

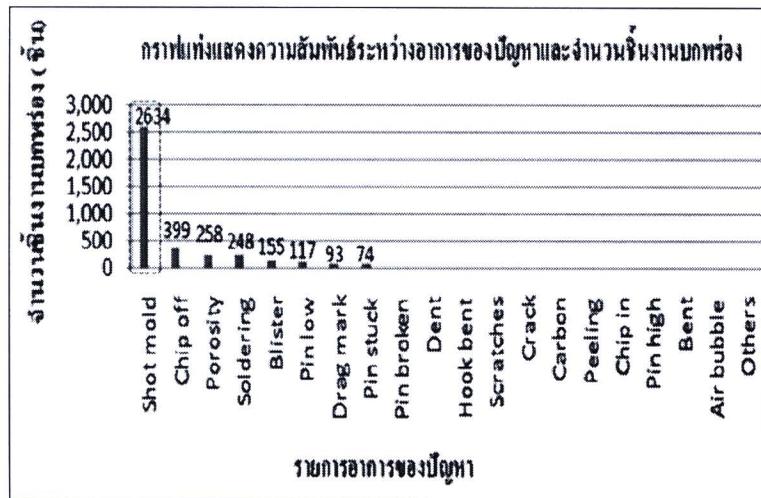
บทที่ 4

การดำเนินโครงการวิจัยและวิเคราะห์ผลการทดลอง

รายละเอียดในบทนี้จะทำการระบุถึงปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการฉีดอะลูมิเนียมขึ้นรูปฝาประกบหลังแผ่นงานแม่เหล็ก (HDDs) ขนาด 3.5 นิ้ว (3.5 inch base of HDDs) ซึ่งพบว่าปัญหาด้านคุณภาพของชิ้นงานหลังกระบวนการฉีดอะลูมิเนียมแบบไดแคสติงมีผลต่อการดำเนินงานมากที่สุด จากนั้นผู้วิจัยจะทำการศึกษาลักษณะอาการข้อบกพร่องของปัญหาที่เกิดขึ้นกับชิ้นงานและทำการวิเคราะห์หาสาเหตุที่ส่งผลกระทบต่ออาการของปัญหาเพื่อพัฒนาแนวทางให้เป็นมาตรฐานในการปฏิบัติที่ถูกต้องเพื่อการปรับปรุงคุณภาพของชิ้นงาน และเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตเพื่อลดปริมาณชิ้นงานบกพร่องจากปัญหาเนื่องงานไม่เต็ม Shot Mold ในกระบวนการฉีดอะลูมิเนียมแบบไดแคสติง ซึ่งเป็นการเพิ่มปริมาณชิ้นงานดีในกระบวนการผลิตเพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ตามเป้าหมายของผู้ผลิต และตอบสนองความต้องการของลูกค้าที่สูงขึ้นตามลำดับ

4.1 ขั้นตอนการทำความเข้าใจปัญหา

บริษัท เอสซี วาโค จำกัด เป็นบริษัทดำเนินธุรกิจผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์คอมพิวเตอร์ (HDDs) และชิ้นส่วนโลหะสำหรับยานยนต์ทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ โดยมีมุ่งมั่นที่จะปรับปรุงชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์คอมพิวเตอร์ (HDDs) และชิ้นส่วนโลหะสำหรับยานยนต์ให้ได้คุณภาพและบริการที่ดีต่อลูกค้า ในกระบวนการผลิตปัจจุบันได้พบปัญหา Shot Mold ที่เกิดจากกระบวนการผลิตการฉีดอะลูมิเนียมขึ้นรูปฝาประกบหลังแผ่นงานแม่เหล็ก (HDDs) ขนาด 3.5 นิ้ว (3.5 inch base of HDDs) ของโรงงานผู้ผลิตจึงก่อให้เกิดเปอร์เซ็นต์ Scrap จากชิ้นงานบกพร่องต่อเดือนเป็นปริมาณมาก และจากข้อมูลทำการตรวจสอบข้อบกพร่องทั้งหมดที่เกิดจากกระบวนการผลิตการฉีดอะลูมิเนียมแบบไดแคสติงของโรงงานผู้ผลิตในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2553 เป็นเวลา 30 วัน ซึ่งแสดงข้อมูลไว้ในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 กราฟแท่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอาการของปัญหาและจำนวนของชิ้นงานบกพร่อง

เมื่อพิจารณาจากกราฟแท่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอาการของปัญหาและจำนวนของชิ้นงานบกพร่อง ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ซึ่งพบว่าสาเหตุหลักของปัญหา ที่มีความสำคัญมีเพียงปัญหาเนื้อชิ้นงานไม่เต็ม Shot Mold ที่เกิดขึ้นมากที่สุดจำนวน 2,634 ชิ้นจากจำนวนบกพร่องทั้งหมด 4,135 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 63.70 ที่เกิดจากระบวนการผลิตการฉีดอะลูมิเนียมขึ้นรูปฝาประกบหลังแผ่นจานแม่เหล็ก (HDDs) ขนาด 3.5 นิ้ว (3.5 inch base of HDDs) ของโรงงานผู้ผลิตในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2553 เป็นเวลา 30 วัน

ดังนั้นปัญหาเนื้อชิ้นงานไม่เต็ม Shot Mold จึงเป็นปัญหาเร่งด่วนที่ต้องดำเนินการแก้ไข จึงได้นำปัญหาเนื้อชิ้นงานไม่เต็ม Shot Mold นี้มาเป็นหัวข้อในการศึกษาและวิจัย โดยอาศัยแนวทางการออกแบบการทดลองหาปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดปัญหาชิ้นงานเนื้อชิ้นงานไม่เต็ม Shot Mold คิดเป็นร้อยละ 63.70 ที่เกิดในกระบวนการผลิตการฉีดอะลูมิเนียมแบบไดแคสติง ซึ่งจะส่งผลโดยตรงทำให้ยอดการผลิตตรงตามเป้าหมายผู้ผลิต (Out Put Target) และเปอร์เซ็นต์ชิ้นงานดีเพิ่มจาก 83.87 % เป็น 95% ต่อเดือนเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า (Demand) ที่สูงขึ้น และหาแนวทางการปรับปรุงกระบวนการเพื่อลดปัญหาดังกล่าว เพื่อเป็นแนวทาง ตัวอย่างในการปรับสภาพการผลิตสำหรับชิ้นงานคอมพิวเตอร์ขนาด 2.5 นิ้ว ต่อไป

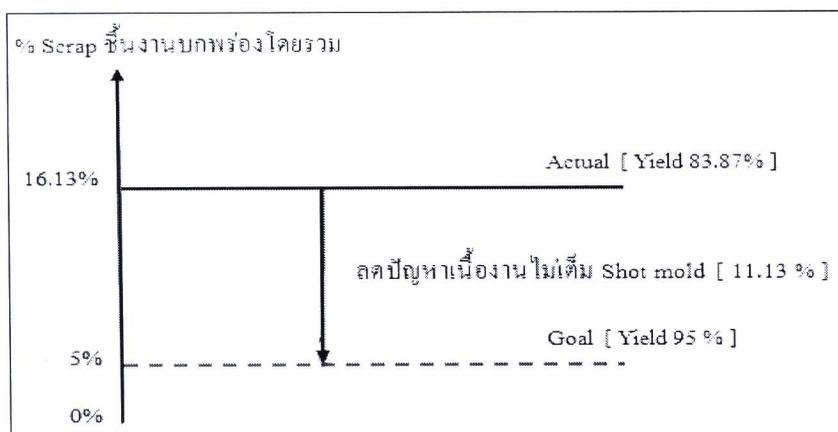
โดยแนวทางการกำหนดเป้าหมายพิจารณาจากข้อมูลเปอร์เซ็นต์ Scrap ชิ้นงานบกพร่องต่อเดือนจากระบวนการผลิตการฉีดอะลูมิเนียมขึ้นรูปฝาประกบหลังแผ่นจานแม่เหล็ก (HDDs) ขนาด 3.5 นิ้ว (3.5 inch base of HDDs) ตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2553 – ตุลาคม พ.ศ. 2553 ที่ผ่านมานำข้อมูลที่ได้มากำหนดเป้าหมายในเพื่อลดปริมาณเปอร์เซ็นต์ Scrap ชิ้นงานบกพร่องจาก 16.13% เป็น 5% ต่อเดือนในกระบวนการผลิตการฉีดอะลูมิเนียมขึ้นรูปฝาประกบหลังแผ่นจานแม่เหล็ก (HDDs) ขนาด 3.5 นิ้ว (3.5 inch base of HDDs) ของโรงงานผู้ผลิตซึ่งแสดงข้อมูลไว้ในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงข้อมูลเปอร์เซ็นต์ Scrap ในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2553 – ตุลาคม พ.ศ. 2553

| เดือนที่ผลิต | ยอดตรวจสอบทั้งหมด (ชิ้น) | จำนวนชิ้นงานบกพร่อง (ชิ้น) | เปอร์เซ็นต์ Scrap = (จำนวนชิ้นงานบกพร่อง / ยอดตรวจสอบทั้งหมด)*100 | เปอร์เซ็นต์จำนวนชิ้นงานดีทั้งหมด |
|--------------|--------------------------|----------------------------|---|----------------------------------|
| สิงหาคม 2553 | 35,562 | 6,154 | 17.30% | 82.70% |
| กันยายน 2553 | 94,268 | 15,343 | 16.28% | 83.72% |
| ตุลาคม 2553 | 267,224 | 42,548 | 15.92% | 84.08% |
| รวม | 397,054 | 64,045 | 16.13% | 83.87% |

4.2 การตั้งเป้าหมายในการลดจำนวนชิ้นงานบกพร่องจากกระบวนการผลิตรวม

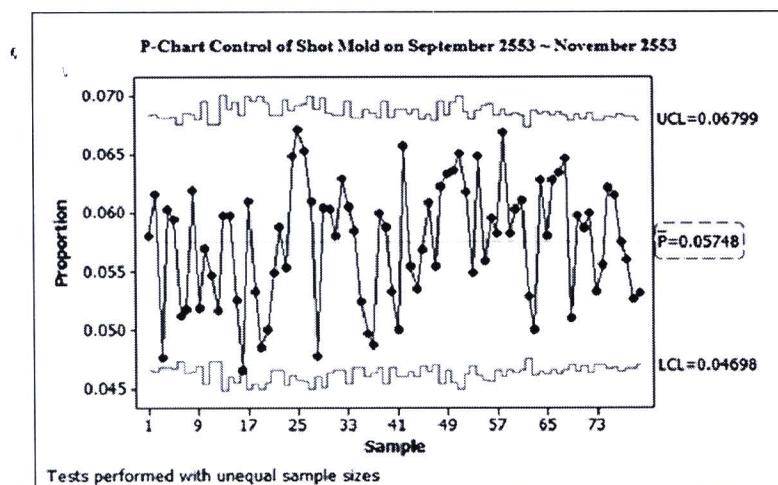
ตารางที่ ก.1 ภาคผนวก ก จากข้อมูลเปอร์เซ็นต์ Scrap ชิ้นงานบกพร่องต่อเดือนจากกระบวนการผลิตการฉีดอะลูมิเนียมขึ้นรูปฝาประกบหลังแผ่นจานแม่เหล็ก (HDDs) ขนาด 3.5 นิ้ว ตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2553 – ตุลาคม พ.ศ. 2553 ที่ผ่านมานำข้อมูลที่ได้มากำหนดเป้าหมายเพื่อลดปริมาณเปอร์เซ็นต์ Scrap ชิ้นงานบกพร่องจาก 16.13% เป็น 5% ต่อเดือนในกระบวนการผลิตการฉีดอะลูมิเนียมขึ้นรูปฝาประกบหลังแผ่นจานแม่เหล็ก (HDDs) ขนาด 3.5 นิ้ว ของโรงงานผู้ผลิตซึ่งแสดงไว้ดังรูปที่ 4.2 โดยการลด % Scrap ชิ้นงานบกพร่องจากกระบวนการผลิตโดยรวมพบว่าปัญหาที่เกิดขึ้นสูงที่สุดคือ เนื้องานไม่เต็ม Shot Mold



รูปที่ 4.2 แสดงเป้าหมายการลด % Scrap ชิ้นงานบกพร่องจากกระบวนการผลิตโดยรวม

4.3 การวิเคราะห์เสถียรภาพของชิ้นงานบกพร่องเนื่องงานไม่เต็ม Shot Mold

จากการตรวจสอบความมีเสถียรภาพของชิ้นงานบกพร่องของกระบวนการผลิตการฉีดอะลูมิเนียมขึ้นรูปฝาประกบหลังแผ่นจานแม่เหล็ก (HDDs) ขนาด 3.5 นิ้ว เพื่อทำการทดสอบการกระจายตัวอยู่ในช่วงความเชื่อมั่นที่คาดการณ์ได้ โดยใช้ข้อมูลชิ้นงานบกพร่องเนื่องงานไม่เต็ม Shot Mold ที่เกิดจากกระบวนการผลิตการฉีดอะลูมิเนียมแบบไดแคสติงของโรงงานผู้ผลิตในเดือนกันยายน พ.ศ. 2553 – พฤศจิกายน พ.ศ. 2553 เป็นเวลา 80 วัน แสดงข้อมูลในตารางที่ ข.1 ภาคผนวก ข โดยสามารถนำข้อมูลที่เป็นค่านับมาเขียนแผนภูมิควบคุมประเภท P-Chart ของชิ้นงานบกพร่องเนื่องงานไม่เต็ม Shot Mold ได้ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แผนภูมิควบคุมประเภท P-Chart ของการเกิดชิ้นงานบกพร่องเนื่องงานไม่เต็ม Shot Mold

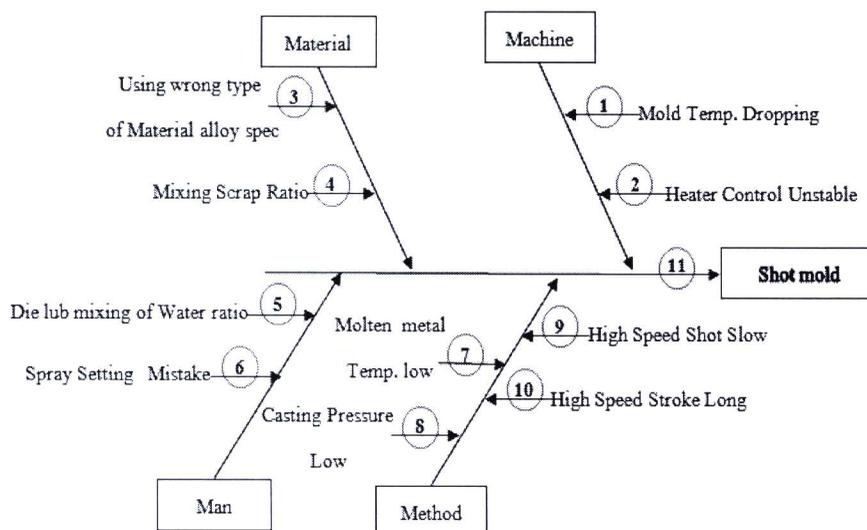
จากรูปที่ 4.3 พบว่าข้อมูลสัดส่วนชิ้นงานบกพร่อง (\bar{P}_1) มีค่าเท่ากับ 0.05748 และข้อมูลทั้งหมดอยู่ภายใต้ช่วงควบคุม $\pm 3\sigma$ ของ UCL และ LCL ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า กระบวนการเกิดชิ้นงานบกพร่องมีเสถียรภาพเพียงพอต่อการวิเคราะห์ข้อมูลและทดสอบสมมติฐานเนื่องจากข้อมูลทั้งหมดอยู่ภายใต้เส้นควบคุม ในกรณีที่มีการศึกษาถึงสัดส่วนชิ้นงานบกพร่องจะสามารถประมาณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับสัดส่วนชิ้นงานบกพร่องโดยจะต้องอยู่ภายใต้ข้อสมมุติที่สามารถประมาณการแจกแจงแบบไบนอมิยัล (Binomails) ด้วยการแจกแจงปกติ

4.4 ขั้นตอนการเลือกปัจจัยและระดับปัจจัย

4.4.1 การวิเคราะห์หาสาเหตุรากเหง้าของปัญหาแบบ Shot Mold

การหาสาเหตุหรือปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อทำให้เกิด Shot Mold นั้นจะใช้แผนภาพสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) หรือแผนภาพก้างปลา (Fish Bone Diagram) ในการวิเคราะห์ความผันแปร เพื่อ

ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลนั้นจำเป็นที่จะต้องทำการระดมสมอง (Brainstorming) เพื่อให้ได้มาซึ่งสาเหตุของปัญหาแล้วทำการพิสูจน์ตามข้อเท็จจริงสำหรับการแก้ไขต่อไป ในขั้นตอนการระดมสมองนั้นจะให้ผู้ที่มีส่วนร่วมในกระบวนการผลิตเสนอความคิดเห็น โดยผู้ที่ร่วมแสดงความคิดเห็นนั้นมีทั้งหมด 8 คนคือ Operation Manager Die Casting , Engineering Manager Die Casting , QA Manager , Sr.QA Supervisor, Engineer Mold & Tooling , IPQA Die Casting , Production Supervisor Die Casting และ CMM Technician ซึ่งมีความรู้ในกระบวนการผลิตการฉีดอะลูมิเนียมแบบไดแคสติงเป็นอย่างดี โดยในการแสดงความคิดเห็นนี้จะไม่จำกัดปริมาณ และคุณภาพของความคิดเห็น เพื่อป้องกันการตกหล่นของสาเหตุที่อาจมีผลกระทบต่อปัญหา จากนั้นจึงนำความคิดเห็นที่ได้มาจัดเป็นหมวดหมู่ด้วยแผนภาพสาเหตุและผล ผลจากการระดมสมองนี้สามารถสรุปเป็นแผนภาพสาเหตุและผลได้ดังรูปที่ 4.4 ซึ่งทางผู้วิจัยได้ให้ทุกคนพยายามระบุให้ครอบคลุมทั้งหมดในกระบวนการผลิตการฉีดอะลูมิเนียมแบบไดแคสติงและต้องการเก็บทุกรายละเอียดของข้อมูลเพื่อให้ได้ข้อมูลที่สมบูรณ์ที่สุด



รูปที่ 4.4 แผนภาพแสดงสาเหตุและผลของปัญหาเนื่องงานไม่เต็ม Shot Mold

จากแผนภาพแสดงดังกล่าวพบว่าสาเหตุหรือปัจจัยแห่งความผันแปรที่น่าจะมีอิทธิพลต่อการเกิดปัญหาเนื่องงานไม่เต็ม Shot Mold ของการฉีดอะลูมิเนียมขึ้นรูปฝาประกบหลังแผ่นงานแม่เหล็ก (HDDs) ขนาด 3.5 นิ้ว ได้แก่

1. อุณหภูมิของแม่พิมพ์ลดต่ำลง (Mold Temperature Dropping)
2. ตัวควบคุมความร้อนไม่คงที่ (Heater Control Unstable)
3. การใช้ชนิดและคุณสมบัติของวัสดุดิบไม่ถูกต้อง (Using wrong type of Material alloy spec)
4. อัตราส่วนผสมของ Scrap ไม่ถูกต้อง (Mixing Scrap Ratio)
5. อัตราส่วนผสมระหว่างน้ำกับน้ำยาไม่ถูกต้อง (Die lub mixing of Water ratio)

6. ตำแหน่งการปรับของ Spray ไม่เหมาะสม (Spray Setting Mistake)
7. อุณหภูมิน้ำหลอมอะลูมิเนียมต่ำ (Molten metal Temperature low)
8. ความดันหล่อในการฉีดอะลูมิเนียมขึ้นรูปต่ำ (Casting Pressure Low)
9. ความเร็วในการฉีดอะลูมิเนียมขึ้นรูปช้าเกินไป (High Speed Shot Slow)
10. ระยะในการฉีดอะลูมิเนียมขึ้นรูปยาวเกินไป (High Speed Stroke Long)
11. ปัญหาเนื่องงานไม่เต็ม (Shot Mold)

4.4.2 ข้อบกพร่องและแนวทางการป้องกันในการฉีดอะลูมิเนียมแบบไดแคสติง

ตารางที่ 4.2 แสดงข้อบกพร่องและเงื่อนไขในการฉีด

| ข้อบกพร่องที่มีสาเหตุมาจากเงื่อนไขในการฉีดและสาเหตุทั่วไป พร้อมทั้งแนวทางการแก้ไขดังนี้ | | | |
|---|--------------------------------|---------------------------------|--|
| Item (ลำดับ) | Defect Name (ข้อบกพร่อง) | Root Cause (สาเหตุ) | Preventive Action (เงื่อนไขการฉีดที่จำเป็นสำหรับแนวทางแก้ไขปัญหา) |
| 1 | รูพรุน (Porosity) | กักตักอากาศ (Air entrapment) | - ทำให้ Slow shot speed มีความเสถียร - ลดการเสียดสีของ Sleeve, Plunger tip - ลดการเกิดน้ำโลหะกระเด็นในระหว่างฉีดและลด Slow shot speed ให้ต่ำลง |
| 2 | รอยแตก (Crack) | โพรงหดตัว (Shrinkage) | - เพิ่มความดันหล่อให้สูงขึ้น - เร่งจังหวะเวลาในการให้ความดันเร็วขึ้น - ปรับตำแหน่งการให้ความดันเร็วขึ้น |
| 3 | รอยขุ่น (Flow line, Shot mold) | ฉีดไม่เต็ม (Misrun) | - เพิ่ม Fast shot speed ให้สูงขึ้น - ปรับตำแหน่งเปลี่ยน Fast shot speed - เพิ่ม Slow shot speed ให้สูงขึ้น |
| 4 | รอยไหม้ (Soldering, Galling) | อุณหภูมิสูง | - ลดความเร็วฉีดให้ต่ำลง - ลดความดันหล่อให้ต่ำลง - เพิ่มปริมาณการใช้น้ำยาสเปรย์ให้สูงขึ้น |
| 5 | รอยบวม (Blister) | อุณหภูมิต่ำ | - ลดความเร็วฉีดให้สูงขึ้น - เพิ่มอุณหภูมิน้ำโลหะให้สูงขึ้น - ลดปริมาณการใช้น้ำยาสเปรย์ให้ต่ำลง |
| 6 | รั่วซึม (Leakage) | มีน้ำปนเปื้อน | - ลดปริมาณการใช้น้ำหล่อลื่น Plunger - ลดปริมาณการใช้น้ำยาสเปรย์ให้ต่ำลง - เพิ่มปริมาณการทำ Air blow |

สรุปข้อบกพร่องเกิดขึ้นได้จากสาเหตุหลากหลายประการ โดยเริ่มต้นจะต้องศึกษาให้เข้าใจถึงสาเหตุของการเกิดนั้นก่อน แต่อย่างไรก็ตาม การแก้ไขด้วยสาเหตุใดสาเหตุหนึ่งอาจนำมาซึ่งข้อบกพร่องอื่นๆได้ ดังนั้น จึงต้องตรวจสอบผลของการแก้ไขที่แต่ละจุดเพราะในบ้างชิ้นงานอาจมีสาเหตุของข้อบกพร่องอยู่หลายจุด และการแก้ไขจุดหนึ่งอาจไม่สามารถแก้ไขข้อบกพร่องจุดอื่นๆได้ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องพิจารณาถึงการแก้ไขโดยรวม

ตารางที่ 4.3 แสดงข้อบกพร่องและการออกแบบแม่พิมพ์

| ข้อบกพร่องที่มีสาเหตุมาจากการออกแบบแม่พิมพ์และสาเหตุทั่วไป พร้อมทั้งแนวทางการแก้ไขดังนี้ | | | |
|--|-------------------------------|------------------------------|--|
| Item (ลำดับ) | Defect Name (ข้อบกพร่อง) | Root Cause (สาเหตุ) | Preventive Action (การออกแบบแม่พิมพ์สำหรับแก้ไขปัญหา) |
| 1 | รูพรุน (Porosity) | กักอากาศ (Air entrapment) | - ปรับปรุง Air vent (Vacuum, Chill vent) - ปรับปรุง Over flow - ลดขนาด Plunger tip - เพิ่มอุณหภูมิแม่พิมพ์ให้สูงขึ้น |
| 2 | รอยแตก (Crack) | โพรงหดตัว (Shrinkage) | - ปรับปรุงระบบหล่อเย็นและลดอุณหภูมิแม่พิมพ์ให้ต่ำลง - เพิ่ม Sub gate และประยุกต์ใช้ความดันเฉพาะที่ - ปรับปรุงรูปทรงถอดแบบและเพิ่ม Radius |
| 3 | รอยย่น (Flow line, Shot mold) | ลัดไม่เต็ม (Misrun) | - เพิ่ม Sub gate และปรับปรุงระบบ Gate - ปรับปรุง Vent และ Over flow - เพิ่มอุณหภูมิแม่พิมพ์ให้สูงขึ้น |
| 4 | รอยไหม้ (Soldering, Gallings) | อุณหภูมิสูง | - ปรับปรุงระบบหล่อเย็น - ทรีทเมนต์ผิวแม่พิมพ์ ทำ Coating - เลือกใช้วัสดุประเภทอื่น |
| 5 | รอยบวม (Blister) | อุณหภูมิต่ำ | - ปิดระบบหล่อเย็น - เพิ่มจำนวน Over flow - ปรับปรุง Lay out ชิ้นงานให้สมดุลย์ |
| 6 | รั่วซึม (Leakage) | มีน้ำปนเปื้อน | - เพิ่มร่องและรูระบายน้ำ - ปรับปรุงระบบหล่อเย็นและลดการใช้ น้ำยาสเปรย์ - วางตำแหน่ง Slide core ให้เหมาะสม |

เช่นเดียวกันกับกรณีเงื่อนไขในการฉีด จะต้องแก้ไขให้ตรงกับสาเหตุแท้จริงและจะต้องระวังไม่ให้เกิดข้อบกพร่องอื่นๆในการแก้ไขตามมาด้วย

การแก้ไขแม่พิมพ์ภายหลังการผลิตแม่พิมพ์เสร็จสมบูรณ์แล้วจะส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่าย การสูญเสียเวลาและอายุการใช้งานของแม่พิมพ์ ดังนั้นจึงควรประเมินข้อบกพร่องที่อาจเกิดขึ้นในช่วงการออกแบบแม่พิมพ์ เพื่อแก้ไขการออกแบบและการผลิตแม่พิมพ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากไม่มีความจำเป็นต้องใช้ระบบหล่อเย็นแล้วก็ไม่ควรใช้ ซึ่งหากมีระบบหล่อเย็นที่มากเกินไปและไม่ได้ใช้ก็ควรยกเลิกเมื่อผลิตแม่พิมพ์ตัวใหม่ในครั้งถัดไป นอกเหนือจากคุณภาพของผลิตภัณฑ์แล้ว ในการออกแบบแม่พิมพ์ควรคำนึงถึงคุณสมบัติในการปฏิบัติงานและประสิทธิภาพการผลิตด้วย

4.4.3 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA)

หลังจากที่ได้แผนภาพสาเหตุและผลจากการระดมสมองแล้วจึงนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode Effect Analysis: FMEA) ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในการกรองปัญหาอย่างเป็นระบบมีขั้นตอนและลำดับก่อนหลังของการแก้ปัญหา โดยวิธีการดังกล่าวถือเป็นการเสริมทักษะในการแก้ปัญหาให้กับวิศวกรให้มีลำดับความคิดที่เป็นขั้นตอนในการแก้ไขปัญหาโดยเน้นไปที่การป้องกันปัญหาที่มีโอกาสเกิด (Most Likely Failure) ซึ่งจะทำการนำปัจจัยป้อนเข้า (Input) ต่างๆในกระบวนการมาประเมินผลให้คะแนนค่าความรุนแรงของผลกระทบ โอกาสการเกิดและผลการตรวจจับของระบบควบคุม เพื่อแสดงลำดับความสำคัญของความเสี่ยงที่จะทำให้เกิดปัญหาเนื่องงานไม่เต็ม Shot mold ในกระบวนการฉีดอะลูมิเนียมแบบไดแคสติงโดยในที่นี้ถือว่าการวิเคราะห์ถึงผลกระทบอันเนื่องมาจากลักษณะข้อบกพร่องในกระบวนการผลิต (Process FMEA) และทำการกรองปัจจัย (Screening Factor) ที่มีผลกระทบต่อชิ้นงานบกพร่องโดยรวม

ขั้นตอนในการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องของผลกระทบของการเกิดปัญหาเนื่องงานไม่เต็ม Shot Mold ในกระบวนการฉีดอะลูมิเนียมแบบไดแคสติงมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. รายละเอียดของกระบวนการ (Process Description/Function) เป็นการกำหนดรายละเอียดของกระบวนการซึ่งจะต้องทำการแยกขั้นตอนภายในกระบวนการที่ทำการศึกษาให้เป็นขั้นตอนย่อยๆก่อน โดยการบรรยายถึงหน้าที่การใช้งานที่น่าจะมีผลต่อปัญหาที่สนใจ
2. ระบุปัจจัยป้อนเข้าที่สำคัญต่อกระบวนการ (Key Process Input) เป็นการระบุปัจจัยที่สำคัญต่อกระบวนการและมีผลต่อปัญหาที่ทำการศึกษา ในการระบุปัจจัยเหล่านี้จะได้จากการระดมสมอง และการวิเคราะห์ผ่านแผนภาพสาเหตุและผล
3. ลักษณะข้อบกพร่องที่มีแนวโน้มว่าจะเกิด (Potential Failure Mode) เป็นการตั้งคำถามในขั้นตอนย่อยๆของกระบวนการนั้นว่าถ้าการทำงานแต่ละขั้นตอนไม่เป็นไปตามที่ต้องการจะเกิดข้อบกพร่องอย่างไร

4. ลักษณะผลกระทบของข้อบกพร่องที่มีแนวโน้มว่าจะเกิด (Potential Effect of Failure) เป็นการระบุว่าปัจจัยที่ทำการวิเคราะห์ห้มานั้นจะส่งผลกระทบต่อปัญหาที่สนใจอย่างไรบ้าง
5. ความรุนแรงของผลกระทบ (Severity of the Effect) เป็นการวิเคราะห์ความรุนแรงของแต่ละปัจจัยที่ได้ทำการวิเคราะห์ห้มา โดยการให้ระดับคะแนนดังแสดงในตารางที่ 4.2
6. สาเหตุที่มีแนวโน้มในการเกิดข้อบกพร่อง (Potential Cause of Failure) โดยระบุถึงสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องว่ามีสาเหตุจากปัจจัยใด
7. โอกาสในการเกิด (Occurrence) เป็นการระบุอัตราที่แสดงถึงจำนวนความถี่หรือจำนวนข้อบกพร่องที่สะสมสำหรับสาเหตุหนึ่งๆภายใต้ระบบควบคุมที่มีอยู่ สำหรับรายละเอียดการให้คะแนนสามารถดูได้จากตารางที่ 4.3
8. การควบคุมกระบวนการในปัจจุบัน (Current Process Control) เป็นวิธีการควบคุมที่ใช้ในการป้องกันการเกิดลักษณะข้อบกพร่องที่มีความเป็นไปได้ที่จะเกิดขึ้นในปัจจุบัน
9. การตรวจจับ (Detection) เป็นการให้คะแนนระดับการตรวจจับข้อบกพร่องที่เกิดจากสาเหตุของปัจจัยต่างๆว่าสามารถตรวจจับได้มากน้อยเพียงใดโดยระดับคะแนนแสดงในตารางที่ 4.4
10. ตัวเลขแสดงลำดับความสำคัญของความเสี่ยง (Risk Priority Number: RPN) คือผลลัพธ์ของความรุนแรง โอกาสในการเกิด และการตรวจจับ เพื่อใช้ในการจัดลำดับความสำคัญในการแก้ไขปัญหาซึ่งจะนำค่า RPN ที่ได้มาเป็นตัวตัดสินใจเพื่อที่จะเริ่มดำเนินการแก้ไขปัจจัยของปัญหาที่มีลำดับสำคัญของความเสี่ยงสูงมาทำการพิจารณา

$$RPN = S \times O \times D$$

เมื่อ S หมายถึง ความรุนแรง (Severity)

O หมายถึง โอกาสในการเกิด (Occurrence)

D หมายถึง การตรวจจับ (Detection)

จากผลการระดมสมองเพื่อวิเคราะห์ถึงผลกระทบอันเนื่องมาจากลักษณะข้อบกพร่อง สามารถสรุปถึงลำดับความสำคัญในการแก้ปัญหาโดยใช้การวิเคราะห์ถึงผลกระทบอันเนื่องมาจากลักษณะข้อบกพร่อง (FMEA) โดยสามารถสรุปค่าตัวเลขแสดงลำดับของความเสี่ยงของลักษณะข้อบกพร่องจากกระบวนการได้ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.4 เกณฑ์ประเมินการให้คะแนนอัตราความรุนแรงของผลกระทบ (Severity: S)

| ผลจากข้อบกพร่อง | ความรุนแรงของผลกระทบจากข้อบกพร่อง | คะแนน |
|---|---|-------|
| 1. ก่อให้เกิดอันตราย โดยไม่มีการเตือน เช่น สัมผัสชิ้นงาน โดยตรง | อาจทำให้เกิดอันตรายต่อเครื่องจักรหรือพนักงาน ความรุนแรงอาจถือว่าสูงมาก ถ้าหากทำให้เกิดความไม่ปลอดภัยในการใช้งาน หรือขัดต่อกฎหมายข้อบกพร่องเกิดขึ้น โดยไม่มีการเตือนล่วงหน้า | 10 |
| 2. ก่อให้เกิดอันตราย โดยมีการเตือนเช่นมีการป้องกันอยู่แล้ว | อาจทำให้เกิดอันตรายต่อเครื่องจักรหรือพนักงาน ความรุนแรงจะถือว่าสูงมาก ถ้าหากทำให้เกิดความไม่ปลอดภัยในการใช้งาน หรือขัดต่อกฎหมายข้อบกพร่องเกิดขึ้น โดยมีการเตือนล่วงหน้า | 9 |
| 3. สูงมาก เช่นพบปัญหาเนื่องงานไม่เต็ม Shot Mold มากกว่า 80 % | มีผลต่อสายการผลิตมาก ผลิตรักษณ์ทั้งหมด (100%) อาจจะต้องได้รับการกำจัดทิ้ง เพราะความไม่มีคุณภาพ ผลิตรักษณ์ไม่สามารถนำไปใช้งานได้ มีความสูญเสียในสถานะหน้าที่หลัก ลูกค้ำมีความไม่พอใจมาก | 8 |
| 4. สูง เช่นพบปัญหาเนื่องงานไม่เต็ม Shot Mold มากกว่า 50 % | มีผลต่อการผลิตเล็กน้อย ผลิตรักษณ์อาจต้องผ่านการตรวจสอบแบบคัดเลือก (Sorting) และอาจมีผลิตรักษณ์บกพร่องบางส่วน (น้อยกว่า 100%) ได้รับการกำจัดทิ้งเพราะไม่มีคุณภาพ ผลิตรักษณ์สามารถได้รับการนำไปใช้งานได้ด้วยความสามารถที่ลดลง ลูกค้ำมีความไม่พอใจ | 7 |
| 5. ปานกลาง เช่นพบปัญหาเนื่องงานไม่เต็ม Shot Mold มากกว่า 20 % | มีผลต่อการผลิตเล็กน้อย ผลิตรักษณ์บางส่วน อาจต้องได้รับการกำจัดทิ้งเพราะความไม่มีคุณภาพ (โดยไม่มีการคัดเลือก) ผลิตรักษณ์สามารถได้รับการนำไปใช้งานได้ แต่ความสะดวกสบายลดน้อยลง ลูกค้ำขาดความสะดวก | 6 |
| 6. ต่ำ เช่นพบปัญหาเนื่องงานไม่เต็ม Shot Mold มากกว่า 10 % | มีผลต่อสายการผลิตเล็กน้อย ผลิตรักษณ์ทั้งหมด (100%) อาจต้องได้รับการนำมาทำใหม่ (Rework) ผลิตรักษณ์สามารถได้รับการนำมาใช้งานได้ดี แต่ด้านความสะดวกสบายสามารถดำเนินการได้ด้วยสมรรถนะต่ำลง ลูกค้ำไม่ค่อยจะพอใจ | 5 |
| 7. ต่ำมาก เช่นพบปัญหาเนื่องงานไม่เต็ม Shot Mold ต่ำกว่า 5 % | มีผลต่อสายการผลิตเล็กน้อย ผลิตรักษณ์อาจต้องได้รับการคัดเลือก และผลิตรักษณ์บางส่วน (น้อยกว่า 100%) อาจต้องได้รับการนำมาทำใหม่ (Rework) ความเรียบร้อยของผลิตรักษณ์อาจไม่ดีนัก ลูกค้ำส่วนใหญ่มักจะถือว่าผลิตรักษณ์มีตำหนิ | 4 |

ตารางที่ 4.4 เกณฑ์ประเมินการให้คะแนนอัตราความรุนแรงของผลกระทบ (Severity: S) (ต่อ)

| ผลจากข้อบกพร่อง | ความรุนแรงของผลกระทบจากข้อบกพร่อง | คะแนน |
|---|---|-------|
| 8. เล็กน้อย เช่นพบปัญหาเนื่องงานไม่เต็ม Shot Mold ต่ำกว่า 3 % | มีผลต่อสายการผลิตเล็กน้อย ส่วนหนึ่งของผลิตภัณฑ์ (น้อยกว่า 100%) อาจได้รับการนำมาทำใหม่ในสายการผลิต แต่นอกจากปฏิบัติตามผลิตภัณฑ์มีความเรียบร้อยดี ลูกค้าโดยเฉลี่ยจะถือว่าผลิตภัณฑ์มีตำหนิ | 3 |
| 9. เล็กน้อยมาก หรือ ไม่พบปัญหาเนื่องงานไม่เต็ม Shot Mold เลย | มีผลต่อสายการผลิตเล็กน้อย ส่วนหนึ่งของผลิตภัณฑ์ (น้อยกว่า 100%) อาจได้รับการนำมาทำใหม่ในสายการผลิต และที่ตำแหน่งปฏิบัติตามผลิตภัณฑ์มีความเรียบร้อยดี ลูกค้าจำนวนเพียงเล็กน้อยจะถือว่าผลิตภัณฑ์มีตำหนิ | 2 |
| 10. ไม่มี | ไม่มีผลกระทบและไม่เกิดปัญหาเนื่องงานไม่เต็ม Shot Mold | 1 |

ตารางที่ 4.5 เกณฑ์ประเมินการให้คะแนนการกำหนดโอกาสในการเกิดข้อบกพร่อง (Occurrence: O)

| โอกาสในการเกิดข้อบกพร่อง | โอกาสในการเกิดที่อาจเป็นไปได้ | คะแนน |
|--|-------------------------------|-------|
| 1. สูงมาก : เกิดข้อบกพร่องเสมอ ไม่สามารถหลีกเลี่ยงข้อบกพร่องประเภท Shot Mold ได้ | มากกว่า 1 ใน 2 | 10 |
| | 1 ใน 3 | 9 |
| 2. สูง : กระบวนการที่คล้ายคลึงกันมีข้อบกพร่องประเภท Shot Mold บ่อย | 1 ใน 8 | 8 |
| | 1 ใน 20 | 7 |
| 3. ปานกลาง : กระบวนการที่คล้ายคลึงกันมีข้อบกพร่องประเภท Shot Mold แต่ไม่ถึงกับเกิดขึ้นบ่อยๆ | 1 ใน 80 | 6 |
| | 1 ใน 400 | 5 |
| | 1 ใน 2,000 | 4 |
| 4. ต่ำ : มีข้อบกพร่องประเภท Shot Mold ที่ไม่คุ้นเคย (นานๆเกิดครั้ง) กับกระบวนการที่คล้ายคลึงกัน | 1 ใน 50,000 | 3 |
| 5. ต่ำมาก : มีข้อบกพร่องประเภท Shot Mold ที่ไม่คุ้นเคยเกิดขึ้นกับกระบวนการที่เกือบจะเหมือนกัน | 1 ใน 150,000 | 2 |
| 6. ห่างไกล : ไม่มีแนวโน้มของข้อบกพร่องประเภท Shot Mold ไม่เคยเกิดข้อบกพร่องใดๆกับกระบวนการที่เกือบจะเหมือนกันเลย | น้อยกว่า 1 ใน 1,500,000 | 1 |

ตารางที่ 4.6 เกณฑ์การประเมินการให้คะแนนโอกาสในการตรวจจับข้อบกพร่อง (Detection: D)

| การตรวจจับ | กฎเกณฑ์: โอกาสในการตรวจจับข้อบกพร่องด้วยระบบการควบคุมกระบวนการก่อนที่จะส่งมอบผลิตภัณฑ์ หรือก่อนที่ผลิตภัณฑ์จะออกจากสายการผลิต หรือสายการประกอบ | คะแนน |
|----------------------|--|-------|
| 1. เกือบเป็นไปไม่ได้ | ไม่ทราบถึงวิธีการควบคุม ที่จะตรวจจับลักษณะข้อบกพร่องประเภท Shot Mold | 10 |
| 2. ห่างไกลมาก | มีโอกาสห่างไกลมาก ที่วิธีการควบคุมจะตรวจจับลักษณะข้อบกพร่องประเภท Shot Mold | 9 |
| 3. ห่างไกล | มีโอกาสห่างไกล ที่วิธีการควบคุมจะตรวจจับลักษณะข้อบกพร่องประเภท Shot Mold | 8 |
| 4. น้อยมาก | มีโอกาสน้อยมาก ที่วิธีการควบคุมจะตรวจจับลักษณะข้อบกพร่องประเภท Shot Mold | 7 |
| 5. น้อย | มีโอกาสน้อย ที่วิธีการควบคุมจะตรวจจับลักษณะข้อบกพร่องประเภท Shot Mold | 6 |
| 6. ปานกลาง | มีโอกาสพอสมควร ที่วิธีการควบคุมจะตรวจจับลักษณะข้อบกพร่องประเภท Shot Mold | 5 |
| 7. ก่อนข้างสูง | มีโอกาสด้านข้างสูงมาก ที่วิธีการควบคุมจะตรวจจับลักษณะข้อบกพร่องประเภท Shot Mold | 4 |
| 8. สูง | มีโอกาสสูง ที่วิธีการควบคุมจะตรวจจับลักษณะข้อบกพร่องประเภท Shot Mold | 3 |
| 9. สูงมาก | มีโอกาสสูงมาก ที่วิธีการควบคุมจะตรวจจับลักษณะข้อบกพร่องประเภท Shot Mold | 2 |
| 10. เกือบแน่นอน | มีโอกาสเกือบ 100 เปอร์เซ็นต์ ที่วิธีการควบคุมจะตรวจจับลักษณะข้อบกพร่องประเภท Shot Mold โดยวิธีการที่น่าไว้วางใจนี้จะรับทราบจากกระบวนการที่คล้ายคลึงกัน | 1 |

ตารางที่ 4.6 เกณฑ์การประเมินการให้คะแนนโอกาสในการตรวจจับข้อบกพร่อง (Detection: D)

| การตรวจจับ | กฎเกณฑ์ : โอกาสในการตรวจจับข้อบกพร่องด้วยระบบการควบคุมกระบวนการก่อนที่จะส่งมอบผลิตภัณฑ์ หรือก่อนที่ผลิตภัณฑ์จะออกจากสายการผลิต หรือสายการประกอบ | คะแนน |
|----------------------|---|-------|
| 1. เกือบเป็นไปไม่ได้ | ไม่ทราบถึงวิธีการควบคุม ที่จะตรวจจับลักษณะข้อบกพร่องประเภท Shot Mold | 10 |
| 2. ห่างไกลมาก | มีโอกาห่างไกลมาก ที่วิธีการควบคุมจะตรวจจับลักษณะข้อบกพร่องประเภท Shot Mold | 9 |
| 3. ห่างไกล | มีโอกาห่างไกล ที่วิธีการควบคุมจะตรวจจับลักษณะข้อบกพร่องประเภท Shot Mold | 8 |
| 4. น้อยมาก | มีโอกาสน้อยมาก ที่วิธีการควบคุมจะตรวจจับลักษณะข้อบกพร่องประเภท Shot Mold | 7 |
| 5. น้อย | มีโอกาสน้อย ที่วิธีการควบคุมจะตรวจจับลักษณะข้อบกพร่องประเภท Shot Mold | 6 |
| 6. ปานกลาง | มีโอกาสมoderate ที่วิธีการควบคุมจะตรวจจับลักษณะข้อบกพร่องประเภท Shot Mold | 5 |
| 7. ค่อนข้างสูง | มีโอกาสูงมาก ที่วิธีการควบคุมจะตรวจจับลักษณะข้อบกพร่องประเภท Shot Mold | 4 |
| 8. สูง | มีโอกาสูง ที่วิธีการควบคุมจะตรวจจับลักษณะข้อบกพร่องประเภท Shot Mold | 3 |
| 9. สูงมาก | มีโอกาสูงมาก ที่วิธีการควบคุมจะตรวจจับลักษณะข้อบกพร่องประเภท Shot Mold | 2 |
| 10. เกือบแน่นอน | มีโอกาเกือบ 100 เปอร์เซ็นต์ ที่วิธีการควบคุมจะตรวจจับลักษณะข้อบกพร่องประเภท Shot Mold โดยวิธีการที่น่าไว้วางใจนี้จะรับทราบจากกระบวนการที่คล้ายคลึงกัน | 1 |

ตารางที่ 4.7 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA) อันเนื่องมาจากความผิดพลาดในกระบวนการ

| Potential Failure Mode สาเหตุที่เกิดปัญหา | Defects Cause ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น | Potential Effects of Failure ผลกระทบที่เกิดขึ้น | ความรุนแรง SEV (S) | Potential Causes Mechanism of Failure สาเหตุที่เป็นไปได้ | OCC (O) | Current Process Control Detection การควบคุมในปัจจุบัน | การตรวจ DET (D) | RPN |
|--|--|--|--------------------|--|---------|---|-----------------|-----|
| Using wrong type of material Alloy Spec. | เกิดโพรงอากาศและมีผลต่อความแข็งแรง | การไหลในแม่พิมพ์ไม่ดี ทำให้เกิดโพรงอากาศ | 7 | ไม่มีการบ่งชี้ชนิดของวัสดุดิบ (In got) | 1 | แยกพื้นที่จัดเก็บแต่ละชนิดของวัสดุดิบ เช่น ADC10 และ ADC12 | 5 | 35 |
| Mixing Scrap Ratio. | การไหลไม่สมบูรณ์ทำให้มีผลต่อความแข็งแรง | การไหลในแม่พิมพ์ไม่ดี ทำให้เกิดปัญหา Shot Mold | 5 | มีคราบน้ำมันบนอะลูมิเนียมหลังจกขึ้นรูปแล้ว | 2 | แยกการจัดเก็บตามสีของถังขยะ เช่น ADC10 และ ADC12. | 6 | 60 |
| Molten Metal Temperature Low. | เกิด Flow Line และ Shot Mold หลังการฉีดอะลูมิเนียม | เกิดปัญหา Shot Mold หลังการฉีดอะลูมิเนียมขึ้นรูป | 8 | การไหลไม่สมบูรณ์ทำให้เกิดขึ้นงานติดหน้าแม่พิมพ์ | 8 | ตรวจสอบและบันทึกถลุงเอกสารของ IPQA ในกระบวนการผลิต | 6 | 384 |
| High Speed Shot too low or high. | เกิดปัญหา Shot Mold | การไหลไม่สมบูรณ์ทำให้เกิดปัญหา Shot Mold | 8 | ความหนาของหัวน้ำมีความแตกต่างกันทุกครั้ง | 7 | ตรวจสอบพารามิเตอร์และบันทึกถลุงเอกสารของฝ่ายผลิตก่อนการผลิต | 7 | 392 |

กระบวนการการฉีดอะลูมิเนียมขึ้นรูป

ตารางที่ 4.7 การวิเคราะห์หัดลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis; FMEA) อันเนื่องมาจากความผิดพลาดในกระบวนการ (ต่อ)

| Potential Failure Mode สาเหตุที่เกิดขึ้น ปัญหา | Defects Cause ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น | Potential Effects of Failure ผลกระทบที่เกิดขึ้น | ความรุนแรง (S) | Potential Causes Mechanism of Failure สาเหตุที่เป็นไปได้ | โอกาส (O) | Current Process Control การควบคุมในปัจจุบัน | การตรวจ DET (D) | RPN |
|--|---|---|----------------|---|-----------|---|-----------------|-----|
| Casting Pressure Low. | เกิดปัญหา Shot Mold | เกิดปัญหา Shot Mold หลังการฉีดอะลูมิเนียม ขึ้นรูป | 8 | การยุบตัวแตกต่างกันทุก ครั้งหลังการฉีด อะลูมิเนียมขึ้นรูป | 7 | ตรวจสอบ (N2) และบันทึกการ เอกสารของฝ่ายผลิตก่อนการผลิต | 6 | 336 |
| High Speed Stroke too Long. | เกิด Flow Line และ Shot Mold หลังการฉีด อะลูมิเนียม | เกิดปัญหา Shot Mold หลังการฉีดอะลูมิเนียม ขึ้นรูป | 7 | ความหนาของหัวน้ำมี ความแตกต่างกันทุกครั้ง | 7 | ตรวจสอบพารามิเตอร์และ บันทึกถึงเอกสารของฝ่ายผลิต ก่อนการผลิต | 7 | 343 |
| Die Lub Mixing of Water Ratio. | เกิดปัญหา Cold Flow | การไหลในแม่พิมพ์ไม่ดี ทำให้เกิดชิ้นงานแตกเร็ว | 7 | การยุบตัวไม่เท่ากันและ แตกต่างกันมาก | 2 | ตรวจสอบอัตราส่วนผสมและ บันทึกถึงเอกสารของฝ่ายผลิต ก่อนการผลิต | 4 | 56 |
| Spray Setting Mistake. | ตำแหน่งของ Spray มากเกินไป | การไหลในแม่พิมพ์ไม่ดี ทำให้เกิดโพรงอากาศ | 4 | ชิ้นงานโค้งและมีรอยดึง | 2 | ตรวจสอบตำแหน่งของ Spray ก่อนทำการผลิตทุกครั้ง | 5 | 40 |

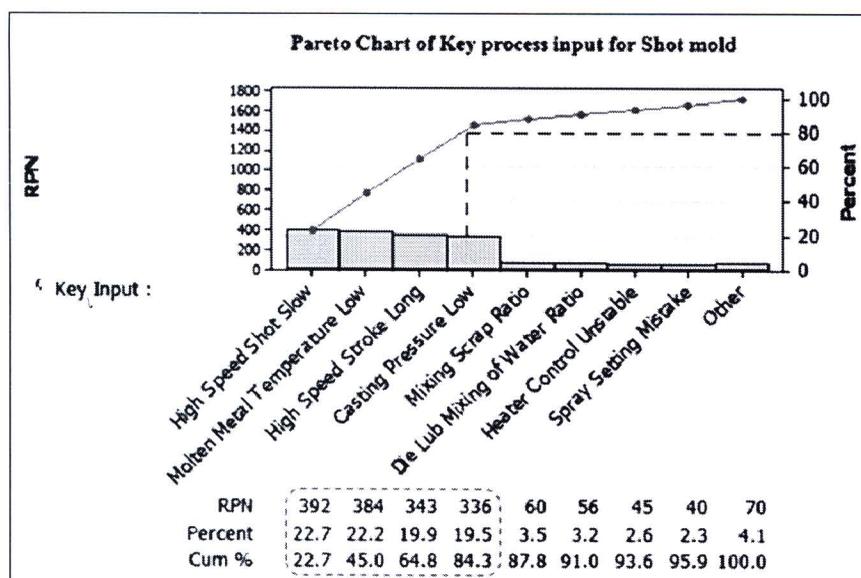
ตารางที่ 4.7 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis; FMEA) อันเนื่องมาจากความผิดพลาดในกระบวนการ (ต่อ)

| Process Function | Potential Failure Mode สาเหตุที่เกิดปัญหา | Defects Cause ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น | Potential Effects of Failure ผลกระทบที่เกิดขึ้น | ความรุนแรง SEV (S) | Potential Causes Mechanism of Failure สาเหตุที่เป็นไปได้ | OCC (O) | Current Process Control Detection การควบคุมในปัจจุบัน | การตรวจ DET (D) | RPN |
|---------------------|--|--|---|--------------------|--|---------|---|-----------------|-----|
| กระบวนการอัดขึ้นรูป | Mold Temperature Dropping. | เกิดปัญหา Cold Flow | ทำให้เกิด Flow Line และ Shot Mold หลังการฉีดอะลูมิเนียม | 7 | การไหลไม่สมบูรณ์ทำให้เกิดชิ้นงานติดหน้าแม่พิมพ์ | 1 | ตรวจสอบอุณหภูมิทุก 2 ชั่วโมงและบันทึกผลเอกสารของ IPQA ในกระบวนการผลิต | 5 | 35 |
| | Heater Control Unstable. | อุณหภูมิของแม่พิมพ์ในกระบวนการผลิตไม่คงที่ | ทำให้เกิด Shot Mold และ Flow Line หลังการฉีดอะลูมิเนียม | 5 | การไหลไม่สมบูรณ์ทำให้เกิดชิ้นงานติดหน้าแม่พิมพ์ | 3 | ตรวจสอบอุณหภูมิทุก 4 ชั่วโมงและบันทึกผลเอกสารของ PM ในกระบวนการผลิต | 3 | 45 |



4.4.4 สรุปผลการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ

หลังจากทำการวิเคราะห์ถึงผลกระทบอันเนื่องมาจากลักษณะข้อบกพร่องออกมาแล้วจากนั้นจะนำเอาค่าของความเสี่ยง (RPN) มาจัดลำดับเพื่อตรวจสอบว่าปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลกระทบต่อารเกิดข้อบกพร่อง และควรนำไปดำเนินการแก้ไขปัญหาคต่อไป โดยใช้แผนภาพพารेटโตในการวิเคราะห์ซึ่งแสดงไว้ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 แผนภาพพารेटโตแสดงค่าความเสี่ยงของแต่ละปัจจัย

เมื่อพิจารณาจากแผนภาพพารेटโต แสดงรูปแบบการให้คะแนนความสัมพันธ์ ระหว่างเหตุและผล ดังแสดงในรูปที่ 4.5 เป็นไปอย่างถูกต้องโดยใช้กฎ 80:20 ในการตัดสินใจซึ่งพบว่าสาเหตุหลักของปัญหาที่มีความสำคัญมีเพียง 4 ปัจจัย คือ High speed shot , Molten metal temperature , High speed stroke และ Casting Pressure ที่ส่งผลสำคัญต่อกระบวนการผลิตการฉีดอะลูมิเนียมขึ้นรูปฝาประกบหลังแผ่นจานแม่เหล็ก (HDDs) ขนาด 3.5 นิ้ว ที่จะทำให้เกิดปัญหาเนื่องงานไม่เต็ม Shot Mold ในกระบวนการผลิตการฉีดอะลูมิเนียมแบบไดแคสติงของโรงงานผู้ผลิต

ดังนั้นจากการเลือกปัจจัยในกระบวนการดังกล่าวได้ปัจจัยที่นำมาออกแบบการทดลองเพื่อหาระดับปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดปัญหาเนื่องงานไม่เต็ม Shot Mold ในกระบวนการฉีดอะลูมิเนียมขึ้นรูปทั้งหมด 4 ปัจจัย ดังนี้

1. ความเร็วในการฉีดอะลูมิเนียมขึ้นรูป (High Speed Shot), m/s
2. อุณหภูมิน้ำหลอมอะลูมิเนียม (Molten Metal Temperature), °C
3. ระยะในการฉีดอะลูมิเนียมขึ้นรูป (High Speed Stroke), mm
4. ความดันหล่อในการฉีดอะลูมิเนียมขึ้นรูป (Casting Pressure), Mpa

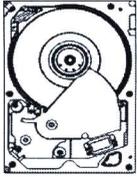
4.5 การวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis)

ในการศึกษาความสามารถของระบบการวัดแบบอาศัยข้อมูลนับนี้จะเป็นการประเมินโดยการเปรียบเทียบชิ้นงานที่ทำการตรวจกับพิคต์ของข้อกำหนดเฉพาะ ซึ่งจะทำให้สามารถประเมินผลของข้อมูลออกมาว่าผ่านหรือไม่ผ่าน ดังนั้นในการวิเคราะห์ระบบการวัดนี้จึงมีความจำเป็นจะต้องใช้วิธีการประเมินความสามารถของระบบการวัดเมื่อข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลมาจากการนับ และเป็นการยืนยันว่าระบบการวัดที่มีอยู่นั้นมีประสิทธิภาพมากพอที่จะนำมาวัดผลการทดลองได้ ซึ่งในการประเมินความสามารถของระบบการวัดจะมีขั้นตอนในการประเมินดังนี้

1. เลือกคุณลักษณะของชิ้นงาน (Product Characteristic) ที่ต้องการทดสอบในที่นี้กำหนดเลือกคุณลักษณะชิ้นงานบกดร่องประเภท Shot Mold
2. เลือกชิ้นงานที่ต้องการทดสอบมา 25 ชิ้นซึ่งต้องทราบคุณภาพงานที่แท้จริง (Attribute) ว่าเป็นงานดี (G) หรืองานเสีย (NG) เพื่อกำหนดเป็นมาตรฐาน และควรมีงานดีและงานเสียละกันสัดส่วน 60:40 โดยประมาณ
3. เลือกพนักงานที่มีหน้าที่ในการตรวจสอบประจำวัน 2 คน ซึ่งพนักงานได้ผ่านการฝึกอบรมมาเป็นอย่างดีแล้วกำหนดให้พนักงานตรวจสอบคนที่ 1 เป็น A และให้พนักงานตรวจสอบคนที่ 2 เป็น B
4. กำหนดจำนวนการตรวจซ้ำโดยในการทดสอบนี้กำหนดให้มีการตรวจซ้ำ 2 ครั้ง
5. ดำเนินการประเมินผลต่างๆ
6. วิเคราะห์และสรุปผลการวิเคราะห์



รูปที่ 4.6 รูปแสดงพนักงานในการทดสอบระบบการวัดจำนวน 2 คน

| INSPECTION INSTRUCTION | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------------------------------|--|-----------------------|---------|------|----------|---|----------------|---|---------------------------------|---|---------------------------------|---|---------------------------------|---|---------------------------------|---|---------------------------------|---|---------------------------------|---|---------------------------------|---|---------------------------------|----|---------------------------------|----|---------------------------------|----|---------------------------------|----|---------------------------------|----|---------------------------------|----|---------------------------------|----|---------------------------------|----|---------------------------------|----|---------------------------------|----|---------------------------------|----|---------------------------------|----|---------------------------------|----|---------------------------------|----|---------------------------------|----|---------------------------------|----|---------------------------------|----|---------------------------------|
| MODEL | JUPITER-K | TITLE | DOC NO. QM-IC-2188-00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PRE. OF | - | VISUAL INSPECTION (SD) FOR BASE PLATE | EFFECTIVE DATE | PAGE OF | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| NEXT. OF | - | | | 1 OF 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  <p>NOTE</p> <p>3. ดูด้านหน้าของแผ่นเบสเพลตด้วยตัวขยาย</p> <p>3. VISUAL INSPECTION FOR BASE PLATE (SIDE MOD AREA BY DEMAGNETIFIER)</p> <p>1. ตรวจสอบด้านหน้าของแผ่นเบสเพลตด้วยตัวขยาย</p> <p>1. VISUAL INSPECTION FOR BASE PLATE (SIDE MOD AREA BY DEMAGNETIFIER)</p> <p>2. ตรวจสอบด้านหน้าของแผ่นเบสเพลตด้วยตัวขยาย</p> <p>2. VISUAL INSPECTION FOR BASE PLATE (SIDE MOD AREA BY DEMAGNETIFIER)</p> | | <p>CRITERIA NUMBER/REASON</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>ITEM</th> <th>CRITERIA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>รูปร่าง ผิดแบบ</td></tr> <tr><td>2</td><td>รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ)</td></tr> <tr><td>3</td><td>รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ)</td></tr> <tr><td>4</td><td>รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ)</td></tr> <tr><td>5</td><td>รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ)</td></tr> <tr><td>6</td><td>รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ)</td></tr> <tr><td>7</td><td>รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ)</td></tr> <tr><td>8</td><td>รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ)</td></tr> <tr><td>9</td><td>รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ)</td></tr> <tr><td>10</td><td>รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ)</td></tr> <tr><td>11</td><td>รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ)</td></tr> <tr><td>12</td><td>รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ)</td></tr> <tr><td>13</td><td>รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ)</td></tr> <tr><td>14</td><td>รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ)</td></tr> <tr><td>15</td><td>รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ)</td></tr> <tr><td>16</td><td>รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ)</td></tr> <tr><td>17</td><td>รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ)</td></tr> <tr><td>18</td><td>รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ)</td></tr> <tr><td>19</td><td>รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ)</td></tr> <tr><td>20</td><td>รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ)</td></tr> <tr><td>21</td><td>รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ)</td></tr> <tr><td>22</td><td>รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ)</td></tr> <tr><td>23</td><td>รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ)</td></tr> <tr><td>24</td><td>รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ)</td></tr> <tr><td>25</td><td>รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ)</td></tr> <tr><td>26</td><td>รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ)</td></tr> </tbody> </table> | | | ITEM | CRITERIA | 1 | รูปร่าง ผิดแบบ | 2 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | 3 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | 4 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | 5 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | 6 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | 7 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | 8 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | 9 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | 10 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | 11 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | 12 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | 13 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | 14 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | 15 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | 16 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | 17 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | 18 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | 19 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | 20 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | 21 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | 22 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | 23 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | 24 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | 25 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | 26 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) |
| ITEM | CRITERIA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | รูปร่าง ผิดแบบ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| INSPECTION INSTRUCTION | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MODEL | JUPITER-K | TITLE | DOC NO. QM-IC-2188-00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PRE. OF | - | VISUAL INSPECTION (SD) FOR BASE PLATE | EFFECTIVE DATE | PAGE OF | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| NEXT. OF | - | | | 1 OF 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>3. ดูด้านหน้าของแผ่นเบสเพลตด้วยตัวขยาย</p> <p>3. VISUAL INSPECTION FOR BASE PLATE (SIDE MOD AREA BY DEMAGNETIFIER)</p> <p>1. ตรวจสอบด้านหน้าของแผ่นเบสเพลตด้วยตัวขยาย</p> <p>1. VISUAL INSPECTION FOR BASE PLATE (SIDE MOD AREA BY DEMAGNETIFIER)</p> <p>2. ตรวจสอบด้านหน้าของแผ่นเบสเพลตด้วยตัวขยาย</p> <p>2. VISUAL INSPECTION FOR BASE PLATE (SIDE MOD AREA BY DEMAGNETIFIER)</p> | | <p>CRITERIA NUMBER/REASON</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>ITEM</th> <th>CRITERIA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>รูปร่าง ผิดแบบ</td></tr> <tr><td>2</td><td>รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ)</td></tr> <tr><td>3</td><td>รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ)</td></tr> <tr><td>4</td><td>รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ)</td></tr> <tr><td>5</td><td>รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ)</td></tr> <tr><td>6</td><td>รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ)</td></tr> <tr><td>7</td><td>รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ)</td></tr> <tr><td>8</td><td>รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ)</td></tr> <tr><td>9</td><td>รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ)</td></tr> <tr><td>10</td><td>รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ)</td></tr> <tr><td>11</td><td>รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ)</td></tr> <tr><td>12</td><td>รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ)</td></tr> <tr><td>13</td><td>รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ)</td></tr> <tr><td>14</td><td>รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ)</td></tr> <tr><td>15</td><td>รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ)</td></tr> <tr><td>16</td><td>รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ)</td></tr> <tr><td>17</td><td>รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ)</td></tr> <tr><td>18</td><td>รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ)</td></tr> <tr><td>19</td><td>รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ)</td></tr> <tr><td>20</td><td>รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ)</td></tr> <tr><td>21</td><td>รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ)</td></tr> <tr><td>22</td><td>รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ)</td></tr> <tr><td>23</td><td>รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ)</td></tr> <tr><td>24</td><td>รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ)</td></tr> <tr><td>25</td><td>รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ)</td></tr> <tr><td>26</td><td>รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ)</td></tr> </tbody> </table> | | | ITEM | CRITERIA | 1 | รูปร่าง ผิดแบบ | 2 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | 3 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | 4 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | 5 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | 6 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | 7 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | 8 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | 9 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | 10 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | 11 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | 12 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | 13 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | 14 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | 15 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | 16 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | 17 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | 18 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | 19 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | 20 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | 21 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | 22 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | 23 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | 24 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | 25 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | 26 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) |
| ITEM | CRITERIA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | รูปร่าง ผิดแบบ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | รูปร่าง ผิดแบบ (รูปร่าง ผิดแบบ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

รูปที่ 4.7 รูปแสดง Inspection Instruction Sheet ในการทดสอบระบบการวัด

รายชื่อพนักงานที่ทำการทดสอบ ดังนี้

1. จ่านงค์ พุทธิศา (A) รหัสพนักงาน D-071672 ตำแหน่งงาน Leader VMI 100% IPQA Die Casting
2. Dou Horn (B) รหัสพนักงาน 00102445 ตำแหน่งงาน Inspector VMI 100% IPQA Die Casting

หลังจากได้ชิ้นงานในการทดสอบตามข้อที่ 1 แล้ว จะทำหมายเลขกำกับที่ชิ้นงาน ชิ้นงานที่ได้มาตรฐานจำนวน 15 ชิ้น และเป็นชิ้นงานบกพร่องจำนวน 10 ชิ้น และเพื่อลดความเบี่ยงเบนในการทดสอบระบบการวัดจึงทำการสุ่มลำดับในการทดสอบตามตารางที่ 4.8 หลังจากนั้นทำการทดสอบการวัด นำผลที่ได้จากการทดสอบบันทึกลงในตารางที่ 4.9 และนำผลที่ได้จากตารางที่ 4.9 มาทำการวิเคราะห์ผลการตรวจซ้ำและผลที่เหมือนกันของการตรวจสอบในแต่ละครั้ง

ตารางที่ 4.9 ผลการตรวจสอบการวัด

| สิ่งตัวอย่าง | คุณสมบัติงาน | พนักงาน A | | ตรวจสอบได้เหมือนกันทุกครั้ง | ตรวจสอบได้เหมือนกันอย่างถูกต้อง | พนักงาน B | | ตรวจสอบได้เหมือนกันทุกครั้ง | ตรวจสอบได้เหมือนกันอย่างถูกต้อง |
|--------------|--------------|------------|------------|-----------------------------|---------------------------------|------------|------------|-----------------------------|---------------------------------|
| | | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | | | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | | |
| 1 | NG | NG | NG | Y | Y | NG | NG | Y | Y |
| 2 | G | G | G | Y | Y | G | G | Y | Y |
| 3 | NG | NG | NG | Y | Y | NG | NG | Y | Y |
| 4 | G | G | G | Y | Y | G | G | Y | Y |
| 5 | G | G | G | Y | Y | G | G | Y | Y |
| 6 | G | G | G | Y | Y | G | G | Y | Y |
| 7 | NG | NG | NG | Y | Y | NG | NG | Y | Y |
| 8 | G | G | G | Y | Y | G | G | Y | Y |
| 9 | G | G | G | Y | Y | G | G | Y | Y |
| 10 | G | G | G | Y | Y | G | G | Y | Y |
| 11 | NG | NG | NG | Y | Y | NG | NG | Y | Y |
| 12 | G | G | G | Y | Y | G | G | Y | Y |
| 13 | G | G | G | Y | Y | G | G | Y | Y |
| 14 | NG | NG | NG | Y | Y | NG | NG | Y | Y |
| 15 | NG | NG | NG | Y | Y | NG | NG | Y | Y |
| 16 | NG | NG | NG | Y | Y | NG | NG | Y | Y |
| 17 | G | G | G | Y | Y | G | G | Y | Y |
| 18 | G | G | G | Y | Y | G | G | Y | Y |
| 19 | G | G | G | Y | Y | G | G | Y | Y |
| 20 | G | G | G | Y | Y | G | G | Y | Y |
| 21 | NG | NG | NG | Y | Y | NG | NG | Y | Y |
| 22 | G | G | G | Y | Y | G | G | Y | Y |
| 23 | G | G | G | Y | Y | G | G | Y | Y |
| 24 | NG | NG | NG | Y | Y | NG | NG | Y | Y |
| 25 | NG | NG | NG | Y | Y | NG | NG | Y | Y |

G หมายถึง (Good) ผ่านหรือชิ้นงานที่มีคุณภาพดี

NG หมายถึง (NO Good) ไม่ผ่านหรือชิ้นงานที่มีคุณภาพไม่ดี

Y หมายถึง (Yes) แทนการตรวจสอบที่ซ้ำและเหมือนกันและถูกต้อง

N หมายถึง (No) แทนการตรวจสอบที่ไม่ซ้ำหรือไม่เหมือนกัน

ตารางที่ 4.10 ผลการตรวจซ้ำและเหมือนกันของการตรวจสอบ

| สิ่งตัวอย่าง | คุณสมบัติงาน | ตรวจสอบได้เหมือนกันทุกครั้งที่ | ตรวจสอบได้เหมือนกันอย่างถูกต้อง |
|--------------|--------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 1 | NG | Y | Y |
| 2 | G | Y | Y |
| 3 | NG | Y | Y |
| 4 | G | Y | Y |
| 5 | G | Y | Y |
| 6 | G | Y | Y |
| 7 | NG | Y | Y |
| 8 | G | Y | Y |
| 9 | G | Y | Y |
| 10 | G | Y | Y |
| 11 | NG | Y | Y |
| 12 | G | Y | Y |
| 13 | G | Y | Y |
| 14 | NG | Y | Y |
| 15 | NG | Y | Y |
| 16 | NG | Y | Y |
| 17 | G | Y | Y |
| 18 | G | Y | Y |
| 19 | G | Y | Y |
| 20 | G | Y | Y |
| 21 | NG | Y | Y |
| 22 | G | Y | Y |
| 23 | G | Y | Y |
| 24 | NG | Y | Y |
| 25 | NG | Y | Y |

G หมายถึง (Good) ผ่านหรือชิ้นงานที่มีคุณภาพดี

NG หมายถึง (NO Good) ไม่ผ่านหรือชิ้นงานที่มีคุณภาพไม่ดี

Y หมายถึง (Yes) แทนการตรวจสอบที่ซ้ำและเหมือนกันและถูกต้อง

N หมายถึง (No) แทนการตรวจสอบที่ไม่ซ้ำหรือไม่เหมือนกัน

จากนั้นจะทำการประเมินเปอร์เซ็นต์รีพีทอะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบ (% Appraiser score) แต่ละคน โดยการพิจารณาจากความสามารถในการตรวจสอบ (โดยไม่สนใจว่าการตรวจสอบที่ได้จะถูกต้องหรือไม่) โดยคำนวณจากสูตรดังนี้

$$\% \text{รีพีทอะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ผลการตรวจสอบเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}$$

ผลการคำนวณ %รีพีทอะบิลิตี้ของพนักงานแต่ละคน

$$\% \text{รีพีทอะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบ A} = \frac{25}{25} \times 100 = 100\%$$

$$\% \text{รีพีทอะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบ B} = \frac{25}{25} \times 100 = 100\%$$

หลังจากทำการทดสอบระบบการวัดของพนักงานการตรวจสอบทั้ง 2 คนพบว่า %รีพีทอะบิลิตี้ ทั้ง 2 คนมีค่า 100% ทั้งหมด แสดงว่าความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงานตรวจสอบอยู่ในเกณฑ์ที่ดี หลังจากนั้นจะทำการประเมินเปอร์เซ็นต์ความไบอัสของพนักงานตรวจสอบทั้งสอง (% Attribute score) โดยพิจารณาจากความสามารถในการตรวจสอบที่ให้ผลเหมือนกันและถูกต้องตามคุณภาพแท้จริงได้ดังนี้

$$\% \text{ความไบอัสของพนักงานตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ผลการตรวจสอบเหมือนกันและถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}$$

ผลการคำนวณ %ความไบอัสของพนักงานแต่ละคน

$$\% \text{ความไบอัสของพนักงาน A} = \frac{25}{25} \times 100 = 100\%$$

$$\% \text{ความไบอัสของพนักงาน B} = \frac{25}{25} \times 100 = 100\%$$

จากผลการประเมินเปอร์เซ็นต์ความไบอัสของพนักงานตรวจสอบทั้ง 2 คนพบว่า เปอร์เซนต์ความไบอัสทั้ง 2 คนมีค่า 100% แสดงว่าความสามารถในการวัดซ้ำและความถูกต้องอยู่ในเกณฑ์ที่ดี นอกจากนี้ยังมีการประเมินความมีประสิทธิภาพ (Effectiveness) ของระบบการตรวจสอบโดยได้รวมทั้งเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพด้านรีพีทอะบิลิตี้ของการตรวจสอบและเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพด้านไบอัสของการตรวจสอบ โดยทำการพิจารณาถึงผลของการตรวจสอบตารางที่ 4.10 เพื่อทดสอบว่าพนักงานตรวจสอบทุกคนตรวจได้ซ้ำและเหมือนกัน (โดยไม่คำนึงถึงความถูกต้องและคุณภาพแท้จริง) หรือไม่ รวมทั้งพิจารณาว่าที่ตรวจสอบได้ซ้ำและเหมือนกันนั้นตรงกับคุณภาพที่แท้จริงของสิ่งตัวอย่างหรือไม่

ตามตารางที่ 4.10 โดยการประเมินผลด้านความมีประสิทธิภาพของระบบการตรวจสอบ มีการคำนวณ ดังนี้

$$\% \text{ประสิทธิภาพด้านรีพีทเทเบิลิตี้ของการตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่พนักงานตรวจเหมือนกันทุกครั้ง}}{\text{จำนวนชิ้นงานที่ตรวจสอบ}}$$

$$\% \text{ประสิทธิภาพด้านไบอัสของการตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่พนักงานตรวจได้เหมือนกันอย่างถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานที่ตรวจสอบ}}$$

ผลการทดสอบประสิทธิภาพในระบบการวัด

$$\% \text{ประสิทธิภาพด้านรีพีทเทเบิลิตี้ของการตรวจสอบ} = \frac{25}{25} \times 100 = 100\%$$

$$\% \text{ประสิทธิภาพด้านไบอัสของการตรวจสอบ} = \frac{25}{25} \times 100 = 100\%$$

จากการประเมินความสามารถของระบบการวัดข้างต้น แสดงว่าระบบการวัดมีประสิทธิภาพของพนักงานตรวจสอบทุกคนตรวจสอบได้ซ้ำและเหมือนกัน (โดยไม่คำนึงถึงความถูกต้องและคุณภาพแท้จริง) และการพิจารณาว่าการตรวจสอบได้ซ้ำและเหมือนกันนั้นตรงกันกับคุณภาพที่แท้จริง รวมทั้งพนักงานทุกคนสามารถตรวจสอบได้อย่างแม่นยำและถูกต้องซึ่งค่าดัชนีต่างๆมีค่าเท่ากับ 100% ฉะนั้นระบบการวัดมีขีดความสามารถเพียงพอที่จะนำไปวัดผลจากกระบวนการที่ทำการศึกษาและนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

4.6 การหาขนาดจำนวนตัวอย่าง (Sample Size) ชิ้นงานบกพร่อง

ประเภท Shot Mold

เมื่อได้ทำการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ FMEA และได้ปัจจัยที่มีความเสี่ยง (RPN) ที่สูงมาแล้ว ดังนั้นเพื่อเป็นการพิสูจน์ว่าปัจจัยต่างๆที่สงสัยนั้นมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold หรือไม่ จึงเลือกการทดสอบกรองปัจจัยแบบ OFAT (One Factor at A Time) เพื่อยืนยันว่าปัจจัยที่สงสัยนั้นมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mod จริงหรือไม่ ซึ่งการทดสอบสามารถใช้ได้ในกรณีที่ต้องการทดสอบสมมุติฐานที่ละปัจจัยและมีระดับปัจจัยเท่ากับสองระดับเท่านั้นและการออกแบบการทดลองนี้ จะมีการกรองปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold โดยตรงเท่านั้น การทดสอบด้วยวิธีนี้จะทดสอบความมีนัยสำคัญของสัดส่วนชิ้นงานบกพร่องของประชากรสองกลุ่ม ซึ่ง

เป็นการทดสอบข้อมูลในเชิงคุณภาพที่เป็นตัวแปรสุ่มแบบไบนอมิยัล (Binomails) และการทดลองเพื่อทำการกรองปัจจัยนั้นต้องหาขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมเพื่อที่จะได้อธิบายประชากรได้อย่างแม่นยำโดยคำนวณหาขนาดตัวอย่างผ่านโปรแกรม Minitab โดยมีการกำหนดค่าเงื่อนไขต่างๆดังต่อไปนี้

1. กำหนดค่าความผิดพลาดชนิดที่ 1 (α) คือ ค่าที่เข้าใจว่าชิ้นงานเป็นของเสียทั้งที่เป็นของดี โดยกำหนดไว้ที่ 5%
2. พิจารณาสัดส่วนชิ้นงานบกพร่อง (Proportion) โดยดูจากข้อมูลสัดส่วนชิ้นงานบกพร่องกลุ่มแรก \bar{P}_1 โดยการนำข้อมูลสัดส่วนชิ้นงานบกพร่องจากกระบวนการผลิตการฉีดอะลูมิเนียมขึ้นรูปฝาประกบหลังแผ่นจานแม่เหล็ก (HDDs) ขนาด 3.5 นิ้ว ประเภท Shot Mold ที่พบในปัจจุบันที่ได้จากการเก็บข้อมูลของเดือนกันยายน-เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2553 เป็นเวลา 80 วัน แสดงข้อมูลในตารางที่ ข.1 ภาคผนวก ข และได้นำข้อมูลนี้มาวิเคราะห์แผนภูมิ P-Chart ซึ่งได้ค่า \bar{P}_1 เท่ากับ 0.05748 ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 4.3 ดังนั้นจึงนำค่า นี้มาใช้เป็นข้อมูลสัดส่วนชิ้นงานบกพร่องกลุ่มแรก \bar{P}_1
3. สัดส่วนที่ต้องการตรวจจับของประชากรอีกกลุ่มได้จากการคำนวณดังนี้คือ

สัดส่วนที่ต้องการตรวจจับ = $\frac{\text{เปอร์เซ็นต์ชิ้นงานประเภท Shot Mold} \times \text{สัดส่วนชิ้นงานบกพร่องกลุ่มแรก } \bar{P}_1}{\text{เปอร์เซ็นต์ชิ้นงานประเภท Shot Mold ที่ต้องลดลง}}$

เปอร์เซ็นต์ชิ้นงานประเภท Shot Mold ที่ต้องลดลง

โดยกำหนดให้ เปอร์เซ็นต์ชิ้นงานประเภท Shot Mold ที่ได้จากข้อมูลชิ้นงานประเภท Shot Mold ที่พบในปัจจุบันอยู่ที่ 63.70% ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ ก.2 ภาคผนวก ก

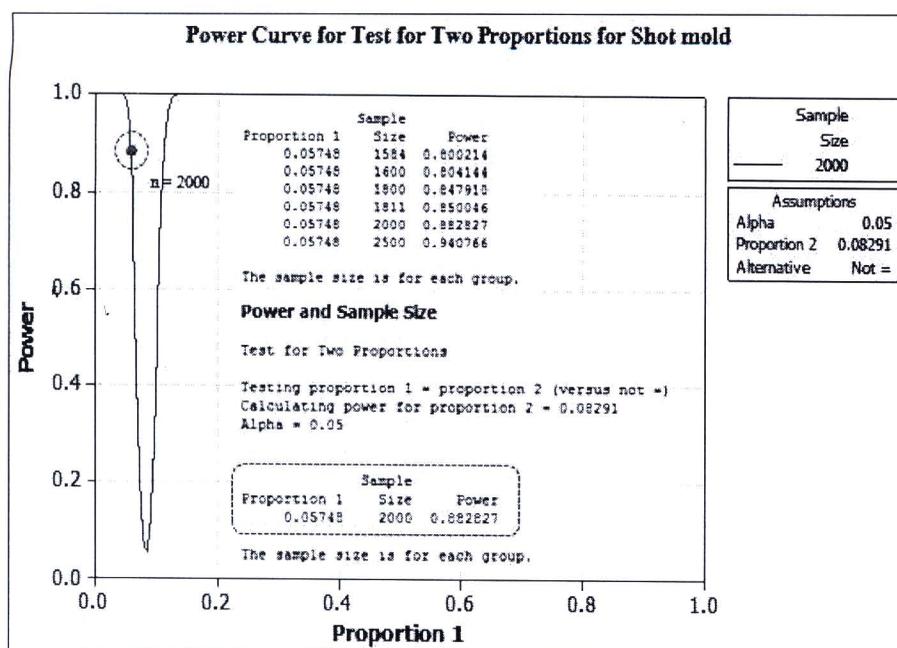
และกำหนดให้สัดส่วนชิ้นงานบกพร่องกลุ่มแรก ได้จาก ค่า \bar{P}_1 เท่ากับ 0.05748 ของข้อมูล P-Chart ที่แสดงสัดส่วนชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold ที่พบในปัจจุบันซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 4.3 และจากเปอร์เซ็นต์ชิ้นงานบกพร่องที่ต้องการลดลงพบว่าปัญหาประเภท Shot Mold ที่ต้องการควบคุมให้ต่ำกว่า 19.75% ของชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold โดยรวม ซึ่งพบว่าสัดส่วนชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold ที่ต้องการลดลงเท่ากับ 43.95% ของปัญหาประเภท Shot Mold ทั้งหมดและเพื่อกำหนดเป้าหมายให้เปอร์เซ็นต์ Scrap ชิ้นงานบกพร่องในกระบวนการผลิตโดยรวมต่ำกว่า 5% ต่อเดือนของกระบวนการฉีดอะลูมิเนียมขึ้นรูปฝาประกบหลังแผ่นจานแม่เหล็ก (HDDs) ขนาด 3.5 นิ้ว ของโมเดล JUPITER K ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 4.2

ผลการคำนวณสัดส่วนที่ต้องการตรวจจับ ได้ดังนี้

$$\text{สัดส่วนที่ต้องการตรวจจับ} = \frac{63.70 \times 0.05748}{43.95}$$

$$\text{สัดส่วนที่ต้องการตรวจจับ } (\bar{P}_2) = 0.08331$$

4. กำหนดค่าความผิดพลาดชนิดที่ 2 (β) คือ ค่าที่เข้าใจว่าชิ้นงานเป็นของดีทั้งที่จริงเป็นของเสียโดยการกำหนดไว้ไม่เกิน 20% (ค่าที่ทางโรงงานยอมรับ) ดังนั้นค่าอำนาจแห่งการตรวจสอบ (Power of Test) จะมีค่ามากกว่า 0.8 จากสมการ $(1 - \beta) = \text{Power of Test}$
ผลการคำนวณหาสิ่งตัวอย่างได้ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 ผลการคำนวณหาสิ่งตัวอย่างผ่าน โปรแกรม Minitab (Power of Test for Two Proportions)

จากรูปที่ 4.8 จะได้ขนาดสิ่งตัวอย่างเท่ากับ 2000 ชิ้น และค่าอำนาจแห่งการตรวจสอบอยู่ที่ 0.882827 (88.2827%) หลังจากนั้นจะทำการทดสอบที่ละเอียด (OFAT) เพื่อทำการทดลองว่าปัจจัยที่ผ่านการทำ FMEA มาแล้วนั้นมีผลต่อการเกิดชิ้นงานบกพร่องประเภทเนื่องงานไม่เต็ม Shot Mold จริงหรือไม่

4.7 การทดสอบกรองปัจจัย (Screening factor) ชิ้นงานบกพร่อง

ประเภท Shot Mold

4.7.1 การทดลองกรองปัจจัย High speed shot (m/s) ที่ใช้ในกระบวนการฉีดอะลูมิเนียม

หลังจากที่ได้ขนาดสิ่งตัวอย่างโดยการประมวลผลผ่าน โปรแกรม Minitab แล้วนั้นขั้นตอนต่อไปจึงได้ดำเนินการทดลองกรองปัจจัย High speed shot ที่ใช้ในกระบวนการฉีดอะลูมิเนียมขึ้นรูปฝาประกบ หลังแผ่นงานแม่เหล็ก (HDDs) ขนาด 3.5 นิ้ว โดยทำการปรับตั้งค่าอยู่ที่ 1.8 m/s และ 2.6 m/s โดยค่าปรับตั้งที่ใช้ในการผลิตปกติอยู่ที่ 2.2 m/s ซึ่งการปรับตั้งค่านี้จะสามารถดูได้จากจอแสดงผลหน้าเครื่องและเป็นค่าที่ปรับตั้งแล้วไม่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตมากนักโดยค่าที่ใช้นี้จะได้รับการแนะนำ

จาก Engineering Manager Die casting Machine ส่วนการปรับตั้งค่าของปัจจัย High speed stroke ของเครื่องจักรอยู่ที่ 53 mm ส่วนการปรับตั้งค่าของปัจจัย Molten metal temperature อยู่ที่ 660 °C และการปรับตั้งค่าของปัจจัย Casting pressure ที่ใช้ในการฉีดอะลูมิเนียมอยู่ที่ 55 MPa ซึ่งเป็นค่าปรับตั้งที่ใช้ในการผลิตปกติ และในการทดลองจะใช้จำนวนตัวอย่างที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรม Minitab ซึ่งได้ข้อมูลการทดลองดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ผลการทดลองจากการปรับค่า High speed shot (m/s) ที่ใช้ในกระบวนการฉีดอะลูมิเนียม

| ระดับของปัจจัย | จำนวนที่ตรวจสอบ | ชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold |
|----------------|-----------------|--------------------------------|
| 1.8 m/s | 2,000 | 242 |
| 2.6 m/s | 2,000 | 58 |

การทดสอบ High speed shot ที่ใช้ในการฉีดอะลูมิเนียมจะใช้วิธีการทดสอบความแตกต่างแบบมีนัยสำคัญของชิ้นงานบกพร่องจากสิ่งตัวอย่างทั้งสองกลุ่มเนื่องจากข้อมูลที่ใช้วัดจะอยู่ในรูปคุณลักษณะเชิงคุณภาพ ซึ่งแบ่งออกเป็นสิ่งที่ให้ความสนใจ (Success) และสิ่งที่ไม่ให้ความสนใจ (Failure) โดยกำหนดสิ่งที่ให้ความสนใจคือ ชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold ซึ่งสามารถตั้งสมมติฐานของการทดลองได้ดังนี้

H_0 : High speed shot ที่ใช้ในการฉีดอะลูมิเนียมไม่มีผลต่อชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold

H_1 : High speed shot ที่ใช้ในการฉีดอะลูมิเนียมมีผลต่อชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold

การวิเคราะห์ผ่าน โปรแกรม Minitab ได้ผลดังรูปที่ 4.9

| Test and CI for Two Proportions | | | |
|---|-----|------|----------|
| Sample | X | N | Sample p |
| 1 | 242 | 2000 | 0.121000 |
| 2 | 58 | 2000 | 0.029000 |
| Difference = p (1) - p (2) | | | |
| Estimate for difference: 0.092 | | | |
| 95% CI for difference: (0.0759260, 0.108074) | | | |
| Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = 11.22 P-Value = 0.000 | | | |
| Fisher's exact test: P-Value = 0.000 | | | |

รูปที่ 4.9 แสดงผลการทดลองหาความมีนัยสำคัญของชิ้นงานบกพร่องเนื่องจาก High speed shot

| Power and Sample Size | | |
|--|--------|-------|
| Test for Two Proportions | | |
| Testing proportion 1 = proportion 2 (versus not =) | | |
| Calculating power for proportion 2 = 0.029 | | |
| Alpha = 0.05 | | |
| | Sample | |
| Proportion 1 | Size | Power |
| 0.121 | 2000 | 1 |
| The sample size is for each group. | | |

รูปที่ 4.10 แสดงผลการยืนยันจำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการกรองปัจจัย High speed shot

จากรูปที่ 4.9 ซึ่งแสดงการประมวลผลการทดลองโดยใช้โปรแกรม Minitab พบว่าค่า P-Value มีค่าเป็นศูนย์ซึ่งน้อยกว่าระดับความมีนัยสำคัญที่ 0.05 จึงปฏิเสธการยอมรับ H_0 จึงสามารถสรุปได้ว่า High speed shot ที่ใช้ในการฉีดอะลูมิเนียมมีผลต่อชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold และจากรูปที่ 4.10 แสดงผลการยืนยันตัวอย่างจำนวน 2,000 ชิ้นที่ใช้ในการกรองปัจจัย High speed shot นั้นได้ค่าอำนาจแห่งการตรวจสอบอยู่ที่ 1 (100%)

4.7.2 การทดลองกรองปัจจัย High speed stroke (mm) ที่ใช้ในกระบวนการฉีดอะลูมิเนียม
การทดลองกรองปัจจัย High speed stroke ที่ใช้ในกระบวนการฉีดอะลูมิเนียมขึ้นรูปฝาประคบหลังแผ่นจานแม่เหล็ก (HDDs) ขนาด 3.5 นิ้ว มีผลต่อการเกิดชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold หรือไม่ โดยใช้ขนาดสิ่งตัวอย่างจากการคำนวณโดยโปรแกรม Minitab โดยการปรับตั้งค่าอยู่ที่ 48 mm และ 58 mm โดยค่าปรับตั้งที่ใช้ในการผลิตปกติอยู่ที่ 53 mm ซึ่งการปรับตั้งค่านี้อาจสามารถดูได้จากจอแสดงผลหน้าเครื่องและเป็นค่าที่ปรับตั้งแล้วไม่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตมากนัก โดยค่าที่ใช้นี้จะได้รับการแนะนำจาก Engineering Manager Die casting Machine ส่วนการปรับตั้งค่าของปัจจัย High speed shot อยู่ที่ 2.2 m/s ส่วนการปรับตั้งค่าของปัจจัย Molten metal temperature อยู่ที่ 660 °C และการปรับตั้งค่าของปัจจัย Casting pressure ที่ใช้ในการฉีดอะลูมิเนียมอยู่ที่ 55 MPa ซึ่งเป็นค่าปรับตั้งที่ใช้ในการผลิตปกติ และได้ข้อมูลผลการทดลองกรองปัจจัยดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ผลการทดลองจากการปรับค่า High speed stroke (mm) ที่ใช้ในกระบวนการฉีดอะลูมิเนียม

| ระดับของปัจจัย | จำนวนที่ตรวจสอบ | ชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold |
|----------------|-----------------|--------------------------------|
| 48 mm | 2,000 | 188 |
| 58 mm | 2,000 | 200 |

การทดสอบ High speed stroke ที่ใช้ในการฉีดอะลูมิเนียม จะใช้วิธีการทดสอบความแตกต่างแบบมีนัยสำคัญของชิ้นงานบกพร่องจากสิ่งตัวอย่างทั้งสองกลุ่มเนื่องจากข้อมูลที่ใช้วัดจะอยู่ในรูปคุณลักษณะเชิงคุณภาพ ซึ่งแบ่งออกเป็นสิ่งที่ให้ความสนใจ (Success) และสิ่งที่ไม่ให้ความสนใจ (Failure) โดยกำหนดสิ่งที่ให้ความสนใจคือ ชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold ซึ่งสามารถตั้งสมมุติฐานของการทดลองได้ดังนี้

H_0 : High speed stroke ที่ใช้ในการฉีดอะลูมิเนียมไม่มีผลต่อชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold

H_1 : High speed stroke ที่ใช้ในการฉีดอะลูมิเนียมมีผลต่อชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold

การวิเคราะห์ผ่านโปรแกรม Minitab ได้ผลดังรูปที่ 4.11

| Test and CI for Two Proportions _OFAT_High speed stroke | | | |
|---|-----|------|----------|
| Sample | X | N | Sample p |
| 1 | 188 | 2000 | 0.094000 |
| 2 | 200 | 2000 | 0.100000 |
| Difference = p (1) - p (2) | | | |
| Estimate for difference: -0.006 | | | |
| 95% CI for difference: (-0.0243424, 0.0123424) | | | |
| Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = -0.64 P-Value = 0.521 | | | |
| Fisher's exact test: P-Value = 0.557 | | | |

รูปที่ 4.11 แสดงผลการหาความมีนัยสำคัญของชิ้นงานบกพร่องเนื่องจาก High speed stroke

| Power and Sample Size | | |
|--|--------|-----------|
| Test for Two Proportions | | |
| Testing proportion 1 = proportion 2 (versus not =) | | |
| Calculating power for proportion 2 = 0.1 | | |
| Alpha = 0.05 | | |
| | Sample | |
| Proportion 1 | Size | Power |
| 0.094 | 2000 | 0.0982399 |
| The sample size is for each group. | | |

รูปที่ 4.12 แสดงผลการยืนยันจำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการกรองบั้งจี้ High speed stroke

จากรูปที่ 4.11 ซึ่งแสดงการประมวลผลการทดลองโดยใช้โปรแกรม Minitab พบว่าค่า P-Value มีค่าเป็น 0.521 ซึ่งมากกว่าระดับความมีนัยสำคัญที่ 0.05 จึงยอมรับ H_0 สรุปได้ว่า High speed stroke ที่ใช้ในการฉีดอะลูมิเนียมไม่มีผลต่อชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold และจากรูปที่ 4.12 แสดงผลการยืนยันตัวอย่างจำนวน 2,000 ชิ้นที่ใช้ในการกรองปัจจัย High speed stroke นั้นได้ค่าอำนาจแห่งการตรวจสอบอยู่ที่ 0.0982399 (9.82399%)

4.7.3 การทดลองกรองปัจจัย Molten metal temperature (°C) ที่ใช้ในกระบวนการฉีดอะลูมิเนียม

การทดลองกรองปัจจัย Molten metal temperature ที่ใช้ในกระบวนการฉีดอะลูมิเนียมขึ้นรูปฝาประคบหลังแผ่นงานแม่เหล็ก (HDDs) ขนาด 3.5 นิ้ว มีผลต่อการเกิดชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold หรือไม่โดยใช้ขนาดสิ่งตัวอย่างจากการคำนวณโดยโปรแกรม Minitab โดยการปรับตั้งค่าอยู่ที่ 650 °C และ 670 °C โดยค่าปรับตั้งที่ใช้ในการผลิตปกติอยู่ที่ 660 °C ซึ่งการปรับตั้งค่านี้จะสามารถดูได้จากจอแสดงผลหน้าเครื่องและเป็นค่าที่ปรับตั้งแล้วจะไม่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตมากนักโดยค่าที่ใช้นี้จะได้รับการแนะนำจาก Engineering Manager Die casting Machine ส่วนการปรับตั้งค่าของปัจจัย High speed shot อยู่ที่ 2.2 m/s ส่วนการปรับตั้งค่าของปัจจัย High speed stroke ของเครื่องจักรอยู่ที่ 45 mm และการปรับตั้งค่าของปัจจัย Casting pressure อยู่ที่ 55 Mpa ซึ่งเป็นค่าปรับตั้งที่ใช้ในการผลิตปกติ และในการทดลองจะใช้จำนวนตัวอย่างที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรม Minitab ซึ่งได้ข้อมูลการทดลองดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ผลการทดลองจากการปรับค่า Molten metal temperature (°C) ที่ใช้ในกระบวนการฉีดอะลูมิเนียม

| ระดับของปัจจัย | จำนวนที่ตรวจสอบ | ชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold |
|----------------|-----------------|--------------------------------|
| 650 °C | 2,000 | 192 |
| 670 °C | 2,000 | 92 |

การทดสอบ Molten metal temperature ที่ใช้ในการฉีดอะลูมิเนียมจะใช้วิธีการทดสอบความแตกต่างแบบมีนัยสำคัญของชิ้นงานบกพร่องจากสิ่งตัวอย่างทั้งสองกลุ่มเนื่องจากข้อมูลที่ใช้วัดจะอยู่ในรูปคุณลักษณะเชิงคุณภาพ ซึ่งแบ่งออกเป็นสิ่งที่ให้ความสนใจ (Success) และสิ่งที่ไม่ให้ความสนใจ (Failure) โดยกำหนดสิ่งที่ให้ความสนใจคือ ชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold ซึ่งสามารถตั้งสมมุติฐานของการทดลองได้ดังนี้

H_0 : Molten metal temperature ที่ใช้ในการฉีดอะลูมิเนียมไม่มีผลต่อชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold

H_1 : Molten metal temperature ที่ใช้ในการฉีดอะลูมิเนียมมีผลต่อชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold
การวิเคราะห์ผ่านโปรแกรม Minitab ได้ผลดังรูปที่ 4.13

| Test and CI for Two Proportions | | | |
|---------------------------------|-----|------|----------|
| Sample | X | N | Sample p |
| 1 | 192 | 2000 | 0.096000 |
| 2 | 92 | 2000 | 0.046000 |

Difference = p (1) - p (2)
 Estimate for difference: 0.05
 95% CI for difference: (0.0341577, 0.0658423)
 Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = 6.19 P-Value = 0.000
 Fisher's exact test: P-Value = 0.000

รูปที่ 4.13 แสดงผลการทดลองหาความมีนัยสำคัญของชิ้นงานบกพร่องเนื่องจาก Molten metal temperature

| Power and Sample Size | | |
|--|--------|----------|
| Test for Two Proportions | | |
| Testing proportion 1 = proportion 2 (versus not =) | | |
| Calculating power for proportion 2 = 0.046 | | |
| Alpha = 0.05 | | |
| | Sample | |
| Proportion 1 | Size | Power |
| 0.096 | 2000 | 0.999988 |
| The sample size is for each group. | | |

รูปที่ 4.14 แสดงผลการยืนยันจำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการกรองบัจจัย Molten metal temperature

จากรูปที่ 4.13 ซึ่งแสดงผลการประมวลผลจากการทดลองโดยใช้โปรแกรม Minitab พบว่าค่า P-Value มีค่าเป็นศูนย์ ซึ่งน้อยกว่าระดับความมีนัยสำคัญที่ 0.05 จึงปฏิเสธการยอมรับ H_0 จึงสามารถสรุปได้ว่า Molten metal temperature ที่ใช้ในการฉีดอะลูมิเนียมมีผลต่อชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold และจากรูปที่ 4.14 แสดงผลการยืนยันตัวอย่างจำนวน 2,000 ชิ้นที่ใช้ในการกรองบัจจัย Molten metal temperature นั้นได้ค่าอำนาจแห่งการตรวจสอบอยู่ที่ 0.999988 (99.9988%)

4.7.4 การทดลองกรองปัจจัย Casting pressure (Mpa) ที่ใช้ในกระบวนการฉีดอะลูมิเนียม
 การทดลองกรองปัจจัย Casting pressure ที่ใช้ในกระบวนการฉีดอะลูมิเนียมขึ้นรูปฝาประกบหลังแผ่นจานแม่เหล็ก (HDDs) ขนาด 3.5 นิ้ว มีผลต่อการเกิดขึ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold หรือไม่โดยใช้ขนาดสิ่งตัวอย่างจากการคำนวณโดยโปรแกรม Minitab โดยการปรับตั้งค่าอยู่ที่ 50 MPa และ 60 MPa โดยค่าปรับตั้งที่ใช้ในการผลิตปกติอยู่ที่ 55 MPa ซึ่งการปรับตั้งค่านี้จะสามารถดูได้จากจอแสดงผลหน้าเครื่องและเป็นค่าที่ปรับตั้งแล้วจะไม่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตมากนักโดยค่าที่ใช้นี้จะได้รับการแนะนำจาก Engineering Manager Die casting Machine ส่วนการปรับตั้งค่าของปัจจัย High speed shot อยู่ที่ 2.2 m/s ส่วนการปรับตั้งค่าของปัจจัย High speed stroke ของเครื่องจักรอยู่ที่ 50 mm และการปรับตั้งค่าของปัจจัย Molten metal temperature อยู่ที่ 660 °C ซึ่งเป็นค่าปรับตั้งที่ใช้ในการผลิตปกติ และในการทดลองจะใช้จำนวนตัวอย่างที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรม Minitab ซึ่งได้ข้อมูลการทดลองดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 ผลการทดลองจากการปรับค่า Casting pressure (MPa) ที่ใช้ในกระบวนการฉีดอะลูมิเนียม

| ระดับของปัจจัย | จำนวนที่ตรวจสอบ | ชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold |
|----------------|-----------------|--------------------------------|
| 50 MPa | 2,000 | 112 |
| 60 MPa | 2,000 | 48 |

การทดสอบ Casting pressure ที่ใช้ในการฉีดอะลูมิเนียมจะใช้วิธีการทดสอบความแตกต่างแบบมีนัยสำคัญของชิ้นงานบกพร่องจากสิ่งตัวอย่างทั้งสองกลุ่มเนื่องจากข้อมูลที่ใช้วัดจะอยู่ในรูปคุณลักษณะเชิงคุณภาพ ซึ่งแบ่งออกเป็นสิ่งที่ให้ความสนใจ (Success) และสิ่งที่ไม่ให้ความสนใจ (Failure) โดยกำหนดสิ่งที่ให้ความสนใจคือ ชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold ซึ่งสามารถตั้งสมมติฐานของการทดลองได้ดังนี้

H_0 : Casting pressure ที่ใช้ในการฉีดอะลูมิเนียมไม่มีผลต่อชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold

H_1 : Casting pressure ที่ใช้ในการฉีดอะลูมิเนียมมีผลต่อชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold

การวิเคราะห์ผ่านโปรแกรม Minitab ได้ผลดังรูปที่ 4.15

| Test and CI for Two Proportions | | | |
|--|-----|------|----------|
| Sample | X | N | Sample p |
| 1 | 112 | 2000 | 0.056000 |
| 2 | 48 | 2000 | 0.024000 |
| Difference = p (1) - p (2) | | | |
| Estimate for difference: 0.032 | | | |
| 95% CI for difference: (0.0198951, 0.0441049) | | | |
| Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = 5.18 P-Value = 0.000 | | | |
| Fisher's exact test: P-Value = 0.000 | | | |

รูปที่ 4.15 แสดงผลการทดลองหาความมีนัยสำคัญของชิ้นงานบกพร่องเนื่องจาก Casting pressure

| Power and Sample Size | | |
|--|--------|----------|
| Test for Two Proportions | | |
| Testing proportion 1 = proportion 2 (versus not =) | | |
| Calculating power for proportion 2 = 0.024 | | |
| Alpha = 0.05 | | |
| | Sample | |
| Proportion 1 | Size | Power |
| 0.056 | 2000 | 0.999347 |
| The sample size is for each group. | | |

รูปที่ 4.16 แสดงผลการยืนยันจำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการกรองปัจจัย Casting pressure

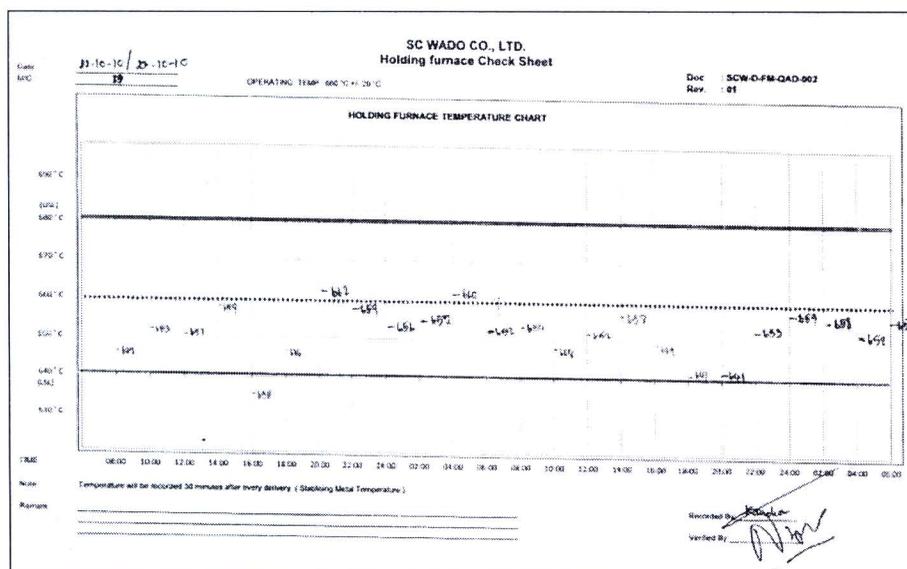
จากรูปที่ 4.15 ซึ่งแสดงการประมวลผลจากการทดลองโดยใช้โปรแกรม Minitab พบว่าค่า P-Value มีค่าเป็นศูนย์ ซึ่งน้อยกว่าระดับความมีนัยสำคัญที่ 0.05 จึงปฏิเสธการยอมรับ H_0 จึงสามารถสรุปได้ว่า Casting pressure ที่ใช้ในการฉีดอะลูมิเนียมมีผลต่อชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold และจากรูปที่ 4.16 แสดงผลการยืนยันตัวอย่างจำนวน 2,000 ชิ้นที่ใช้ในการกรองปัจจัยแรงดันลมนี้ได้ค่าอำนาจแห่งการตรวจสอบอยู่ที่ 0.999347 (99.9347%)

สรุปการทดสอบกรองปัจจัย (Screening factor) ชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold ที่ใช้ในการฉีดอะลูมิเนียมจะใช้วิธีการทดสอบความแตกต่างแบบมีนัยสำคัญของชิ้นงานบกพร่องจากสิ่งตัวอย่างทั้งสองกลุ่มเนื่องจากข้อมูลที่ไว้จะอยู่ในรูปคุณลักษณะเชิงคุณภาพ ซึ่งแบ่งออกเป็นสิ่งที่ให้ความสนใจ (Success) และสิ่งที่ไม่ให้ความสนใจ (Failure) โดยกำหนดสิ่งที่ให้ความสนใจคือ ชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold ซึ่งสามารถตั้งสมมุติฐานของการทดลองและพบสาเหตุหรือปัจจัยหลักทั้งหมดเพียง 3 ปัจจัย ดังนี้

ส่วนค่าในการปรับปรุงเพื่อทำการทดลองให้ออกนอกระดับควบคุมปกติไปอยู่ที่ระดับ 650 °C – 670 °C จึงเลือกค่าทั้งสองนี้เป็นระดับปัจจัยในการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 4.18 และรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.18 แสดงเตาอุณหภูมิหลอมอะลูมิเนียมและHeater Control เพื่อการทดลอง



รูปที่ 4.19 ผลการบันทึก Holding Furnace Temperature Check Sheet ของ Machine 19

4.8.3 ความดันในการฉีดอะลูมิเนียมขึ้นรูป (Casting Pressure) ที่ใช้ในกระบวนการฉีดอะลูมิเนียมขึ้นรูป

ส่วน Casting Pressure เป็นค่าที่ตั้งไว้ในกระบวนการผลิตจริงโดยแบ่งตามโมเดลขนาด 2.5 นิ้ว และขนาด 3.5 นิ้วโดยค่าใช้งานในปัจจุบันแต่ละโมเดลไม่แน่นอนอยู่ระหว่าง 53 Mpa – 62.5 Mpa แต่

เครื่องจักรสามารถปรับระดับใช้ได้ตั้งแต่ 50 Mpa – 65 Mpa เพื่อทำการทดลองจึงได้เลือกระดับปัจจัยระหว่างการทำงานปกติถึงค่าที่เครื่องจักรสามารถปรับระดับได้สูงสุดโดยค่าในการทดลองอยู่ระหว่าง 50 Mpa – 60 Mpa จึงเลือกค่าทั้งสองนี้เป็นระดับปัจจัยในการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 4.20

| SC WADO | | MACHINE PARAMETER CHECKSHEET | | | | | | | | | | M/c Model | M/c No | PREPARED | CHECKED | | | |
|------------|---------------|------------------------------|-----------|---------------------------|---------------------------|-------------------|----------------------|--------------------------|------------------|----------------|---------------------------|---------------------------|-------------------|----------------------|--------------------------|------------------|----------------|----|
| | | | | | | | | | | | | TOYO - BD-350 V5 | DC 019 | | | | | |
| Date | Model Running | CAVITY NUMBER | INTERVALS | SETTED VALUE | | | | | | | | OBSERVATIONS | | | | | | |
| | | | | 1 st PHASE m/s | 2 nd PHASE m/s | CAVE PRESSURE Mpa | HIGH SPEED STROKE mm | ACCUMULATOR PRESSURE Mpa | COOLING TIME Sec | CYCLE TIME Sec | 1 st PHASE m/s | 2 nd PHASE m/s | CAVE PRESSURE Mpa | HIGH SPEED STROKE mm | ACCUMULATOR PRESSURE Mpa | COOLING TIME Sec | CYCLE TIME Sec | |
| 2/12/2010 | Jupiter K | C9/C10 | DAY | | | | | | | | | 0.24 | 1.8 | 53 | 51 | 12 | 5 | 22 |
| | | | NIGHT | 0.25 | 1.8 | 53 | 51 | 12 | 5 | 22 | 0.24 | 1.8 | 53 | 51 | 12 | 5 | 22 | |
| 3/12/2010 | Jupiter K | C9/C10 | DAY | | | | | | | | | 0.23 | 1.7 | 52 | 52 | 12 | 5 | 22 |
| | | | NIGHT | 0.25 | 1.8 | 52 | 52 | 12 | 5 | 22 | 0.23 | 1.7 | 52 | 52 | 12 | 5 | 22 | |
| 4/12/2010 | Jupiter K | C9/C10 | DAY | | | | | | | | | 0.23 | 1.8 | 54 | 52 | 12 | 5 | 22 |
| | | | NIGHT | 0.25 | 1.8 | 54 | 52 | 12 | 5 | 22 | 0.23 | 1.8 | 54 | 52 | 12 | 5 | 22 | |
| 6/12/2010 | Jupiter K | C9/C10 | DAY | | | | | | | | | 0.2 | 1.3 | 53 | 64 | 15 | 5.5 | 24 |
| | | | NIGHT | 0.25 | 1.7 | 53 | 64 | 15 | 5.5 | 24 | 0.2 | 1.3 | 53 | 64 | 15 | 5.5 | 24 | |
| 7/12/2010 | Jupiter K | C9/C10 | DAY | | | | | | | | | 0.2 | 1.7 | 53 | 69 | 12 | 5 | 23 |
| | | | NIGHT | 0.25 | 1.8 | 53 | 69 | 12 | 5 | 23 | 0.2 | 1.7 | 53 | 69 | 12 | 5 | 23 | |
| 8/12/2010 | Jupiter K | C9/C10 | DAY | | | | | | | | | 0.23 | 1.6 | 52 | 66 | 12 | 5 | 23 |
| | | | NIGHT | 0.25 | 1.9 | 52 | 66 | 12 | 5 | 23 | 0.23 | 1.6 | 52 | 66 | 12 | 5 | 23 | |
| 9/12/2010 | Jupiter K | C9/C10 | DAY | | | | | | | | | 0.23 | 1.4 | 50 | 70 | 12 | 5 | 23 |
| | | | NIGHT | 0.25 | 1.8 | 52 | 70 | 12 | 5 | 23 | 0.23 | 1.4 | 50 | 70 | 12 | 5 | 23 | |
| 10/12/2010 | Jupiter K | C9/C10 | DAY | | | | | | | | | 0.2 | 1.3 | 52 | 64 | 12 | 5 | 13 |
| | | | NIGHT | 0.25 | 1.8 | 52 | 64 | 12 | 5 | 23 | 0.2 | 1.3 | 52 | 64 | 12 | 5 | 13 | |
| 11/12/2010 | Jupiter K | C9/C10 | DAY | | | | | | | | | 0.24 | 1.4 | 55 | 68 | 12 | 5 | 23 |
| | | | NIGHT | 0.26 | 1.8 | 55 | 68 | 12 | 5 | 23 | 0.24 | 1.4 | 55 | 68 | 12 | 5 | 23 | |
| 12/12/2010 | | | DAY | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | NIGHT | | | | | | | | | | | | | | | |

รูปที่ 4.20 ผลการบันทึก Machine Parameter ของปัจจัย Casting Pressure เพื่อการทดลอง

4.9 การดำเนินการและวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดสอบกรองปัจจัย (Screening factor) ของชิ้นงานบดพ่นประเภท Shot Mold จาก 4 ปัจจัยเหลือ 3 ปัจจัยต้องเท่านั้นในการหาจุดที่เหมาะสมของปัจจัยในการทำวิจัยนี้โดยตัวแปรตอบสนองที่ต้องการคือ ปริมาณชิ้นงานบดพ่นประเภท Shot Mold ที่น้อยที่สุด ซึ่งจากการวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากความผิดพลาดในกระบวนการ พบว่าปัจจัยที่ทำให้เกิดชิ้นงานบดพ่นประเภท Shot Mold ได้แก่ High speed shot, High speed stroke, Molten metal temperature และ Casting pressure ที่ใช้ในกระบวนการฉีดอะลูมิเนียมขึ้นรูปฝาประกบหลังแผ่นจานแม่เหล็ก (HDDs) ขนาด 3.5 นิ้ว หลังจากนั้นได้ทำการกรองปัจจัย (OFAT) ทั้ง 4 ปัจจัยพบว่า มีเพียง 3 ปัจจัยเท่านั้นที่ส่งผลกระทบต่อชิ้นงานบดพ่นประเภท Shot Mold ได้แก่ High speed shot, Molten metal temperature และ Casting pressure ส่วนปัจจัย High speed stroke ที่ใช้ในการฉีดอะลูมิเนียมไม่มีผลต่อชิ้นงานบดพ่นประเภท Shot Mold อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากนั้นได้นำปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 มาทำการวิเคราะห์อิทธิพลร่วมของปัจจัย (Interactive Effect) และหาระดับของปัจจัยที่เหมาะสมที่ทำให้เกิดชิ้นงานบดพ่นประเภท Shot Mold น้อยที่สุด โดยใช้การ

ทดลองแบบ 2^k แฟกทอเรียลที่มีจุดเซ็นเตอร์ (The 2^k factorial Design with Center Point) ในการทดลองนี้เลือกใช้การออกแบบการทดลองแบบมี Center Point เนื่องจากต้องการทราบความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยป้อนเข้าและการเกิดขึ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold จากผลการวิเคราะห์จะทำให้ทราบว่าความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยป้อนเข้าและการเกิดการเกิดขึ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold เป็นแบบเส้นตรงหรือไม่ โดยดูจากค่า Curvature (Ct) การตั้งค่าระดับพารามิเตอร์ในการทดลองมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 แสดงค่าของปัจจัยที่ทำการศึกษาการออกแบบการทดลอง

| ปัจจัยป้อนเข้า (3 Factor = A,B,C) | หน่วย ควบคุม | ระดับพารามิเตอร์ในการทดลอง (Level) | | |
|--|-----------------|------------------------------------|-------------|----------|
| | | -1 (Low) | 0 (Center) | 1 (High) |
| 1. High speed shot (Factor A) | m/s | 1.8 | 2.2 | 2.6 |
| 2. Molten metal temperature (Factor B) | °C | 650 | 660 | 670 |
| 3. Casting pressure (Factor C) | MPa | 50 | 55 | 60 |

เนื่องจากมีพารามิเตอร์ที่ต้องการปรับค่า 3 พารามิเตอร์ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดขึ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold ส่วนการเปรียบเทียบผลลัพธ์จะใช้ผลลัพธ์ของปริมาณการเกิดขึ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold เป็นตัวแปรตอบสนองในการวิเคราะห์และกำหนดจำนวนการทดลองเท่ากับ 2 Replicates และมีจุดเซ็นเตอร์ทั้ง 3 จุด เนื่องจากเครื่องจักรและวัตถุดิบ (INGOT) ที่ใช้ในการทดลองมีจำนวนจำกัด

4.9.1 ขั้นตอนในการออกแบบการทดลองและผลการทดลอง

1. ทำการทดลองโดยการกำหนดค่าปัจจัยต่างๆในการทดลองดังตารางที่ 4.15
2. ทำการเก็บผลการทดลอง และบันทึกผลการทดลอง โดยแสดงตามตารางที่ 4.16
3. วิเคราะห์ผลการทดลองโดยขั้นตอนการวิเคราะห์ผลการทดลองตามลำดับ
4. ตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เศษเหลือ (Residual Analysis)

ดังรูปที่ 4.21

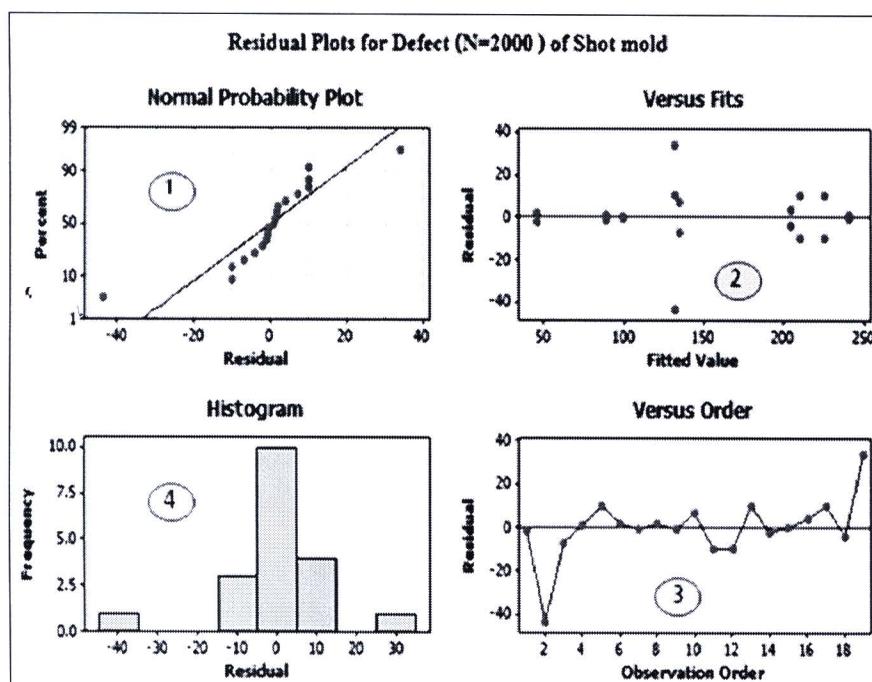
ตารางที่ 4.16 แสดงผลการทดลอง 2^3 แฟกทอเรียลที่มีจุดเซ็นเตอร์

| StdOrder | RunOrder | CenterPt | Blocks | A | B | C | Defect (N=2000) |
|----------|----------|----------|--------|-----|-----|----|--------------------|
| 12 | 1 | 1 | 1 | 2.6 | 670 | 50 | 87 |
| 19 | 2 | 0 | 1 | 2.2 | 660 | 55 | 88 |
| 2 | 3 | 1 | 1 | 2.6 | 650 | 50 | 128 |
| 9 | 4 | 1 | 1 | 1.8 | 650 | 50 | 242 |
| 11 | 5 | 1 | 1 | 1.8 | 670 | 50 | 220 |
| 4 | 6 | 1 | 1 | 2.6 | 670 | 50 | 90 |
| 1 | 7 | 1 | 1 | 1.8 | 650 | 50 | 240 |
| 8 | 8 | 1 | 1 | 2.6 | 670 | 60 | 48 |
| 14 | 9 | 1 | 1 | 2.6 | 650 | 60 | 99 |
| 10 | 10 | 1 | 1 | 2.6 | 650 | 50 | 142 |
| 3 | 11 | 1 | 1 | 1.8 | 670 | 50 | 200 |
| 5 | 12 | 1 | 1 | 1.8 | 650 | 60 | 215 |
| 18 | 13 | 0 | 1 | 2.2 | 660 | 55 | 142 |
| 16 | 14 | 1 | 1 | 2.6 | 670 | 60 | 44 |
| 6 | 15 | 1 | 1 | 2.6 | 650 | 60 | 100 |
| 7 | 16 | 1 | 1 | 1.8 | 670 | 60 | 208 |
| 13 | 17 | 1 | 1 | 1.8 | 650 | 60 | 235 |
| 15 | 18 | 1 | 1 | 1.8 | 670 | 60 | 200 |
| 17 | 19 | 0 | 1 | 2.2 | 660 | 55 | 166 |

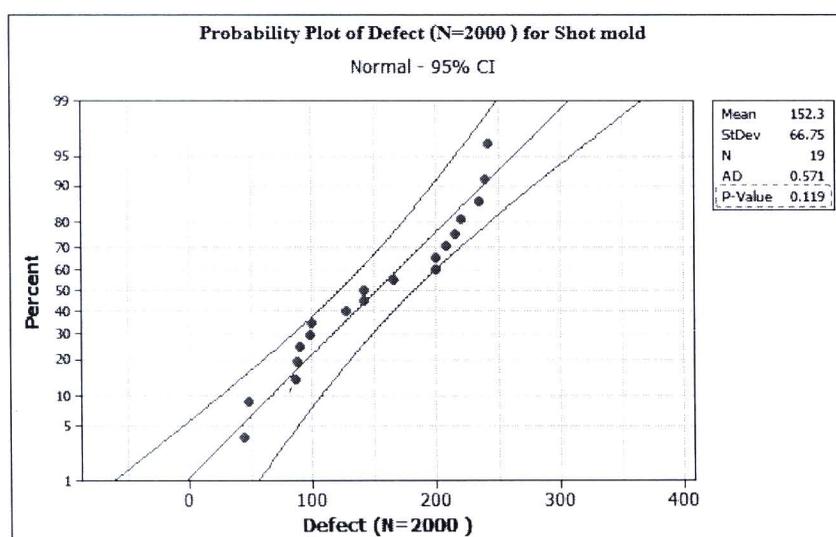
4.9.2 การตรวจสอบคุณภาพของข้อมูล

หลังจากดำเนินการทดลองแบบ 2^k แฟกทอเรียลที่มีจุดเซ็นเตอร์ของปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัยแล้ว จะได้ข้อมูลของปริมาณชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold ตามตารางที่ 4.14 แต่ก่อนที่นำไปสู่ขั้นตอนการวิเคราะห์ผลการทดลองว่าปัจจัยใดที่มีผลต่อชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold จะต้องทำการตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลที่เก็บมาว่าเป็นข้อมูลที่มีคุณภาพหรือไม่ และต้องพิสูจน์ถึงคุณสมบัติของข้อมูลดังกล่าว โดยแบ่งออกเป็น 3 ประการ คือ การทดสอบความเป็นอิสระของข้อมูล (Independent Test) การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล (Normality Test) และการทดสอบความมีเสถียรภาพของความแปรปรวน (Sigma Stability) แต่เนื่องจากข้อมูลแต่ละปัจจัยอาจมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน (ถ้าปฏิเสธ

สมมุติฐาน H_0) จึงมีความจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนของข้อมูลในแต่ละปัจจัยให้มีค่าเท่ากับศูนย์ โดยวิธีการวิเคราะห์ค่าเศษเหลือ (Residual Analysis) และนำผลการทดสอบชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold ของปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัย ปัจจัยละ 2 ระดับดำเนินการทดสอบคุณภาพของข้อมูลผ่านการประมวลผลด้วยโปรแกรม Minitab ได้ผลดังรูปที่ 4.21 และ 4.22



รูปที่ 4.21 Model Checking Adequacy ของผลการทดลองแบบ 2^k แฟคทอเรียลที่มีจุดเซ็นเตอร์



รูปที่ 4.22 Normal Probability Plot ของผลการทดลองแบบ 2^k แฟคทอเรียลที่มีจุดเซ็นเตอร์

1. การทดสอบความอิสระของข้อมูล

การทดสอบความอิสระของข้อมูลเป็นการตรวจสอบว่า ข้อมูลที่เก็บมานั้นเป็นการเก็บแบบสุ่มหรือไม่ โดยการวิเคราะห์ผ่านแผนภูมิควบคุม โดยแกน X คือลำดับการทดลอง แกน Y คือค่าเศษเหลือ ซึ่งกราฟนี้จะแสดงพฤติกรรมของค่าเศษเหลือตลอดช่วงการทดลอง จากรูปที่ 4.21 (Residuals Versus Order) พบว่าไม่มีจุดใดตกนอกพิสัยควบคุมสูงสุดและต่ำสุดของแผนภูมิ และมีการกระจายของข้อมูลอย่างสมมาตรรอบค่ากลาง แสดงว่ามีความอิสระของข้อมูลนั้นคือข้อมูลที่เก็บมานั้นเป็นการเก็บอย่างสุ่มหรือภายใต้ความผันแปรจากสาเหตุธรรมชาติ

2. การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล

เป็นการตรวจสอบว่าข้อมูลที่เก็บมาสามารถเฉลี่ยออกซึ่งปัจจัยของสิ่งที่ไม่สามารถควบคุมได้หรือไม่ โดยพิจารณาคุณสมบัติความเป็นปกติของข้อมูล โดยอาศัยกราฟทดสอบความปกติ จากรูปที่ 4.21 (Normal Probability of the Residuals) พบว่ากราฟทดสอบความปกติมีลักษณะเป็นเส้นตรง และรูปที่ 4.22 Normal Probability Plot แสดงค่า P-Value = 0.119 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 และข้อมูลมีการเรียงใกล้เส้น Ideal Normal จากสมบัติทั้งสองของรูปที่ 4.21 และรูปที่ 4.22 แสดงให้เห็นถึงความเป็นปกติของข้อมูล

3. การทดสอบความมีเสถียรภาพของความแปรปรวน

การทดสอบความมีเสถียรภาพของความแปรปรวนเพื่อตรวจสอบว่าข้อมูลที่เก็บมานั้นมีความกระจายของสิ่งที่ไม่สามารถควบคุมได้รอบค่าที่ควรจะเป็นเท่ากันหรือไม่ โดยใช้แผนภาพทดสอบความมีเสถียรภาพ จากรูปที่ 4.21 (Residuals Versus the Fitted Value) เห็นได้ว่าแผนภาพทดสอบความมีเสถียรภาพมีความผันแปรสม่ำเสมอรอบค่าแสดงว่า ข้อมูลที่ได้ดำเนินการทดลองมีความเสถียรภาพ จากการประเมินคุณสมบัติทั้ง 3 ประการของข้อมูล สามารถสรุปได้ว่า ข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีคุณสมบัติทั้ง 3 ประการครบ คือ ความมีอิสระของข้อมูล ความเป็นปกติของข้อมูล และความมีเสถียรภาพของข้อมูล

4.9.3 การวิเคราะห์ผลการทดลอง_(ก่อนการลดรูป)

ผลจากการทดลองแสดงตามรูปที่ 4.23

| Full Factorial Design | | | | | | |
|---|---------|---------------------|---------|--------|-------|--|
| Factors: | 3 | Base Design: | 3, 8 | | | |
| Runs: | 19 | Replicates: | 2 | | | |
| Blocks: | 1 | Center pts (total): | 3 | | | |
| All terms are free from aliasing. | | | | | | |
| Results for: 3 Factor & 3 Center_19 Run | | | | | | |
| Factorial Fit: Defect (N=2000) versus A, B, C_ก่อนการลดรูป | | | | | | |
| Estimated Effects and Coefficients for Defect (N=2000) (coded units) | | | | | | |
| Term | Effect | Coef | SE Coef | T | P | |
| Constant | | 156.13 | 4.833 | 32.31 | 0.000 | |
| A | -127.75 | -63.87 | 4.833 | -13.22 | 0.000 | |
| B | -38.00 | -19.00 | 4.833 | -3.93 | 0.003 | |
| C | -25.00 | -12.50 | 4.833 | -2.59 | 0.027 | |
| A*B | -12.00 | -6.00 | 4.833 | -1.24 | 0.243 | |
| A*C | -14.00 | -7.00 | 4.833 | -1.45 | 0.178 | |
| B*C | 0.75 | 0.38 | 4.833 | 0.08 | 0.940 | |
| A*B*C | -4.25 | -2.13 | 4.833 | -0.44 | 0.670 | |
| Ct Pt | | -24.12 | 12.162 | -1.98 | 0.075 | |
| S = 19.3313 PRESS = 7798.4 | | | | | | |
| R-Sq = 95.34% R-Sq(pred) = 90.28% R-Sq(adj) = 91.61% | | | | | | |

รูปที่ 4.23 ผลการทดลองที่ผ่านการประมวลผลด้วยโปรแกรม Minitab

หลังจากตรวจสอบคุณสมบัติของข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ก่อนเข้าสู่ขั้นตอนการวิเคราะห์ผลการทดลอง จะต้องพิจารณาว่าความผันแปรของค่าตัวแปรตอบสนองจากข้อมูลที่เก็บมานั้นสามารถอธิบายได้จากความผันแปรของปัจจัยที่ทำการทดสอบมากน้อยเพียงใด โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Square) ซึ่งถ้าหากมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจมีค่าสูง แสดงว่าข้อมูลที่เก็บมานั้นส่วนใหญ่สามารถอธิบายการวิเคราะห์ได้ แต่ถ้าค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจมีค่าต่ำนั้น หมายความว่าข้อมูลที่ทำการเก็บมามีสิ่งที่ไม่สามารถอธิบายได้เป็นจำนวนมาก จึงมีความจำเป็นต้องทำการทบทวนและวิเคราะห์ความรู้ในเชิงวิศวกรรมใหม่ จากผลการทดลองพบว่าค่า $R^2 = 95.34\%$ หมายความว่า ถ้าหากความผันแปรทั้งหมดมีค่า 100 หน่วย สามารถอธิบายความผันแปรจากทริเมนต์ได้ถึง 95.34 หน่วย ส่วนที่เหลือไม่สามารถอธิบายได้ด้วยสาเหตุด้านรีพอร์ทบิลิตี้ และค่า R^2 Adjust = 91.61% ซึ่งอยู่ในระดับสูงจึงถือว่าการทดลองนี้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจมีค่าสูง แสดงว่าค่าความผันแปรของค่าตัวแปรตอบสนองจากการทดลองนี้ถูกอธิบายได้จากข้อมูลที่เก็บมาอยู่ในระดับดี หลังจากนั้นพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยป้อนเข้าและการเกิดชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold ว่ามีความสัมพันธ์แบบเส้นตรงหรือไม่โดยอ่านค่า Curvature พบว่า P-Value ของ Curvature มีค่าเท่ากับ 0.075 ซึ่งมีความมากกว่า 0.05 แสดงว่า Curvature ไม่มีความสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 นั่นคือความแตกต่างระหว่างจุดกึ่งกลางกับระนาบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ รูปที่ 4.23

| Analysis of Variance for Defect (N=2000) (coded units) | | | | | | |
|---|----|---------|---------|---------|-------|-------|
| Source | DF | Seq SS | Adj SS | Adj MS | F | P |
| Main Effects | 3 | 73556.3 | 73556.3 | 24518.8 | 65.61 | 0.000 |
| 2-Way Interactions | 3 | 1362.2 | 1362.2 | 454.1 | 1.22 | 0.354 |
| 3-Way Interactions | 1 | 72.3 | 72.3 | 72.3 | 0.19 | 0.670 |
| Curvature | 1 | 1470.4 | 1470.4 | 1470.4 | 3.93 | 0.075 |
| Residual Error | 10 | 3737.0 | 3737.0 | 373.7 | | |
| Pure Error | 10 | 3737.0 | 3737.0 | 373.7 | | |
| Total | 18 | 80198.1 | | | | |

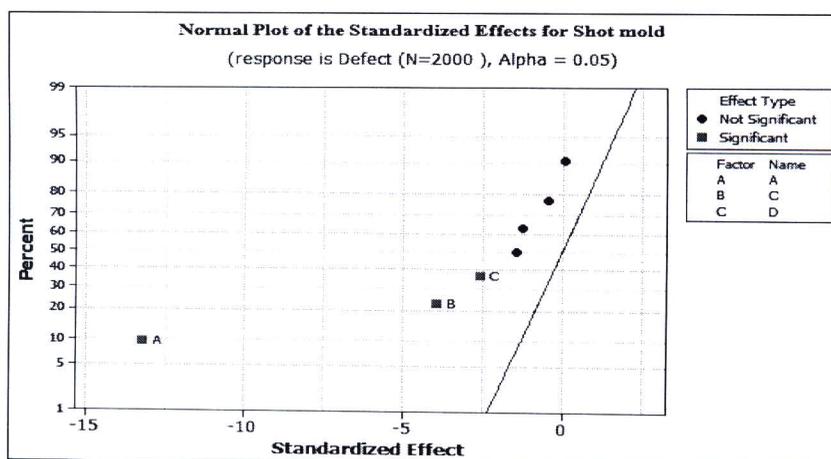
| Unusual Observations for Defect (N=2000) | | | | | | |
|---|----------|------------------|---------|--------|----------|----------|
| Obs | StdOrder | Defect (N=2000) | Fit | SE Fit | Residual | St Resid |
| 2 | 19 | 88.000 | 132.000 | 11.161 | -44.000 | -2.79R |
| 19 | 17 | 166.000 | 132.000 | 11.161 | 34.000 | 2.15R |

R denotes an observation with a large standardized residual.

| Estimated Coefficients for Defect (N=2000) using data in uncoded units | |
|---|-----------|
| Term | Coef |
| Constant | 8054.8 |
| A | -2834.06 |
| B | -11.8687 |
| C | -154.025 |
| A*B | 4.3437 |
| A*C | 66.625 |
| B*C | 0.241250 |
| A*B*C | -0.106250 |
| Ct Pt | -24.1250 |

รูปที่ 4.24 ผลการทดลองที่ผ่านการประมวลผลด้วยโปรแกรม Minitab (ANOVA)

จากการวิเคราะห์ผลลัพธ์ด้วยคอมพิวเตอร์ผ่านโปรแกรม Minitab รูปที่ 4.24 โดยเริ่มพิจารณาจากความมีนัยสำคัญของอิทธิพลหลักทั้ง 3 ปัจจัยพบว่าค่า P-Value มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 จึงสรุปได้ว่าอิทธิพลหลักทั้ง 3 ปัจจัยมีผลต่อการเกิดขึ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold ส่วนอิทธิพลร่วม 3 ปัจจัย (3-Way Interaction Effect) พบว่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.670 ซึ่ง มีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 จึงสรุปได้ว่าอิทธิพลร่วม 3 ปัจจัยไม่มีผลต่อการเกิดขึ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold จากนั้นจึงพิจารณาความมีนัยสำคัญของอิทธิพลร่วม 2 ปัจจัย (2-Way Interaction Effect) พบว่าค่า P-Value มีค่าเท่า 0.354 มีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 จึงสรุปได้ว่าอิทธิพลร่วม 2 ปัจจัยไม่มีผลต่อการเกิดขึ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แต่เมื่อพิจารณาที่ปัจจัยร่วมระหว่าง High speed shot กับ Molten metal temperature ที่ใช้ในกระบวนการฉีดอะลูมิเนียมพบว่า P-Value มีค่า 0.243 ซึ่งมากกว่า 0.05 ส่วนปัจจัยร่วมระหว่าง High speed shot กับ Casting pressure ที่ใช้ในกระบวนการฉีดอะลูมิเนียมพบว่า P-Value มีค่า 0.178 ซึ่งมากกว่า 0.05 และปัจจัยร่วมระหว่าง Molten metal temperature กับ Casting pressure ที่ใช้ในกระบวนการฉีดอะลูมิเนียมพบว่า P-Value มีค่า 0.940 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าปัจจัยร่วมสองปัจจัยทั้งสามแบบนี้มีผลต่อการเกิดขึ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold อย่างไม่มีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับรูปที่ 4.24 และรูปที่ 4.25



รูปที่ 4.25 Standardized Effect ของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดขึ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold

หลังจากนั้นจึงทำการลดอิทธิพลร่วม 3 ปัจจัย (3-Way Interaction Effect) และอิทธิพลร่วม 2 ปัจจัย (2-Way Interaction Effect) ที่ใช้ในกระบวนการฉีดอะลูมิเนียมเพื่อไปรวมกับค่า error หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์การทดลองผ่านโปรแกรม Minitab อีกครั้งซึ่งได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.25

จากผลการทดลองซึ่งถูกลดอิทธิพลร่วม 3 ปัจจัย (3-Way Interaction Effect) และอิทธิพลร่วม 2 ปัจจัย (2-Way Interaction Effect) ที่ใช้ในกระบวนการฉีดอะลูมิเนียมออกแล้ว หลังจากนั้นพิจารณาค่าความผันแปรของค่าตัวแปรตอบสนองจากข้อมูลที่เก็บมานั้นสามารถอธิบายได้จากความผันแปรของปัจจัยที่ทำการทดสอบมีมากน้อยเพียงใด จากผลการทดลองพบว่า ค่า $R^2 = 93.55\%$ ซึ่งมีค่าลดลงเล็กน้อยเนื่องจากการลดอิทธิพลร่วม 3 ปัจจัย และอิทธิพลร่วม 2 ปัจจัยที่ใช้ในกระบวนการฉีดอะลูมิเนียมออก และค่า $R^2 \text{ Adjust} = 91.71\%$ มีค่าใกล้เคียงกับผลการทดลองก่อนการลดอิทธิพลร่วม 3 ปัจจัย และอิทธิพลร่วม 2 ปัจจัยที่ใช้ในกระบวนการฉีดอะลูมิเนียมออกแสดงว่าการตัดอิทธิพลร่วมทั้งสองไม่มีผลต่อค่าตัวแปรตอบสนอง จากการทดลองจึงสรุปได้ว่าค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจมีค่าสูงแสดงว่าค่าความผันแปรของค่าตัวแปรตอบสนองถูกอธิบายได้จากข้อมูลที่เก็บมาอยู่ในระดับดี

Factorial Fit: Defect (N=2000) versus A, B, C _หลังการลดรูป

Estimated Effects and Coefficients for Defect (N=2000) (coded units)

| Term | Effect | Coef | SE Coef | T | P |
|----------|---------|--------|---------|--------|-------|
| Constant | | 156.13 | 4.805 | 32.49 | 0.000 |
| A | -127.75 | -63.87 | 4.805 | -13.29 | 0.000 |
| B | -38.00 | -19.00 | 4.805 | -3.95 | 0.001 |
| C | -25.00 | -12.50 | 4.805 | -2.60 | 0.021 |
| Ct Pt | | -24.12 | 12.092 | -2.00 | 0.066 |

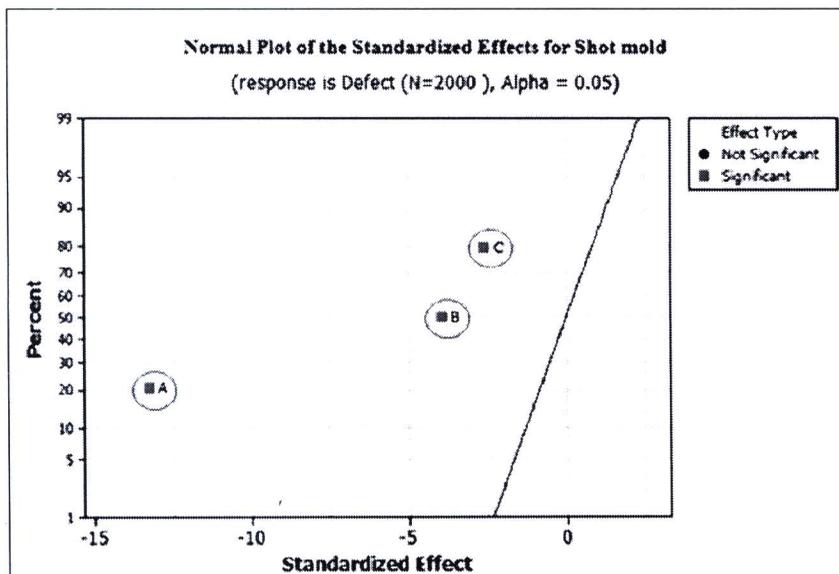
S = 19.2196 PRESS = 9137.51
 R-Sq = 93.55% R-Sq(pred) = 88.61% R-Sq(adj) = 91.71%

Analysis of Variance for Defect (N=2000) (coded units)

| Source | DF | Seq SS | Adj SS | Adj MS | F | P |
|----------------|----|--------|--------|---------|-------|-------|
| Main Effects | 3 | 73556 | 73556 | 24518.8 | 66.38 | 0.000 |
| Curvature | 1 | 1470 | 1470 | 1470.4 | 3.98 | 0.066 |
| Residual Error | 14 | 5171 | 5171 | 369.4 | | |
| Lack of Fit | 4 | 1434 | 1434 | 358.6 | 0.96 | 0.470 |
| Pure Error | 10 | 3737 | 3737 | 373.7 | | |
| Total | 18 | 80198 | | | | |

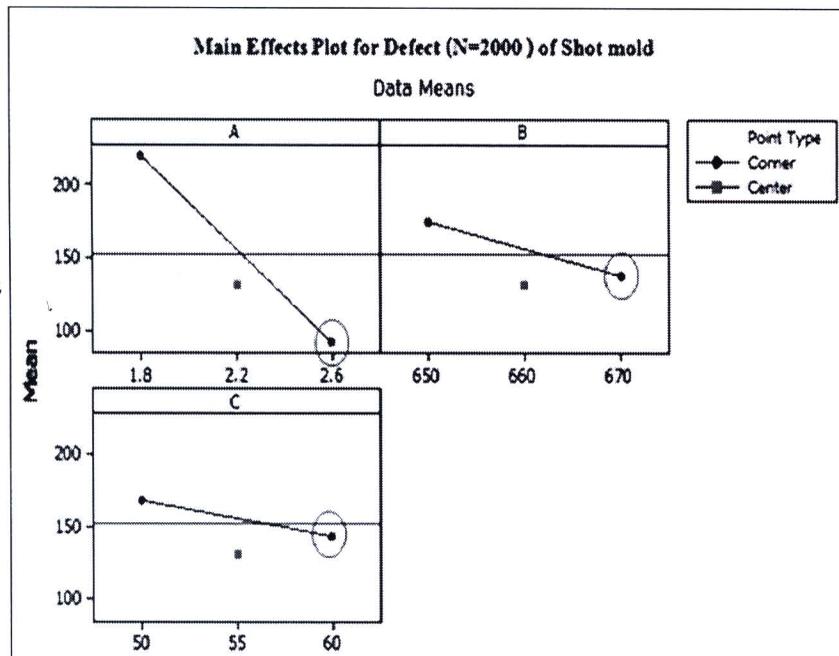
รูปที่ 4.26 ผลการทดลองที่ผ่านการประมวลผลด้วยโปรแกรม Minitab หลังจากทำการตัดปัจจัยที่ไม่มีผลกระทบต่อการเกิดขึ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold ออก (หลังการลดรูป)

จากการพิจารณาอิทธิพลหลักทั้ง 3 ปัจจัยพบว่ามีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าอิทธิพลหลักทั้ง 3 ปัจจัยเท่านั้นที่มีผลต่อการเกิดขึ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับรูปที่ 4.26



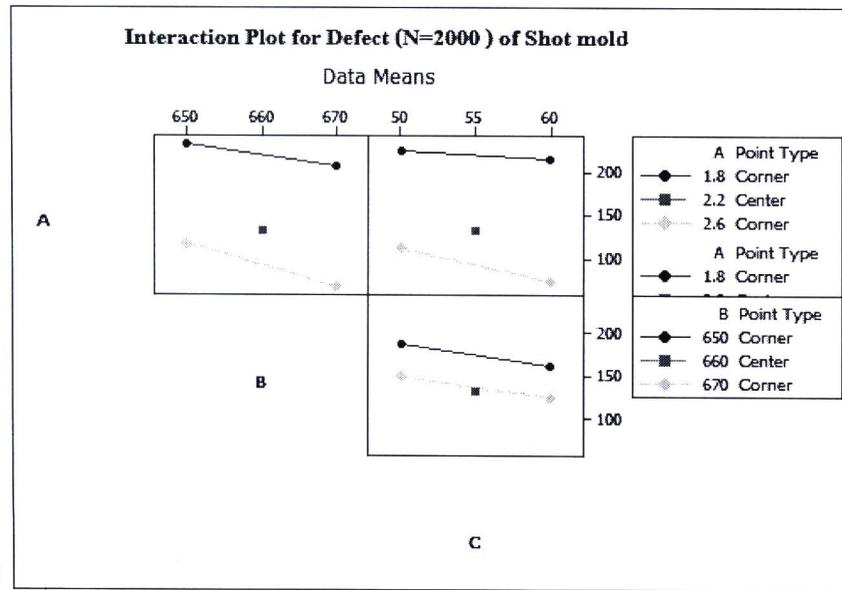
รูปที่ 4.27 Standardized Effect ของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดขึ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold หลังจากทำการตัดปัจจัยที่ไม่มีผลกระทบต่อการเกิดขึ้นงานบกพร่อง

เมื่อทำการพิจารณาอิทธิพลหลักดังรูปที่ 4.27 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยของชิ้นงานบกพร่องซึ่งสรุปได้ว่าระดับปัจจัยที่ทำให้เกิดชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold น้อยที่สุดคือ High speed shot ที่ระดับปัจจัยเท่ากับ 2.6 m/s ส่วน Molten metal temperature ที่ระดับปัจจัยเท่ากับ 670°C และ Casting pressure ที่ใช้ในกระบวนการฉีดอะลูมิเนียมที่ระดับปัจจัยเท่ากับ 60 MPa



รูปที่ 4.28 กราฟแสดงผลการหาค่าเฉลี่ยของปัจจัยหลักของชิ้นงานบกพร่องในแต่ละระดับปัจจัย

จากนั้นทำการพิจารณาตามรูปที่ 4.27 ระดับปัจจัยที่มีแนวโน้มการเกิดชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold ซึ่งแสดงผลผ่านกราฟอิทธิพลร่วมที่ใช้ในกระบวนการฉีดอะลูมิเนียมโดยพิจารณาผ่านโปรแกรม Minitab ดังรูปที่ 4.28 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold หลังจากนั้นพิจารณาปัจจัยร่วมโดยจะทำการพิจารณาเฉพาะปัจจัยร่วมมีผลกระทบต่อ การเกิดชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold โดยพิจารณาปัจจัยร่วมพบว่าไม่มีปัจจัยร่วมใดที่ทำให้เกิดชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold น้อยที่สุดจึงสามารถสรุปได้ว่าอิทธิพลหลักทั้ง 3 ปัจจัยเท่านั้นที่ทำให้เกิดชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold น้อยที่สุดคือ High speed shot ที่ระดับปัจจัยเท่ากับ 2.6 m/s ส่วน Molten metal temperature ที่ระดับปัจจัยเท่ากับ 670 °C และ Casting pressure ที่ใช้ในกระบวนการฉีดอะลูมิเนียมที่ระดับปัจจัยเท่ากับ 60 MPa



รูปที่ 4.29 กราฟแสดงผลการหาค่าเฉลี่ยของปัจจัยร่วมของชิ้นงานบกดพร้อมแต่ละระดับปัจจัย

จากการพิจารณาอิทธิพลร่วม 2 ปัจจัย (2-Way Interaction) พบว่าไม่มีปัจจัยร่วมใดมีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าปัจจัยร่วมทั้งสามแบบไม่มีผลต่อการเกิดชิ้นงานบกดพร้อมประเภท Shot Mold อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับรูปที่ 4.29

Regression Analysis: Defect (N=2000) versus A, B, C_หลังการลดรูป

Weighted analysis using weights in Defect (N=2000)

The regression equation is
 Defect (N=2000) = 1691 - 157 A - 1.65 B - 1.91 C

| Predictor | Coef | SE Coef | T | P |
|-----------|---------|---------|--------|-------|
| Constant | 1691.4 | 302.2 | 5.60 | 0.000 |
| A | -156.90 | 12.02 | -13.05 | 0.000 |
| B | -1.6450 | 0.4462 | -3.69 | 0.002 |
| C | -1.9104 | 0.8884 | -2.15 | 0.048 |

S = 220.689 R-Sq = 92.2% R-Sq(adj) = 90.7%

Analysis of Variance

| Source | DF | SS | MS | F | P |
|----------------|----|---------|---------|-------|-------|
| Regression | 3 | 8667768 | 2889256 | 59.32 | 0.000 |
| Residual Error | 15 | 730554 | 48704 | | |
| Total | 18 | 9398322 | | | |

รูปที่ 4.30 กราฟแสดงผลการหาสมการถดถอยของชิ้นงานบกดพร้อมแต่ละระดับปัจจัย

จากผลการวิเคราะห์สามารถเขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ของชิ้นงานบกดพร้อมประเภท Shot Mold ของทั้ง 3 ปัจจัยได้แก่ High speed shot กับ Molten metal temperature และ Casting pressure ที่ใช้ในกระบวนการฉีดอะลูมิเนียมจึงได้สมการ Regression Analysis ดังต่อไปนี้

สมการจำนวนชิ้นงาน Shot Mold = $1691 - 157*A - 1.65*B - 1.91*C$

เมื่อ Factor (A) = High speed shot, (m/s)

Factor (B) = Molten metal temperature, (°C)

Factor (C) = Casting pressure, (MPa)

ตารางที่ 4.17 แสดงผลการแทนสมการความสัมพันธ์ของจำนวนชิ้นงานบภพร้อม

ประเภท Shot Mold ด้วยสมการจำนวนชิ้นงาน

Shot Mold = $1691 - 157*A - 1.65*B - 1.91*C$ ดังนี้

| StdOrder | RunOrder | CenterPt | A | B | C | Shot mold |
|----------|----------|----------|-----|-----|----|-----------|
| 12 | 1 | 1 | 2.6 | 670 | 50 | 82 |
| 19 | 2 | 0 | 2.2 | 660 | 55 | 152 |
| 2 | 3 | 1 | 2.6 | 650 | 50 | 115 |
| 9 | 4 | 1 | 1.8 | 650 | 50 | 240 |
| 11 | 5 | 1 | 1.8 | 670 | 50 | 207 |
| 4 | 6 | 1 | 2.6 | 670 | 50 | 82 |
| 1 | 7 | 1 | 1.8 | 650 | 50 | 240 |
| 8 | 8 | 1 | 2.6 | 670 | 60 | 63 |
| 14 | 9 | 1 | 2.6 | 650 | 60 | 96 |
| 10 | 10 | 1 | 2.6 | 650 | 50 | 115 |
| 3 | 11 | 1 | 1.8 | 670 | 50 | 207 |
| 5 | 12 | 1 | 1.8 | 650 | 60 | 221 |
| 18 | 13 | 0 | 2.2 | 660 | 55 | 152 |
| 16 | 14 | 1 | 2.6 | 670 | 60 | 63 |
| 6 | 15 | 1 | 2.6 | 650 | 60 | 96 |
| 7 | 16 | 1 | 1.8 | 670 | 60 | 188 |
| 13 | 17 | 1 | 1.8 | 650 | 60 | 221 |
| 15 | 18 | 1 | 1.8 | 670 | 60 | 188 |
| 17 | 19 | 0 | 2.2 | 660 | 55 | 152 |

จากสมการความสัมพันธ์หาจำนวนชิ้นงานบภพร้อมประเภท Shot Mold น้อยที่สุดแทนค่าทั้ง 3 ปัจจัย

ในสมการจะได้จำนวนชิ้นงานบภพร้อม Shot Mold = $1691 - 157*(2.6) - 1.65*(670) - 1.91*(60)$

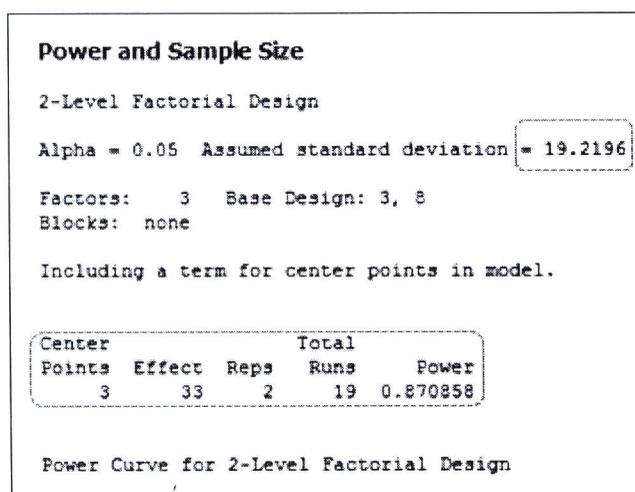
= 62.7 ชิ้น หรือ ประมาณ 63 ชิ้น

ในส่วนขอเนื้อหาขั้นตอนการวิเคราะห์ผลนี้ ได้นำปัจจัยที่เป็นสาเหตุเบื้องต้นที่คาดว่าจะมีผลกระทบต่อจำนวนชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold มาทำการออกแบบการทดลองและวิเคราะห์ผล ซึ่งท้ายที่สุดได้สมการความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีความเกี่ยวข้องกับจำนวนชิ้นงานบกพร่อง โดยผู้วิจัยได้นำสมการดังกล่าวไปทำการแทนค่าของตัวแปรที่เกี่ยวข้องเพื่อหาสถานะที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิตที่ทำให้จำนวนชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold มีจำนวนน้อยที่สุดซึ่งได้สถานะควบคุมตามตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 ตารางค่าควบคุมสถานะที่ทำให้เกิดชิ้นงานบกพร่อง Shot Mold มีค่าน้อยที่สุด

| ปัจจัย (3 Factor) | หน่วยควบคุม | สถานะควบคุม |
|-----------------------------|-------------|-------------|
| 1. High speed shot | m/s | 2.6 |
| 2. Molten metal temperature | °C | 670 |
| 3. Casting pressure | MPa | 60 |

จากนั้นดำเนินการทดสอบโดยการนำสถานะควบคุมกระบวนการผลิตดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมในสายการผลิตและทำการหาค่า Power of Test ดังรูปที่ 4.31 โดยกำหนดให้ค่าความแตกต่างต่ำสุดที่สามารถตรวจจับได้เท่ากับ 33 ชิ้นและจำนวนการทดลองซ้ำเท่ากับ 2 replicates ซึ่งจะได้ค่า Power of Test เท่ากับ 0.870858 (87.0858%)



รูปที่ 4.31 แสดงผลการหาช่วงความเชื่อมั่นของจำนวนซ้ำการทดลอง

4.9.4 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองสรุปได้ว่าระดับปัจจัยของ High speed shot ที่ระดับปัจจัยเท่ากับ 2.6 m/s กับ Molten metal temperature ที่ระดับปัจจัยเท่ากับ 670 °C และ Casting pressure ที่ใช้ในกระบวนการฉีดอะลูมิเนียมขึ้นรูปฝาประกบหลังแผ่นจานแม่เหล็ก (HDDs) ขนาด 3.5 นิ้ว ที่ระดับปัจจัยเท่ากับ 60 MPa สามารถทำให้เกิดชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold น้อยที่สุดจำนวนเท่ากับ 63 ชิ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ การทดลองในระดับปัจจัยอื่น ซึ่งจากการทดลองสามารถอธิบายได้ดังนี้ ในการเชื่อมต่อเครื่องจักรในกระบวนการฉีดอะลูมิเนียมโดยใช้ High speed shot ซึ่งเมื่อปรับค่าพารามิเตอร์ที่ระดับต่ำ และการตั้งค่า Molten metal temperature ที่ระดับปานกลางและใช้ Casting pressure ของกระบวนการฉีดอะลูมิเนียม ที่ระดับต่ำจะส่งผลให้ชิ้นงานที่ออกมาเป็นชิ้นงานบกพร่องที่เกิดปัญหา Shot Mold เกิดขึ้นจริงซึ่งสอดคล้องกับการทดลองดังนั้นในการปรับตั้งค่าเชื่อมต่อในการทำงานของเครื่องจักรควรปรับตั้งค่า High speed shot ที่ระดับสูงแต่ไม่ควรสูงมากเกินไปเพราะจะส่งผลต่อการสึกหรอและอายุการใช้งานของแม่พิมพ์สั้นเกินไปโดยปกติอายุการใช้งานของแม่พิมพ์อยู่ที่ 300,000 Shot และจะส่งผลต่ออัตราการผลิตของเครื่องจักร ส่วนการตั้งค่า Molten metal temperature และ Casting pressure ของกระบวนการฉีดอะลูมิเนียมควรที่จะปรับตั้งไว้ที่ระดับสูงเช่นเดียวกัน แต่ไม่ควรสูงมากเกินไปเพราะจะส่งผลต่อการสึกหรอและอายุการใช้งานของแม่พิมพ์สั้นเร็วยิ่งขึ้น จากผลการทดลองจึงสรุปได้ว่า High speed shot กับ Molten metal temperature และ Casting pressure ของกระบวนการฉีดอะลูมิเนียมเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการทดลองครั้งนี้จากตารางที่ 4.19 จะแสดงให้เห็นระดับการปรับตั้งของปัจจัยก่อนและหลังการปรับปรุง

ตารางที่ 4.19 ระดับการปรับตั้งค่าของแต่ละปัจจัยก่อนและหลังการปรับปรุง

| ปัจจัย (3 Factor) | หน่วยควบคุม | ก่อนการปรับปรุง | หลังการปรับปรุง |
|-----------------------------|-------------|-----------------|-----------------|
| 1. High speed shot | m/s | 1.8 | 2.6 |
| 2. Molten metal temperature | °C | 660 | 670 |
| 3. Casting pressure | MPa | 50 | 60 |

หลังจากที่ได้ค่าที่เหมาะสมในตารางที่ 4.19 แล้วขั้นตอนต่อไปจะทำการทดสอบสัดส่วนชิ้นงานบกพร่องจากการกระบวนการฉีดอะลูมิเนียม ก่อนที่จะนำค่าเหล่านี้ไปทำการผลิตจริงเพื่อทดสอบสัดส่วนชิ้นงานบกพร่องก่อนและหลังการปรับปรุงมีผลต่อกระบวนการผลิตอย่างไรบ้าง

4.10 ขั้นตอนการทำการทดลองเพื่อยืนยันผล

จากผลการทดลองทำให้ได้ค่าที่เหมาะสมที่สุดของทั้ง 3 ปัจจัย เพื่อที่จะทำให้เกิดชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold น้อยที่สุด โดยทำการทดสอบต้องหาขนาดสิ่งตัวอย่างก่อนดั่งนั้นเพื่อให้สะดวกต่อการทดลองจึงกำหนดตัวอย่างจำนวน 2,000 ชิ้นซึ่งเท่ากับจำนวนตัวอย่างในการทดสอบกรองปัจจัยที่ละปัจจัย (OFAT) ในช่วงแรกของการทดลอง หลังจากนั้นทำการทดสอบด้วยการเปรียบเทียบสัดส่วนชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold ทั้งก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงโดยทำการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ของเครื่องจักรตามตารางที่ 4.19 และได้ผลการทดลองตามตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 ข้อมูลชิ้นงานบกพร่องจากกระบวนการฉีดอะลูมิเนียมก่อนและหลังการปรับปรุง

| | ก่อนการปรับปรุง | หลังการปรับปรุง |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|
| ปริมาณชิ้นงานบกพร่อง (ชิ้น) | 224 | 66 |

ซึ่งสามารถตั้งสมมติฐานของการทดลองได้ดังต่อไปนี้

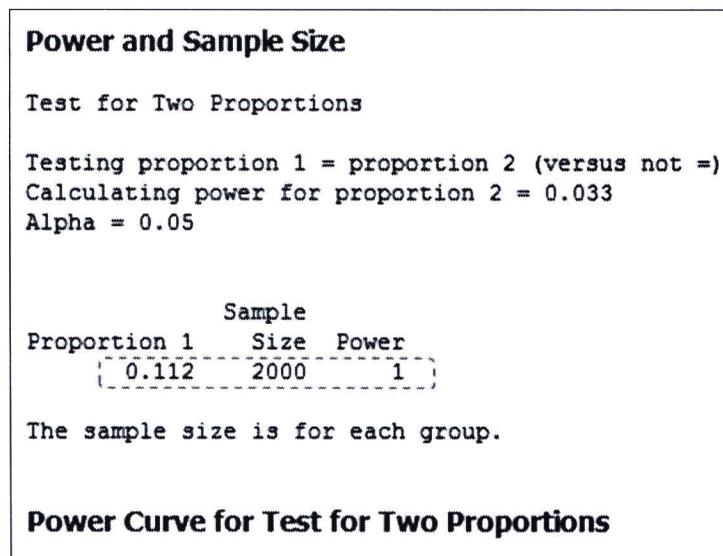
H_0 : สัดส่วนชิ้นส่วนบกพร่องประเภท Shot Mold ก่อนและหลังการปรับปรุงไม่แตกต่างกัน

H_1 : สัดส่วนชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold หลังการปรับปรุงเกิดขึ้นน้อยกว่าก่อนการปรับปรุง

หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ผ่านโปรแกรม Minitab จะได้ผลดังรูปที่ 4.32

| Test and CI for Two Proportions | | | |
|--|-----|------|----------|
| Sample | X | N | Sample p |
| 1 | 224 | 2000 | 0.112000 |
| 2 | 66 | 2000 | 0.033000 |
| Difference = p (1) - p (2) | | | |
| Estimate for difference: 0.079 | | | |
| 95% CI for difference: (0.0631154, 0.0948846) | | | |
| Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = 9.75 P-Value = 0.000 | | | |
| Fisher's exact test: P-Value = 0.000 | | | |

รูปที่ 4.32 แสดงผลการวิเคราะห์ชิ้นงานบกพร่องหลังปรับปรุงและก่อนปรับปรุง



รูปที่ 4.33 แสดงผลการยืนยันจำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ชิ้นงานบกพร่อง
 หลังปรับปรุงและก่อนปรับปรุง

จากรูปที่ 4.33 พบว่า P-Value มีค่าน้อยกว่า 0.05 ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าสัดส่วนชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold หลังการปรับปรุงเกิดขึ้นน้อยกว่าก่อนการปรับปรุงอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 หรือกล่าวได้ว่าหลังการปรับปรุงทำให้จำนวนชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold ลดลงและจากรูปที่ 4.33 แสดงผลการยืนยันตัวอย่างจำนวน 2,000 ชิ้นที่ใช้ในการวิเคราะห์ชิ้นงานบกพร่องหลังปรับปรุงและก่อนปรับปรุงนั้นได้ค่าอำนาจแห่งการตรวจสอบอยู่ที่ 1 และจากการทดลองต้องการทราบว่าชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold เกิดขึ้นตามสมการแสดงความสัมพันธ์ที่ได้ทำการเสนอไว้ข้างต้น มีความสัมพันธ์กันหรือไม่ จึงแทนค่าระดับปัจจัยลงในสมการความสัมพันธ์ของจำนวนชิ้นงานบกพร่อง Shot Mold น้อยที่สุดเท่ากับ $1691 - 157*(2.6) - 1.65*(670) - 1.91*(60)$ เท่ากับ 62.7 ชิ้น หรือ ประมาณ 63 ชิ้น

ดังนั้นเมื่อแทนค่าในสมการความสัมพันธ์แล้ว พบว่าจำนวนชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold มีค่าประมาณ 63 ชิ้น และจากการทดลองในตารางที่ 4.18 พบว่าหลังจากการปรับปรุงมีจำนวนชิ้นงานบกพร่องเท่ากับ 66 ชิ้น ซึ่งจำนวนชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold หลังการปรับปรุงมีค่าใกล้เคียงกับสมการความสัมพันธ์ จึงสรุปได้ว่ากระบวนการผลิตการฉีดอะลูมิเนียมขึ้นรูปฝาประกบหลังแผ่นจานแม่เหล็ก (HDDs) ขนาด 3.5 นิ้ว หลังจากการปรับปรุงมีผลทำให้ปริมาณชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold ลดลงอย่างมีความสัมพันธ์ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05

ตารางที่ 4.21 แสดงขั้นตอนเพื่อยืนยันผลการทดลองสมการความสัมพันธ์ของจำนวนชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold โดยกำหนดสถานะการฉีดอะลูมิเนียมที่ StdOrder ลำดับที่ 12

| | ก่อนการปรับปรุง | หลังการปรับปรุง |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|
| ปริมาณชิ้นงานบกพร่อง (ชิ้น) | 245 | 89 |

จากการแทนค่าสมการความสัมพันธ์ของจำนวนชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold ด้วยสมการคำนวณหาจำนวนชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold น้อยที่สุด คือ “ Shot Mold น้อยที่สุด = $1691 - 157*A - 1.65*B - 1.91*C$ “ ดังตารางที่ 4.19 เพื่อหาสถานะที่เหมาะสมที่จะทำให้เกิดชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold น้อยที่สุด โดยทำการทดสอบต้องหาขนาดสิ่งตัวอย่างก่อนดั่งนั้นเพื่อให้สะดวกต่อการทดลองจึงกำหนดตัวอย่างจำนวน 2,000 ชิ้นซึ่งเท่ากับจำนวนตัวอย่างในการทดสอบกรองปัจจัยที่ละปัจจัย (OFAT) ในช่วงแรกของการทดลอง หลังจากนั้นทำการทดสอบด้วยการเปรียบเทียบสัดส่วนชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold ทั้งก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงโดยกำหนดสถานะตามสมการความสัมพันธ์ข้างต้นเพื่อทำการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ของเครื่องจักรตามตารางที่ 4.19 โดยที่กำหนดสถานะการฉีดอะลูมิเนียมที่ StdOrder ลำดับที่ 12 ของทั้ง 3 ปัจจัยได้แก่ High speed shot อยู่ที่ระดับปัจจัยเท่ากับ 2.6 m/s ส่วน Molten metal temperature ที่ระดับปัจจัยเท่ากับ 670°C และ Casting pressure ที่ใช้ในกระบวนการฉีดอะลูมิเนียมที่ระดับปัจจัยเท่ากับ 50 MPa และซึ่งได้ผลยืนยันสมการการทดลองตามตารางที่ 4.21

ซึ่งสามารถตั้งสมมุติฐานของการทดลองได้ดังต่อไปนี้

H_0 : สัดส่วนชิ้นส่วนบกพร่องประเภท Shot Mold ก่อนและหลังการปรับปรุงไม่แตกต่างกัน

H_1 : สัดส่วนชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold หลังการปรับปรุงเกิดขึ้นน้อยกว่าก่อนการปรับปรุง

หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ผ่าน โปรแกรม Minitab จะได้ผลดังรูปที่ 4.34

| Test and CI for Two Proportions | | | |
|---------------------------------|-----|------|----------|
| Sample | X | N | Sample p |
| 1 | 245 | 2000 | 0.122500 |
| 2 | 89 | 2000 | 0.044500 |

Difference = p (1) - p (2)
 Estimate for difference: 0.078
 95% CI for difference: (0.0610255, 0.0949745)
 Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = 9.01 **P-Value = 0.000**
 Fisher's exact test: P-Value = 0.000

รูปที่ 4.34 แสดงผลการวิเคราะห์ชิ้นงานบกพร่องสถานะการฉีดอะลูมิเนียมที่ StdOrder ลำดับที่ 12

| Power and Sample Size | | |
|--|------|---------|
| Test for Two Proportions | | |
| Testing proportion 1 = proportion 2 (versus not =) | | |
| Calculating power for proportion 2 = 0.0445 | | |
| Alpha = 0.05 | | |
| Sample | | |
| Proportion 1 | Size | Power |
| 0.1225 | 2000 | 1.00000 |
| The sample size is for each group. | | |

รูปที่ 4.35 แสดงผลการยืนยันจำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ชิ้นงานบกพร่องหลังการ

ปรับปรุงและก่อนการปรับปรุง

จากรูปที่ 4.34 พบว่า P-Value มีค่าน้อยกว่า 0.05 ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าสัดส่วนชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold หลังการปรับปรุงเกิดขึ้นน้อยกว่าก่อนการปรับปรุงอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 หรือกล่าวได้ว่าหลังการปรับปรุงทำให้จำนวนชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold ลดลงและจากรูปที่ 4.35 แสดงผลการยืนยันตัวอย่างจำนวน 2,000 ชิ้นที่ใช้ในการวิเคราะห์ชิ้นงานบกพร่องหลังปรับปรุงและก่อนปรับปรุงนั้นได้ค่าอำนาจแห่งการตรวจสอบอยู่ที่ 1 และจากการทดลองต้องการทราบว่าชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold เกิดขึ้นตามสมการแสดงความสัมพันธ์ที่ได้ทำการเสนอไว้ข้างต้นมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ จึงแทนค่าระดับปัจจัยโดยกำหนดสภาวะการฉีดอะลูมิเนียมที่ StdOrder ลำดับที่ 12 ลงในสมการความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\text{จำนวนชิ้นงานบกพร่อง Shot Mold} = 1691 - 157*A - 1.65*B - 1.91*C$$

$$\begin{aligned} \text{จำนวนชิ้นงานบกพร่อง Shot Mold} &= 1691 - 157*(2.6) - 1.65*(670) - 1.91*(50) \\ &= 81.8 \text{ ชิ้น หรือ ประมาณ } 82 \text{ ชิ้น} \end{aligned}$$

เมื่อแทนค่าในสมการความสัมพันธ์แล้ว พบว่าจำนวนชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold มีค่าประมาณ 82 ชิ้น และจากการทดลองในตารางที่ 4.19 พบว่าหลังจากการปรับปรุงมีจำนวนชิ้นงานบกพร่องเท่ากับ 89 ชิ้น ซึ่งจำนวนชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold หลังการปรับปรุงมีค่าใกล้เคียงกับสมการความสัมพันธ์ จึงสรุปได้ว่ากระบวนการผลิตการฉีดอะลูมิเนียมขึ้นรูปฝาประกบหลังแผ่นจานแม่เหล็ก (HDDs) ขนาด 3.5 นิ้ว หลังจากการปรับปรุงมีผลทำให้ปริมาณชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold ลดลงอย่างมีความสัมพันธ์ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05

ตารางที่ 4.22 แสดงขั้นตอนเพื่อยืนยันผลการทดลองสมการความสัมพันธ์ของจำนวนชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold โดยกำหนดสถานะการฉีดอะลูมิเนียมที่ StdOrder ลำดับที่ 1

| | ก่อนการปรับปรุง | หลังการปรับปรุง |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|
| ปริมาณชิ้นงานบกพร่อง (ชิ้น) | 250 | 235 |

โดยกำหนดให้ High speed shot อยู่ที่ระดับปัจจัยเท่ากับ 1.8 m/s ส่วน Molten metal temperature ที่ระดับปัจจัยเท่ากับ 650 °C และ Casting pressure ที่ใช้ในกระบวนการฉีดอะลูมิเนียมที่ระดับปัจจัยเท่ากับ 50 MPa และซึ่งได้ผลยืนยันสมการการทดลองตามตารางที่ 4.22 ซึ่งสามารถตั้งสมมติฐานของการทดลองได้ดังต่อไปนี้

H_0 : สัดส่วนชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold ก่อนและหลังการปรับปรุงไม่แตกต่างกัน

H_1 : สัดส่วนชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold หลังการปรับปรุงเกิดขึ้นน้อยกว่าก่อนการปรับปรุง

หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ผ่าน โปรแกรม Minitab จะได้ผลดังรูปที่ 4.36

| Test and CI for Two Proportions | | | |
|--|-----|------|-----------------|
| Sample | X | N | Sample p |
| 1 | 250 | 2000 | 0.125000 |
| 2 | 235 | 2000 | 0.117500 |
| Difference = p (1) - p (2) | | | |
| Estimate for difference: 0.0075 | | | |
| 95% CI for difference: (-0.0127299, 0.0277299) | | | |
| Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = 0.73 | | | |
| | | | P-Value = 0.467 |
| Fisher's exact test: P-Value = 0.498 | | | |

รูปที่ 4.36 แสดงผลการวิเคราะห์ชิ้นงานบกพร่องสถานะการฉีดอะลูมิเนียมที่ StdOrder ลำดับที่ 1

| Power and Sample Size | | |
|--|------|----------|
| Test for Two Proportions | | |
| Testing proportion 1 = proportion 2 (versus not =) | | |
| Calculating power for proportion 2 = 0.1175 | | |
| Alpha = 0.05 | | |
| Sample | | |
| Proportion 1 | Size | Power |
| 0.125 | 2000 | 0.112310 |
| The sample size is for each group. | | |

รูปที่ 4.37 แสดงผลการยืนยันจำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ชิ้นงานบกพร่องหลังการปรับปรุงและก่อนการปรับปรุง

จากรูปที่ 4.36 พบว่า P-Value มีค่ามากกว่า 0.05 ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าสัดส่วนชิ้นส่วนบกพร่องประเภท Shot Mold ก่อนและหลังการปรับปรุงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 หรือกล่าวได้ว่าก่อนและหลังการปรับปรุงจำนวนชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold มีจำนวนลดลงไม่แตกต่างกัน และจากรูปที่ 4.37 แสดงผลการยืนยันตัวอย่างจำนวน 2,000 ชิ้นที่ใช้ในการวิเคราะห์ชิ้นงานบกพร่องหลังการปรับปรุงและก่อนการปรับปรุงนั้นได้ค่าอำนาจแห่งการตรวจสอบอยู่ที่ 0.112310 และจากการทดลองต้องการทราบว่าชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold เกิดขึ้นตามสมการแสดงความสัมพันธ์ที่ได้ทำการเสนอไว้ข้างต้นมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ จึงแทนค่าระดับปัจจัยโดยกำหนดสภาวะการฉีดอะลูมิเนียมที่ StdOrder ลำดับที่ 1 ลงในสมการความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\text{จำนวนชิ้นงานบกพร่อง Shot Mold} = 1691 - 157*A - 1.65*B - 1.91*C$$

$$\begin{aligned} \text{จำนวนชิ้นงานบกพร่อง Shot Mold} &= 1691 - 157*(1.8) - 1.65*(650) - 1.91*(50) \\ &= 240.4 \text{ ชิ้น หรือ ประมาณ } 240 \text{ ชิ้น} \end{aligned}$$

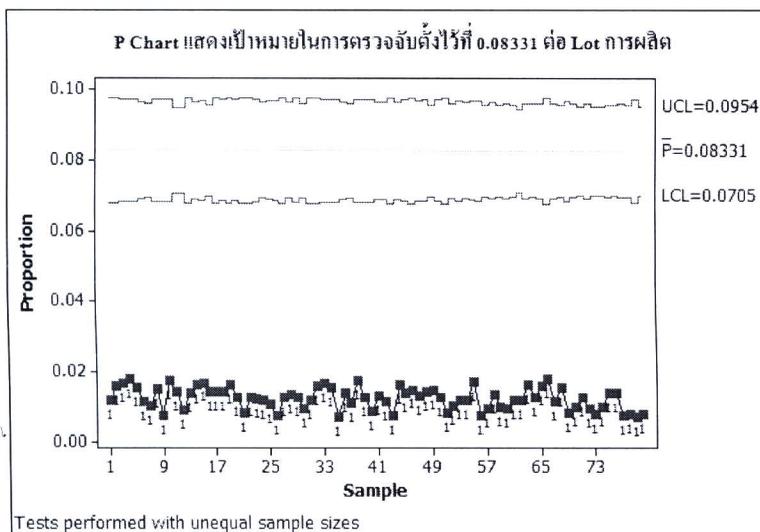
เมื่อแทนค่าในสมการความสัมพันธ์แล้ว พบว่าจำนวนชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold มีค่าประมาณ 240 ชิ้น และจากการทดลองในตารางที่ 4.20 พบว่าหลังจากการปรับปรุงมีจำนวนชิ้นงานบกพร่องเท่ากับ 235 ชิ้น ซึ่งจำนวนชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold หลังการปรับปรุงมีค่าใกล้เคียงกับสมการความสัมพันธ์ จึงสรุปได้ว่ากระบวนการผลิตการฉีดอะลูมิเนียมขึ้นรูปฝาประกบหลังแผ่นจานแม่เหล็ก (HDDs) ขนาด 3.5 นิ้ว ก่อนและหลังจากการปรับปรุงมีผลทำให้ปริมาณชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold ลดลงไม่แตกต่างกันอย่างมีความสัมพันธ์ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05

4.11 การติดตามผลการทดลอง

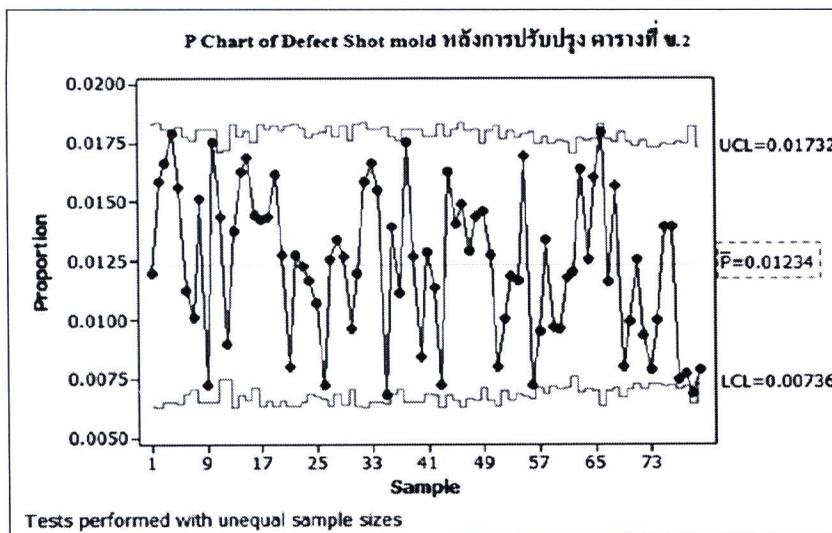
จากที่ได้ทดสอบสัดส่วนชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold หลังการปรับปรุงแล้วพบว่าจำนวนชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold ลดลง ดังนั้นจึงนำค่าระดับปัจจัยที่ได้จากการทดลองมาทำการควบคุมเครื่องจักรในกระบวนการผลิตในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2553 ถึง เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2554 และทำการเก็บข้อมูลสัดส่วนชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold จำนวน 80 ลอต (80 วัน) เพื่อดูว่าการปรับตั้งเครื่องจักรที่ได้จากการทดลองเมื่อนำไปใช้กับกระบวนการผลิตแล้วได้ตามเป้าหมายหรือไม่ โดยเป้าหมายต้องการในการลดสัดส่วนชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold ไม่เกิน 0.08331 ตามรูปที่ 4.38 จากจำนวนการผลิตในแต่ละลอตโดยมีข้อมูลแสดงในตารางที่ ข.2 ภาคผนวก ข หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้เก็บมานั้นประมวลผลด้วยโปรแกรม Minitab เพื่อดูความมีเสถียรภาพในการผลิตโดยใช้แผนภูมิ P-Chart ซึ่งได้ผลการประมวลตามรูปที่ 4.39

จากการประมวลผ่านโปรแกรม Minitab โดยแผนภูมิควบคุม P-Chart ตามรูปที่ 4.39 พบว่าสัดส่วนชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold ไม่มีข้อมูลใดอยู่นอกเส้นควบคุม โดยมีสัดส่วนชิ้นงาน

บพรองประเภท Shot Mold โดยเฉลี่ย \bar{P} เท่ากับ 0.01234 ซึ่งน้อยกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ที่ 0.08331 จึงสรุปได้ว่าสัดส่วนชิ้นงานบพรองประเภท Shot Mold หลังการปรับปรุงลดลงอย่างมีเสถียรภาพ



รูปที่ 4.38 แผนภูมิควบคุมประเภท P-Chart แสดงเป้าหมายในการตรวจจับตั้งไว้ที่ 0.08331 ต่อ Lot การผลิตโดยรวมหลังการปรับปรุง



รูปที่ 4.39 แผนภูมิควบคุมประเภท P-Chart ของการเกิดขึ้นงานบพรอง Shot Mold โดยรวมหลังการปรับปรุง

4.12 การวางแผนควบคุมปัจจัยในการผลิต

เพื่อเป็นการควบคุมและรักษาเสถียรภาพของกระบวนการผลิตการฉีดอะลูมิเนียมขึ้นรูปฝาประกบหลังแผ่นจานแม่เหล็ก (HDDs) ขนาด 3.5 นิ้ว ให้มีมาตรฐานในการทำงาน ผู้วิจัยจึงกำหนดแผน

ควบคุมกระบวนการผลิตเพื่อให้เกิดมาตรฐานในการทำงานและเป็นการควบคุมปัจจัยป้อนเข้าเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ของกระบวนการผลิตได้ตามต้องการ ซึ่งเป็นแนวทางในการควบคุมปัญหาเชิงป้องกัน (Proactive) ก่อนที่ปัญหาจะเกิดขึ้น โดยแผนการควบคุมกระบวนการผลิตมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.24

เนื่องจากพบว่าระดับปัจจัยของ High speed shot ที่ระดับปัจจัยเท่ากับ 2.6 m/s กับ Molten metal temperature ที่ระดับปัจจัยเท่ากับ 670 °C และ Casting pressure ที่ใช้ในกระบวนการฉีดอะลูมิเนียมขึ้นรูปฝาประกบหลังแผ่นจานแม่เหล็ก (HDDs) ขนาด 3.5 นิ้ว ที่ระดับปัจจัยเท่ากับ 60 MPa สามารถทำให้เกิดชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ การทดลองในระดับปัจจัยอื่น ซึ่งจากการทดลองสามารถอธิบายได้ดังนี้ ในการเชื่อมต่อเครื่องจักรในกระบวนการฉีดอะลูมิเนียม โดยใช้ High speed shot ซึ่งเมื่อปรับค่าพารามิเตอร์ที่ระดับต่ำและการตั้งค่า Molten metal temperature ที่ระดับปานกลางและใช้ Casting pressure ของกระบวนการฉีดอะลูมิเนียม ที่ระดับต่ำจะส่งผลให้ชิ้นงานที่ออกมานั้นเป็นชิ้นงานบกพร่องที่เกิดปัญหา Shot Mold เกิดขึ้นจริงซึ่งสอดคล้องกับการทดลองดังนั้นในการปรับตั้งค่าเชื่อมต่อในการทำงานของเครื่องจักรควรปรับตั้งค่า High speed shot กับ Molten metal temperature และ Casting pressure ที่ระดับที่เหมาะสมไม่ควรต่ำหรือสูงมากเกินไปเพราะจะส่งผลต่อการสึกหรอและอายุการใช้งานของแม่พิมพ์โดยปกติอายุการใช้งานของแม่พิมพ์อยู่ที่ 300,000 Shot ของกระบวนการผลิตการฉีดอะลูมิเนียมแบบไดแคสติงซึ่งเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่สำคัญที่ต้องคำนึงถึงในการทดลองครั้งนี้จากตารางที่ 4.23 จะแสดงให้เห็นแผนการควบคุมของปัจจัยก่อนและหลังการปรับปรุงเพื่อป้องกันการส่งผลต่อการสึกหรอและอายุการใช้งานของแม่พิมพ์และยังสามารถทำให้เกิดชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold ต่ำกว่าเป้าหมายที่บริษัทกำหนด

ตารางที่ 4.23 ตารางควบคุมการปรับค่าพารามิเตอร์ของเครื่องจักร BD-350V5-T(TOYO MACHINE)

| รายการควบคุม | หน่วยควบคุม | ก่อนการปรับปรุง | หลังการปรับปรุง |
|-----------------------------|-------------|-----------------|-----------------|
| 1. High speed shot | m/s | 1.8 | 2.6 |
| 2. Molten metal temperature | °C | 660 | 670 |
| 3. Casting pressure | MPa | 50 | 60 |

ตารางที่ 4.24 ตัวอย่างแผนควบคุมปัจจัยในกระบวนการผลิตการฉีดอะลูมิเนียมขึ้นรูปฝาประกอบหลังแผ่นจานแม่เหล็ก (HDDs) ขนาด 3.5 นิ้ว โมเดล JUPITER K

| ชื่อกรรมวิธี | คุณลักษณะที่ควบคุม | | | | | | การควบคุมเชิงการคิด | | | | | | การดำเนินการ กรณีเกิดสิ่งผิดปกติ |
|--|-----------------------------------|--|---|---|--|--|----------------------------------|---|---------------------|---|---|--|---|
| | รายการ ควบคุม | ค่า มาตรฐาน | วิธีการ ขึ้นชั้น | ความถี่ใน การขึ้นชั้น | ผู้รับผิดชอบ | แบบฟอร์ม ข้อมูล | รายการ ควบคุม | ค่า มาตรฐาน | วิธีการ ขึ้นชั้น | ความถี่ใน การขึ้นชั้น | ผู้รับผิดชอบ | แบบฟอร์ม ข้อมูล | |
| กระบวนการฉีด อะลูมิเนียมแบบ ไดแคสติง | - Machine Parameter Setting | กำหนดเป็น มาตรฐาน ในการ Setting Range -High Speed Shot อยู่ที่ 2.6 m/s | ตรวจสอบ ด้วย จอแสดงผล การทำงาน ของ เครื่องจักร | -ตรวจสอบ 100%ในแต่ละ ครั้งที่มีการ การเซ็ตอัพ เครื่องจักร ใหม่ | -Engineering Manager Casting Machine -Supervisor or Above | - Die Casting Machine Setting Chart - Machine Monitoring Parameter Daily | - High Speed Shot | 2.6 m/s | จอ แสดงผล | ทุกครั้ง เริ่มทำงาน หรือเมื่อมี การปรับตั้ง เครื่องจักร | -Supervisor ฝ่ายผลิต | -Process Control Chart Parameter Setting | - กรณีค่าควบคุม ใน Machine P- Chart ออกนอก เส้นควบคุมจะต้อง วิเคราะห์หาสาเหตุ A=High Speed Shot (m/s) B=Molten Metal Temperature (°C) C=Casting Pressure (Mpa) กรณีพบว่า พารามิเตอร์ไม่ ถูกต้องตามค่า ควบคุมให้ ดำเนินการปรับค่า ควบคุมตามที่ กำหนด โดย Engineering เท่านั้น |
| | | | | - Machine Parameter Check Sheet Daily | | | - Molten Metal Temperature | 670 °C | จอ แสดงผล | ทุกครั้ง เริ่มทำงาน หรือเมื่อมี การปรับตั้ง เครื่องจักร | -Supervisor ฝ่ายผลิต | -Process Control Chart Parameter Setting | |
| | | | | | | | | - Casting Pressure ที่ใช้ ใน กระบวนการ ฉีด อะลูมิเนียม | 60 MPa | จอ แสดงผล | ทุกครั้ง เริ่มทำงาน หรือเมื่อมี การปรับตั้ง เครื่องจักร | -Supervisor ฝ่ายผลิต | -Process Control Chart Parameter Setting |