process Control (Preventive)	Current Process Control (Detection)	ข้อเสนอแนะในการปรับปรุง
การซัพพิดวณิกเกิด การซัพพิดวณิกด้วยไฟฟ้าลงบนแผ่นทองแดง	การลอกกระหว่างแผ่นทองแดงกับผิวฉนวน	การทดสอบคุณสมบัติของการซัพพิดวณิกไม่ผ่าน	การยึดติดของการซัพพิดวณิกไม่ดีเนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีเกิดการผิดปรกติ	วิเคราะห์คุณภาพของสารเคมีก่อนการผลิต	1) การทดสอบด้วยเทป 2) การทดสอบด้วยการตัดชิ้นงาน 90 องศา 3) การตรวจสอบคุณภาพชิ้นงานโดยพนักงานฝ่ายผลิต 4) การสุ่มตรวจสอบคุณภาพโดยพนักงานตรวจสอบคุณภาพ	ทำการตรวจสอบและควบคุมค่าความบริสุทธิ์ของสารเคมีที่ใช้ในการซัพพิดวณิก
		เกิดออกไซด์เมื่อนำไปใช้งาน	มีความสกปรกเจือปนจากวัตถุดิบ	มีการตรวจสอบวัตถุดิบก่อนนำมาใช้	1) การทดสอบด้วยเทป 2) การทดสอบด้วยการตัดชิ้นงาน 90 องศา 3) การตรวจสอบคุณภาพชิ้นงานโดยพนักงานฝ่ายผลิต 4) การสุ่มตรวจสอบคุณภาพโดยพนักงานตรวจสอบคุณภาพ	ทำการกำจัดส่วนที่เป็นบ่อสารเคมีว่างโดยการใส่น้ำลงในบ่อเคมีที่ว่าง
กระบวนการซัพพิดวณิก การซัพพิดวณิกแผ่นทองแดงด้วยดีบุก	ดีบุกหลอมไม่เกาะกับแผ่นทองแดง	ลูกคำเกิดปัญหาไม่สามารถนำงานไปใช้ได้	ดีบุกมีการหลอมเหลวเนื่องจากแหล่งความร้อนในเครื่องจักรเช่น รอยเยอร์ มีความร้อนมากกว่าจุดหลอมเหลวของดีบุก	การตรวจสอบอุณหภูมิของรอยเยอร์ทุกวันก่อนการผลิต	1) ตรวจสอบระดับอุณหภูมิของรอยเยอร์ทุกกะ 2) พนักงานฝ่ายคุณภาพสุ่มตรวจสอบอุณหภูมิของรอยเยอร์ทุกวัน	เพิ่มเซ็นเซอร์ควบคุมความร้อนและตั้งค่าควบคุมให้เหมาะสมขึ้น
	ดีบุกลอกหลังจากการซัพพิดวณิก	ลูกคำเกิดปัญหาไม่สามารถนำงานไปใช้ได้	การยึดเกาะของดีบุกไม่ดี เนื่องจากพื้นผิวของทองแดงมีความสกปรก	การตรวจสอบอุณหภูมิของรอยเยอร์ทุกวันก่อนการผลิต	1.การวัดค่าไอออนิคคอนแทกเมนต์ในชิ้น 2.การทดสอบผ่านอุณหภูมิสูงไออาร์ไฟร์	ทำการเพิ่มความเข้มข้นรวมทั้งเวลาในการทำความสะอาดให้มากยิ่งขึ้น
	ความหนาของการซัพพิดวณิกนอกค่าควบคุม	ลูกคำเกิดปัญหาไม่สามารถนำงานไปใช้ได้/กระบวนการขึ้นรูปงานมีปัญหา	กระแสไฟฟ้าเกิดการแปรผันทำให้ความหนาเกิดความผิดปรกติ	1)การทำความสะอาดขั้วกระแสไฟฟ้า 2)การตรวจสอบระบบการจ่ายไฟและการทวนสอบค่าการจ่ายกระแสไฟฟ้า 3)การกำหนดค่ามาตรฐานค่าการจ่ายกระแสไฟฟ้า 4)ระบบการเก็บอุปกรณ์สำรองเพื่อเปลี่ยนได้ทันทีเมื่อเกิดปัญหา	1) ตรวจสอบคุณภาพงานโดยพนักงาน 2)พนักงานคุณภาพสุ่มตรวจสอบงาน 3)การวัดค่าความหนาของการซัพพิดวณิก	ทำการปรับค่าควบคุมให้แคบมากขึ้น และเพิ่มการตรวจสอบกระแสไฟฟ้าก่อนทำการผลิตแต่ละครั้ง การทำ DOE เพื่อควบคุมการหนาของการซัพพิดวณิก

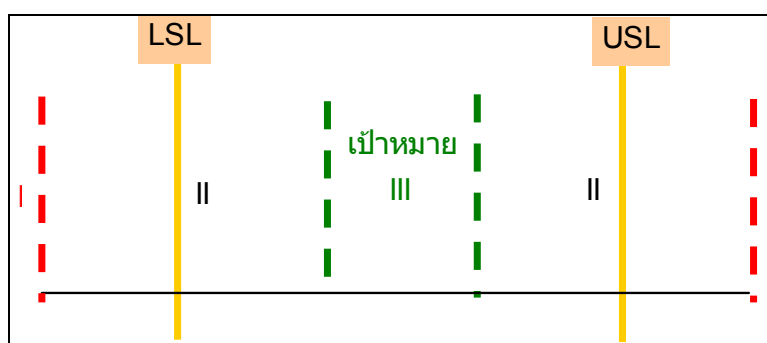
จากปัจจัยต่างๆ เหล่านี้เราสามารถศึกษาองค์ประกอบของกระบวนการชุบ โดยพิจารณาจากองค์ประกอบโดยรวมของการผลิตเพื่อวางแผนในการปรับปรุงประสิทธิภาพของการผลิต ให้บรรลุเป้าหมาย 99.98%

ความคาดหวังทางการเงินที่จะได้รับจากการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยวิธีการทาง ชิกชิกมา จากข้อมูลทางการผลิตปี 2007 มีการผลิตงานทั้งหมด 112, 532,265 ชิ้น และมีเปอร์เซ็นต์ของผลได้เฉลี่ย 99.93% หากสามารถลดของเสียได้ตามเป้าหมาย โดยได้เปอร์เซ็นต์ของผลได้เฉลี่ยเท่ากับ 99.98% โดยที่ราคาต่อชิ้นของชิ้นงานวงจรรวมเท่า 1.25 USD จะมีมูลค่าเท่ากับ 70,332.66 USD/ปี

4.4 การตรวจวัดปัญหา (Measurement Phase)

การตรวจวัดปัญหามีความสำคัญกับกระบวนการผลิต เนื่องจากเป็นเครื่องมือในการตรวจสอบความผิดพลาดต่างๆ ที่เกิดขึ้น โดยจะใช้ข้อกำหนดของลูกค้าเป็นตัวเปรียบเทียบถึงการยอมรับที่จะใช้ผลิตภัณฑ์ เราสามารถนำระบบการวัดมาใช้ในการตรวจสอบและควบคุมระบบการผลิต และยังใช้เพื่อระบุปัญหาหรือความผิดปกติในการผลิต การวิเคราะห์หาสาเหตุความผิดปกติได้จากสภาวะออกนอกการควบคุม และยังเป็นการนำไปสู่การออกแบบการแก้ปัญหาอีกด้วย

การควบคุมกระบวนการผลิตจำเป็นต้องอาศัยการตัดสินใจจากข้อมูลการวัด ดังนั้นการเลือกใช้ข้อมูลที่ไม่ถูกต้องหรือข้อมูลที่มีความคลาดเคลื่อนสูง จะทำให้ความแม่นยำในการวิเคราะห์ปัญหา และการแก้ไขปัญหาลดลง



ภาพที่ 4.22

แสดงลักษณะด้านคุณภาพ

การตัดสินใจเกี่ยวกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์เปรียบเทียบกับข้อกำหนดเฉพาะของลูกค้าหรือสเปค สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 โชน คือ

โชน 1 ผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ถูกตัดสินว่าบกพร่องเสมอ

โชน 2 ผลิตภัณฑ์ที่กำลัง ทำให้ตัดสินใจผิด

โชน 3 ผลิตภัณฑ์ที่ถูกยอมรับว่าดีเสมอ

ขั้นตอนการตรวจสอบการวัดปัญหา จึงมีความสำคัญ และมีส่วนทำให้กระบวนการตรวจสอบและควบคุมระบบการผลิตดีขึ้น เนื่องจากจะตัดปัจจัยที่ผิดปกติจากการวัดผิดพลาด ซึ่งจะนำมาซึ่งข้อมูลที่ไม่ตรงตามความเป็นจริงและทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของข้อมูล และมีผลให้การวิเคราะห์และการแก้ไขปัญหาคลาดเคลื่อนออกไปจากความเป็นจริง ดังนั้น เป้าหมายของการตรวจวัดปัญหา คือ การเน้นการตรวจสอบและปรับปรุงความคลาดเคลื่อนต่างๆ ของการวัด เพื่อให้สามารถนำข้อมูลมาปรับปรุง เพื่อให้คุณลักษณะด้านคุณภาพเข้าใกล้เป้าหมาย คือ พื้นที่โชนสามมากที่สุด

การอธิบายการเกิดของเสียในกระบวนการชุบ จะทำการศึกษา และปรับปรุงปัญหาของ Damage lead, Solder Residue และ Contamination: ซึ่งมีสภาพความรุนแรงสูงที่สุด หากทำการปรับปรุงได้จะทำให้ของเสียเนื่องจากกระบวนการชุบลดลงได้ 80.5% (Damaged lead 43.4%, Solder Residue 22.6% และ Contamination 14.6%)

ตารางที่ 4.11

ตารางแสดงสัดส่วนร้อยละการเกิดของเสียในระบบการชุบก่อนการปรับปรุงเดือน ส.ค'08

Item	Defect Type	Defect rate (PPM)	Defect (%)
1	Damaged lead	125	43.4
2	Solder residue	65	22.6
3	Contamination	42	14.6
4	Expose copper	17	5.9
5	Mold flash	10	3.5

Item	Defect Type	Defect rate (PPM)	Defect (%)
6	Solder Bridging	9	3.1
7	Discoloration	8	2.8
8	Solder blister	6	2.1
9	Solder Crack	5	1.7
10	Whisker	1	0.3

จากตารางของการระบุสัดส่วนของเสียเนื่องจากการผลิต จะสามารถวิเคราะห์กระบวนการที่มีอิทธิพลในการก่อให้เกิดความสูญเสียเนื่องจากการผลิต ซึ่งวิธีการที่จะได้มาคือการสร้าง แผนภูมิเหตุและผล (Cause & Effect Diagram) วิธีการนี้เป็นการให้คะแนนแก่กระบวนการต่างๆ ที่เป็นต้นเหตุให้เกิดของเสียแต่ละชนิด ในการให้คะแนนจะทำการ ลงคะแนน โดยกลุ่มผู้ทำการปรับปรุงการผลิต ซึ่งประกอบด้วยฝ่ายที่เกี่ยวข้อง เช่น ฝ่ายผลิต ฝ่ายคุณภาพ และฝ่ายซ่อมบำรุง เพื่อให้เป็นการให้คะแนนที่ถูกต้อง และมีหลักการเนื่องจากมีบุคลากรแต่ละฝ่ายทำการตัดสินใจ จึงทำให้การให้คะแนนตรงกับความเป็นจริง

ซึ่งกระบวนการหลักที่ใช้ในการทำ แผนภูมิเหตุและผล (Cause & Effect Diagram) มีดังนี้

1. กระบวนการทำความสะอาดก่อนการชุบ (Pretreatment)
2. กระบวนการชุบด้วยไฟฟ้า (Electroplating)
3. กระบวนการทำความสะอาดหลังการชุบ (Post Cleaning)
4. กระบวนการทำความสะอาดสายพานลำเลียงงาน (Belt Cleaning)

วัตถุประสงค์ของการจัดทำตาราง Cause & Effect Diagram คือ เพื่อค้นหากระบวนการผลิตที่จำเป็นต้องปรับปรุงอย่างเร่งด่วน ตาราง C&E นี้เป็นการรวบรวมข้อมูลโดยให้คะแนนความมีอิทธิพลของแต่ละกระบวนการที่มีผลต่อการเกิดของเสีย คะแนนที่กำหนดขึ้นจะประกอบด้วย ระดับ 0-10 ซึ่ง 0 คือ กระบวนการนั้นมีผลต่อการเกิดของเสียน้อย และ 10 คือ กระบวนการนั้นมีผลต่อการเกิดของเสียมากที่สุด เมื่อทำการลงคะแนนโดยทีมปรับปรุงคุณภาพแล้วจะทำการหาคะแนนสุทธิของกระบวนการย่อย คือ

$$W = S \times P$$

W คือ น้ำหนักคะแนนของการเกิดของเสียในแต่ละกระบวนการ

S คือ คะแนนความสามารถของกระบวนการที่ทำให้เกิดของเสีย

P คือ จำนวนร้อยละของเสียที่เกิดขึ้น

ตารางที่ 4.12

แสดงหลักการให้คะแนนที่ใช้กับ แผนภูมิเหตุและผล (Cause & Effect diagram)

การตัดสินให้คะแนน	ระดับคะแนน
กระบวนการผลิตนั้นไม่มีอิทธิพลที่ทำให้เกิดของเสียที่ระบุไว้	0
กระบวนการผลิตนั้นมีอิทธิพลที่ทำให้เกิดของเสียที่ระบุไว้ 0-10%	1
กระบวนการผลิตนั้นมีอิทธิพลที่ทำให้เกิดของเสียที่ระบุไว้ >10-20%	2
กระบวนการผลิตนั้นมีอิทธิพลที่ทำให้เกิดของเสียที่ระบุไว้ >20-30%	3
กระบวนการผลิตนั้นมีอิทธิพลที่ทำให้เกิดของเสียที่ระบุไว้ >30-40%	4
กระบวนการผลิตนั้นมีอิทธิพลที่ทำให้เกิดของเสียที่ระบุไว้ >40-50%	5
กระบวนการผลิตนั้นมีอิทธิพลที่ทำให้เกิดของเสียที่ระบุไว้ >50-60 %	6
กระบวนการผลิตนั้นมีอิทธิพลที่ทำให้เกิดของเสียที่ระบุไว้ >60-70%	7
กระบวนการผลิตนั้นมีอิทธิพลที่ทำให้เกิดของเสียที่ระบุไว้ >70-80%	8
กระบวนการผลิตนั้นมีอิทธิพลที่ทำให้เกิดของเสียที่ระบุไว้ >80-90%	9
กระบวนการผลิตนั้นมีอิทธิพลที่ทำให้เกิดของเสียที่ระบุไว้ >90-100%	10

ตารางที่ 4.13

แสดงตารางแผนภูมิเหตุและผล (Cause& Effect Diagram)

		Damaged lead	Solder residue	Contamination	Expose copper	Mold flash	Solder Bridging	Discoloration	Solder blister	Solder Crack	Whisker		
	สัดส่วนของเสีย	43.4	22.6	14.6	5.9	3.5	3.1	2.8	2.1	1.7	0.3		
กระบวนการหลัก	กระบวนการย่อย											รวม	
1.กระบวนการทำความสะอาดก่อนการชุบ	การตั้งค่าเครื่องจักร	6	4	1	0	0	0	3	0	0	0	373.2	1263.2
	การใส่งานลงในเครื่อง	4	0	4	0	0	0	2	0	0	0	237.2	
	การขบงานในส่วนล่างครีบ(Mold flash)	5	0	3	3	6	0	0	0	0	0	299	
	การชุบในบ่อล้างคราบไขมัน	1	0	3	0	0	0	5	0	0	0	101.1	
	การชุบในบ่อล้างสนิมทองแดง	2	5	3	0	0	3	0	0	0	0	252.7	
2.กระบวนการชุบด้วยไฟฟ้า	การชุบนี้เกิ้ล	2	4	4	0	0	0	6	0	0	0	252.2	1271.6
	การล้างคราบนี้เกิ้ลส่วนเกิน	3	0	4	0	0	0	0	0	0	0	188.3	
	การเตรียมผิวชุบด้วยกรดอ่อน	2	0	3	0	0	0	6	0	0	0	147.2	
	การชุบด้วยดีบุก	7	7	8	6	0	7	8	6	7	6	683.9	
3.กระบวนการทำความสะอาดหลังการชุบ	การปรับสภาพความเป็นกลาง	3	0	0	0	0	0	8	0	0	0	152.3	585.5
	การล้างด้วยน้ำร้อน	0	0	5	0	0	0	6	0	0	0	89.8	
	การอบแห้ง	0	0	4	0	0	0	5	0	0	0	72.4	
	การนำงานออกจากเครื่อง	6	0	0	0	0	0	4	0	0	0	271	
4.กระบวนการทำความสะอาดสายพานลำเลียงงาน	การล้างคราบดีบุกบนสายพาน	4	5	0	0	0	5	0	0	0	0	301.7	675.8
	การล้างคราบนิกเกิลบนสายพาน	4	5	0	0	0	5	0	0	0	0	301.7	
	การเป่าสายพานแห้ง	0	0	4	0	0	0	5	0	0	0	72.4	

จากการคำนวณอิทธิพลของกระบวนการ ที่มีผลต่อการเกิดปัญหาคุณภาพ ทำให้สามารถวิเคราะห์กระบวนการที่มีอิทธิพลต่อการเกิดของเสียเนื่องจากกระบวนการผลิต ดังนั้นระดับคะแนนรวมของ แผนภูมิเหตุและผล (Cause& Effect Diagram) จึงสามารถระบุถึงกระบวนการที่ต้องการการปรับปรุงและแก้ไขเป็นอันดับแรก เพื่อทำให้มีการลดของเสียมากที่สุด ดังแสดงในแผนภูมิเหตุและผล (Cause& Effect Diagram) สามารถเรียงลำดับของอิทธิพลจากมากไปหาน้อยได้ ดังนี้

ตารางที่ 4.14

แสดงตารางสรุปคะแนน แผนภูมิเหตุและผล (Cause& Effect Diagram)

กระบวนการผลิต	คะแนนสุทธิรวมจากตาราง C&E diagram
1.กระบวนการชุบด้วยไฟฟ้า (Electroplating)	1271.6
2.กระบวนการทำความสะอาดก่อนการชุบ (Precleaning)	1263.2
3.กระบวนการทำความสะอาดสายพานลำเลียงงาน (Belt Cleaning)	675.8
4.กระบวนการทำความสะอาดหลังการชุบ (Post Cleaning)	585.5

จากข้อมูลการสรุปจากตาราง C&E diagram พบว่า กระบวนการที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาคุณภาพมากที่สุด คือ กระบวนการชุบด้วยไฟฟ้า (Electroplating) มีคะแนนเท่ากับ 1271.6 คะแนน และกระบวนการที่มีผลเป็นอันดับสอง คือ กระบวนการทำความสะอาดก่อนการชุบ (Precleaning) มีคะแนนเท่ากับ 1263.2 คะแนน ในการปรับปรุงกระบวนการจะทำการปรับปรุง กระบวนการที่ส่งผลกระทบต่อมากที่สุด เนื่องจากจะสามารถแก้ไขปัญหาต่างๆ ได้อย่างครอบคลุม ดังนั้นสิ่งที่คาดหวังจากการปรับปรุงกระบวนการชุบด้วยไฟฟ้า (Electroplating) คือ ผลลัพธ์ของอัตราร้อยละผลประโยชน์ ควรจะได้ผลลัพธ์ตามเป้าหมายหรือใกล้เคียง หากยังไม่ถึงเป้าหมายจึงทำการปรับปรุงกระบวนการในอันดับต่อไป

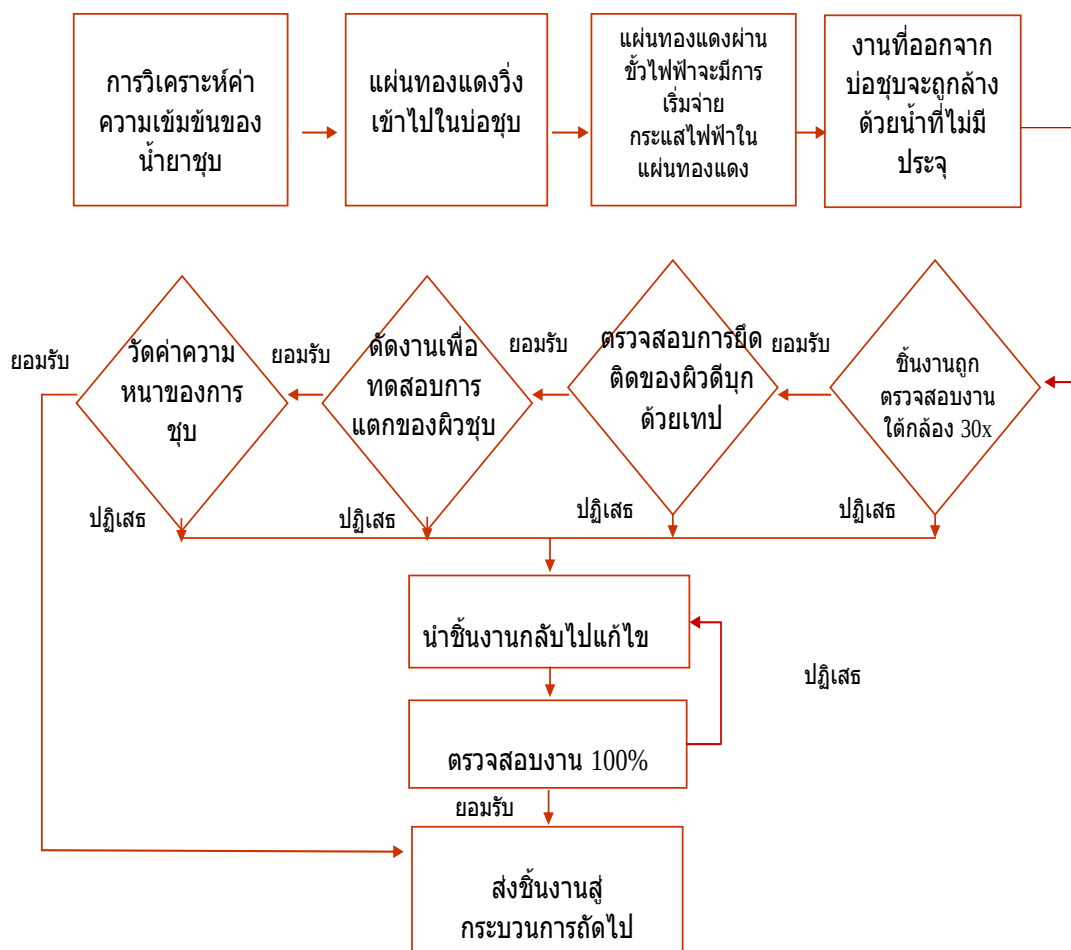
4.4.1 แผนผังมหภาค (Macro process map)

ในส่วนของแผนที่กระบวนการจะเป็นการแสดงให้เห็นถึงเส้นทางการไหลของการผลิต โดยเริ่มตั้งแต่กระบวนการรับวัตถุดิบ จนถึงกระบวนการส่งมอบให้กับลูกค้า เพื่อแสดงให้เห็นภาพรวมของการผลิต และสามารถเข้าไปหาจุดมุ่งหมายของการปรับปรุงได้อย่างดี แผนที่กระบวนการประกอบด้วยหลักการทำงานของกระบวนการชุบ การชุบดีบุกบนแผ่นทองแดง โดยใช้กระแสไฟฟ้ามีขั้นตอนการทำงานและขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพดังนี้

- การวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของน้ำยาชุบ
- แผ่นทองแดงวิ่งเข้าไปในบ่อชุบ
- เมื่อแผ่นทองแดงผ่านขั้วไฟฟ้าจะมีการเริ่มจ่ายกระแสไฟฟ้าในแผ่นทองแดง
- ขึ้นแผ่นทองแดงจะวิ่งไปกับสายพานลำเลียงงานด้วยความเร็วคงที่
- ขึ้นทองแดงจะวิ่งผ่านน้ำยาเคมีในช่วงระยะเวลาหนึ่งด้วยเวลาที่ที่กำหนดไว้

- งานที่ออกจากบ่อชุบจะถูกล้างด้วยน้ำที่ไม่มีประจุ
- ชิ้นงานถูกตรวจสอบงานได้กล้อง 30x
- ชิ้นงานถูกตรวจสอบการยึดติดของผิวดีบุกด้วยการเทป
- การตรวจสอบงานด้วยการใช้เครื่องัดงานเพื่อทดสอบการแตกของผิวชุบ
- การวัดค่าความหนาของการชุบเพื่อให้ได้ความหนาตามกำหนดของลูกค้าความหนาของการชุบที่ทำการควบคุมคือ 300-800 ไมโครอินซ์
- การวัดค่าประจุสะสมบนผิวงานซึ่งมีการควบคุมค่าไม่เกิน 10 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
- ส่งชิ้นงานสู่กระบวนการถัดไป

ปฏิเสธ



ภาพที่ 4.23

แผนผังมหภาคกระบวนการชุบ (Macro Process Map)

4.4.2 การวิเคราะห์ค่า Gauge repeat & Reproduce (GR&R) ของกระบวนการชุบ

ตารางที่ 4.15

แสดงการทดสอบการวัดความหนาของการชุบโดยวิธี GR&R

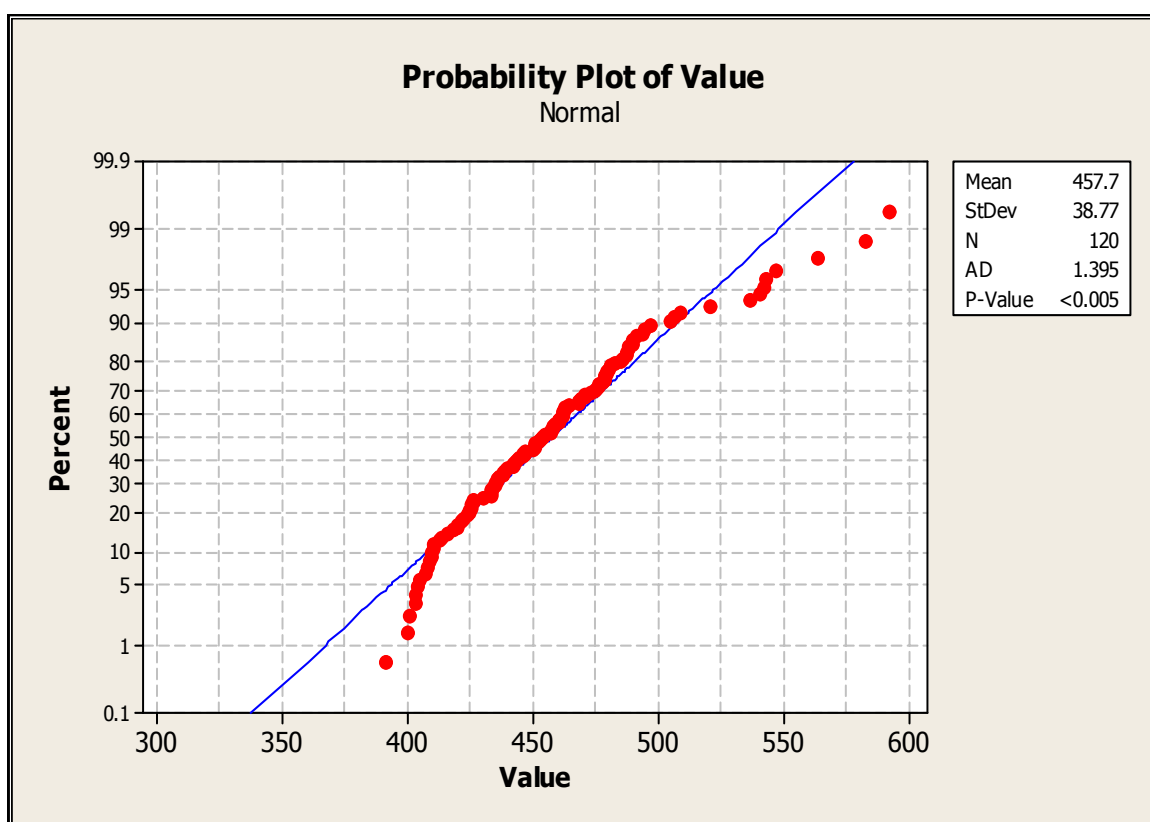
ชิ้นงานที่	พนักงานคนที่ 1			พนักงานคนที่ 2		
	การวัดค่าครั้งที่ 1.	การวัดค่าครั้งที่ 2.	การวัดค่าครั้งที่ 3.	การวัดค่าครั้งที่ 1.	การวัดค่าครั้งที่ 2.	การวัดค่าครั้งที่ 3.
1	446.57	436.62	410.05	407.95	424.00	418.58
2	542.65	563.56	506.41	540.34	591.87	521.02
3	446.57	536.62	410.05	435.42	480.75	497.36
4	480.07	410.78	488.52	438.16	415.86	425.68
5	426.16	446.85	435.83	462.55	478.69	408.99
6	478.69	508.99	478.99	426.68	461.95	490.00
7	433.32	452.73	407.19	453.82	403.86	485.88
8	435.20	422.22	405.37	457.49	487.45	434.21
9	470.59	438.16	401.19	442.94	450.51	458.89
10	413.61	430.05	403.66	460.80	453.79	439.27
11	403.99	443.84	461.67	450.79	468.56	420.08
12	487.80	413.00	476.73	457.59	450.75	485.25
13	474.87	542.16	400.54	475.68	494.02	446.71
14	476.53	451.03	473.25	546.75	463.05	582.61
15	433.39	479.57	482.59	478.20	470.86	462.13
16	458.38	442.62	424.60	504.66	391.34	479.86
17	453.68	425.38	410.72	436.19	468.49	494.68
18	490.21	433.28	469.47	444.88	460.15	455.29
19	488.56	419.78	460.63	421.52	433.92	439.81
20	462.13	458.38	442.62	424.60	464.66	491.34

การวิเคราะห์ระบบการวัดในส่วนนี้จะเป็นการทดสอบเกี่ยวกับการวัดความหนาของพื้นผิวดีบุกซึ่งการทดสอบการวัดความหนาของการชุบโดยวิธี Gauge repeat & Reproduce (GR&R) ได้วางแผนทำการทดสอบไว้ดังต่อไปนี้

- ทำการวัดความหนาของพื้นผิวดีบุกโดยวัดข้อมูลของชิ้นงาน 20 ชิ้นงาน
- เปรียบเทียบการวัดของพนักงานสองคนที่มีหน้าที่วัดชิ้นงาน
- ทำการวัดซ้ำ 3 ครั้งในแต่ละคน (3 replicate) เพื่อตรวจสอบระบบการวัดของแต่ละบุคคลว่าเกิดปัญหาหรือไม่

ในการวัดค่าความหนาของพื้นผิวดีบุกจะใช้เครื่องมือวัดชื่อ XRF Measurement Machine ซึ่งใช้หลักการยิงลำแสง X-ray จากนั้นจึงใช้หลักการสะท้อนของแสงเพื่อวัดความหนา โดยจะมีการคายพลังงานที่แตกต่างกันเมื่อลำแสง X-ray ตกกระทบที่พื้นผิวของโลหะที่แตกต่างกัน หรือในความหนาของโลหะที่ต่างกันจะมีการคายพลังงานที่ต่างกันเช่นกัน

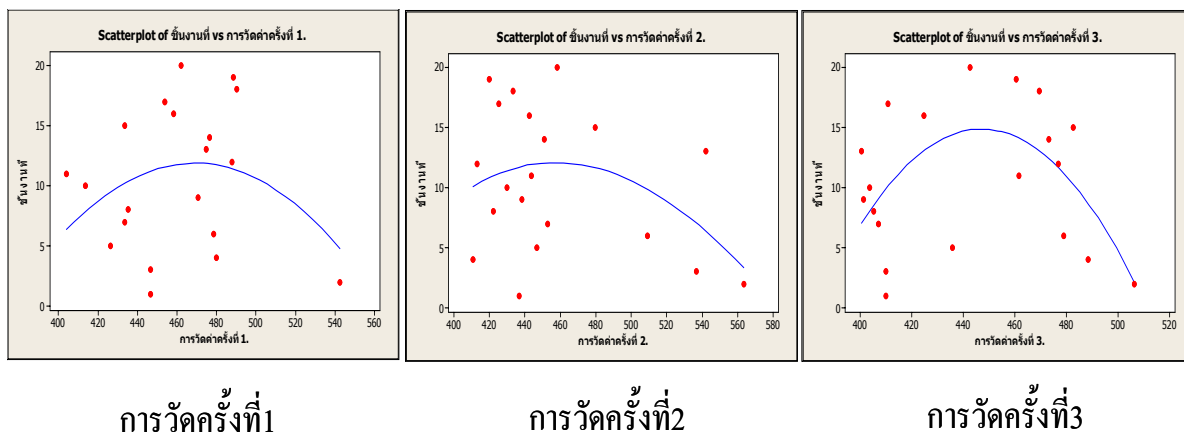
การทำการทดสอบการวัดความหนาของการชุบโดยวิธี GR&R เป็นการวัดค่าความแปรผันจากค่าวัดจริงของชิ้นงานแบบซ้ำๆ ภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน ในขั้นตอนการศึกษาจะวิเคราะห์ GR&R โดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ซึ่งจะทำให้สามารถวิเคราะห์ว่าพนักงานที่ทำหน้าที่ในการวัดชิ้นงานเป็นสาเหตุของการแปรผันหรือไม่ และยังสามารถศึกษาความผันแปรของตัวแปรร่วมว่าทำให้เกิดการแปรผันของการวัดหรือไม่ เครื่องมือวิเคราะห์การวัดความหนาของการชุบโดยวิธี GR&R จะใช้โปรแกรมมินิแทบ (Minitab) เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลระบบการวัด และตรวจจับความแปรผันของกระบวนการ โดยการวิเคราะห์การวัดโดยวิธี GR&R จะถูกใช้เพื่อปรับปรุงการวัดเพื่อให้ระบบการวัดมีการปรับปรุง เพื่อให้ข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบและควบคุมการผลิตมีความถูกต้องและแม่นยำสามารถนำมาใช้แก้ปัญหาในการผลิตได้ และยังเป็น การสอบเทียบเพื่อให้ได้ข้อมูลความหนาของพื้นผิวดีบุก เพื่อควบคุมให้ได้ความหนาตามที่ลูกค้ากำหนด (Thickness Specification)



ภาพที่ 4.24

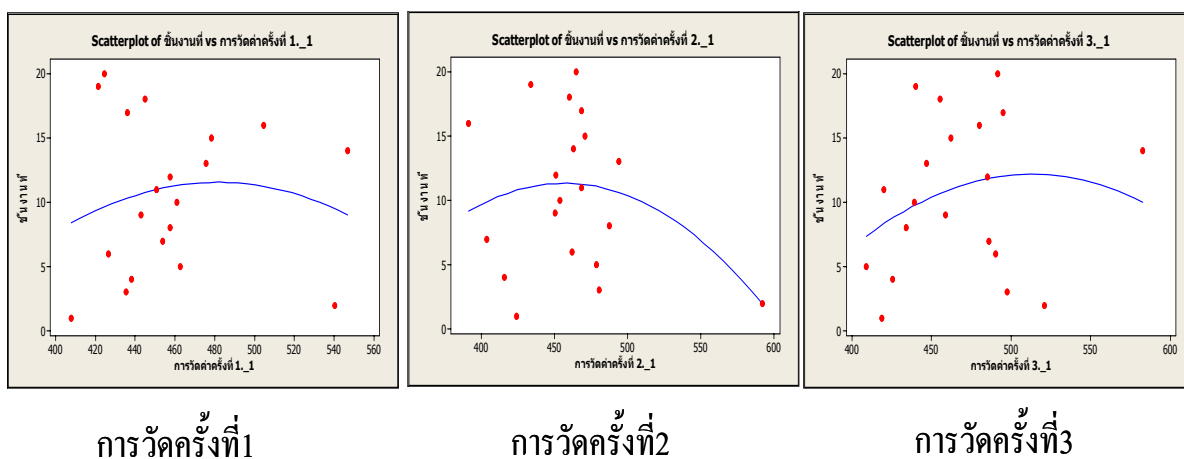
แสดง Probability plot of value

Probability Plot of Value คือ การตรวจสอบการกระจายตัวของข้อมูลของการระบบการวัด จุดบนกราฟมีการเรียงตัวเป็นเส้นตรง โดยที่ P-value มีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าเศษเหลือ (Residue) มีการกระจายตัวแบบปกติ โดยค่าเฉลี่ยของข้อมูลในการวัดมีค่าเท่ากับ 457.7 microinch



ภาพที่ 4.25

แสดงการกระจายตัวของข้อมูลการวัดของพนักงานคนหนึ่งที่



ภาพที่ 4.26

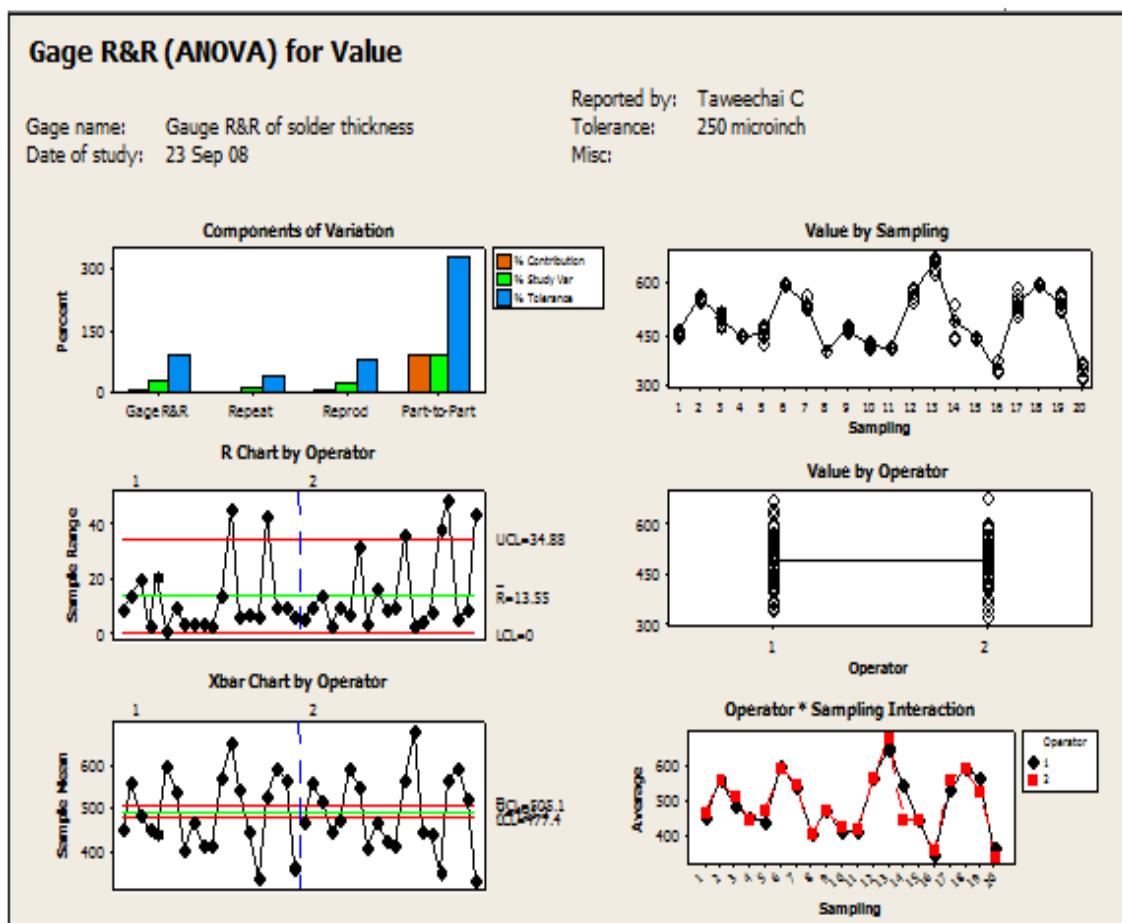
การกระจายตัวของข้อมูลการวัดของพนักงานคนที่สอง

จากจุดบนแผนภาพ การกระจายของการวัดข้อมูลของพนักงานที่ทำการวัดความหนาของการชุบดีบุกทั้ง 2 คนไม่ปรากฏความสัมพันธ์เด่นชัดของการวัดทั้งสามครั้ง เส้นสมการถดถอยไม่สามารถแสดงแนวโน้มของแผนภูมิการกระจาย แสดงว่าจำนวนในการวัดความหนาของการชุบดีบุกไม่มีผลต่อความหนาของการชุบดีบุก การวัดข้อมูลซ้ำของพนักงานแต่ละคน มีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการวัด เมื่อทำการวิเคราะห์โดยวิธี GR&R โดยใช้ วิธีการ ANOVA จะทำให้สามารถจำแนกสาเหตุของการคลาดเคลื่อนออกมาได้

ตาราง 4.16

แสดงค่าการวัดเปรียบเทียบของพนักงานวัดทั้งสองคน

ข้อมูลการวัดของพนักงานคนที่หนึ่ง		
การวัดครั้งที่	ค่ากลุ่มการกระจายเฉลี่ย (micro inch)	ค่าความหนาเฉลี่ยของ การวัด (micro inch)
วัดครั้งที่ 1	460 micro inch	448.33 micro inch
วัดครั้งที่ 2	440 micro inch	
วัดครั้งที่ 3	445 micro inch	
ข้อมูลการวัดของพนักงานคนที่สอง		
วัดครั้งที่ 1	440 micro inch	451.67 micro inch
วัดครั้งที่ 2	455 micro inch	
วัดครั้งที่ 3	460 micro inch	



ภาพที่ 4.27

การวิเคราะห์ GR&R ของการชุบตีบุกโดยวิธี ANOVA

1. Component of variation

แสดงการวัดข้อมูลความหนาของการชุบที่มีการเลือกชิ้นงานเพื่อวัดค่าแบบสุ่ม ดังนั้น ความแตกต่างระหว่างชิ้นงาน (Part to Part) จึงมีค่าสูง ค่า Repeat และ Reproduce มีความแปรปรวนความแตกต่างกันน้อย แสดงถึงการวัดค่าชิ้นงานที่แตกต่างกันและมีผลทำให้การวัดคาดเคลื่อน ดังนั้นต้องมีการปรับปรุงเพื่อลดความคาดเคลื่อนในการวัดค่าความหนาของแต่ละชิ้นงาน

2. R-Chart by Operator

กราฟ R-Chart by Operator จะเป็นส่วนที่แสดงความสามารถในการแยกความแตกต่างกันของการวัดข้อมูล ซึ่งในกลุ่มข้อมูลที่ทำกรวัดนี้ มีแนวโน้มของข้อมูลที่ไม่สามารถคาดเดาแนวโน้มของข้อมูลได้ซึ่งแสดงถึงระบบการวัดมีคุณสมบัติในการแยกข้อมูลได้ดี

3. X-bar by operator

กราฟ X-bar ของการวัดค่าความหนาของการชุบ แสดงให้เห็นถึงข้อมูลการแปรผันของการวัดมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับความแปรผันของระบบการผลิต และแสดงถึงข้อมูลเฉลี่ยของการวัดชิ้นงานแต่ละชิ้น

4. Value by sampling

คือ กราฟแสดงความหนาของการชุบในแต่ละชิ้นงาน จะพบว่าในบางชิ้นงานมีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการวัดชิ้นงาน ชิ้นเดียวกัน เช่นชิ้นงานที่ 14 และ 17 เกิดความคลาดเคลื่อนในการวัดอย่างชัดเจน ส่วนค่าความหนาของชิ้นงานอื่นๆ มีค่าใกล้เคียงกัน

5. Value by operator

เป็นกราฟแสดงการกระจาย ของค่าความหนาของการชุบดิบๆ เมื่อเทียบกับระหว่างพนักงานวัดทั้งสองคน โดยค่าความหนาในการวัดเฉลี่ยของพนักงานทั้งสองคนใกล้เคียงกัน

6. Operator*Sampling Interaction

คือ กราฟแสดงการมีอิทธิพลร่วมของพนักงานและการวัดข้อมูล ซึ่งกราฟ 2 เส้นตัดกัน: แสดงถึงการเปลี่ยนชิ้นงานมีผลต่อพนักงานในการวัด

Gage R&R Study - ANOVA Method

Gage R&R for Value

Gage name: Gauge R&R of solder thickness
 Date of study: 23 Sep 08
 Reported by: Taweechai C
 Tolerance: 250 microinch
 Misc:

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Sampling	19	806759	42461.0	31.4952	0.000
Operator	1	0	0.5	0.0003	0.985
Sampling * Operator	19	25615	1348.2	13.3594	0.000
Repeatability	80	8073	100.9		
Total	119	840448			

Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	516.67	7.01
Repeatability	100.92	1.37
Reproducibility	415.75	5.64
Operator	0.00	0.00
Operator*Sampling	415.75	5.64
Part-To-Part	6852.14	92.99
Total Variation	7368.81	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)	%Tolerance (SV/Toler)
Total Gage R&R	22.7303	136.382	26.48	54.55
Repeatability	10.0457	60.274	11.70	24.11
Reproducibility	20.3900	122.340	23.75	48.94
Operator	0.0000	0.000	0.00	0.00
Operator*Sampling	20.3900	122.340	23.75	48.94
Part-To-Part	82.7776	496.666	96.43	198.67
Total Variation	85.8418	515.051	100.00	206.02

Number of Distinct Categories = 5

Gage R&R for Value

ภาพที่ 4.28

แสดงการวิเคราะห์การวัดโดยวิธี GR&R

จากตารางแสดงการวิเคราะห์การวัดโดยวิธี GR&R ผลการวิเคราะห์ ดังต่อไปนี้

1. ค่า Number of Distinct Categories มีค่าเท่ากับ 5 ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ที่ระบบการวัดมีคุณสมบัติแยกข้อมูลที่วัดได้เป็น 5 ความแตกต่างกันซึ่งเกณฑ์ขั้นต่ำที่ยอมรับได้อยู่ที่ 5 แสดงว่าข้อมูลที่ได้จากระบบการวัดใช้ประมาณค่าความผันแปรของกระบวนการได้

2. ความผันแปรจากตัวอย่าง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลทั้งหมดมีค่า 85.8418 micro inch และเป็นความเบี่ยงเบนมาตรฐานจากชิ้นงาน (Part-To-Part) 82.7776 micro inch และเป็นความเบี่ยงเบนมาตรฐานจากระบบการวัด (Total Gage R&R) 22.7323 micro inch

3. เมื่อประเมินผลเทียบกับความผันแปรของกระบวนการ (% SV) จะพบว่าถ้าความผันแปรของกระบวนการที่ประเมินได้จากข้อมูลวัดทั้งหมดเท่ากับ 100 micro inch แล้วจะเป็นความผันแปรจากสาเหตุกระบวนการผลิต 92.99 micro inch และความผันแปรจากระบบการวัด 7.01 micro inch โดยแบ่งเป็นความผันแปรจากสาเหตุ repeatability 1.37 micro inch และ reproducibility 5.64 micro inch และมาตรฐานการวัดที่กำหนดให้ยอมรับได้สำหรับระบบการวัดคือ ความผันแปรจากระบบการวัดต่ำกว่า 30%

4. เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนทั้งหมด (% Contribution) พบว่าความแปรปรวนจากการวัดเป็น 7.01% ซึ่งเกณฑ์ขั้นต่ำที่จะยอมรับระบบการวัด คือ ค่าความแปรปรวนที่ต่ำกว่า 9% จากการวิเคราะห์ระบบการวัดในส่วนนี้แล้วสามารถสรุปได้ว่า ระบบการวัดในส่วนกระบวนการวัดค่าความหนาของการชุบดีบุก ซึ่งก็คือ ค่าความหนาของการชุบดีบุก สามารถเชื่อถือได้ดังนั้นการใช้เครื่องมือวัดอย่างที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน สามารถเชื่อมั่นได้ แต่ค่า P ของ Operator มีค่ามากกว่า 0.05 แสดงว่าเกิดปัญหาที่คนวัดค่าได้แตกต่างกันดังนั้นจึงต้องจัดตั้งแผนการปรับปรุงการวัดเพื่อให้ได้ข้อมูลการวัดที่ถูกต้อง

4.4.3 แผนการการปรับปรุงกระบวนการวัด (Measurement improvement)

1. ให้การอบรมพนักงานเพื่อปรับปรุงระบบการวัดทำการสอนงาน เพื่อความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับการวัดเพื่อให้วัดค่าในจุดวัดที่เหมาะสม และเพื่อป้องกันข้อบกพร่องต่างๆ ที่จะทำให้การวัดเกิดความผิดพลาด

2. กำหนดจุดที่ใช้วัดในแต่ละ Model ทำการกำหนดจุดที่แน่นอนในการวัด เนื่องจากหากไม่มีการกำหนดจุดวัดจะทำให้พนักงานแต่ละคนทำการวัดในพื้นที่ หรือจุดวัดที่ต่างกัน เมื่อพื้นที่ไม่สม่ำเสมอจะทำให้การวัดค่าเกิดการคลาดเคลื่อน

3. กำหนดผู้รับผิดชอบในการวัด ในแต่ละ Model เมื่อไม่มีการกำหนดผู้รับผิดชอบในการวัดค่าในแต่ละโมเดล จะทำให้ผู้ที่ทำการวัดอาจจะมีประสิทธิภาพในการวัด หรือยังไม่ได้รับ

การอบรม เพื่อให้เครื่องวัดหรือยังไม่ได้รับการอบรมในข้อกำหนดสำหรับการวัดในโมเดลเหล่านั้น
ข้อผิดพลาดต่างๆ เหล่านี้จะทำให้ค่าที่ได้ไม่ถูกต้อง

ตาราง 4.17

แสดงค่าการวัดหลังจากปรับปรุง Gauge R&R

ชิ้นงานที่	พนักงานคนที่ 1			พนักงานคนที่ 2		
	การวัดค่าครั้งที่ 1.	การวัดค่าครั้งที่ 2.	การวัดค่าครั้งที่ 3.	การวัดค่าครั้งที่ 1.	การวัดค่าครั้งที่ 2.	การวัดค่าครั้งที่ 3.
1	448.17	442.42	444.35	447.65	444.00	448.58
2	554.25	554.26	556.11	550.34	551.87	551.02
3	474.27	473.62	475.35	475.42	470.75	477.36
4	450.57	452.48	445.22	458.16	455.86	457.68
5	445.36	445.35	447.63	442.55	448.69	448.99
6	597.69	597.79	596.59	596.68	595.95	594.00
7	535.32	537.53	535.39	533.82	533.86	535.88
8	402.60	404.42	407.37	407.49	407.45	404.21
9	473.59	469.16	472.19	472.94	470.51	475.89
10	415.51	413.25	415.46	410.80	413.79	419.27
11	414.99	416.84	415.67	410.79	418.56	410.08
12	565.80	564.65	566.73	567.59	560.75	565.25
13	624.87	622.16	620.54	625.68	624.02	626.71
14	546.53	541.03	543.25	546.75	543.05	542.61
15	443.39	449.57	442.59	448.20	440.86	442.13
16	348.38	342.62	344.60	344.66	341.34	349.86
17	553.68	555.38	550.72	556.19	558.49	554.68
18	590.21	593.28	599.47	594.88	590.15	595.29
19	528.56	529.78	520.63	521.52	523.92	529.81
20	362.13	368.38	362.62	364.60	364.66	361.34

10/17/2008 9:09:11 AM

Welcome to Minitab, press F1 for help.

Gage R&R Study - ANOVA Method

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Sampling	19	740489	38973.1	4683.80	0.000
Operator	1	11	10.5	1.26	0.04
Sampling * Operator	19	158	8.3	1.02	0.032
Repeatability	80	654	8.2		
Total	119	741311			

Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	8.24	0.13
Repeatability	8.20	0.13
Reproducibility	0.04	0.00
Operator	0.04	0.00
Part-To-Part	6494.15	99.87
Total Variation	6502.39	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	2.8704	17.223	3.56
Repeatability	2.8637	17.182	3.55
Reproducibility	0.1961	1.177	0.24
Operator	0.1961	1.177	0.24
Part-To-Part	80.5863	483.518	99.94
Total Variation	80.6374	483.824	100.00

Number of Distinct Categories = 39

ภาพที่ 4.29

แสดงการวิเคราะห์การวัดโดยวิธี GR&R หลังจากการปรับปรุง

4.4.4 ผลการวัด Gauge R&R หลังการปรับปรุง

หลังการปรับปรุงและทำการประมวลผล โดยโปรแกรมมินิแทป ซึ่งผลที่ได้รับหลังจากการปรับปรุงกระบวนการวัดพบว่า ค่า P-Value ของสาเหตุความคาดเคลื่อนการวัดเนื่องจากความผิดพลาดของพนักงาน ก่อนการปรับปรุงมีค่า 0.985 แต่หลังจากการปรับปรุงโดย อบรมการวัดที่ถูกต้องแก่พนักงาน การกำหนดจุดที่เหมาะสมในการวัด และแต่งตั้งผู้รับผิดชอบในการวัดในแต่ละ

โมเดลซึ่งค่า P-Valueการวัดเนื่องจากความผิดพลาดของพนักงาน ลดลงเหลือ $0.04 < 0.05$ แสดงผลว่าพนักงานมีการปรับปรุงในเรื่องระบบในการวัดได้ดีและไม่มีผลทำให้การวัดคลาดเคลื่อน

4.5 Analyze Phase (การวิเคราะห์การปรับปรุงการผลิต)

การวิเคราะห์การผลิตโดยอาศัยข้อมูลทางสถิติมาประมวลผล และเป็นขั้นตอนที่ใช้วิเคราะห์วิธีการปรับปรุงเพื่อลดอัตราการเกิดของเสีย หรือข้อผิดพลาด ที่อาจจะเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

4.5.1 การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability)

การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ เป็นการตรวจสอบค่าความสามารถของเครื่องจักรที่ทำการผลิตทั้งกระบวนการ โดยแยกเครื่องจักรที่จะตรวจสอบความสามารถของกระบวนการเป็นดังนี้

1. การชุบด้วยดีบุก
2. การชุบด้วยนิกเกิล

กระบวนการชุบทั้งสามชนิดเป็นกระบวนการที่ใช้ในกระบวนการชุบผิว IC ดังนั้นการตรวจวัดค่าความสามารถของกระบวนการชุบผิว จึงจำเป็นต้องทำการตรวจสอบก่อน ถึงจะนำกระบวนการชุบผิว เหล่านี้มาใช้ในการทดลองได้ ในการตรวจวัดความสามารถของเครื่องจักรจะใช้ตามหลักการ $\pm 3\sigma$ ซึ่งจะใช้ค่า C_p และ ค่า C_{pk} ในการพิจารณาถึงความสามารถของกระบวนการ โดยที่

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6 * s_{short-term}}$$

และ

$$C_{pk} = \min (C_{pk(USL)}, C_{pk(LSL)})$$

โดยที่

$$C_{pk(USL)} = \frac{(USL - \bar{X})}{3 * s_{short-term}}$$

และ

$$C_{pk(LSL)} = \frac{(\bar{X} - LSL)}{3 * s_{short-term}}$$

ค่า C_p เป็นการบอกความสามารถของกระบวนการเมื่อเทียบกับค่ากลางในช่วงเวลาสั้น

ค่า Cpk เป็น การนำค่าเฉลี่ยของกระบวนการ ค่าความผันแปรของกระบวนการและข้อกำหนดของลูกค้านำมาคำนวณร่วมกัน ดัชนีชี้วัดดังกล่าวสะท้อนว่ากระบวนการของเรามีขีดความสามารถแค่ไหนเมื่อเทียบกับข้อกำหนดของลูกค้าโดยที่ค่า Cp ยิ่งมากและมีค่าเท่า กับค่า Cpk แสดงว่ากระบวนการมีความเที่ยงตรงและมีความเสถียรของข้อมูลมาก แต่ถ้าค่า Cpk น้อยกว่าค่า Cp แสดงว่าระบบมีการเลื่อนออกจากจุดศูนย์ กลางโดยค่าของ Cpk ที่ควรจะมีค่าอย่างน้อย 1.33 ระบบถึงจะเชื่อถือได้ หรือกระบวนการนั้นๆ มีความสามารถเพียงพอที่จะใช้ทำการผลิตได้

โดยทั่วไปแนวทางการประเมินค่า Cpk และ Ppk มีดังนี้

$Cpk < 1$ แสดงว่า กระบวนการมีขีดความสามารถที่ไม่ดี ควรได้รับการปรับปรุง

$1 < Cpk < 1.33$ แสดงว่า อาจพอรับได้ถ้ากระบวนการนั้นความคุมได้ยากหรือมีความจำกัดด้าน เทคโนโลยี อย่างไรก็ตามถ้าเป็นไปได้ควรปรับปรุงกระบวนการ

$Cpk > 1.33$ แสดงว่า กระบวนการมีขีดความสามารถอยู่ในเกณฑ์ที่ดี

$Cpk > 2$ แสดงว่า คุณภาพระดับ World Class Quality หรือ Six Sigma Quality

4.5.2 การตรวจสอบความสามารถของการชุบวงจรรวม ตรวจสอบความหนาของการชุบ

วงจรรวมนั้นจะทำหน้าที่ชุบตีบุกหรือนิกเกิลลงบนแผ่นทองแดง ผลของความหนาของการชุบจะแสดงถึงประสิทธิภาพของระบบการชุบวงจรรวม ในการทดสอบความสามารถของกระบวนการชุบของเครื่องชุบตีบุกรุ่น MECO นั้น จะทำการชุบตีบุกและนิกเกิลลงบนแผ่นทองแดง และวัดค่าความหนาสูงของพื้นผิวนิกเกิล และพื้นผิวดีบุก โดยใช้การออกแบบดังต่อไปนี้

1. ใช้จำนวนทั้งหมด 120 ครั้งในการชุบตีบุกและนิกเกิลลงบนแผ่นทองแดง
2. แต่ละครั้งจะเป็นการหาค่าเฉลี่ยการชุบตีบุกแต่ละครั้งที่ทำการตรวจวัด
3. ตั้งค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการชุบให้คงที่ตลอดการทดสอบ โดยใช้ค่าแรงดัน

ของกระแสไฟฟ้า 15 amp และความเร็วของสายพานลำเลียงที่ 5 เมตรต่อ นาที ซึ่งผลการทดลองและผลการวิเคราะห์ผลของความหนาของการชุบจะแสดงในดังตารางที่ 4.18

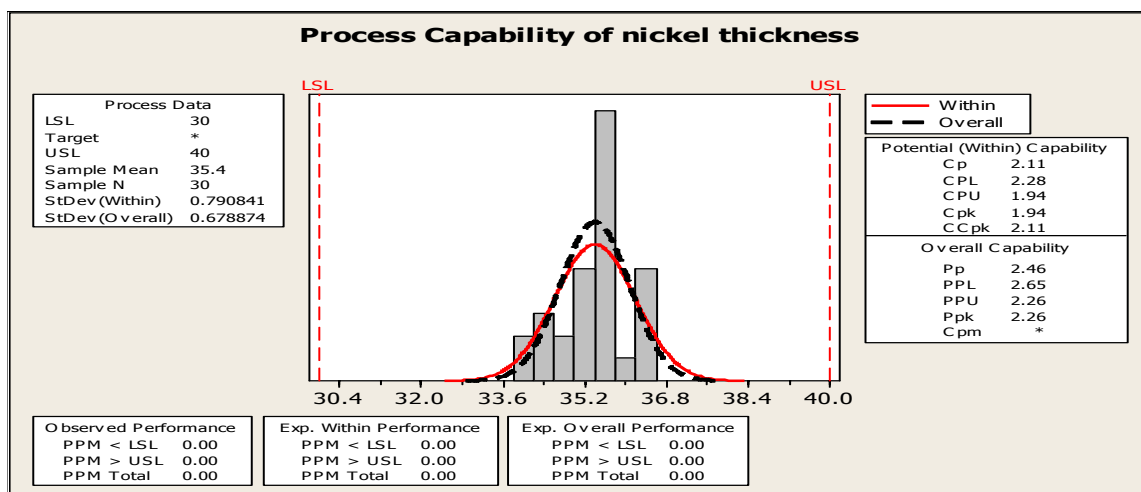
4.5.3 ผลการวิเคราะห์ค่าความสามารถของการชุบ

จากผลการทดสอบความสามารถของเครื่องชุบ จากขอบเขตที่กำหนดคือ 350 ถึง 800 micro inch สำหรับการวัดความหนาของการชุบตีบุก และ 50 ถึง 80 micro inch สำหรับการวัดความหนาของการชุบตีบุกพบว่าเครื่องชุบสามารถทำได้ในขอบเขตที่กำหนดโดยไม่มีส่วนใดออกนอกขอบเขตเลย และแม้ว่าค่า Cp และ Cpk จะแตกต่างกันบ้างเล็กน้อยระหว่าง 2.21 และ 1.41 อาจเป็นผลมาจากความผันแปรภายในกระบวนการ แต่ก็สามารถยอมรับได้ที่ ค่า Cpk มากกว่า 1.33

ตารางที่ 4.18

แสดงการวัดค่าความหนาของนิกเกิล

การวัดครั้งที่1	การวัดครั้งที่2	การวัดครั้งที่3	การวัดครั้งที่4	ความหนาของการชุบ
35.46	39.41	34.42	33.27	35.64
38.21	36.36	37.28	34.23	36.52
36.02	34.12	35.45	36.25	35.46
35.66	35.47	31.2	34.27	34.15
36.66	35.76	35.35	34.95	35.68
34.31	34.24	37.23	35.26	35.26
35.68	32.64	34.86	33.86	34.26
34.26	35.96	38.15	34.23	35.65
34.26	34.08	36.37	37.65	35.59
35.61	33.52	34.56	34.55	34.56
35.39	35.16	35.49	34.56	35.15
34.51	35.86	36.32	35.15	35.46
35.15	34.1	33.58	35.41	34.56
35.59	35.47	34.34	36.52	35.48
34.49	36.56	35.15	35.48	35.42
35.48	35.59	32.56	35.85	34.87
36.5	36.28	35.53	34.33	35.66
35.89	36.66	35.48	35.69	35.93
35.39	35.28	35.48	35.73	35.47
35.65	34.57	34.87	35.47	35.14
35.49	36.35	35.46	35.18	35.62
34.56	35.43	35.93	35.32	35.31
35.15	33.56	34.77	35.48	34.74
37.46	35.98	37.3	35.42	36.54
34.56	35.84	36.63	35.57	35.65
35.48	34.83	39.15	35.38	36.21
35.37	32.94	33.54	34.47	34.08
37.87	35.99	36.56	35.94	36.59
35.56	35.33	34.48	34.87	35.06
34.74	38.44	35.42	36.56	36.29



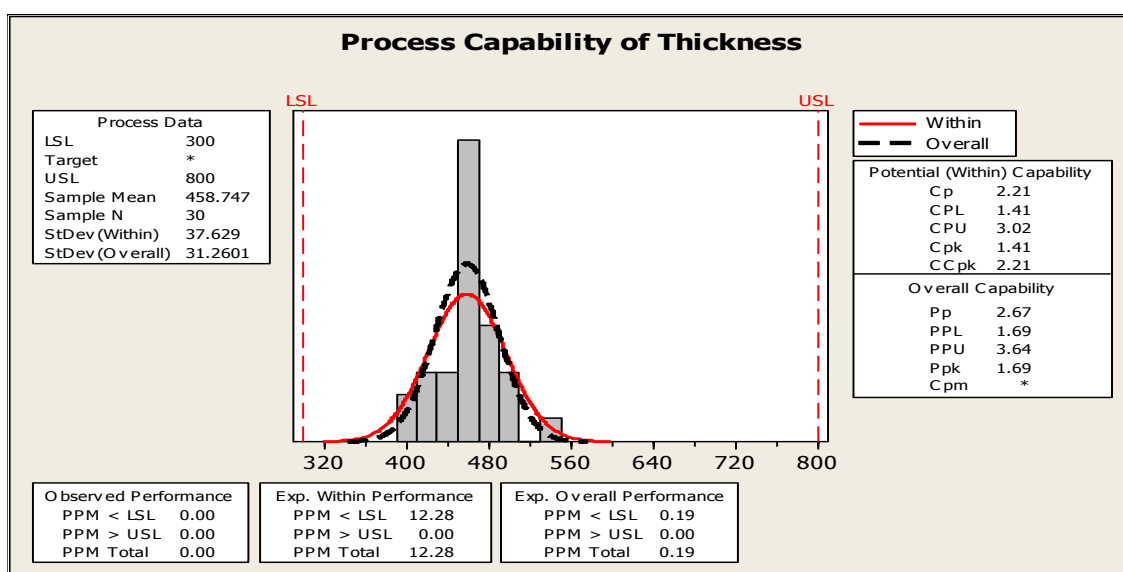
ภาพที่ 4.30

แสดงข้อมูลความหนาของการชุบนิกเกิล

ตารางที่ 4.19

แสดงข้อมูลการชุบตีบูก

ข้อมูลที	วัดครั้งที่1	วัดครั้งที่2	วัดครั้งที่3	วัดครั้งที่4	ความหนาของการชุบ
1	415.4	470.38	435.4	425.3	436.62
2	559.39	544.15	452.59	590.35	536.62
3	371.38	439.75	417.91	414.08	410.78
4	475.21	449.25	462.31	400.59	446.85
5	497.28	493.72	557.79	487.17	508.99
6	466.75	443.05	450.59	450.53	452.73
7	475.86	460.84	392.51	473.79	450.75
8	468.69	491.34	487.49	528.56	494.02
9	461.62	488.42	451.41	450.75	463.05
10	432.84	467.95	487.86	494.79	470.86
11	387.72	367.84	400.75	409.05	391.34
12	487.29	469.29	494.53	422.85	468.49
13	370.55	416.26	451.74	457.45	424.00
14	473.49	495.47	467.55	486.49	480.75
15	428.56	407.42	416.55	410.91	415.86
16	470.75	474.90	539.42	429.69	478.69
17	484.02	445.25	452.98	465.55	461.95
18	421.05	361.72	404.95	427.72	403.86
19	480.81	483.55	494.32	491.12	487.45
20	431.36	425.03	482.60	463.05	450.51
21	391.31	437.62	498.91	487.32	453.79
22	488.49	476.62	470.86	437.45	468.56
23	424.00	449.56	471.74	457.70	450.75
24	479.80	496.70	477.21	522.37	494.02
25	418.37	504.17	461.21	468.45	463.05
26	492.78	442.27	476.72	471.67	470.86
27	475.79	451.47	461.95	484.79	468.49
28	401.45	493.42	452.21	493.52	460.15
29	415.87	435.57	428.47	455.77	433.92
30	430.30	466.84	449.75	511.76	464.66



ภาพที่ 4.31

แสดงข้อมูลความหนาของการชุบตีบูก

4.6 ข้อมูลเกี่ยวกับการปรับปรุงกระบวนการซัพและการควบคุมกระบวนการซัพ

4.6.1 การปรับปรุงกระบวนการซัพ (Improve phase)

การปรับปรุงกระบวนการซัพ เป็นการปรับปรุงที่มีวัตถุประสงค์หลักสองประการ คือ เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต โดยการปรับปรุงเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า จะทำการปรับปรุงกระบวนการเพื่อให้ลูกค้าพอใจ ทั้งลูกค้าภายในและลูกค้าภายนอก สำหรับการปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต จะทำการปรับปรุงกระบวนการที่มีความสูญเสีย (Waste) หรือกระบวนการที่เกิดเวลาไร้ประสิทธิภาพ (Idle) โดยจะเลือกปรับปรุงกระบวนการที่จะทำให้เกิดปัญหาการใช้งานกับลูกค้า หรือกระบวนการที่ทำให้ประสิทธิภาพการผลิตตกต่ำ จากนั้นจะทำการวิเคราะห์ เพื่อหาขั้นตอนการทำงานที่เป็นต้นเหตุ หรือขั้นตอนการทำงานที่ไม่เกิดมูลค่า จะทำการประเมินผลกระทบด้านต่างๆ เพื่อกำหนดเป็นมาตรฐานการปฏิบัติงานวิธีใหม่

จากผลของการวิเคราะห์โดยวิธีการทาง FMEA จะเห็นได้ว่ากระบวนการซัพดิบเกิดปัญหาเนื่องจาก ความหนาของการซัพที่ไม่สม่ำเสมอ ซึ่งมีคะแนน RPN ที่สูงนั่นคือ 140 ซึ่งปัญหาความหนาที่ไม่คงที่นี้สามารถทำการปรับปรุงโดยวิธีการทางการทดลอง (Design of Experiment : DOE) การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment : DOE) เป็นการวิเคราะห์หาผลกระทบจากหลายๆ ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลลัพธ์ที่เราสนใจ (Response) กล่าวคือเป็นชุดของการ ทดลอง ซึ่งในแต่ละครั้งจะทำการปรับเปลี่ยนค่าของปัจจัย (Input Variables) อย่างเป็นระบบตามรูปแบบที่ได้วางแผนเอาไว้ แล้วทำการบันทึกผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองแต่ละครั้ง เราจะใช้การออกแบบการทดลองในการค้นหาเงื่อนไขของกระบวนการ หรือส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ ที่มีผลสำคัญต่อคุณภาพ เพื่อกำหนดการตั้งค่าปัจจัยที่ทำให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ดังนั้นเราจึงจะใช้การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment : DOE) เพื่อหาพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดของการซัพ ซึ่งพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องและมีผลที่ทำให้ความหนาของการซัพประกอบด้วย อุณหภูมิสารเคมี แรงดันกระแสไฟฟ้า และความเข้มข้นของสารเคมีในบ่อซัพ ซึ่งพารามิเตอร์ต่างๆ เหล่านี้จะต้องทำการทดลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด และเมื่อได้พารามิเตอร์ต่างๆ ที่เหมาะสมแล้วต้องหาวิธีทำการทำให้พารามิเตอร์เหล่านั้นคงที่

4.6.2 การออกแบบการทดลองการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของการซัพ

ขั้นตอนการทำการปรับปรุงโดยวิธีการทดลองแบบแฟคทอเรียลเพื่อหาความสัมพันธ์ของปัจจัยพารามิเตอร์แต่ละตัวในการซัพ (Design of Experiment: DOE) เพื่อหาค่าพารามิเตอร์การซัพที่เหมาะสมที่สุด

1. ใช้พารามิเตอร์สูงสุดและต่ำสุดของพารามิเตอร์แต่ละตัว โดยค่าพารามิเตอร์สูงสุดและต่ำสุดที่ได้จาก เอกสารข้อมูลทางเทคนิค (Technical data sheet)

พารามิเตอร์หลักที่ใช้ควบคุมการชุบ คือ

ตารางที่ 4.20

แสดงพารามิเตอร์หลักที่ใช้ควบคุมการชุบ

พารามิเตอร์	พารามิเตอร์ค่าต่ำสุด	พารามิเตอร์ค่าสูงสุด
อุณหภูมิสารเคมี	40	50
กระแสไฟฟ้า	10	20
ความเข้มข้นของสารเคมี	45	55

2. ทำการทดลองพารามิเตอร์ที่กำหนดโดยการทดลองชุบงานตามพารามิเตอร์ที่กำหนดไว้ โดยทำการทำการวัดความหนาของการชุบชิ้นงานพารามิเตอร์ละ 3 ชิ้นงาน

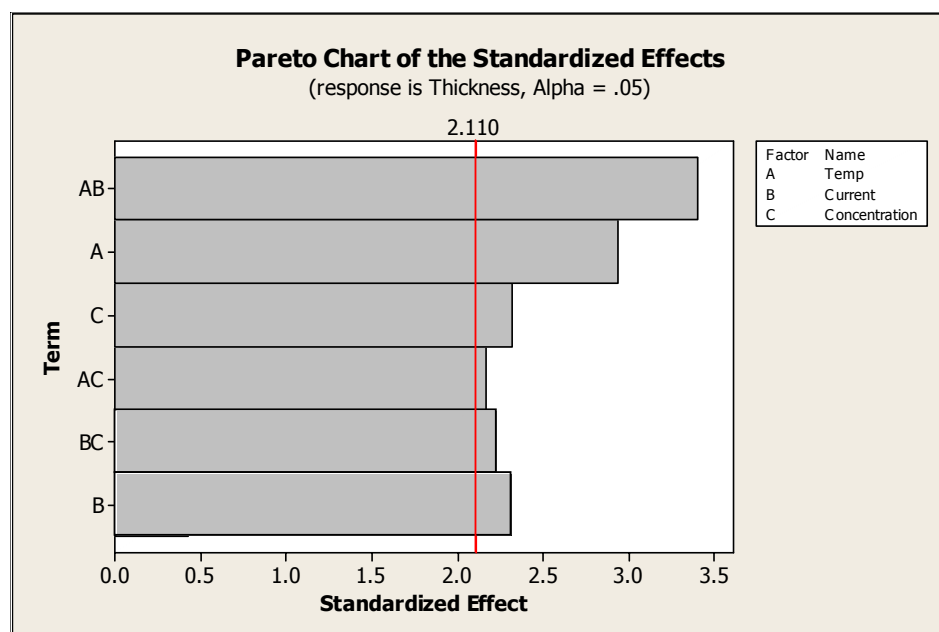
3. นำค่าความหนาของการชุบชิ้นงาน และค่าพารามิเตอร์มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ต่างๆ และประมวลผลหาสมการความสัมพันธ์ของการชุบ

4. หลังจากได้สมการการชุบนำสมการมาหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยใช้ความหนาของการชุบที่เหมาะสมที่สุด คือ 550 micro inch

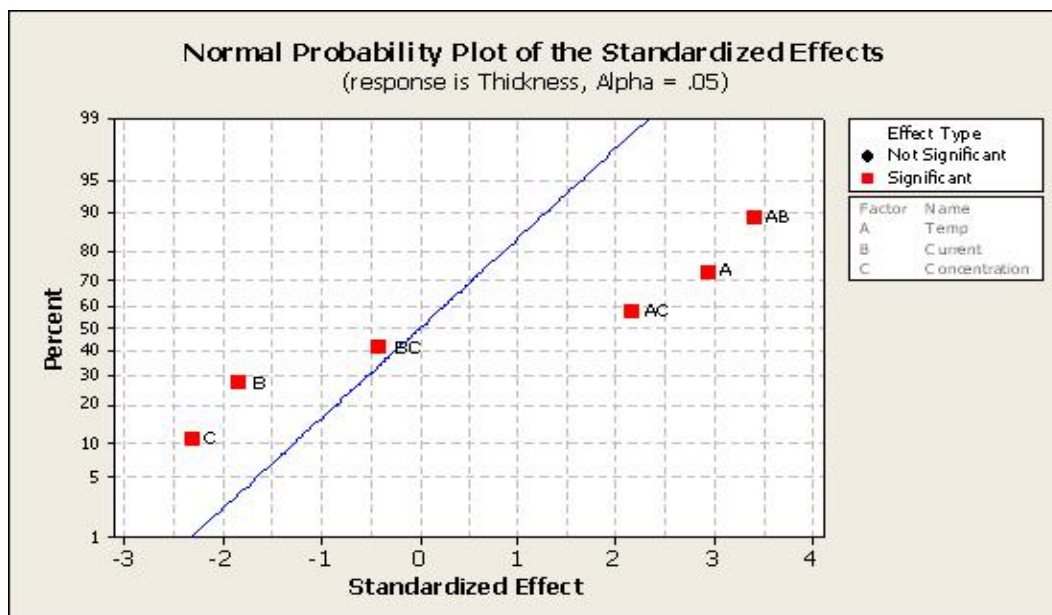
ความหนาของการชุบที่เหมาะสมที่สุด คือ 550 micro inch เป็นความหนาที่ได้จากการทดลองว่าไม่ทำให้เกิดปัญหาเศษดีบุกส่วนเกินเมื่อทำการชุบ (Excess Solder) หรือไม่ทำให้เกิดปัญหาเส้นดีบุกพาดทับกัน (Solder Bridging) ซึ่งจะทำให้เกิดการลัดวงจรของกระแสไฟฟ้าในวงจรรวมนอกจากนี้ที่ความหนา 550 micro inch เป็นความหนาที่เหมาะสมเพียงพอที่ไม่ทำให้เกิดการขาดเนื้อดีบุก (Insufficiency Solder) ทำให้เมื่อผ่านกระบวนการบัดกรีลงบนบอร์ดวงจรรวมจะทำให้การเชื่อมติดระหว่างตัววงจรรวมและแผ่นวงจรรวมได้ดี

ตารางที่ 4.21
แสดงข้อมูลที่ใช้ในการทดลองหาสมการ DOE

ITEM	Temp	Current	Concentration	Thickness
1	50	10	45	356.7
2	40	20	45	395.63
3	50	20	55	462.25
4	40	20	45	416.89
5	40	10	55	386.59
6	50	20	55	435.67
7	50	10	45	383.56
8	40	20	45	410.98
9	50	10	45	435.26
10	50	20	55	473.91
11	40	10	55	423.11
12	40	10	55	456.32
13	50	10	45	435.26
14	50	20	55	489.26
15	50	10	55	418.26
16	40	20	45	495.32
17	50	10	55	460.26
18	50	20	45	536.45
19	40	10	45	498.68
20	50	20	45	543.26
21	50	20	55	589.42
22	40	10	55	385.26
23	50	10	55	456.26
24	50	10	45	435.65



ภาพที่ 4.32
แสดง Pareto chart of Standardized effects



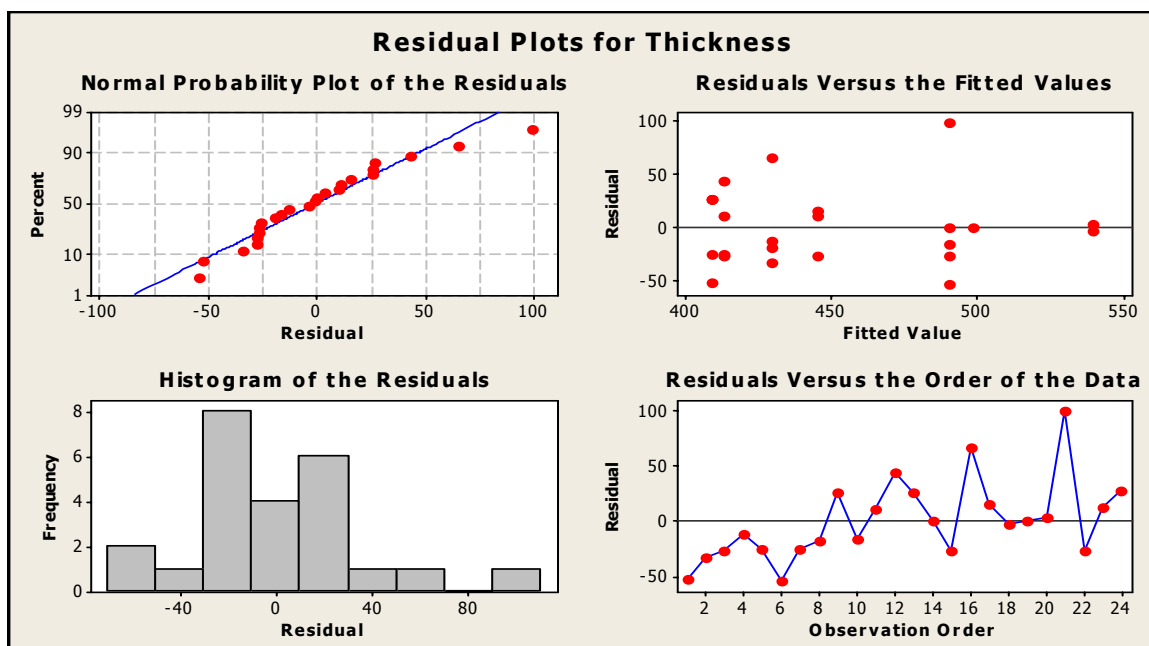
ภาพที่ 4.33

แสดง Pareto normal probability plot of Standardized effects

ผลจากกราฟ Pareto Chart of STD Effects และ Normal Probability Plot of STD Effects แสดงถึงความสำคัญของตัวแปร และตัวแปรร่วมที่มีอิทธิพลต่อความหนาของการชุบดีบุกอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่สิ่งที่ส่งผลถึงความหนาของการชุบดีบุกประกอบด้วย

1. ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรร่วมของอุณหภูมิของสารเคมีและความดันของกระแสไฟฟ้าในบ่อชุบ
2. ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรร่วมของอุณหภูมิของสารเคมีและความเข้มข้นของสารเคมีในบ่อชุบ
3. อิทธิพลจากอุณหภูมิของสารเคมี
4. อิทธิพลจากความเข้มข้นของสารเคมี

ส่วนตัวแปรความดันของกระแสไฟฟ้าในบ่อชุบ และความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรความดันของกระแสไฟฟ้าในบ่อชุบกับความเข้มข้นของสารเคมีในบ่อชุบ แสดงถึงตัวแปรที่ไม่มีนัยสำคัญ



ภาพที่ 4.34

แสดงการอ่านค่า Residual plot of thickness

4.6.3 การแสดงผลการวิเคราะห์เนื่องจากการทำ DOE

Normal Probability Plot of the Residual

จากกราฟ Normal Probability Plot of the Residual จุดบนกราฟมีการเรียงตัวเป็นเส้นตรงแสดงว่า Residual plot of thickness มีการกระจายแบบปกติ การวิเคราะห์ในขั้นตอนถัดไปเป็นการวิเคราะห์การกระจายตัวของ Residual ถ้าการกระจายตัวของ Residual เป็นการกระจายตัวแบบปกติแล้ว ผลจากการทดลองที่ได้รับสามารถนำไปใช้วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของสมการต่อไปได้ แต่ถ้าหากการกระจายตัวของ Residual ไม่เป็นการกระจายตัวแบบปกติแล้ว จะต้องทำการทดลองใหม่ หรือทำการทดลองเพิ่มจากผลการทดลองเดิม

Histogram of the Residual

จากข้อมูลสามารถอ่านค่าได้คือมี Residual ที่ระหว่าง -40 กับ 0 มากที่สุด คือ 8 ข้อมูลและมีการกระจายแบบปกติเนื่องจากกราฟฮิสโตแกรมมีรูปร่างสมมาตร เป็นรูปประฆังคว่ำ

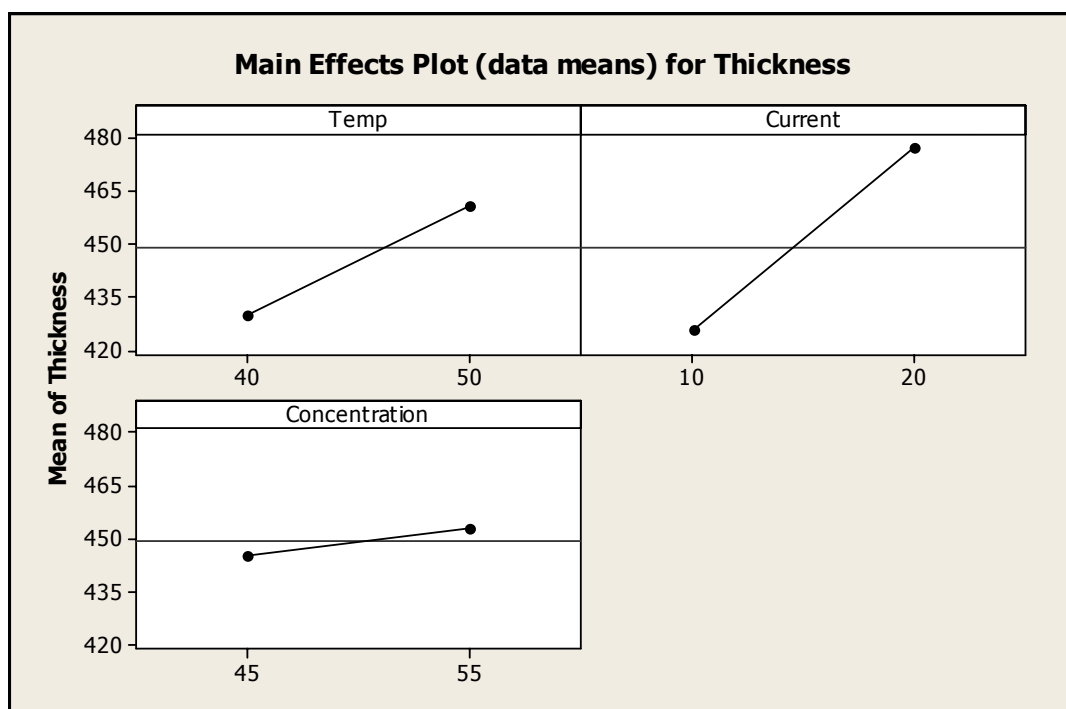
Residual versus the Fitted Values

ข้อมูลมีการกระจายรอบข้างแบบสุ่ม ไม่มีแนวโน้มของเทรนใดๆ และมีการกระจายตัวรอบศูนย์นั่นคือข้อมูลมีการกระจายแบบปกติ

Residual Versus the order of the Data

กราฟ Residual ไม่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป และไม่ปรากฏแนวโน้มของข้อมูลอย่างชัดเจน

จากผลสรุปการอ่านค่า Residual plot of thickness ทั้ง 4 ข้อ สามารถอธิบายผลว่าการทำ DOE โดยวิธี One way ANOVA สามารถอธิบายเกี่ยวกับผลของข้อมูลได้เป็นอย่างดี



ภาพที่ 4.35

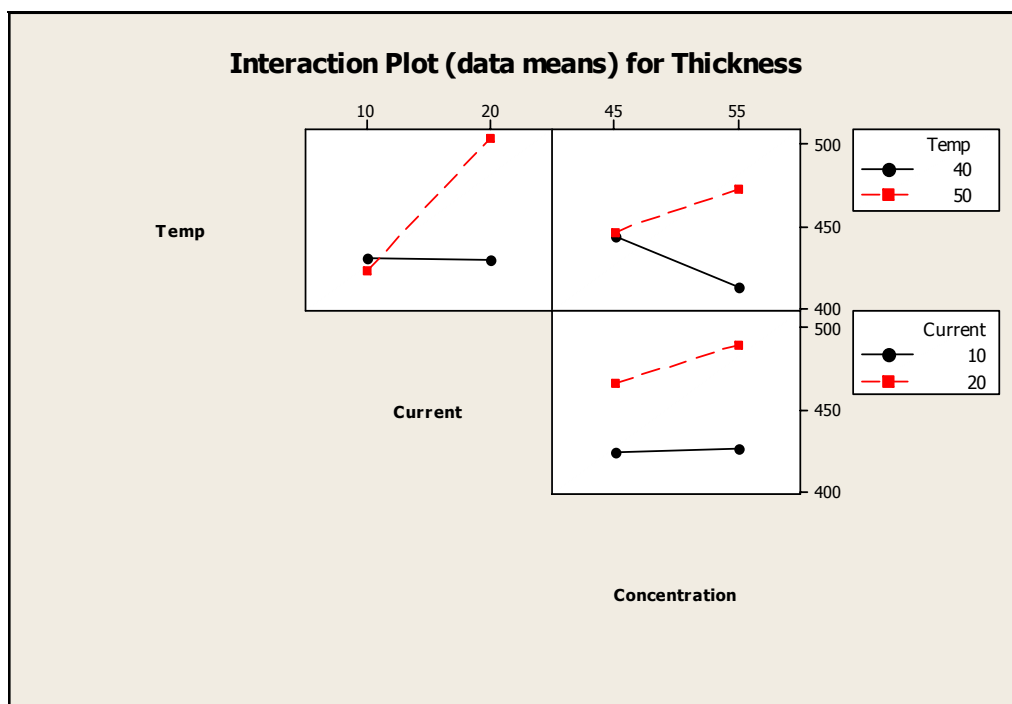
แสดง Main Effects Plot for Thickness

4.6.4 การวิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ต่างๆ

จากกราฟแสดงถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ จะได้ความสัมพันธ์ของความหนาของการชุบเนื่องจากการเพิ่มของพารามิเตอร์ต่างๆ คือ ความดันของกระแสไฟฟ้าในบ่อชุบ (Current Density) มีผลต่อความหนาของการชุบ (Solder Thickness) มากที่สุดในพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด

ความสัมพันธ์ของความหนาของการชุบกับค่าของพารามิเตอร์ต่างๆ เป็นดังนี้

อุณหภูมิของสารเคมี (Temperature), ความดันของกระแสไฟฟ้าในบ่อชุบ (Current Density) และ ความเข้มข้นของสารเคมี (Concentration) เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ ความหนาของการชุบ (Solder Thickness) เพิ่มขึ้น



ภาพที่ 4.36

แสดง Interaction plot for thickness

4.6.5 DOE parameter trend

จากตาราง Interaction plot for thickness จะสามารถสรุปความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ที่มีผลต่อความหนาของการชุบ ดังแสดงในตารางที่ 4.36

ตาราง 4.22

แสดงแนวโน้มความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ที่มีผลต่อความหนาของการชุบ

Current	↑	Temp	↑	Thickness	↑
Current	↑	Temp	↓	Thickness	→
Concentration	↑	Temp	↑	Thickness	↑
Concentration	↑	Temp	↓	Thickness	↓
Concentration	↑	Current	↑	Thickness	↑
Concentration	↑	Current	↓	Thickness	→

หมายเหตุ: ↑ หมายถึง แนวโน้มเพิ่มขึ้น
 ↓ หมายถึง แนวโน้มลดลง
 → หมายถึง แนวโน้มคงที่

Full Factorial Design						
Factors:	3	Base Design:	3, 8			
Runs:	24	Replicates:	3			
Blocks:	1	Center pts (total):	0			
All terms are free from aliasing.						
Factorial Fit: thickness versus Term, Current, Concentration						
Estimated Effects and Coefficients for thickness (coded units)						
Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P	
Constant		435.48	9.940	43.81	0.000	
Temp	71.13	35.56	12.099	2.94	0.009	
Current	-11.90	-5.95	13.992	0.09	0.032	
Concentration	67.81	-33.90	14.632	-0.53	0.003	
Temp*Current	99.77	49.89	14.632	0.07	0.025	
Temp*Concentration	60.75	30.38	13.992	2.40	0.029	
Current*Concentration	-42.70	-21.35	11.636	-1.38	0.037	

ภาพที่ 4.37

แสดงผลการทดลอง DOE ส่วนแรก

Analysis of Variance for Thickness (coded units)						
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	3	21465.0	21975.7	7325	4.17	0.022
2-Way Interactions	3	20619.5	20619.5	6873	3.91	0.027
Residual Error	17	29861.8	29861.8	1757		
Pure Error	17	29861.8	29861.8	1757		
Total	23	71946.3				

Unusual Observations for Thickness						
Obs	StdOrder	Thickness	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
19	9	498.680	498.680	41.912	0.000	* X
21	24	589.420	490.102	18.743	99.318	2.65R

R denotes an observation with a large standardized residual.
X denotes an observation whose X value gives it large influence.

Estimated Coefficients for Thickness using data in uncoded units	
Term	Coef
Constant	3912.52
Temp	-83.5691
Current	-48.2880
Concentration	-48.6469
Temp*Current	1.99544
Temp*Concentration	1.21501
Current*Concentration	-0.853937

ภาพที่ 4.38

แสดงผลการทดลอง DOE ส่วนที่สอง

จากการนำข้อมูลมาทำการประมวลผลโดยใช้โปรแกรมมินิแทบ พบว่า ได้ผลการทดลองเป็นสมการ ดังนี้

สมการของ Solder Thickness = $3912.52 - (83.5691 \times \text{Temp}) - (48.2880 \times \text{Current}) - (48.6469 \times \text{Concentration}) + (1.99544 \times \text{Temp} \times \text{Current}) + (1.21501 \times \text{Temp} \times \text{Concentration}) - (0.853937 \times \text{Current} \times \text{Concentration})$

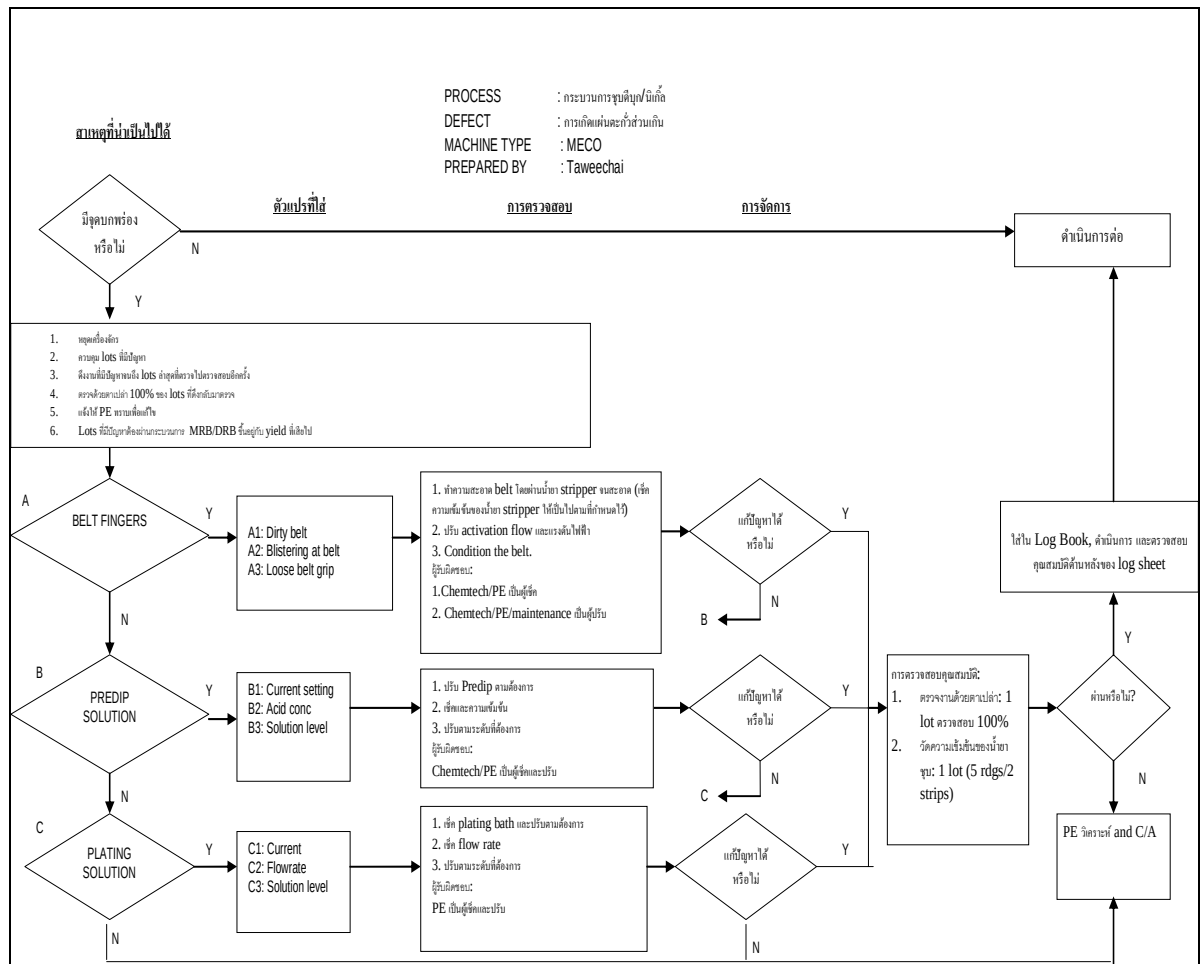
ในการคำนวณค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม โดยตั้งอุณหภูมิของสารเคมีให้คงที่นั้น เนื่องจากภายในบ่อเคมี ติดตั้งเทอร์โมเซ็นเซอร์ ซึ่งเป็นตัวควบคุมขนาดหลอดทำความร้อน ดังนั้น อุณหภูมิของสารเคมีภายในบ่อเคมีจึงมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ความเข้มข้นของสารเคมีในบ่อ

ชุบจะมีการเปลี่ยนแปลง คือ ลดลงตลอดเวลาเนื่องจากเมื่อมีการชุบผิวของดีบุกหรือนิกเกิ้ลนั้นคือ จะมีปฏิกิริยาการรวมตัวของอะตอมของโลหะ ซึ่งจะทำให้ปริมาณอะตอมของสารเคมีลดลง นั่นคือ ความเข้มข้นของสารเคมีในบ่อชุบนั้นจะลดลงเมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป ส่วนความดันของกระแสไฟฟ้าในบ่อชุบโดยปกติจะควบคุมด้วยตัวปรับความดันของกระแสไฟฟ้าเพื่อให้คงที่ แต่เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารเคมีมีการลดลงตลอดเวลา ทำให้ต้องทำการปรับความดันกระแสไฟฟ้าเพื่อให้ความหนาของการชุบคงที่

ในการควบคุมความสัมพันธ์ของตัวแปรในกระบวนการชุบ คือ อุณหภูมิของสารเคมี (Temperature), ความดันของกระแสไฟฟ้าในบ่อชุบ (Current Density) และความเข้มข้นของสารเคมี (Concentration) จะทำการใช้เครื่องมือควบคุมพารามิเตอร์เรียกว่า ออโต เคมิโรบอท (Auto Chemerobot) หลักการทำงานของเครื่องจะมีการดูสารเคมีเพื่อนำไปวิเคราะห์หาความเข้มข้น จากนั้นจะทำการเทียบกับข้อมูลความดันของกระแสไฟฟ้าในบ่อชุบและอุณหภูมิของสารเคมีที่ทำการบันทึกข้อมูลไว้ จากนั้นโปรแกรมจะสั่งให้ปรับความดันของกระแสไฟฟ้า เพื่อรักษาความหนาของการชุบให้คงที่ที่ 550 ไมโครอินซ์

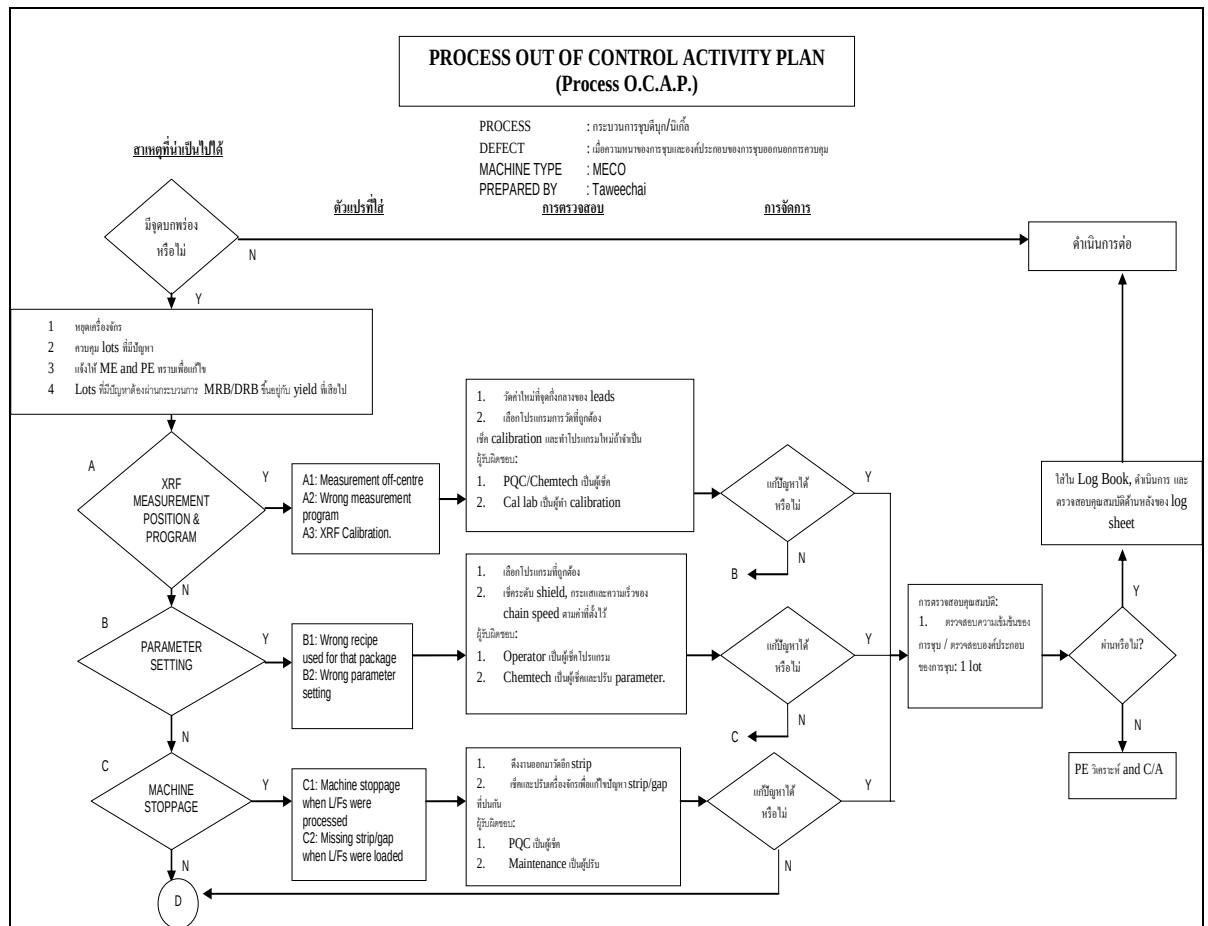
4.6.6 การควบคุมกระบวนการชุบ (Control Phase)

หลังจากวิเคราะห์กระบวนการโดยวิธีการทาง C&E Diagram, แผนภูมิแก๊งปลาและวิธีการทาง FMEA โดยวิธีการเหล่านี้ ทำให้สามารถจำแนกต้นเหตุของปัญหารวมทั้งสามารถนำความรู้จากสมาชิกของทีมปรับปรุง เพื่อนำไปหาแนวทางการปรับปรุงกระบวนการใหม่ได้ จากการรวบรวมข้อมูลต่างๆ เหล่านี้ทำให้สามารถ กำหนดวิธีการป้องกันปัญหา ซึ่งวิธีนี้ถูกเรียกว่า วิธีการควบคุมกระบวนการผลิตเมื่อเกิดปัญหาพารามิเตอร์ออกนอกการควบคุม (Out of Control Action plan, OCAP)



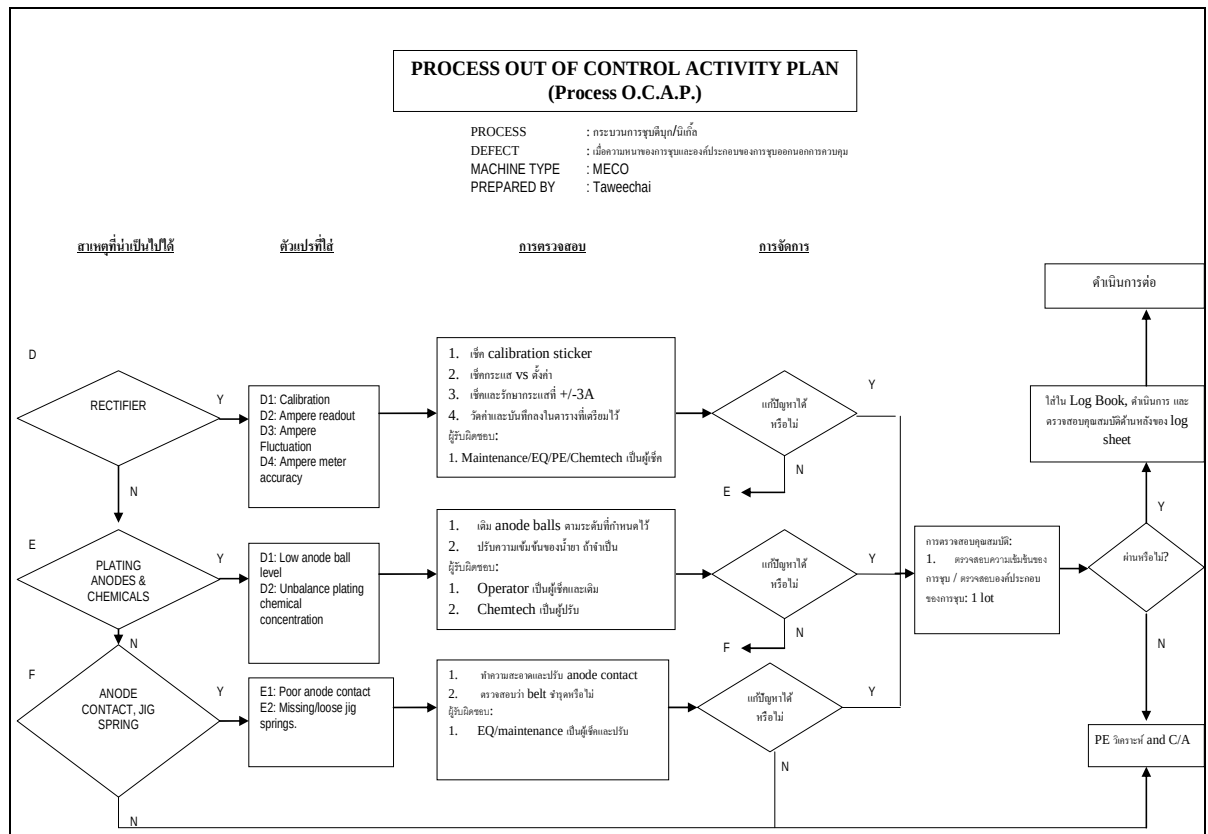
ภาพที่ 4.39

แสดงการควบคุมกระบวนการเมื่อเกิดตะกั่วส่วนเกิน



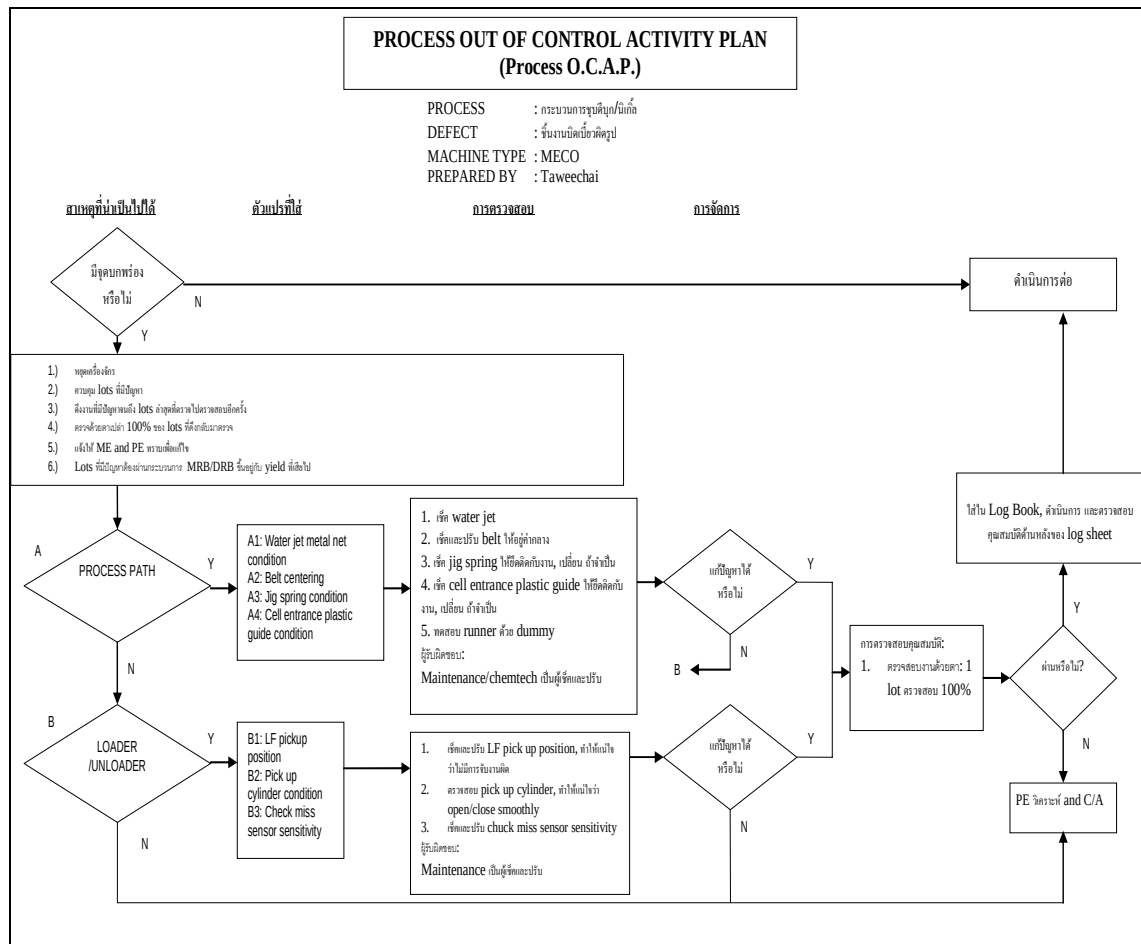
ภาพที่ 4.40

แสดงการควบคุมกระบวนการเมื่อความหนาของการชุบผิดปกติ



ภาพที่ 4.41

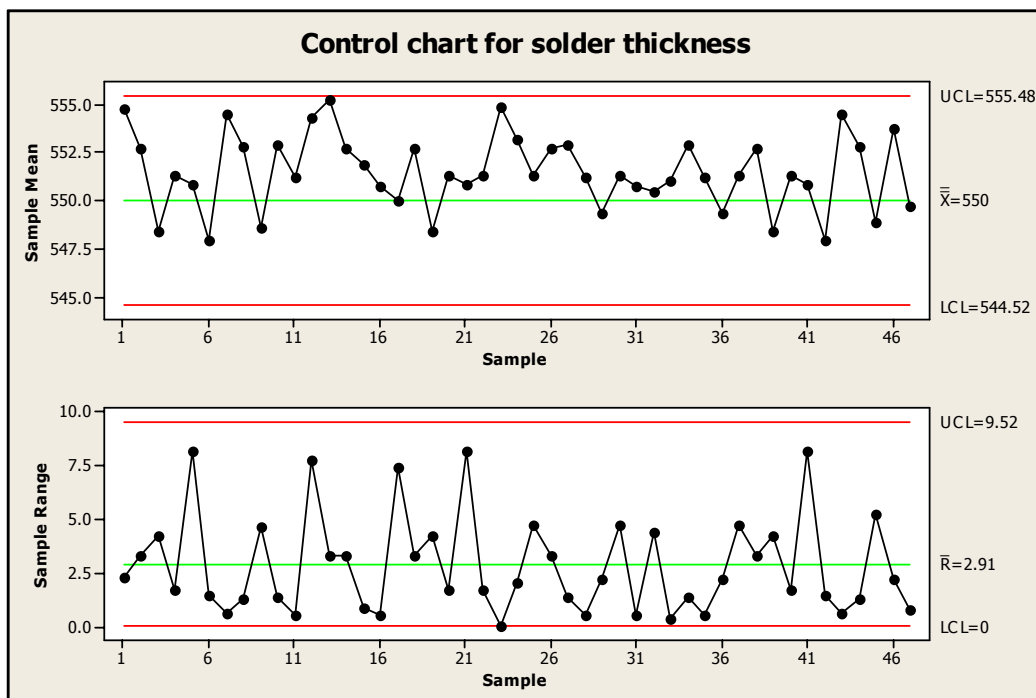
แสดงการควบคุมกระบวนการเมื่อความหนาของการชุบผิดปกติ (ต่อ)



ภาพที่ 4.42

แสดงการควบคุมกระบวนการเมื่อขึ้นงานเสียรูป

ขั้นตอนการควบคุมต่างๆ โดยการควบคุมปัจจัยการล้างชิ้นงานนั้น จะใช้คู่มือการปฏิบัติงาน (Work Instruction) เพื่อแสดงวิธีการปฏิบัติงานและขจัดความผิดพลาดอันเนื่องมาจากวิธีการปฏิบัติงานรวมทั้งปัจจัยค่าอุณหภูมิของสารเคมี (Temperature), ความดันของกระแสไฟฟ้าในบ่อชุบ (Current Density) และความเข้มข้นของสารเคมี (Concentration) จำเป็นต้องใช้เทคนิคการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ (SPC) เนื่องจากปัจจัยทั้งสามเป็นข้อมูลเชิงแปรผัน ดังนั้นจึงใช้แผนภูมิควบคุมชนิด X-R เพื่อเฝ้าติดตามกระบวนการว่ามีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้นหรือไม่ ซึ่งพบว่าค่าเฉลี่ยทั้งสองปัจจัยมีค่าใกล้เคียงกับค่าระดับที่เหมาะสมในการผลิต



ภาพที่ 4.43

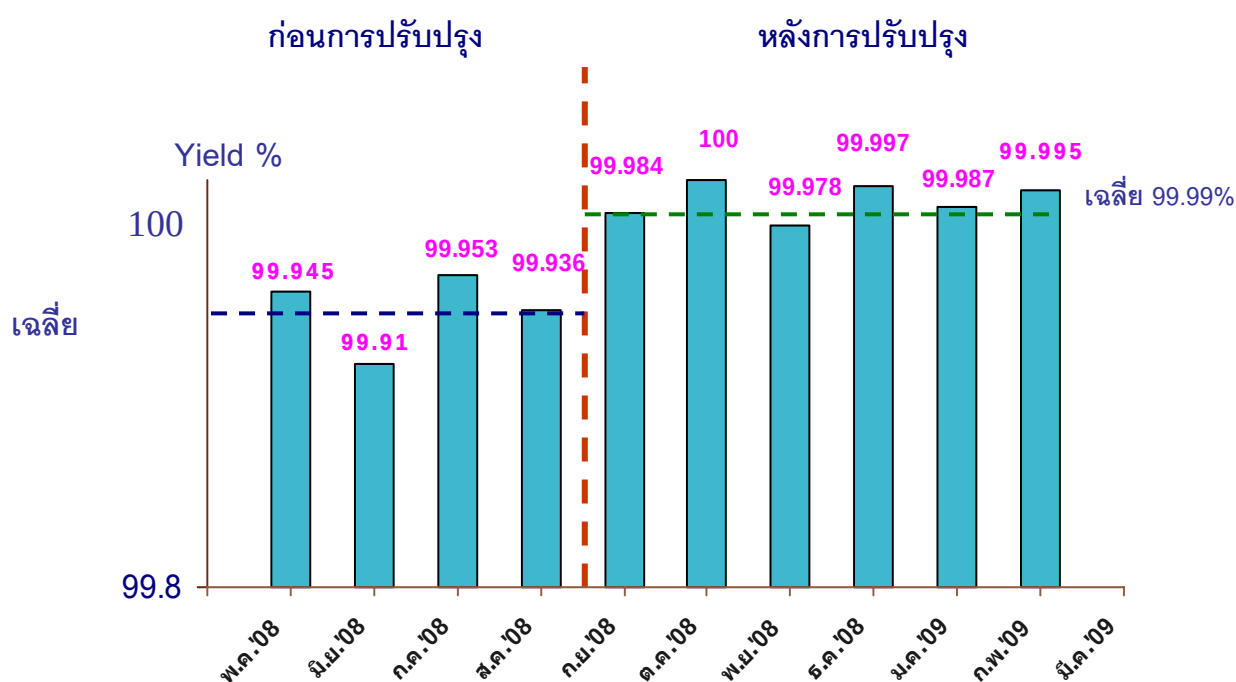
แสดงข้อมูลของการวัดความหนาหลังจากปรับปรุงกระบวนการชุบ

จากวัตถุประสงค์ในการทำการวิจัยฉบับนี้ คือ เพื่อลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นและปรับปรุงคุณภาพผิวงานชุบดีบุกด้วยกระแสไฟฟ้า โดยประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ ซิกมา ซึ่งหลังจากการดำเนินงานแก้ไขปัญหาด้วยวิธีการซิกซ์ ซิกมาแล้วสามารถสรุปผลได้ ดังนี้

เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลสถิติของเสียก่อนการดำเนินงานแก้ไขปัญหในช่วงเดือน ม.ค.-ก.ย. ปี 2551 พบว่า ค่าเฉลี่ยของเสียต่อเดือน ชิ้นงานเสียรูป (Damage lead) เท่ากับ 145.2 PPM, การเกิดเศษดีบุกส่วนเกิน (Solder Residue) เท่ากับ 67 PPM และการมีวัตถุแปลกปลอมบนผิวชิ้นงาน (Contamination) เท่ากับ 36.4 PPM ซึ่งผลการดำเนินงานแก้ไขและปรับปรุงปัญหาหลังจากทำการควบคุมปัจจัยที่ก่อให้เกิดปัญหาในช่วงสิงหาคม ถึงกุมภาพันธ์ ปี 2552 แล้ว พบว่า ค่าเฉลี่ยของเสียต่อเดือนลดลงเหลือดังนี้ ชิ้นงานเสียรูป (Damage lead) เท่ากับ 62 PPM, การเกิดเศษดีบุกส่วนเกิน (Solder Residue) เท่ากับ 38.2 PPM และการมีวัตถุแปลกปลอมบนผิวชิ้นงาน (Contamination) เท่ากับ 27.6 PPM ซึ่งสามารถลดปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นลดลงได้ ดังนี้

ชิ้นงานเสียรูป (Damage lead) ลดลงเท่ากับ 83.2 PPM, การเกิดเศษดีบุกส่วนเกิน (Solder Residue) ลดลงเท่ากับ 28.8 PPM และการมีวัตถุแปลกปลอมบนผิวชิ้นงาน (Contamination) ลดลงเท่ากับ 8.8 PPM

ความสามารถกระบวนการหลังปรับปรุงกระบวนการเมื่อเปรียบเทียบกับนี้ทั้งสามมีค่าเพิ่มขึ้นจากเดิม ซึ่งแสดงให้เห็นว่าหลังการปรับปรุงกระบวนการสามารถลดความผันแปรของกระบวนการได้

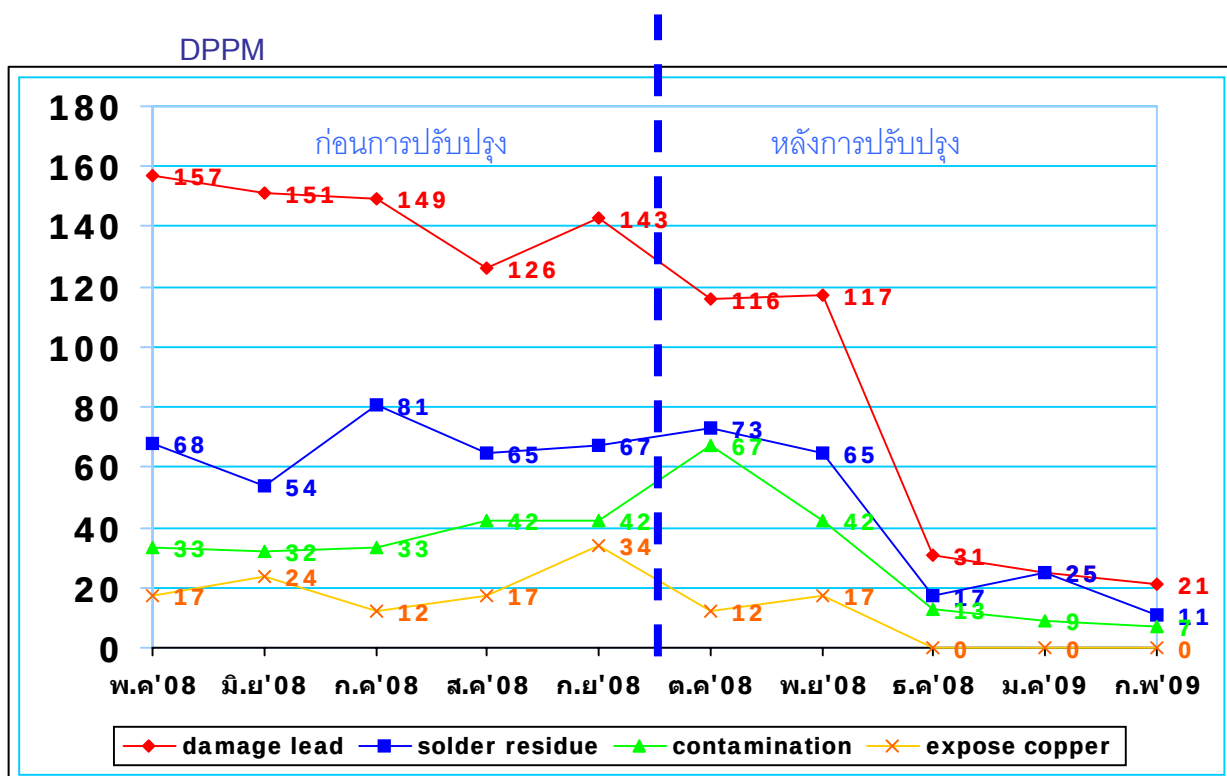


ภาพที่ 4.44

แสดงข้อมูลของผลประโยชน์ส่วนได้ (Yield) เปรียบเทียบก่อน และหลังจากปรับปรุง

กระบวนการชุบ

จากผลการปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการชุบด้วยดีบุก และนิกเกิล พบว่า หลังการวิเคราะห์กระบวนการด้วยวิธี FMEA และ แผนภูมิแก๊งปลา เพื่อนำผลการวิเคราะห์มาปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยใช้ การออกแบบการทดลองเพื่อควบคุมพารามิเตอร์ (Design of Experiment) และการควบคุมกระบวนการ โดยใช้การควบคุมตัวแปรที่ออกนอกตัวควบคุม (Out of Control Action plan) ทำให้ผลประโยชน์ส่วนได้ (Yield) เพิ่มขึ้นจากเดิมเฉลี่ย 99.936% เพิ่มขึ้นเป็น 99.99% ซึ่งน่าพอใจมากคือมากกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้คือทำให้ผลประโยชน์ส่วนได้ (Yield) ที่ 99.98%



ภาพที่ 4.45

แสดงข้อมูลของ จำนวนของเสียในส่วนหลังจากปรับปรุงกระบวนการชุบ