



**การศัลยกรรมพลาสติกในครอบครัวที่มีลักษณะเป็นก้อนเนื้อ  
ซึ่งประกอบด้วยไขมันจำนวนมาก (HDD) ขนาด 3.5 นิ้ว**

**นายสมชาย คุ้มขัน**

**โครงการวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับผลกระทบ  
ปัญหาสุขภาพของสตรีที่มีไขมันจำนวนมาก (HDD) ขนาด 3.5 นิ้ว  
ต่อชีวิตประจำวัน**

**มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี**

**พ.ศ. 2554**



247084

การลดปริมาณชิ้นงานบกพร่องในกระบวนการฉีดอะลูมิเนียมขึ้นรูป  
ฝาประกบหลังแผ่นจานแม่เหล็ก (HDDs) ขนาด 3.5 นิ้ว



นายสุนทร คำนวน อ.ส.บ (เทคโนโลยีขนถ่ายวัสดุ)

โครงการวิจัยอุตสาหกรรมนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมระบบการผลิต

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

พ.ศ. 2554

คณะกรรมการสอบโครงการวิจัยอุตสาหกรรม

(ผศ.ดร. เตือนใจ สมบูรณ์วิวัฒน์)

ประธานกรรมการสอบโครงการวิจัยอุตสาหกรรม

(ผศ.ดร. สุขสันต์ พรหมบุญหงษ์)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการวิจัยอุตสาหกรรม

(ดร. ช่อแก้ว จิตรานนท์)

กรรมการ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

หัวข้อโครงการวิจัยอุตสาหกรรม การลดปริมาณชิ้นงานบกพร่องในกระบวนการฉีดอะลูมิเนียมขึ้นรูป  
ฝาประกบหลังแผ่นจานแม่เหล็ก (HDDs) ขนาด 3.5 นิ้ว

หน่วยกิต	6
ผู้เขียน	นายสุนทร คำนวน
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.สุขสันต์ พรหมบุญพงศ์
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมระบบการผลิต
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหกรรม
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
พ.ศ.	2554

บทคัดย่อ

247084

โครงการงานวิจัยอุตสาหกรรมนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณชิ้นงานบกพร่องในกระบวนการฉีดอะลูมิเนียมขึ้นรูปฝาประกบหลังแผ่นจานแม่เหล็ก (HDDs) ขนาด 3.5 นิ้ว จากการศึกษาพบว่า ชิ้นงานมีปัญหาไม่เต็มรูปมีรอยยุบซึ่งเป็นปัญหาทางเทคนิคที่เรียกว่า Shot mold ดังนั้นจึงได้ศึกษาปัจจัยในการผลิตและออกแบบการทดลองเพื่อลดปัญหาดังกล่าว พบว่า มีปัจจัยที่สำคัญ 3 ปัจจัยคือ High speed shot, Molten metal temperature และ Casting pressure และผลการวิจัยพบว่า ถ้าตั้งระดับปัจจัยที่ 2.6 เมตรต่อวินาที 670 องศาเซลเซียส และ 60 MPa ตามลำดับจะส่งผลให้อัตราส่วนของเสียแบบ Shot Mold ลดลงจากร้อยละ 16.13 เหลือเพียงร้อยละ 3.46 ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในการหลอม Scrap ลดลงประมาณ 204,600 บาทต่อเดือน

คำสำคัญ: การลดของเสีย/ปัญหาในงานฉีดอะลูมิเนียมแบบ Shot mold /ออกแบบการทดลอง

Thesis Title	A Defect Reduction in the Aluminum Die Casting Process of 3 inch Hard Disk Drive Back Plates.
Thesis Credits	6
Candidate	Mr.Soontorn Kumnuan
Advisors	Asst. Prof. Dr. Suksan Prombanpong
Program	Master of Engineering
Field of Study	Manufacturing Systems Engineering
Department	Production Engineering
Faculty	Engineering
B.E.	2554

#### Abstract

247084

The objective of this industrial research is to reduce defective parts in the aluminum die casting process of 3 inch hard disk drive back plate. The defect so-called shot mold was the most defects found in the process. According to the investigation, it was found that there were 3 factors related to this problem. They were high speed shot, molten metal temperature and casting pressure. Therefore, the experimental design was carried out. The optimal solution of these factors was 2.6 m/s, 670 °C and 60 MPa respectively. Consequently, the total scrap can be reduced from 16.13 to 3.46 percents. The expense of scrap melting would be reduced by 204,600 baht per month.

Keyword: Defect reduction/Shot mold/Design of experiment

### กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยอุตสาหกรรมนี้สำเร็จลุล่วงได้ดีผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.สุขสันต์ พรหมบัญญัติ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาในการทำโครงการวิจัยและกรุณาให้คำแนะนำแนวคิดในการแก้ไขปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำงานอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการดำเนินโครงการวิจัย ตลอดจนการตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆจนทำให้โครงการวิจัยอุตสาหกรรมฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ดีและผู้วิจัยขอกราบพระคุณ กรรมการสอบทุกท่านซึ่งประกอบด้วย ดร.ช่อแก้ว จตุรานนท์และ ผศ.ดร.เตือนใจ สมบูรณ์วิวัฒน์คณะกรรมการที่ช่วยชี้แนะข้อบกพร่องในโครงการวิจัยเล่มนี้ นอกจากนี้ผู้ดำเนินการวิจัยขอกราบพระคุณต่อ คุณไพโรจน์ แก้วโสภาค Production Engineer Supervisor บริษัท ฟุจิตสี เจเนอรัล (ประเทศไทย) จำกัด คุณเกียรติพงษ์ ญัตติณรงค์ Production Engineer บริษัท เอสทีบี เท็กไทล์ อินดัสตรี จำกัด คุณแสนศักดิ์ เหล่าพร ผู้บริหารมาตรฐานการตรวจสอบระดับสากลประจำศูนย์ การผลิตรถยนต์จังหวัดระยอง บริษัท เจเนอรัล มอเตอร์ (ประเทศไทย) จำกัด และคุณประเวศ รอดโถมฉิน Senior Production Supervisor Die Casting Machine บริษัท เอสซี วาโด จำกัด ที่ให้การสนับสนุนข้อมูลความรู้และคำปรึกษาในด้านต่างๆรวมถึงพนักงานทุกท่าน ที่ให้ความร่วมมือในการดำเนินโครงการวิจัยเป็นอย่างดีและขอบคุณเพื่อนๆ LMC. ทุกท่านที่คอยเป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือรวมถึงให้คำแนะนำดีๆในการทำโครงการวิจัยครั้งนี้

สุดท้ายผู้ดำเนินโครงการวิจัยต้องกราบขอบพระคุณอย่างสูงคือ คุณพ่อ อำนวย คำนวน คุณแม่สงวน คำนวน คุณธนัชชา มัชฌิมาดิลกและครอบครัว รวมถึงญาติพี่น้องทุกคนของผู้ดำเนินโครงการวิจัยซึ่งคอยเป็นกำลังใจให้ความช่วยเหลือในทุกโอกาสตลอดเรื่อยมาในการดำเนินงานและให้การสนับสนุนในทุกเรื่องประโยชน์อันใดที่เกิดขึ้นจากการทำโครงการวิจัยอุตสาหกรรมเล่มนี้ ย่อมเป็นผลจากความกรุณาทุกๆท่านดังกล่าวข้างต้น ผู้ดำเนินงานโครงการวิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่งอันที่หาที่เปรียบมิได้ จึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
รายการตาราง	ช
รายการรูปประกอบ	ฉ
รายการสัญลักษณ์	ฒ
ประมวลศัพท์และคำย่อ	ณ
<b>บทที่</b>	
<b>1. บทนำ</b>	<b>1</b>
1.1 ความสำคัญและที่มาของเรื่องที่ศึกษา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	3
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	4
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.6 การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
1.7 สรุป	6
<b>2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b>	<b>8</b>
2.1 การควบคุมคุณภาพ	8
2.2 ปัญหาคุณภาพ	9
2.3 การใช้หลักการทางสถิติในการแก้ไขปัญหาคุณภาพ	11
2.4 ฟังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)	12
2.5 การวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากลักษณะข้อบกพร่อง (FMEA: Failure Mode and Effect Analysis)	13
2.6 แผนผังพาเรโต (Pareto Diagram)	16
2.7 การวิเคราะห์การวัด (Measurement System Analysis)	17

2.8	การทดสอบสมมุติฐาน (Test of Hypothesis)	23
2.9	การออกแบบการทดลอง	24
2.10	การทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial Experiment)	24
2.11	ทฤษฎีอะลูมิเนียมหล่อ	27
2.12	องค์ประกอบและคุณสมบัติของอะลูมิเนียม-ซิลิกอนอัลลอย	30
2.13	ลักษณะโครงสร้างของอะลูมิเนียม-ซิลิกอนอัลลอย	33
2.14	การฉีดอะลูมิเนียมด้วยความดันในแม่พิมพ์โลหะ	38
2.15	สรุป	42
<b>3.</b>	<b>สภาพทั่วไปและการดำเนินงานของบริษัทกรณีศึกษา</b>	<b>43</b>
3.1	ข้อมูลทั่วไปของบริษัทกรณีศึกษา	43
3.2	โครงสร้างการบริหารงาน (Organization Chart)	46
3.3	กระบวนการผลิตการฉีดอะลูมิเนียมแบบไดแคสติงแต่ละโมเดลโดยรวมของ ชิ้นส่วนฝาประกบหลังแผ่นจานแม่เหล็ก (HDDs) ขนาด 3.5 นิ้ว	48
3.4	กระบวนการผลิตที่เกี่ยวข้องกับการทำโครงการวิจัย	49
3.5	รายละเอียดตัวอย่างชิ้นงานของโมเดล JUPITER K ในการทดลอง	55
3.6	โมดล์และเครื่องจักรที่ใช้ในการทดลองโครงการวิจัย	55
3.7	สภาพปัญหาในปัจจุบัน	56
3.8	มาตรฐานในการทำงานและการตรวจสอบ ชิ้นงานบกพร่องหลังการฉีด อะลูมิเนียมขึ้นรูปของ โมเดล JUPITER K	59
3.9	ชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold ในการฉีดอะลูมิเนียม	64
3.10	สรุป	65
<b>4.</b>	<b>การดำเนินโครงการวิจัยและวิเคราะห์ผลการทดลอง</b>	<b>66</b>
4.1	ขั้นตอนการทำความเข้าใจปัญหา	66
4.2	การตั้งเป้าหมายในการลดจำนวนชิ้นงานบกพร่องจากกระบวนการผลิตรวม	68
4.3	การวิเคราะห์เสถียรภาพของชิ้นงานบกพร่องเนื่องงานไม่เต็ม Shot mold	69
4.4	ขั้นตอนการเลือกปัจจัยและระดับปัจจัย	69
4.5	การวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis)	82
4.6	การหาขนาดจำนวนตัวอย่าง (Sample Size) ชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold	88
4.7	การทดสอบกรองปัจจัย (Screening factor) ชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold	90
4.8	การดำเนินการปรับปรุงและหาค่าควบคุมเพื่อกำหนดระดับปัจจัยในการทดลอง	98

4.9	การดำเนินการและวิเคราะห์ผลการทดลอง	100
4.10	ขั้นตอนการทำการทดลองเพื่อยืนยันผล	114
4.11	การติดตามผลการทดลอง	119
4.12	การวางแผนควบคุมปัจจัยในการผลิต	120
<b>5.</b>	<b>สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ</b>	<b>123</b>
5.1	สรุปผลการดำเนินโครงการวิจัย	123
5.2	ประโยชน์ที่ได้รับจากการดำเนินโครงการวิจัย	126
5.3	ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการประเมินผลการดำเนินโครงการวิจัย	126
5.4	ข้อเสนอแนะและแนวทางในการปรับปรุงในอนาคต	127
5.5	แนวทางการทำโครงการวิจัยต่อในอนาคต	128
	<b>เอกสารอ้างอิง</b>	<b>129</b>
	<b>ภาคผนวก</b>	<b>131</b>
ก	ปัญหาและเปอร์เซ็นต์ชิ้นงานบกพร่องจากกระบวนการผลิตการฉีดอะลูมิเนียมขึ้นรูปฝาประกบหลังแผ่นจานแม่เหล็ก (HDDs) ขนาด 3.5 นิ้ว	131
ข	ตารางการออกแบบทดลองและผลการทดลองชิ้นงานบกพร่อง Shot Mold	135
ค	การประมวลผลด้วยโปรแกรม Minitab การคำนวณและแบบฟอร์ม	145
	<b>ประวัติผู้วิจัย</b>	<b>148</b>

รายการตาราง

ตาราง	หน้า
1.1 ตารางข้อมูลการผลิตและจำนวนชิ้นงานบกพร่องโดยรวมในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2553 เป็นเวลา 30 วัน	2
1.2 ตารางข้อมูลเปอร์เซ็นต์ Scrap ในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2553 – ตุลาคม พ.ศ. 2553	2
2.1 ตาราง ANOVA สำหรับทดสอบความมีนัยสำคัญของตัวแบบเชิงเส้นตรง	19
2.2 แสดงการคำนวณการวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับการวิเคราะห์ระบบการวัด	21
2.3 ตารางแสดงอัลลอยที่นิยมใช้ในงานฉีดอะลูมิเนียมและส่วนผสม	31
2.4 ตารางแสดงอัลลอย 380 และส่วนผสมเทียบกับมาตรฐานอื่นๆ (Alan Kaye และ Arther Street, 1983:29)	31
3.1 การเปรียบเทียบกระบวนการฉีดอะลูมิเนียมแบบไดแคสติงแต่ละโมเดล	48
3.2 แสดงประเภทและจำนวนของชิ้นงานบกพร่องที่เกิดจากกระบวนการผลิตการฉีดอะลูมิเนียมขึ้นรูปฝาประกบหลังแผ่นงานแม่เหล็ก (HDDs) ขนาด 3.5 นิ้ว ของโรงงานผู้ผลิตในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2553 เป็นเวลา 30 วัน ดังนี้	57
3.3 พื้นที่ในการตรวจสอบของเบส 3.5 นิ้ว (INSPECTION AREA)	58
4.1 แสดงข้อมูลเปอร์เซ็นต์ Scrap ชิ้นงานบกพร่องต่อเดือน โดยรวม	68
4.2 แสดงข้อบกพร่องและเงื่อนไขในการฉีด	71
4.3 แสดงข้อบกพร่องและการออกแบบแม่พิมพ์	72
4.4 เกณฑ์ประเมินการให้คะแนนอัตราความรุนแรงของผลกระทบ (Severity: S)	75
4.5 เกณฑ์ประเมินการให้คะแนนการกำหนดโอกาสในการเกิดข้อบกพร่อง (Occurrence: O)	76
4.6 เกณฑ์การประเมินการให้คะแนนโอกาสในการตรวจจับข้อบกพร่อง (Detection: D)	77
4.7 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis; FMEA) อันเนื่องมาจากความผิดพลาดในกระบวนการ	78
4.8 ลำดับในการทดสอบระบบการวัด	84
4.9 ผลการตรวจสอบการวัด	85
4.10 ผลการตรวจซ้ำและเหมือนกันของการตรวจสอบ	86
4.11 ผลการทดลองจากการปรับค่า High speed shot (m/s) ที่ใช้ในกระบวนการฉีดอะลูมิเนียม	91
4.12 ผลการทดลองจากการปรับค่า High speed stroke (mm) ที่ใช้ในกระบวนการฉีดอะลูมิเนียม	92
4.13 ผลการทดลองจากการปรับค่า Molten metal temperature (°C) ที่ใช้ในกระบวนการฉีดอะลูมิเนียม	94

4.14 ผลการทดลองจากการปรับค่า Casting pressure (MPa) ที่ใช้ในกระบวนการฉีดอะลูมิเนียม	96
4.15 แสดงค่าของปัจจัยที่ทำการศึกษารอบการทดลอง	101
4.16 แสดงผลการทดลอง 2 <sup>3</sup> แฟคทอเรียลที่มีจุดเซ็นเตอร์	102
4.17 แสดงผลการแทนสมการความสัมพันธ์ของจำนวนชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold	111
4.18 ตารางค่าควบคุมสถานะที่ทำให้เกิดชิ้นงานบกพร่อง Shot Mold มีค่าน้อยที่สุด	112
4.19 ระดับการปรับตั้งค่าของแต่ละปัจจัยก่อนและหลังการปรับปรุง	113
4.20 ข้อมูลชิ้นงานบกพร่องจากกระบวนการฉีดอะลูมิเนียมก่อนและหลังการปรับปรุง	114
4.21 แสดงขั้นตอนเพื่อยืนยันผลการทดลองสมการความสัมพันธ์ของจำนวนชิ้นงาน บกพร่องประเภท Shot Mold โดยกำหนดสถานะการฉีดอะลูมิเนียมที่ StdOrder ลำดับที่ 12	116
4.22 แสดงขั้นตอนเพื่อยืนยันผลการทดลองสมการความสัมพันธ์ของจำนวนชิ้นงาน บกพร่องประเภท Shot Mold โดยกำหนดสถานะการฉีดอะลูมิเนียมที่ StdOrder ลำดับที่ 1	118
4.23 ตารางควบคุมการปรับค่าพารามิเตอร์ของเครื่องจักร BD-350V5-T (TOYO MACHINE)	121
4.24 ตัวอย่างแผนควบคุมปัจจัยในกระบวนการผลิตการฉีดอะลูมิเนียมขึ้นรูป ฝาประกบหลังแผ่นจานแม่เหล็ก (HDDs) ขนาด 3.5 นิ้ว โมเดล JUPITER K	122
ก.1 แสดงข้อมูลเปอร์เซ็นต์ Scrap ชิ้นงานบกพร่องต่อเดือนจากกระบวนการผลิต การฉีดอะลูมิเนียม ขึ้นรูปฝาประกบหลังแผ่นจานแม่เหล็ก (HDDs) ขนาด 3.5 นิ้ว (3.5 inch base of HDDs) ตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2553 – ตุลาคม พ.ศ. 2553	132
ก.2 แสดงประเภทและจำนวนของชิ้นงานบกพร่องที่เกิดจากกระบวนการผลิต การฉีดอะลูมิเนียมขึ้นรูปฝาประกบหลังแผ่นจานแม่เหล็ก (HDDs) ขนาด 3.5 นิ้ว ของโรงงานผู้ผลิตในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2553 เป็นเวลา 30 วัน ดังนี้	133
ก.3 แสดงข้อมูลการผลิตและจำนวนชิ้นงานบกพร่องที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตการฉีด อะลูมิเนียมขึ้นรูปฝาประกบหลังแผ่นจานแม่เหล็ก (HDDs) ขนาด 3.5 นิ้ว ในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2553 เป็นเวลา 30 วัน	134
ข.1 แสดงการเก็บข้อมูลชิ้นงานบกพร่องที่เกิดจากกระบวนการผลิตการฉีดอะลูมิเนียมขึ้นรูป ฝาประกบหลังแผ่นจานแม่เหล็ก (HDDs) ขนาด 3.5 นิ้ว ของโรงงานผู้ผลิต ในเดือนกันยายน พ.ศ. 2553 – พฤศจิกายน พ.ศ. 2553 เป็นเวลา 80 วัน (ก่อนการปรับปรุง)	136
ข.2 แสดงข้อมูลของการผลิตและข้อบกพร่องทั้งหมดที่เกิดจากกระบวนการผลิตการฉีด อะลูมิเนียมขึ้นรูปฝาประกบหลังแผ่นจานแม่เหล็ก (HDDs) ขนาด 3.5 นิ้ว ของโรงงาน ผู้ผลิตในเดือนกันยายน พ.ศ. 2553 – พฤศจิกายน พ.ศ. 2553 เป็นเวลา 80 วัน (ก่อนปรับปรุง)	138
ข.3 แสดงการเก็บข้อมูลชิ้นงานบกพร่องที่เกิดจากกระบวนการผลิตการฉีดอะลูมิเนียมขึ้น รูปฝาประกบหลังแผ่นจานแม่เหล็ก (HDDs) ขนาด 3.5 นิ้ว ของโรงงานผู้ผลิต ในเดือนธันวาคม	139

- พ.ศ. 2553 – กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554 เป็นเวลา 80 วัน (หลังการปรับปรุง)
- ข.4 แสดงข้อมูลของการผลิตและข้อบกพร่องทั้งหมดที่เกิดจากกระบวนการผลิตการฉีด 141  
 อะลูมิเนียมขึ้นรูป ฝาประกบหลังแผ่นจานแม่เหล็ก (HDDs) ขนาด 3.5 นิ้ว ของโรงงาน  
 ผู้ผลิตในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2553 – กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554 เป็นเวลา 80 วัน (หลังการปรับปรุง)
- ข.5 แสดงข้อมูลของการผลิตและชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold จากการปรับ 142  
 ค่าพารามิเตอร์ควบคุมเครื่องจักร BD-350V5-T (TOYO MACHINE) ในกระบวนการ  
 ผลิตการฉีดอะลูมิเนียมขึ้นรูปฝาประกบหลังแผ่นจานแม่เหล็ก (HDDs) ขนาด 3.5 นิ้ว  
 ของโรงงานผู้ผลิตหลังการปรับปรุงในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2554 – พฤษภาคม พ.ศ. 2554  
 เป็นเวลา 60 วัน
- ข.6 แสดงข้อมูลของการผลิตและข้อบกพร่องทั้งหมดที่เกิดจากกระบวนการผลิตการฉีด 144  
 อะลูมิเนียมขึ้นรูปฝาประกบหลังแผ่นจานแม่เหล็ก (HDDs) ขนาด 3.5 นิ้ว ของโรงงาน  
 ผู้ผลิตในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2554 – พฤษภาคม พ.ศ. 2554 เป็นเวลา 60 วัน (หลังการปรับปรุง)
- ข.7 แสดงมูลค่าที่ลดลงจากการปรับค่าพารามิเตอร์ควบคุมเครื่องจักร BD-350V5-T 144  
 (TOYO MACHINE) ในกระบวนการผลิตการฉีดอะลูมิเนียมแบบไดแคสติงของโรงงานผู้ผลิต  
 หลังการปรับปรุงของชิ้นส่วนฝาประกบหลังแผ่นจานแม่เหล็ก (HDDs) ขนาด 3.5 นิ้ว ในเดือน  
 มีนาคม พ.ศ. 2554 – พฤษภาคม พ.ศ. 2554 เป็นเวลา 60 วัน
- ค.1 แสดงผลการทดลอง  $2^3$  แฟกทอเรียลที่มีจุดเซ็นเตอร์และผลการทดลอง 146  
 ชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold
- ค.2 แสดงผลการแทนสมการความสัมพันธ์ของจำนวนชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold 147  
 ด้วยสมการจำนวนชิ้นงาน Shot Mold =  $1691 - 157*A - 1.65*B - 1.91*C$  ดังนี้

รายการรูปประกอบ

รูป	หน้า
1.1 กราฟแท่งแสดงจำนวนของชิ้นงานบกพร่องในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2553	3
2.1 คุณภาพในมุมมองของวงจรผลิตภัณฑ์	9
2.2 ประเภทของปัญหาคุณภาพ	10
2.3 แสดงกระบวนการทางสถิติที่ใช้ในการแก้ปัญหา	11
2.4 กระบวนการตัดสินใจทางสถิติ	12
2.5 ขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดย FMEA	15
2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างการวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้แผนภูมิแก๊งปลาและ FMEA	16
2.7 ตัวอย่างการรัน โปรแกรมของการทดลองแบบ Factorial Design	26
2.8 การแบ่งกลุ่มของโลหะผสมอะลูมิเนียมหล่อ	27
2.9 แผนภูมิสมดุคของโลหะผสมอะลูมิเนียม – ซิลิกอน	28
2.10 แบบจำลองอย่างง่ายแสดงการเติบโตของผลิตภัณฑ์แบบแตกกิ่งก้าน	29
2.11 โครงสร้างจุลภาคของโลหะผสมอะลูมิเนียม-ซิลิกอนกลุ่มต่างๆ	30
2.12 รูปแสดงแผนภาพสมดุคของอะลูมิเนียม-ซิลิกอนอัลลอย	33
2.13 รูปแสดงโครงสร้างยูเทคติก	34
2.14 รูปแสดงโครงสร้างของไฮเปอร์ยูเทคติก	34
2.15 แสดงคุณสมบัติต่างๆของอะลูมิเนียม-ซิลิกอนเปรียบเทียบระหว่างแบบไม่ปรุง และแบบที่ปรุงด้วยโลหะ โซเดียม	35
2.16a แสดงระดับจุลภาคของอะลูมิเนียม-ซิลิกอนอัลลอยยังไม่ได้ปรุงที่ซิลิกอน 12.7% โดยเย็นตัวอย่างช้าๆ (x120)	36
2.16b แสดงเกล็ดซิลิกอนในอะลูมิเนียม-ซิลิกอนอัลลอย (ชิ้นงานผ่านการกัดกรดลึกและถ่ายโดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (x 1000))	36
2.17a รูปแสดงระดับจุลภาคของอะลูมิเนียม-ซิลิกอนอัลลอยปรุงแล้วที่ซิลิกอน12.7% (x 120)	37
2.17b รูปแสดงซิลิกอนรูปแท่งในอะลูมิเนียม-ซิลิกอนอัลลอย (ชิ้นงานผ่านการกัดกรดลึกและถ่ายโดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (x 500))	37
2.18 รูปแสดงการไหลของน้ำโลหะตามทฤษฎีของ Frommer (H.H. Doehler, 1951:127)	39
2.19 รูปแสดงการไหลของน้ำโลหะตามทฤษฎีของ Brandt (H.H. Doehler, 1951:131)	40
2.20 รูปแสดงการไหลของน้ำโลหะตามทฤษฎีของ Koester และ Gocharing (H.H. Doehler, 1951:131)	41

3.1	โครงสร้างของเอกสารในระบบคุณภาพของบริษัท	44
3.2	อัตราส่วนการผลิตภัณฑ์ของบริษัทในปี 2011	45
3.3	เป้าหมายการผลิต Die Casting และ Machining ของบริษัทในปี 2010 และ 2011	46
3.4	เป้าหมายการผลิตรุ่น 2.5 นิ้วและ 3.5 นิ้วของบริษัทในปี 2010	46
3.5	โครงสร้างการบริหารงานบริษัท เอสซี วาโด จำกัด	47
3.6	แสดงขั้นตอนการตรวจสอบวัตถุดิบ (Incoming Ingot Process)	50
3.7	แสดงขั้นตอนการหลอมอะลูมิเนียม (Melting Process)	51
3.8	แสดงขั้นตอนการฉีดอะลูมิเนียมแบบไดแคสติง (Die Casting Process)	52
3.9	แสดงขั้นตอนการหักชิ้นงาน (Degating Process)	53
3.10	แสดงขั้นตอนการตรวจสอบในไลน์การผลิต (IPQA Die Casting Process)	54
3.11	แสดงขั้นตอนการผลิตของโมเดล JUPITER K	54
3.12	แสดงชิ้นงานฝาประกบหลังแผ่นจานแม่เหล็ก (HDDs) ขนาด 3.5 นิ้ว	55
3.13	แสดงตัวอย่างโมดล์ของโมเดล JUPITER K และเครื่องจักร BD-350V5-T (TOYO MACHINE) ในการทดลอง	56
3.14	แสดงการตรวจสอบชิ้นงานด้านข้างของ โมเดล JUPITER K	60
3.15	แสดงการตรวจสอบชิ้นงานด้านหน้าของโมเดล JUPITER K	61
3.16	แสดงการตรวจสอบชิ้นงานด้านหลังของโมเดล JUPITER K	62
3.17	แสดงการตรวจสอบชิ้นงานพินด้านหน้าและพินด้านหลังของโมเดล JUPITER K	63
3.18	แสดงการตรวจสอบชิ้นงาน 100% และตัวอย่างชิ้นงานบกพร่องของโมเดล JUPITER K	64
3.19	แสดงตัวอย่างชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold สำหรับการตรวจสอบ	65
4.1	กราฟแท่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอาการของปัญหา และจำนวนของชิ้นงานบกพร่อง	61
4.2	แสดงเป้าหมายการลด % Scrap ชิ้นงานบกพร่องจากกระบวนการผลิตโดยรวม	68
4.3	แผนภูมิควบคุมประเภท P-Chart ของการเกิดชิ้นงานบกพร่องเนื่องงานไม่เต็ม Shot Mold	69
4.4	แผนภาพแสดงสาเหตุและผลของปัญหาเนื่องงานไม่เต็ม Shot Mold	70
4.5	แผนภาพพารेटโตแสดงค่าความเสี่ยงของแต่ละปัจจัย	81
4.6	รูปแสดงพนักงานในการทดสอบระบบการวัดจำนวน 2 คน	82
4.7	รูปแสดง Inspection Instruction Sheet ในการทดสอบระบบการวัด	83
4.8	ผลการคำนวณหาสิ่งตัวอย่างผ่านโปรแกรม Minitab (Power of Test for Two Proportions)	90
4.9	แสดงผลการทดลองหาความมีนัยสำคัญของชิ้นงานบกพร่องเนื่องจาก High speed shot	91
4.10	แสดงผลการยืนยันจำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการกรองปัจจัย High speed shot	92
4.11	แสดงผลการหาความมีนัยสำคัญของชิ้นงานบกพร่องเนื่องจาก High speed stroke	93

4.12	แสดงผลการยืนยันจำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการกรองปัจจัย High speed stroke	93
4.13	แสดงผลการทดลองหาความมีนัยสำคัญของชิ้นงานบกพร่องเนื่องจาก Molten metal temperature	95
4.14	แสดงผลการยืนยันจำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการกรองปัจจัย Molten metal temperature	95
4.15	แสดงผลการทดลองหาความมีนัยสำคัญของชิ้นงานบกพร่องเนื่องจาก Casting pressure	97
4.16	แสดงผลการยืนยันจำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการกรองปัจจัย Casting pressure	97
4.17	ผลการบันทึก Machine Parameter ของปัจจัย High Speed Shot เพื่อการทดลอง	98
4.18	แสดงเตาอุ่นน้ำหลอมอะลูมิเนียมและ Heater Control เพื่อการทดลอง	99
4.19	ผลการบันทึก Holding Furnace Temperature Check Sheet ของ Machine 19	99
4.20	ผลการบันทึก Machine Parameter ของปัจจัย Casting Pressure เพื่อการทดลอง	100
4.21	Model Checking Adequacy ของผลการทดลองแบบ $2^k$ แฟกทอเรียลที่มีจุดเซ็นเตอร์	103
4.22	Normal Probability Plot ของผลการทดสอบแบบ $2^k$ แฟกทอเรียลที่มีจุดเซ็นเตอร์	103
4.23	ผลการทดลองที่ผ่านการประมวลผลด้วยโปรแกรม Minitab	105
4.24	ผลการทดลองที่ผ่านการประมวลผลด้วยโปรแกรม Minitab (ANOVA)	106
4.25	Standardized Effect ของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold	107
4.26	ผลการทดลองที่ผ่านการประมวลผลด้วยโปรแกรม Minitab หลังจากทำการตัดปัจจัยที่ไม่มีผลกระทบต่อการเกิดชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold ออก (หลังการลดรูป)	108
4.27	Standardized Effect ของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดชิ้นงานบกพร่องประเภท Shot Mold หลังจากทำการตัดปัจจัยที่ไม่มีผลกระทบต่อการเกิดชิ้นงานบกพร่อง	108
4.28	กราฟแสดงผลการหาค่าเฉลี่ยของปัจจัยหลักของชิ้นงานบกพร่องในแต่ละระดับปัจจัย	109
4.29	กราฟแสดงผลการหาค่าเฉลี่ยของปัจจัยร่วมของชิ้นงานบกพร่องแต่ละระดับปัจจัย	110
4.30	กราฟแสดงผลการหาสมการถดถอยของชิ้นงานบกพร่องแต่ละระดับปัจจัย	110
4.31	แสดงผลการหาช่วงความเชื่อมั่นของจำนวนซ้ำการทดลอง	112
4.32	แสดงผลการวิเคราะห์ชิ้นงานบกพร่องหลังปรับปรุงและก่อนปรับปรุง	114
4.33	แสดงผลการยืนยันจำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ชิ้นงานบกพร่องหลังปรับปรุงและก่อนปรับปรุง	115
4.34	แสดงผลการวิเคราะห์ชิ้นงานบกพร่องสถานะการฉีดอะลูมิเนียมที่ StdOrder ลำดับที่ 12	116
4.35	แสดงผลการยืนยันจำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ชิ้นงานบกพร่องหลังการปรับปรุงและก่อนการปรับปรุง	117
4.36	แสดงผลการวิเคราะห์ชิ้นงานบกพร่องสถานะการฉีดอะลูมิเนียมที่ StdOrder ลำดับที่ 1	118
4.37	แสดงผลการยืนยันจำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ชิ้นงานบกพร่องหลังการปรับปรุงและก่อนการปรับปรุง	118

4.38	แผนภูมิควบคุมประเภท P-Chart แสดงเป้าหมายในการตรวจจับตังไว้ที่ 0.08331 ต่อ Lot การผลิตโดยรวมหลังการปรับปรุง	120
4.39	แผนภูมิควบคุมประเภท P-Chart ของการเกิดขึ้นงานบกพร่อง Shot Mold โดยรวมหลังการปรับปรุง	120
5.1	แสดงเปอร์เซ็นต์ Scrap ลดลงเหลือ 3.46% จากกระบวนการผลิต โดยรวมหลังการปรับปรุง	125
ก.1	กราฟแท่งแสดงจำนวนของชิ้นงานบกพร่องและอาการของปัญหาโดยรวม	134

### รายการสัญลักษณ์

$2^k$	=	การทดสอบแบบ k ปัจจัย ซึ่งแต่ละปัจจัยแบ่งเป็น 2 ระดับ
ASQ	=	สมาคมคุณภาพแห่งอเมริกา
JIS	=	สำนักมาตรฐานอุตสาหกรรมแห่งญี่ปุ่น
$X_i$	=	ค่าวัดของข้อมูลตัวที่ i
$\bar{X}$	=	ค่าเฉลี่ย
$\tilde{X}$	=	ค่ามัธยฐาน
R	=	พิสัย
$R^2$	=	สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ
S	=	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
SS	=	ผลรวมกำลังสอง
CL	=	พิสัยควบคุมค่ากลาง
F(x)	=	ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น
GR&R	=	ค่าความผันแปรของระบบการวัด
$H_0$	=	สมมุติฐานหลัก
$H_1$	=	สมมุติฐานอื่น
$\bar{p}$	=	ค่าสัดส่วนของข้อมูล
LCL	=	พิสัยควบคุมด้านล่าง
UCL	=	พิสัยควบคุมด้านบน
n	=	จำนวนของข้อมูล
y	=	ค่าของข้อมูลทางสถิติ
Z	=	ตัวแปรสุ่มแบบปกติมาตรฐาน
$\alpha$	=	ค่าความเสี่ยงของการตัดสินใจผิดพลาดแบบที่ 1
$\beta$	=	ค่าความเสี่ยงของการตัดสินใจผิดพลาดแบบที่ 2

### ประมวลศัพท์และคำย่อ

Accuracy	=	ความถูกต้อง
Alias	=	โครงสร้างของอิทธิพลร่วมที่ร่วมกัน
Alternative Hypothesis	=	สมมุติฐานอื่น
Attributes	=	คุณลักษณะ
Average	=	ค่าเฉลี่ย
Aluminum Die Casting	=	การฉีดอะลูมิเนียมแบบไดแคสติง
Bias	=	ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าที่ได้จากการวัดกับค่าอ้างอิง
Blocking	=	การสกัดกั้น
Brainstorming	=	การระดมสมอง
BD-350V5-T Toyo Machine	=	เครื่องจักร Toyo รุ่น BD-350V5-T
Base 3.5 inch of HDDs	=	แผ่นจานแม่เหล็กขนาด 3.5 นิ้ว
Bent	=	โก่งงอ
Cause of Failure Mode	=	สาเหตุของการเกิดคุณลักษณะความเสียหาย
Coating	=	การเคลือบผิว
Common Cause	=	ความผันแปรตามธรรมชาติ
Compensation Value	=	ค่าชดเชย
Confirmation Testing	=	การทดลองเพื่อยืนยันผล
Consistent	=	ความสม่ำเสมอ
Curvature	=	ความโค้ง
Casting Pressure	=	ความดันหล่อในการฉีดอะลูมิเนียมขึ้นรูป
Data	=	ข้อมูล
Degree of Freedom	=	องศาแห่งความอิสระ
Design of Experiment	=	การออกแบบการทดลอง
Detection	=	การตรวจพบ
Discrete Data	=	ข้อมูลแบบช่วง
Defect Reduction	=	การลดข้อเสีย
Effect	=	ผลกระทบ
Effects Analysis	=	การวิเคราะห์ผลกระทบของความเสียหายที่คาดว่าจะเกิดขึ้น

End product	=	ผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้าย
Experiment Error	=	ความผิดพลาดในการทดลอง
Failure Mode	=	คุณลักษณะความเสียหาย
Gauge Performance Curve (GPC)	=	กราฟแสดงสมรรถนะของระบบการวัด
Good Absorb Kinetic Energy	=	คุณสมบัติในการรับพลังงานกลได้ดี
Hypothesis	=	สมมุติฐาน
High Speed Shot	=	ความเร็วในการฉีดอะลูมิเนียมขึ้นรูป
HDD (Hard Disk Drive)	=	แผ่นจานแม่เหล็ก
High Speed Stroke	=	ระยะในการฉีดอะลูมิเนียมขึ้นรูป
Hard Spot	=	จุดแข็ง
Independent Sample Method	=	วิธีการใช้สิ่งตัวอย่างเดียว
Independent Test	=	การทดสอบความเป็นอิสระ
Input	=	ด้านเข้า
Input Variable	=	การเปลี่ยนแปลงกับตัวแปรขาเข้า
Inspection	=	การตรวจสอบ
Interaction Effect	=	อิทธิพลร่วม
Intrinsic Technology	=	เทคโนโลยีเฉพาะด้าน
Key Process Input	=	ปัจจัยที่ป้อนเข้ากระบวนการ
Linearity	=	คุณสมบัติเชิงเส้นตรง
Linearity Index	=	ดัชนีเชิงเส้นตรง
Logic	=	ตรรกะ
Long-term Measuring	=	ระบบวัดในระยะยาว
Main Effect	=	อิทธิพลหลัก
Master	=	ค่าอ้างอิง
Mean	=	ค่ามัธยิม
Median	=	ค่ามัธยฐาน
Measurement System Analysis	=	การวิเคราะห์ระบบการวัด
Mode	=	ค่าฐานนิยม
Model Adequacy Checking	=	การตรวจสอบคุณภาพของข้อมูล
Machine Die Casting Parameter Setting	=	การเซตพารามิเตอร์เครื่องจักรไดแคสติง
Mass Production	=	ผลิตแบบครั้งละจำนวนมาก
Molten Metal Temperature	=	อุณหภูมิน้ำหลอมอะลูมิเนียม

Normality Test	=	การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล
Null Hypothesis	=	สมมุติฐานหลัก
Observe Value	=	ค่าสังเกต
Occurrence	=	โอกาสในการเกิด
Output	=	ด้านออก
Output Variable	=	การเปลี่ยนแปลงกับตัวแปรขาออก
Pareto Diagram	=	แผนภาพพาเรโต
Population	=	ประชากร
Possible Causes	=	สาเหตุที่เป็นไปได้
Potential Failure Mode	=	คุณลักษณะของความเสียหายหรือสาเหตุที่จะนำไปสู่ความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้น
Power of the Test	=	กำลังในการทดสอบ
Precision	=	ความแม่นยำ
Precision-to-total Variation	=	ดัชนีสำหรับระบบการวัดที่ใช้ตรวจจับความผันแปรในกระบวนการ
Predictor	=	ตัวทำนาย
Probability	=	ความน่าจะเป็น
Problems Prevention	=	วิธีป้องกันการเกิดความเสียหายที่คาดว่าจะเกิดขึ้น
Process Flow	=	แผนผังการดำเนินงาน
Product Characteristic	=	คุณลักษณะของชิ้นงาน
Porosity	=	รูหรือ โฟลวอากาศ
Quality Characteristics	=	คุณสมบัติหรือคุณลักษณะทางคุณภาพ
Quality function	=	ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพ
Randomization	=	การสุ่ม
Range	=	พิสัย
Ratio	=	อัตราส่วน
Regression	=	การวิเคราะห์การถดถอย
Repeatability	=	ความสามารถในการทำซ้ำ
Replication	=	การทำซ้ำภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน
Reproducibility	=	ความสามารถในการทำเหมือน
Residual Analysis	=	การวิเคราะห์เศษเหลือ
Resolution	=	ความสามารถในการกระจาย

Response Variable	=	ตัวแปรตอบสนอง
Re-Mixture	=	นำกลับมาผสมใหม่
Returned	=	นำกลับ
Sample	=	สิ่งตัวอย่าง
Screening Design	=	การออกแบบเพื่อการกรอง
Severity	=	ความรุนแรง
Short-term Measuring	=	ระบบวัดในระยะสั้น
Silicone Coating	=	การเคลือบด้วยซิลิโคน
Special Cause	=	ความผันแปรจากความผิดปกติ
Specification	=	ข้อกำหนดเฉพาะ
Stability	=	ความมีเสถียรภาพ
Standard Deviation	=	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
Statistical Hypothesis	=	สมมุติฐานเชิงสถิติ
Statistic Process Control (SPC)	=	การควบคุมกระบวนการโดยเชิงสถิติ
Strong Conclusion	=	การตัดสินใจยืนยัน
Shot Mold	=	โรงงานไม่เต็ม
Scrap	=	ของเสีย
Shot	=	การยิง
Sink mark	=	รอยยุบ
Test of Hypothesis	=	การทดสอบสมมุติฐาน
Tolerance	=	ค่าเผื่อที่ยอมให้
Uncontrollable Factor	=	ปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้
Uniformity	=	ความสม่ำเสมอ
Variable	=	ตัวแปร
Variance	=	ความแปรปรวน
Variation	=	ความผันแปร
Viscometer	=	อุปกรณ์วัดความหนืด
Virgin	=	บริสุทธิ์
Yield	=	ของดี