

การศึกษาเพื่อลดปัญหารูพรุนของชิ้นงาน CASE TRANSMISSION
ในกระบวนการหล่อฉีดแรงดันสูง

วิทยา โกติรัมย์

TNII

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต
บัณฑิตศึกษา สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการธุรกิจและอุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
ปีการศึกษา 2566

A STUDY TO REDUCE POROSITY DEFECT OF CASE TRANSMISSION PRODUCT
IN HIGH PRESSURE DIE-CASTING PROCESS

Wittaya Kotirum

TNII

A Term Paper Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Business Administration Program
in Innovation of Business and Industrial Management

Graduate Studies

Thai-Nichi Institute of Technology

Academic Year 2023

หัวข้อสารนิพนธ์	การศึกษาเพื่อลดปัญหารูพรุนของชิ้นงาน CASE TRANSMISSION
โดย	วิทยา โกติรัมย์
สาขาวิชา	นวัตกรรมการจัดการธุรกิจและอุตสาหกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพดล ศรีพุทธา

บัณฑิตศึกษา สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น อนุมัติให้นับสารนิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วรากร ศรีเชวงทรัพย์)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

คณะกรรมการสอบสารนิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ดร.วรรณพล ศุภสกุลดำรงค์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรสิทธิ์ อุดมธนาวงศ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพดล ศรีพุทธา)

วิทยา โกติรัมย์ : การศึกษาเพื่อลดปัญหาารุพุนของชิ้นงาน CASE TRANSMISSION
 ในกระบวนการหล่อฉีดแรงดันสูง. อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพดล
 ศรีพุทธา, 54 หน้า.

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณงานเสียจากปัญหาารุพุนของชิ้นงาน Case Transmission ชื่อผลิตภัณฑ์ Case00A โดยมีเป้าหมายลดลงร้อยละ 50 จากการสำรวจสภาพปัจจุบันก่อนการปรับปรุงแก้ไขพบว่าจำนวนงานเสียเฉลี่ยจากปัญหาารุพุนของชิ้นงาน Case00A เท่ากับร้อยละ 4.24 ต่อเดือน ซึ่งเป็นารุพุนที่เกิดจากการกำจัดอากาศหรือแก๊สออกจากแม่พิมพ์ไม่หมด จึงทำการวิเคราะห์หาสาเหตุด้วยการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณทางวิศวกรรม (CAE) ด้วยซอฟต์แวร์ Flow-3D Cast พบว่ามีอากาศหรือแก๊สคงเหลืออยู่ในแม่พิมพ์ เนื่องจากการออกแบบทิศทางการไหลของน้ำอลูมิเนียมในแม่พิมพ์ไม่เหมาะสมทำให้น้ำอลูมิเนียมไหลออกจากแม่พิมพ์ได้ช้า ส่งผลให้กำจัดอากาศหรือแก๊สไหลออกจากแม่พิมพ์ไม่หมด ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการจำลองการปรับปรุงแก้ไขแม่พิมพ์ในตำแหน่งที่เกิดารุพุนด้วยซอฟต์แวร์ Flow-3D Cast ซึ่งดำเนินการจำลอง 2 วิธีด้วยกันคือ วิธีที่ 1 ทำการเพิ่มจำนวนของโอเวอร์โฟลว์ (Overflow) ทางวิ่ง (Runner) และซิลล์เวนท์ (Chill Vent) เพื่อเพิ่มความเร็วในการไหลของน้ำอลูมิเนียมออกจากแม่พิมพ์ วิธีที่ 2 ทำการเพิ่มโอเวอร์โฟลว์ในรูคอร์พิน เพื่อเพิ่มความสามารถในการกำจัดอากาศหรือแก๊ส จากนั้นนำไปแก้ไขแม่พิมพ์เพื่อทำการผลิต หลังปรับปรุงแก้ไขแม่พิมพ์พบว่าจำนวนงานเสียเฉลี่ยจากปัญหาารุพุนของชิ้นงาน Case00A ลดลงจากร้อยละ 4.24 เป็นร้อยละ 0.76 ต่อเดือน คิดเป็นสัดส่วนลดร้อยละ 82

บัณฑิตศึกษา
 สาขาวิชา นวัตกรรมจัดการธุรกิจ
 และอุตสาหกรรม
 ปีการศึกษา 2566

ลายมือชื่อนักศึกษา
 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

WITTAYA KOTIRUM : A STUDY TO REDUCE POROSITY DEFECT OF CASE
TRANSMISSION PRODUCT IN HIGH PRESSURE DIE-CASTING PROCESS.
ADVISOR : ASST. PROF. DR.NOPPADOL SRIPUTTHA, 54 PP.

The objective of this study is to reduce the number of defects from porosity problems in Case Transmission workpieces, product name Case00A, with the goal of reducing it by 50 percent. From a survey of the current condition before the renovation, it was found that the average number of defects from the porosity of the Case00A workpiece was 4.24 percent per month, which is a porosity caused by incomplete removal of air or gas from the mould. Therefore, an analysis was performed to find the cause using computer-aided engineering (CAE) with Flow-3D Cast software. It was found that there was still air or gas remaining in the mould. Due to the improper design of the direction of flow of aluminium in the mould, aluminium flows out of the mould slowly. As a result, air or gas cannot be completely removed from the mould. Therefore, the researcher simulated the modification of the mould with Flow-3D Cast software, which performed the simulation in two ways: the first was to increase the number of overflows, runners, and chill vents to increase the speed of the flow of aluminium water out of the mould. The second is to add overflow to the core pin hole. Then it is taken to modify the mould for production. After modifying the mould, it was found that the average amount of defective work due to porosity problems in the Case00A workpiece decreased from 4.24 percent to 0.76 percent per month, representing a reduction of 82 percent.

Graduate Studies

Field of Study Innovation of Business and

Industrial Management

Academic Year 2023

Student's Signature.....

Advisor's Signature.....

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ด้วยความเมตตา ความกรุณา และความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากบุคคลหลายฝ่าย ซึ่งผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง โดยเฉพาะอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพดล ศรีพุทธา ในการให้คำปรึกษาแนะนำ ตรวจสอบ ติดตามความก้าวหน้า แก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำสารนิพนธ์ จนสามารถทำให้สารนิพนธ์มีความถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบเล่มสารนิพนธ์ทุกท่าน ได้แก่ ดร.วรรณพล ศุภสกุลดำรงค์ ได้ให้ความกรุณาและให้เกียรติมาเป็นประธานกรรมการสอบในครั้งนี้และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรสิทธิ์ อุดมธนวงศ์ ให้ความกรุณามาเป็นกรรมการสอบเล่มสารนิพนธ์ โดยคณะกรรมการทุกท่านได้มีเมตตาช่วยให้คำแนะนำและชี้แนะแนวทางการแก้ไขในงานฉบับนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณประสบการณ์ชีวิตที่ผ่านมาซึ่งทำให้ผู้วิจัยมีจิตใจเข้มแข็งและอดทน จนผ่านปัญหาอุปสรรคทั้งหลายมาจนถึงวันนี้ถ้าการศึกษาค้นหาในงานสารนิพนธ์ฉบับนี้เป็นประโยชน์ในทางวิชาการแก่ทุกท่านที่ได้อ่าน ผู้วิจัยขออุทิศคุณงามความดีนั้นแก่ครอบครัวของทุกท่านให้สำเร็จลงเป็นไปด้วยดีทุกประการ

วิทยา โกติรัมย์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูป	ญ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	4
ขอบเขตของการวิจัย	4
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	5
ประโยชน์ที่ได้รับ.....	6
2 หลักการพื้นฐาน เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
กระบวนการฉีดขึ้นรูปอะลูมิเนียมด้วยแรงดันสูง (Aluminum High Pressure Die Casting : HPDC)	7
แนวคิดเกี่ยวกับต้นทุน.....	14
ไคเซ็น (Kaizen).....	15
หลักการ 3มู (3MU).....	18
หลักการ 5 Gen	20
QC Story	21
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	23
3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	29
กระบวนการผลิต.....	30
สำรวจสภาพก่อนการดำเนินการแก้ไข	30
การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา.....	35

สารบัญ (ต่อ)

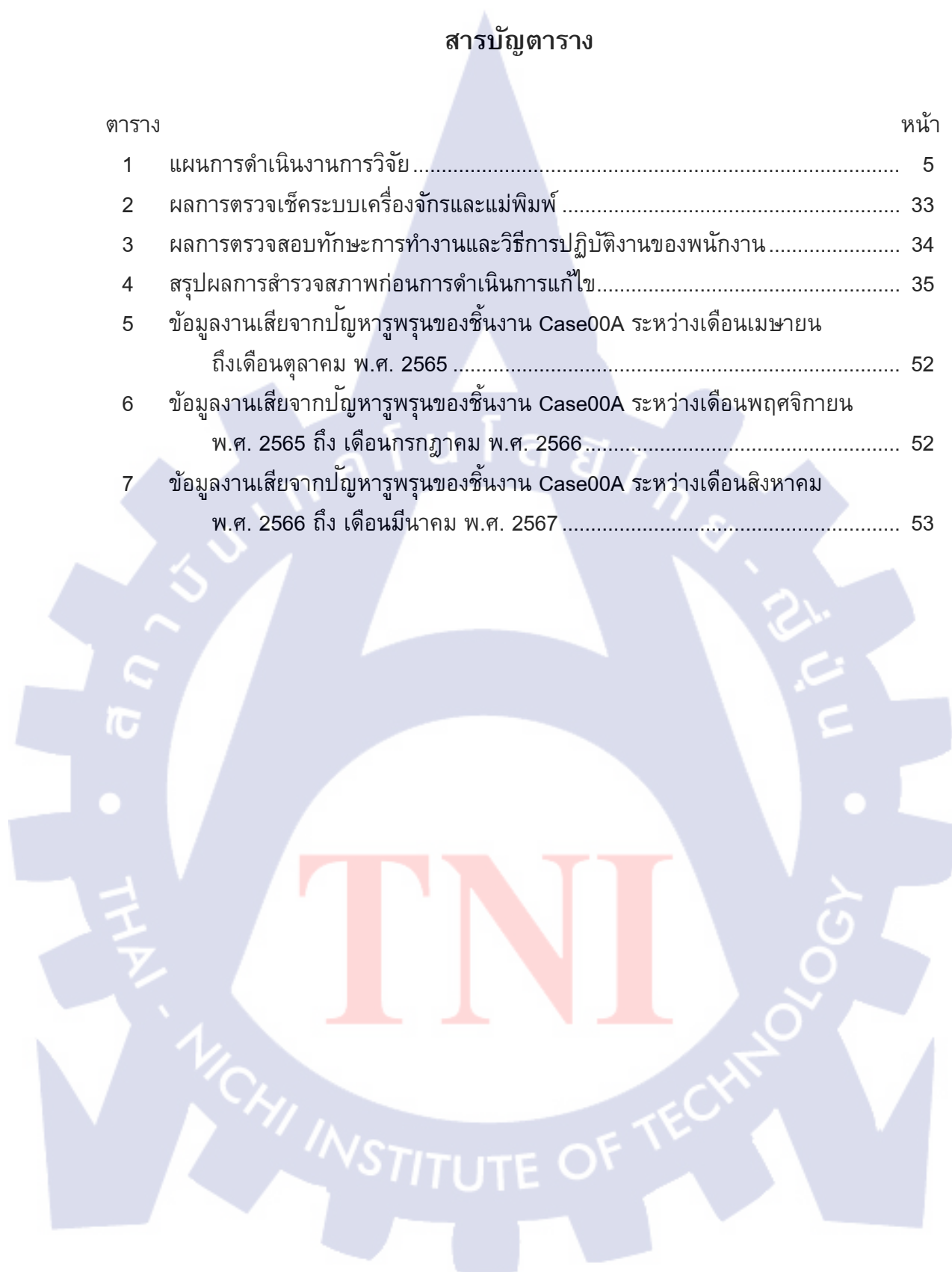
บทที่		หน้า
3	การดำเนินการแก้ไข.....	36
4	ผลการวิจัย.....	39
	ผลการดำเนินการแก้ไข.....	39
	สรุปผลการดำเนินการแก้ไข.....	41
	บทสรุป.....	43
	ประโยชน์ที่ได้รับ.....	44
	ข้อเสนอแนะ.....	44
	บรรณานุกรม.....	46
	ภาคผนวก.....	50
	ภาคผนวก ก. ข้อมูลงานเสียจากปัญหาารุพรุน.....	51
	ประวัติผู้เขียนสารนิพนธ์.....	54

TNI

THAI - NICHII INSTITUTE OF TECHNOLOGY

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1 แผนการดำเนินงานการวิจัย	5
2 ผลการตรวจเช็คระบบเครื่องจักรและแม่พิมพ์	33
3 ผลการตรวจสอบทักษะการทำงานและวิธีการปฏิบัติงานของพนักงาน	34
4 สรุปผลการสำรวจสภาพก่อนการดำเนินการแก้ไข.....	35
5 ข้อมูลงานเสียจากปัญหาพรุนของชิ้นงาน Case00A ระหว่างเดือนเมษายน ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2565	52
6 ข้อมูลงานเสียจากปัญหาพรุนของชิ้นงาน Case00A ระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2565 ถึง เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2566	52
7 ข้อมูลงานเสียจากปัญหาพรุนของชิ้นงาน Case00A ระหว่างเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2566 ถึง เดือนมีนาคม พ.ศ. 2567	53



สารบัญรูป

รูป		หน้า
1	กราฟแสดงจำนวนงานเสียระหว่างเดือนเมษายนถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2565.....	2
2	แผนภูมิพาเรโต้แสดงจำนวนงานเสียระหว่างเดือนเมษายนถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2565	2
3	แผนภูมิพาเรโต้แสดงจำนวนงานเสียปัญหาทุพพระหว่างเดือนเมษายนถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2565.....	3
4	กราฟแสดงจำนวนของเสียปัญหาทุพพของงาน Case00A ระหว่างเดือนเมษายนถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2565.....	3
5	กราฟแสดงค่าใช้จ่ายที่ต้องสูญเสียจากปัญหาทุพพของชิ้นงาน Case00A ระหว่างเดือนเมษายนถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2565.....	4
6	(ก) แผนภาพกระบวนการหล่อโลหะด้วยแรงดันสูง (ข) แผนภาพเครื่องหล่อโลหะด้วยแรงดันสูง.....	8
7	ตัวอย่างชิ้นงานที่ได้จากการหล่อโลหะด้วยแรงดันสูงในแต่ละรอบ (ก) ชิ้นงานเดียวจากแม่พิมพ์โพรงเดี่ยว (Single-Cavity Die) (ข) ชิ้นงานหลายชิ้นจากแม่พิมพ์หลายโพรง (Multi-Cavity Die).....	8
8	เครื่องหล่อโลหะด้วยแรงดันสูง	9
9	ส่วนประกอบของเครื่องฉีดขึ้นรูปอะลูมิเนียมด้วยแรงดันสูง	9
10	ตัวอย่างส่วนประกอบหลักในแม่พิมพ์ฉีดขึ้นรูปอะลูมิเนียมด้วยแรงดันสูง	10
11	กลไกการทำงานของกระบวนการฉีดขึ้นรูปอะลูมิเนียมด้วยแรงดันสูง.....	12
12	ตัวอย่างของโพรงแก๊ส หรือโพรงอากาศ (Gas Porosity).....	13
13	ตัวอย่างของโพรงหดตัว (Shrinkage Porosity).....	14
14	กราฟแสดงการเปรียบเทียบความสามารถการลดต้นทุน	15
15	วงจร PDCA หรือ Deming Cycle	18
16	องค์ประกอบของหลักการ 5 Gen.....	21
17	แผนภูมิกระบวนการแสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	29
18	กระบวนการผลิตงาน Case00A.....	30
19	ตำแหน่งการเกิดทุพพของชิ้นงาน Case00A (แบบวาดรูปชิ้นงานกรณีศึกษา).....	31
20	แผนภูมิพาเรโต้ แสดงตำแหน่งการเกิดทุพพของงาน Case00A	31
21	ตัวอย่างลักษณะรูปร่างของทุพพที่ตำแหน่ง A เช็กโดยใช้สายตา	32
22	ตัวอย่างลักษณะรูปร่างของทุพพที่ตำแหน่ง A เช็กโดยกล้องไมโครสโคป.....	32

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
23	ตำแหน่งของรูปพูนในเนื้อชิ้นงานเซ็คโดยเครื่องเอกซเรย์..... 33
24	ผลการวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของแก๊สหรืออากาศในแม่พิมพ์ด้วยซอฟต์แวร์ Flow-3D Cast..... 35
25	การปรับปรุงแก้ไขแม่พิมพ์ตำแหน่ง A โดยการติดตั้ง Overflow, Runner, Chill Vent..... 36
26	การปรับปรุงแก้ไขแม่พิมพ์โดยการแยกทางวิ่งของน้ำอลูมิเนียม (Runner) 2 จุด..... 37
27	ตำแหน่งเพิ่ม Overflow ในคอร์พินของแม่พิมพ์ 37
28	เปรียบเทียบภาพจำลองคอร์พิน (Core Pin C4-1) ก่อนแก้ไขและหลังแก้ไข 38
29	เปรียบเทียบชิ้นงานจริงก่อนแก้ไขและหลังแก้ไขคอร์พิน 38
30	ปริมาณและขนาดของแก๊สหรืออากาศที่รวมตัวอยู่ใน Overflow เซ็คโดย เครื่องเอกซเรย์..... 38
31	จำนวนงานเสียหายในบริษัทหลังการปรับปรุงแก้ไขแม่พิมพ์ระหว่างเดือนกันยายน พ.ศ. 2566 ถึง มีนาคม 2567 39
32	แผนภูมิพาเรโตแสดงจำนวนงานเสียหายจากปัญหาพูนหลังแก้ไขปรับปรุงแม่พิมพ์ ระหว่างเดือนกันยายน พ.ศ. 2566 ถึง มีนาคม 2567 40
33	จำนวนงานเสียหายจากปัญหาพูนของงาน Case00A หลังการปรับปรุงแก้ไขแม่พิมพ์ ระหว่างเดือนกันยายน พ.ศ. 2566 ถึง มีนาคม พ.ศ. 2567..... 40
34	กราฟแสดงค่าใช้จ่ายที่ต้องสูญเสียจากปัญหาพูนของชิ้นงาน Case00A หลังการปรับปรุงแก้ไขแม่พิมพ์ ระหว่างเดือนกันยายน พ.ศ. 2566 ถึง มีนาคม พ.ศ. 2567..... 41
35	กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนงานเสียหายในบริษัทก่อนและหลังการปรับปรุง แก้ไขแม่พิมพ์..... 41
36	พาเรโตแสดงการเปรียบเทียบจำนวนงานเสียหายจากปัญหาพูนก่อนและหลัง การปรับปรุงแก้ไขแม่พิมพ์..... 42
37	กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนงานเสียหายจากปัญหาพูนของงาน Case00A ก่อน-หลัง การปรับปรุงแก้ไขแม่พิมพ์..... 42
38	กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่ต้องสูญเสียจากปัญหาพูนของงาน Case00A ก่อน-หลัง การปรับปรุงแก้ไขแม่พิมพ์..... 43

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป		หน้า
39	มาตรฐานความหนาของทางเข้าน้ำอะลูมิเนียมของ Overflow.....	45
40	ตัวอย่างการติดตั้ง Vacuum เข้ากับ Chill Vent.....	45



บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

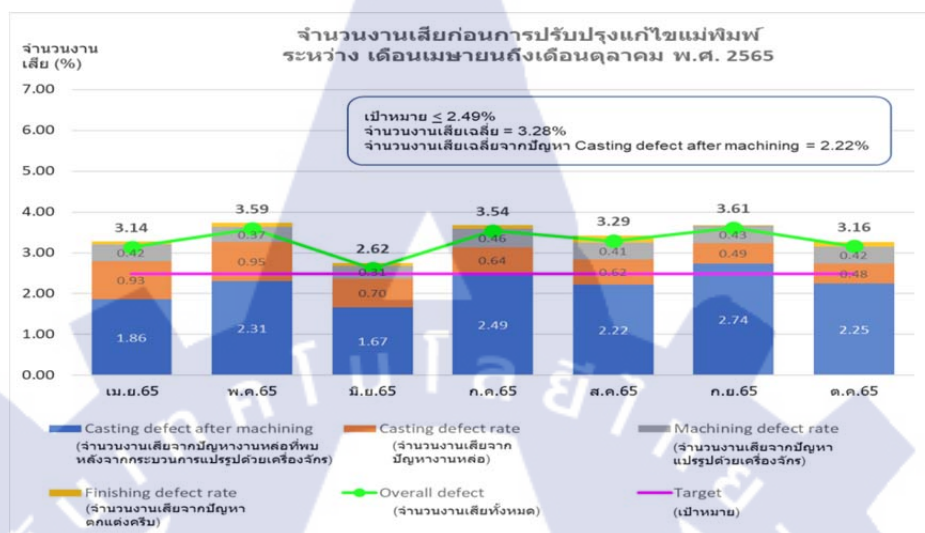
อะลูมิเนียมเป็นโลหะน้ำหนักเบา มีความแข็งแรงต่อน้ำหนักสูง มีความหนาแน่นน้อยกว่าเหล็กถึง 3 เท่า ขึ้นรูปได้ง่าย ขึ้นรูปได้หลายวิธี และสามารถรีไซเคิลหรือนำกลับมาใช้ใหม่ได้เกือบ 100% ซึ่งอะลูมิเนียมอัลลอยที่ถูกใช้อย่างแพร่หลายในงานหล่อขึ้นรูปปัจจุบัน คือ อะลูมิเนียมซิลิคอน (Al-Si Alloy) เนื่องจากหล่อได้ง่าย ทนทานต่อการกัดกร่อน รองรับการเชื่อม ซึ่งปัจจุบันมีความต้องการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ด้วยคุณสมบัติเด่น “โลหะน้ำหนักเบา” ดังนั้นอะลูมิเนียมจึงถูกนำไปใช้ในการลดน้ำหนักของผลิตภัณฑ์จำนวนมากทั้งในอุตสาหกรรมยานยนต์, อากาศยาน, ก่อสร้าง, และอื่นๆ ปัจจุบันการผลิตชิ้นงานอะลูมิเนียมอัลลอยมากกว่าครึ่งหนึ่งผลิตด้วยกระบวนการฉีดขึ้นรูปด้วยแรงดันสูง หรือที่เรียกว่า High Pressure Die Casting (HPDC) เนื่องจากสามารถผลิตงานได้อย่างรวดเร็วและรองรับการผลิตงานที่มีรูปทรงซับซ้อนได้ดี อย่างไรก็ตามชิ้นงานหล่อที่ได้มักจะมีปริมาณรูพรุน (Porosity) มากกว่าชิ้นงานที่หล่อด้วยกระบวนการหล่อแบบอื่นๆ ซึ่งปริมาณรูพรุนที่มากจะทำให้คุณสมบัติทางกลของชิ้นงานด้อยลง (สมบุญ รัตวรรณ. 2558)

ปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นงานอะลูมิเนียมอัลลอยมีการแข่งขันกันสูงทั้งด้านความสามารถในการผลิต คุณภาพของผลิตภัณฑ์ ราคา ความรวดเร็วในการผลิตและบริการ เพราะในอุตสาหกรรมประเภทนี้มีการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีและมีความต้องการของตลาดเป็นอย่างมาก ทำให้องค์กรจำเป็นต้องปรับปรุงธุรกิจเพื่อเพิ่มความสามารถในการแข่งขันและทำกำไรได้เพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการที่จะทำให้ได้กำไรมากขึ้น จากการเพิ่มราคาขายนั้น ปัจจุบันไม่สามารถทำได้ หรือจะลดคุณภาพของสินค้าลงเพื่อให้ต้นทุนถูกลงก็ไม่สามารถทำได้เช่นกัน ดังนั้นองค์กรจึงต้องหาทางปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อลดต้นทุนการผลิตลง โดยที่ราคาขายไม่เพิ่มขึ้น และระดับคุณภาพสินค้าและบริการไม่ลดลงจึงจะทำให้องค์กรสามารถแข่งขันกับคู่แข่งและอยู่รอดในอุตสาหกรรมได้ หนึ่งในวิธีการลดต้นทุนในการผลิตที่นิยมใช้ คือ การลดจำนวนงานเสียในกระบวนการผลิต

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษากระบวนการฉีดขึ้นรูปอะลูมิเนียมด้วยแรงดันสูง หรือที่เรียกว่า Aluminum High Pressure Die Casting ของบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์แห่งหนึ่ง ซึ่งผลิตภัณฑ์หลักของบริษัท ได้แก่ ชิ้นส่วนของระบบบังคับเลี้ยว (Steering Products), ชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ (Engine Products) และ ชิ้นส่วนของระบบขับเคลื่อน (Drivetrain Products) เป็นต้น

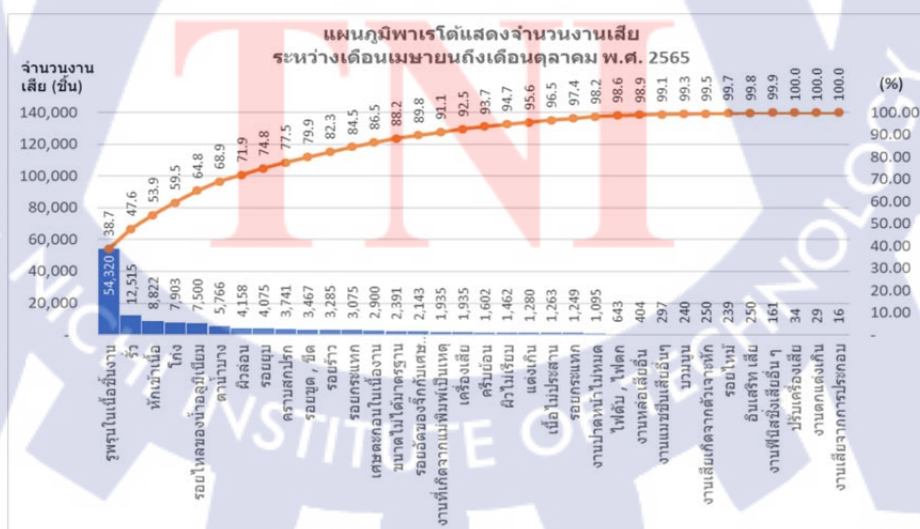
จากการรวบรวมข้อมูลจำนวนของเสียภายในบริษัทระหว่าง เดือนเมษายนถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2565 พบว่า มีจำนวนงานเสียเกิดขึ้นภายในบริษัทสูงเกินเป้าหมายที่กำหนดไว้ทุกเดือน และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยบริษัทมีเป้าหมายของเสียไม่เกินร้อยละ 2.49 ต่อเดือน

แต่จำนวนของเสียเฉลี่ยที่เกิดขึ้นจริงเท่ากับร้อยละ 3.28 ต่อเดือน ซึ่งในจำนวนของเสียส่วนใหญ่เฉลี่ยประมาณร้อยละ 2.22 มีสาเหตุมาจากปัญหางานหล่อที่พบหลังจากกระบวนการแปรรูปด้วยเครื่องจักร (Casting Defect After Machining) ดังรูปที่ 1



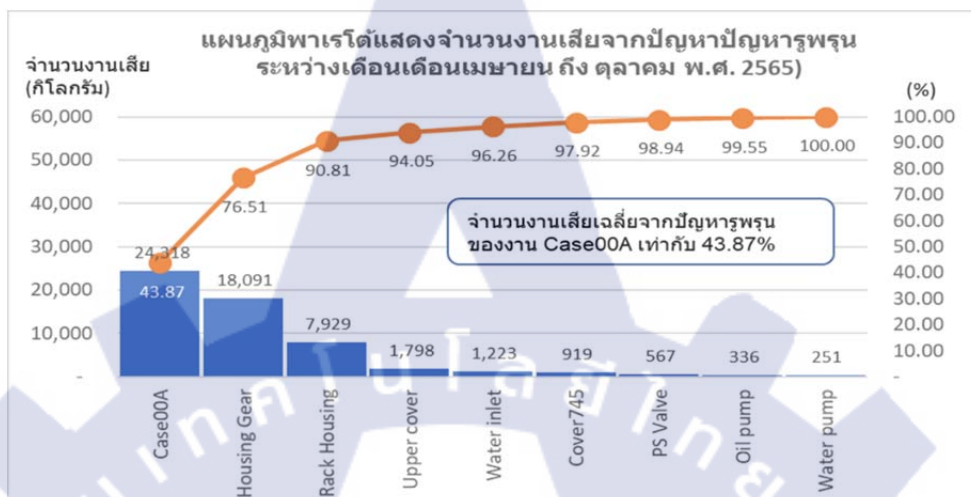
รูปที่ 1 กราฟแสดงจำนวนงานเสียระหว่างเดือนเมษายนถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2565

จากรูปที่ 1 เมื่อนำมาวิเคราะห์ปัญหาด้วยแผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram) พบว่า ปัญหารูพรุนในเนื้อชิ้นงาน หรือที่บริษัทเรียกสั้นๆ ว่า ปัญหารูพรุน (Porosity Defects) เป็นปัญหาที่พบมากที่สุด ร้อยละ 38.7 ของปัญหาทั้งหมด โดยประมาณ ดังรูปที่ 2



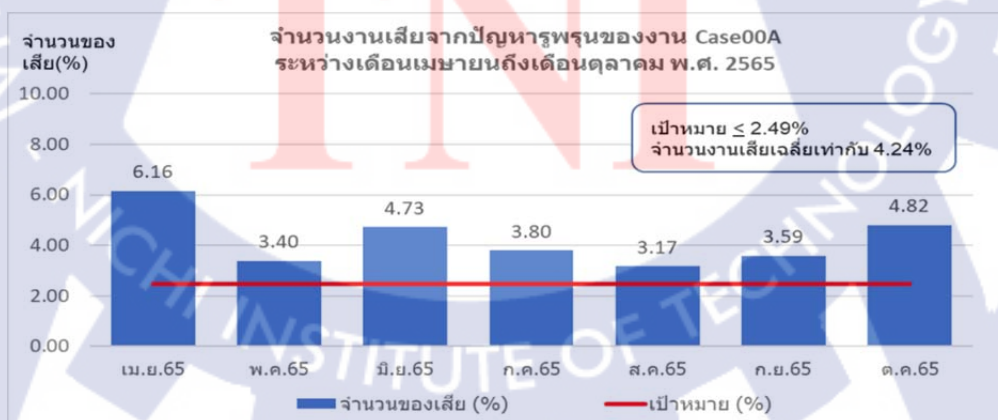
รูปที่ 2 แผนภูมิพาเรโตแสดงจำนวนงานเสียระหว่างเดือนเมษายนถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2565

จากการศึกษาในรายละเอียดพบว่าชิ้นงานเสื้อเกียร์ (Case Transmission) หรือที่บริษัทเรียกสั้นๆ ว่า Case00A เป็นชิ้นงานที่เกิดปัญหาการพ่นมากที่สุดโดยน้ำหนักประมาณร้อยละ 43.87 ของจำนวนงานเสียทั้งหมดโดยประมาณ ดังรูปที่ 3



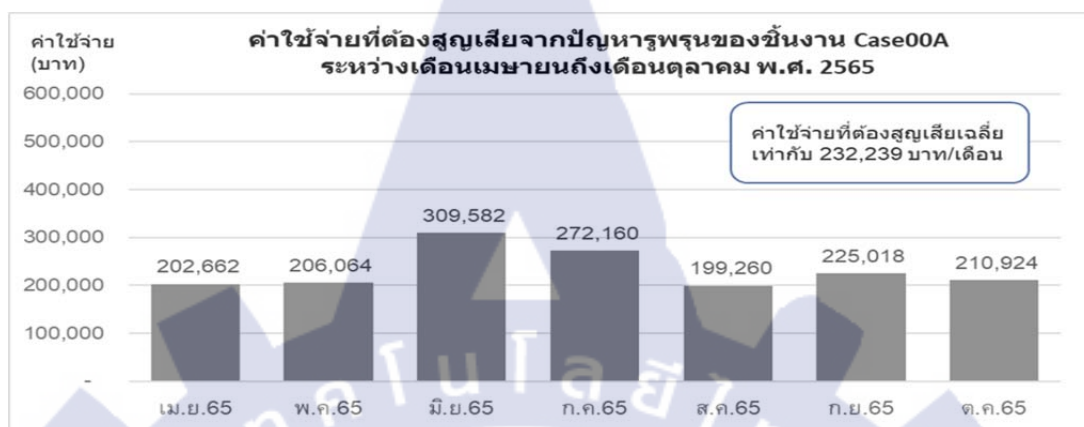
รูปที่ 3 แผนภูมิพาเรโตแสดงจำนวนงานเสียปัญหาการพ่นระหว่างเดือนเมษายนถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2565

จากรูปที่ 4 แสดงจำนวนงานเสียปัญหาการพ่นของงาน Case00A ระหว่างเดือนเมษายนถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2565 พบว่า มีจำนวนงานเสียเฉลี่ยสูงเกินเป้าหมายที่กำหนด ซึ่งบริษัทมีเป้าหมายของเสียไม่เกินร้อยละ 2.49 ต่อเดือน แต่จำนวนงานเสียเฉลี่ยที่เกิดขึ้นจริงเท่ากับร้อยละ 4.24 ต่อเดือน



รูปที่ 4 กราฟแสดงจำนวนของเสียปัญหาการพ่นของงาน Case00A ระหว่างเดือนเมษายนถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2565

จากรูปที่ 4 นำมาคำนวณความสูญเสียจากปัญหารูพรุน พบว่า บริษัทมีค่าใช้จ่ายที่ต้องสูญเสียจากปัญหาดังกล่าวนี เป็นจำนวน 232,239 บาทต่อเดือนโดยประมาณ (ราคาชิ้นงาน 486 บาทต่อชิ้น, จำนวนชิ้นงานเสียเฉลี่ย 477.86 บาทต่อเดือน) ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 กราฟแสดงค่าใช้จ่ายที่ต้องสูญเสียจากปัญหารูพรุนของชิ้นงาน Case00A ระหว่างเดือนเมษายนถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2565

จากข้อมูลดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น จึงเป็นมูลเหตุจูงใจทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะประยุกต์ใช้เครื่องมือการผลิตแบบสีนเพื่อทำการศึกษาระบวนการผลิต ค้นหาสาเหตุของปัญหา และทำการปรับปรุงแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต เพื่อนำไปสู่การลดต้นทุนการผลิตของบริษัทลง และนำไปสู่การเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของบริษัทให้สูงขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อประยุกต์ใช้เครื่องมือการผลิตแบบสีนในการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิต ชิ้นงานเสื้อเกียร์ (Case00A)
2. เพื่อลดปริมาณงานเสียปัญหารูพรุนของชิ้นงานเสื้อเกียร์ (Case00A) ลงร้อยละ 50 จากสภาพปัจจุบัน

ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตเนื้อหา

การศึกษาวิจัยนี้เป็นงานวิจัยการปรับปรุงการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดขึ้นรูปอะลูมิเนียม ด้วยแรงดันสูง (Aluminum High Pressure Die Casting) ของชิ้นงานเสื้อเกียร์ (Case Transmission หรือบริษัทเรียกว่า Case00A) โดยใช้ซอฟต์แวร์ CAE (Flow 3D Cast) ช่วยในการจำลองการไหลของน้ำอะลูมิเนียม และจำลองปริมาณความเข้มข้นของอากาศที่ตกค้างอยู่ในแม่พิมพ์ เพื่อให้ได้

การออกแบบที่ดีที่สุดมีความเหมาะสมต่อการลดการเกิดรูพรุนภายในชิ้นงานและเป็นแนวทางในการออกแบบแม่พิมพ์ที่ดีต่อไป

ขอบเขตระยะเวลา

โดยงานวิจัยนี้เลือกกลุ่มตัวอย่างเป็นบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์แห่งหนึ่ง ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ดำเนินการตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2565 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2567 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แผนการดำเนินการวิจัย

ลำดับ	ขั้นตอนการดำเนินงาน	ปี 2565		ปี 2566										ปี 2567		
		พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.
1	คัดเลือกหัวข้อการวิจัยและ วัตถุประสงค์	→														
2	ศึกษาสภาพปัจจุบันและกำหนดเป้าหมาย	→														
3	วิเคราะห์หาสาเหตุ และกำหนดมาตรการแก้ไข			→												
4	ลงมือปฏิบัติตามมาตรการแก้ไข			→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
5	ตรวจสอบผลการดำเนินการแก้ไข							→	→	→	→	→	→	→	→	→
6	สรุปผลและจัดทำมาตรฐาน										→	→	→	→	→	→

→ : แผน → : ปฏิบัติจริง

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. **ปัญหาทางหล่อที่พบหลังจากกระบวนการแปรรูปด้วยเครื่องจักร (Casting Defect After Machining)** คือ ปัญหาจากงานหล่อซึ่งจะตรวจพบได้ก็ต่อเมื่อแมชชีนผิวงานหล่อออกแล้ว เช่น ปัญหารูพรุน เศษตะกอนในเนื้องาน เป็นต้น

2. **ปัญหารูพรุน (Porosity Defect)** คือ ปัญหารูพรุนในเนื้อชิ้นงานมี 2 ชนิด แบ่งตามสาเหตุการเกิดรูพรุน ชนิดที่ 1 โพร่งแก๊ส หรือ โพร่งอากาศ (Gas Porosity) คือ รูพรุนที่มีสาเหตุการเกิดจากแก๊สหรืออากาศ ชนิดที่ 2 โพร่งหดตัว (Shrinkage Porosity) คือ รูพรุนที่มีสาเหตุการเกิดจากการหดตัวของน้ำโลหะ

3. **CAE (Computer Aided Engineering)** คือ ซอฟต์แวร์จำลองการออกแบบ ตรวจสอบการไหลของน้ำอลูมิเนียมในแม่พิมพ์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการออกแบบ และวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของอากาศในแม่พิมพ์

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. สามารถเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตด้วยการลดจำนวนงานเสียจากปัญหาพรุนของชิ้นงานเสื้อเกียร์ (Case00A) ก่อนการดำเนินการแก้ไขจำนวนงานเสียเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 4.24 ต่อเดือน หลังการดำเนินการแก้ไข ลดลงเหลือ ร้อยละ 0.76 ต่อเดือน หรือ ลดลงร้อยละ 82
2. สามารถลดต้นทุนการผลิตของชิ้นงานเสื้อเกียร์ (Case00A) ก่อนการดำเนินการแก้ไข มีค่าใช้จ่ายที่ต้องสูญเสียจากปัญหาพรุน เป็นจำนวน 232,239 บาทต่อเดือน หลังการดำเนินการแก้ไข ลดลงเหลือ 36,867 บาทต่อเดือน หรือ ลดลงร้อยละ 84



บทที่ 2

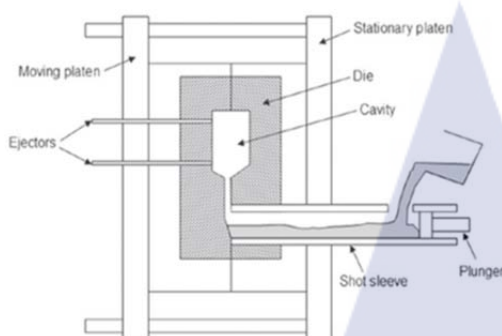
หลักการพื้นฐาน เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กระบวนการฉีดขึ้นรูปอะลูมิเนียมด้วยแรงดันสูง (Aluminum High Pressure Die Casting : HPDC)

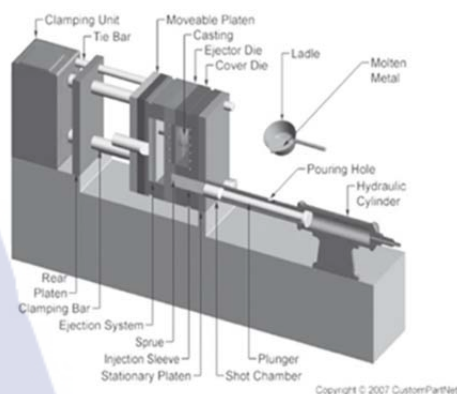
กระบวนการฉีดขึ้นรูปอะลูมิเนียมด้วยแรงดันสูง คือการหลอมเหลวโลหะให้กลายเป็นน้ำ และฉีดเข้าไปในแม่พิมพ์ด้วยแรงดันสูง ภายในระยะเวลาที่รวดเร็ว แล้วทิ้งให้เย็นในแม่พิมพ์ หลังจากนั้น แม่พิมพ์จะทำการเปิดออก และกระตุ้นงานออกจากแม่พิมพ์ เป็นกระบวนการที่เหมาะสมกับการผลิตชิ้นงานที่มีผนังบาง (Thin-Walled) รูปร่างซับซ้อน และสามารถผลิตชิ้นงานหล่อได้รวดเร็ว จึงเหมาะกับการผลิตชิ้นงานจำนวนมากๆ แต่ข้อจำกัดของกระบวนการฉีดขึ้นรูปอะลูมิเนียมด้วยแรงดันสูง คือ ชิ้นงานหล่อจะมีปริมาณรูพรุนมากกว่าชิ้นงานหล่อจากกระบวนการหล่อแบบอื่นๆ ส่งผลให้คุณสมบัติเชิงกลของชิ้นงานจากกระบวนการฉีดขึ้นรูปด้วยแรงดันสูงไม่ดีเท่าชิ้นงานหล่อที่ได้จากกระบวนการอื่นๆ และไม่สามารถนำไปผ่านกระบวนการอบชุบ (Heat treatment) ได้

1. หลักการของกระบวนการฉีดขึ้นรูปอะลูมิเนียมด้วยแรงดันสูง

จากรูปที่ 6 เมื่อโลหะเหลวถูกเทลงในช็อตสเลฟ (Shot Sleeve) แล้ว ก็จะเข้าสู่ช่วงการไหลแบบช้า (Slow Shot Stage) โดยพลันเจอร์ (Plunger) จะเคลื่อนที่ผลักโลหะเหลวอย่างช้าๆ (ประมาณ 1-4 วินาที) เพื่อลดการไหลแบบปั่นป่วนของโลหะเหลว จนกระทั่งโลหะเหลวเคลื่อนที่ไปถึงทางเข้า (Gate) จากนั้นจะเข้าสู่ช่วงการเติมเต็มโพรงแม่พิมพ์ (Die Filling Stage) โดยพลันเจอร์จะเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วผลักโลหะเหลวเข้าไปในโพรงแม่พิมพ์ (Die Cavity) จนเต็ม (ภายในเวลา 0.03-0.20 วินาที) ในขั้นตอนนี้จะเกิดการกักตัวของอากาศ (Air Entrapment) ในเนื้อโลหะทำให้มีรูพรุนปริมาณค่อนข้างมากในเนื้อชิ้นงานหล่อหลังจากโลหะเหลวเติมเต็มโพรงแม่พิมพ์แล้ว จะเข้าสู่ช่วงการอัดด้วยความดัน (Pressure Intensification Stage) โดยพลันเจอร์จะส่งแรงกดอัด (Intensification Pressure) สูงสุดราว 120 MPa เพื่อป้อนเนื้อโลหะเพิ่มเติมเข้าไปในโพรงแม่พิมพ์ ขั้นตอนนี้จะช่วยลดรูพรุนทั้งที่เกิดจากอากาศถูกกักในเนื้อโลหะ (Entrapped Air) และที่เกิดจากการหดตัวเนื่องจากการแข็งตัว (Solidification Shrinkage) (สมบุญ ณ โอตรวรรณ. 2558)



(ก)

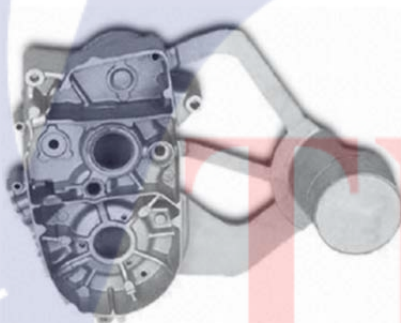


(ข)

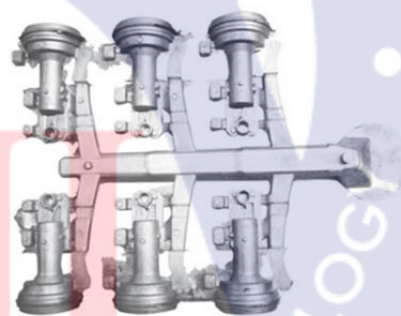
รูปที่ 6 (ก) แผนภาพกระบวนการหล่อโลหะด้วยแรงดันสูง (ข) แผนภาพเครื่องหล่อโลหะด้วยแรงดันสูง

ที่มา : สมบูรณ์ โอตรวรรณ. (2558). โครงสร้างจุลภาคของชิ้นส่วนอะลูมิเนียมอัลลอยที่หล่อด้วยแรงดันสูง. วารสารเทคโนโลยีวัสดุ. 1(3) : 45-50.

การหล่อโลหะด้วยแรงดันสูงในแต่ละรอบ (Cycle) หรือที่นิยมเรียกว่า การฉีดในแต่ละช็อต (Shot) อาจจะได้ชิ้นงานเพียงชิ้นเดียวหรือหลายชิ้นขึ้นขึ้นกับการออกแบบแม่พิมพ์ ดังรูปที่ 7



(ก)



(ข)

รูปที่ 7 ตัวอย่างชิ้นงานที่ได้จากการหล่อโลหะด้วยแรงดันสูงในแต่ละรอบ (ก) ชิ้นงานเดียวจากแม่พิมพ์โพรงเดียว (Single-Cavity Die) (ข) ชิ้นงานหลายชิ้นจากแม่พิมพ์หลายโพรง (Multi-Cavity Die)

ที่มา : สมบูรณ์ โอตรวรรณ. (2558). โครงสร้างจุลภาคของชิ้นส่วนอะลูมิเนียมอัลลอยที่หล่อด้วยแรงดันสูง. วารสารเทคโนโลยีวัสดุ. 1(3) : 45-50.

ขั้นตอนการเติมโลหะเหลวเข้าไปในแม่พิมพ์ (ซึ่งคล้ายกับการฉีดด้วยความเร็วสูง) และการเติมเนื้อโลหะเข้าไปขัดเซกการหดตัวด้วยแรงดันสูง ทำให้การหล่อโลหะด้วยแรงดันสูงเหมาะสำหรับการผลิตชิ้นงานที่มีผนังบางและมีรูปร่างซับซ้อน กระบวนการหล่อแบบนี้สามารถผลิตชิ้นงานปริมาณมากได้อย่างรวดเร็ว (ไม่กัวินาที หรือไม่เกินหนึ่งนาที่ต่อการฉีดแต่ละข้อด) และค่อนข้างอัตโนมัติ ดังนั้น แม้ว่าต้นทุนเริ่มต้นสำหรับเครื่องจักร แม่พิมพ์ และอุปกรณ์ต่างๆ จะค่อนข้างสูง แต่ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการผลิต (Operating Cost) จะค่อนข้างต่ำ รูปที่ 8



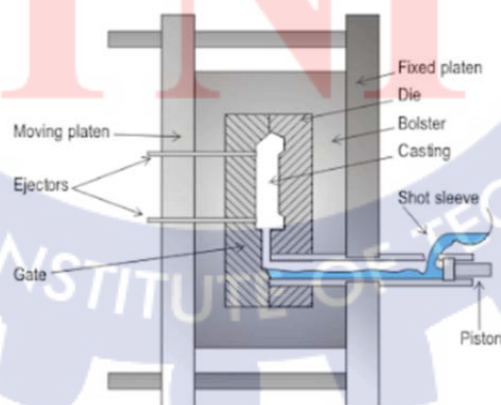
รูปที่ 8 เครื่องหล่อโลหะด้วยแรงดันสูง

ที่มา : สมบูรณ์ โอตวรารณ. (2558). โครงสร้างจุลภาคของชิ้นส่วนอะลูมิเนียมอัลลอยที่หล่อด้วยแรงดันสูง. วารสารเทคโนโลยีวัสดุ. 1(3) : 45-50.

2. ส่วนประกอบทั่วไปของเครื่องฉีดขึ้นรูปอะลูมิเนียมด้วยแรงดันสูง

ลักษณะของเครื่องฉีดขึ้นรูปอะลูมิเนียมด้วยแรงดันสูง จะมีส่วนประกอบที่สำคัญ

ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 ส่วนประกอบของเครื่องฉีดขึ้นรูปอะลูมิเนียมด้วยแรงดันสูง

1. Piston หรือ Plunger เป็นตัวกระทุ้งน้ำโลหะให้ฉีดเข้าไปในแม่พิมพ์โดยมีการกำหนดค่าความดันฉีดภายในเครื่องฉีด ซึ่งค่าความดันแต่ละค่านี้จะแตกต่างกันตามขนาดของแม่พิมพ์และความสามารถของแต่ละเครื่อง

2. Shot Sleeve เป็นส่วนที่อยู่ระหว่างท่อนำส่งอะลูมิเนียม (Sleeve) ที่จะถูกฉีดเข้าไปในแม่พิมพ์ ซึ่ง Shot Sleeve จะต้องมีความกว้างมากพอเมื่อกรวยของน้ำโลหะเทลงในช่อง Shot Sleeve ซึ่งเครื่องฉีดบางเครื่องหากต้องใช้ปริมาณน้ำโลหะเป็นจำนวนมาก ก็จะใช้ช่องส่งน้ำโลหะแบบ Long Sleeve แทน

3. Fix Platen เป็นส่วนของหน้าเครื่องฉีดอะลูมิเนียม ใช้สำหรับติดตั้งแม่พิมพ์ในส่วนที่อยู่กับที่

4. Bolster เป็นแผ่นรองรับด้านหน้าเครื่องฉีด มีไว้สำหรับรับแรงกระแทกเมื่อเครื่องทำการปิดแม่พิมพ์ก่อนทำการฉีด

5. Die หรือ Mold แม่พิมพ์ที่ทำการขึ้นฉีดในเครื่องจะถูกวางในตำแหน่งดังรูปที่ 9

6. Casting เป็นส่วนของแม่พิมพ์ที่จะต้องมีอะลูมิเนียมบรรจุอยู่หลังจากการฉีดซึ่งหลังจากการฉีดอะลูมิเนียมแล้วในส่วนนี้จะกลายเป็นชิ้นงานที่ได้จากการฉีดอะลูมิเนียม

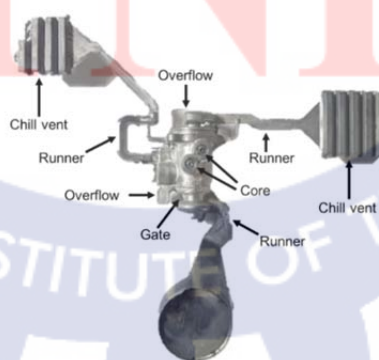
7. Moving Plate เป็นแผ่นรองด้านหลังเครื่องในส่วนที่แม่พิมพ์สามารถเคลื่อนที่ได้

8. Ejectors เป็นส่วนที่ใช้กระทุ้งแม่พิมพ์ให้ Ejectors Pin ดันชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์หลังการฉีดอะลูมิเนียม

9. Gate ทางเข้าของน้ำโลหะเข้าสู่แม่พิมพ์ ซึ่งส่วนของ Gate จะอยู่ที่แม่พิมพ์และขนาดของ Gate ต้องสัมพันธ์กับ Sleeve เพื่อไม่ให้น้ำโลหะรั่วไหลออกมาจากแม่พิมพ์ในขณะทำการฉีดอัดน้ำโลหะเข้าสู่แม่พิมพ์

3. ส่วนประกอบของแม่พิมพ์ฉีดขึ้นรูปอะลูมิเนียมด้วยแรงดันสูง

ส่วนประกอบหลักของแม่พิมพ์ฉีดขึ้นรูปอะลูมิเนียมด้วยแรงดันสูง ประกอบไปด้วยส่วนที่สำคัญ ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 ตัวอย่างส่วนประกอบหลักในแม่พิมพ์ฉีดขึ้นรูปอะลูมิเนียมด้วยแรงดันสูง

1. Gate เกททางเข้าของอะลูมิเนียม มีหน้าที่นำพาน้ำโลหะเข้ามาสู่โพรงแบบภายในแม่พิมพ์

2. Runner เป็นทางวิ่งของน้ำโลหะภายในแม่พิมพ์ ซึ่งลักษณะของการออกแบบต้องคำนึงถึงแรงวิ่งของน้ำโลหะเพื่อที่จะสามารถไหลเข้าเต็มแม่พิมพ์ได้ หากคำนวณขนาดใหญ่หรือเล็กเกินไปก็จะเกิดปัญหาในการฉีดได้

3. Overflow เป็นส่วนเกินของน้ำโลหะที่สามารถไหลเข้าไปในส่วนนี้ เพื่อแก้ปัญหาการฉีดงานไม่เต็มแบบได้ อีกทั้งลดปัญหาการเกิดรูพรุน (Porosity) ภายในเนื้อชิ้นงาน แต่หากออกแบบ Overflow ให้มีจำนวนมากเกินความจำเป็น ก็จะทำให้สูญเสียค่าใช้จ่ายของวัสดุ การสร้างส่วนของ Overflow ต้องคำนึงถึงขอบของชิ้นงานเป็นหลัก หากความแข็งแรงของขอบน้อยเกินไป แต่ Overflow ใหญ่เกินไป เมื่อทำการเคาะออกจะทำให้ชิ้นงานแตกหัก หรือบิ่นไปได้

4. Core เป็นส่วนที่สร้างขึ้นในส่วนของชิ้นงานที่มีรู การสร้าง Core มีทั้งแบบถอดเปลี่ยนได้และแบบเปลี่ยนไม่ได้ ขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่สามารถวาง Core ลงในส่วนของแม่พิมพ์ หากสร้าง Core ที่ไม่สามารถถอดแก้ไขได้ ก็จำเป็นต้องมั่นใจว่าอายุการใช้งานของ Core จะไม่น้อยกว่าอายุการใช้งานของแม่พิมพ์เด็ดขาด ดังนั้นค่าเผื่อของการสร้าง Core แบบตายตัวจะต้องเผื่อให้มากกว่าอายุของแม่พิมพ์ หากสร้าง Core ที่สามารถถอดเปลี่ยนได้ ก็จะตัดปัญหาเมื่อ Core หักหรือสึกหรองจนไม่สามารถซ่อมแซมได้ วัสดุที่ใช้ทำ Core จะต้องมีความสามารถในการไหลตัวได้ดี เนื่องจากหากไม่มีความสามารถนี้แล้วเมื่อทำการถอดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ก็อาจทำให้ชิ้นงานติดอยู่ในแม่พิมพ์ในส่วน Core ได้ การวาง Core แต่ละตำแหน่งในแม่พิมพ์ต้องไม่ให้กระทบถึงการหล่อเย็นของชิ้นงานภายในแม่พิมพ์อีกด้วย

5. Chill Vent เป็นส่วนที่ใช้ระบายอากาศส่วนเกินที่มากับน้ำโลหะ และส่วนเกินจากการอัดแรงเพื่อฉีดน้ำโลหะเข้าให้เต็มแม่พิมพ์ หากไม่มีส่วนนี้ชิ้นงานจะเกิดปัญหารูพรุน (Porosity) ได้มาก และอาจทำให้ชิ้นงานไม่เต็มแบบได้อีกด้วย ส่วนของ Chill Vent สามารถใช้ Air Vent ในการช่วยดูดซับอากาศออกจากชิ้นงานได้ โดยเพิ่ม Vacuum เข้าไปในแม่พิมพ์ เพื่อที่ในจังหวะฉีดและน้ำโลหะเริ่มไหลตัว Vacuum จะช่วยดูดอากาศออกได้อีกทางหนึ่งด้วย

6. Ejector Pin เป็นส่วนที่ใช้กระทุ้งชิ้นงาน Chill vent, Runner และ Over Flow ออกจากแม่พิมพ์ การออกแบบ Ejector ต้องคำนึงถึงตำแหน่งในการวางให้ดี เนื่องจากหากวางผิดตำแหน่งแล้วอาจเกิดปัญหาชิ้นงานยุบตัวได้ ความสำคัญของ Ejector Pin จะต้องมีความแข็งแรงเท่ากับผิวหน้าของชิ้นงานหรือส่วนนั้นๆ หาก Ejector Pin ต่ำหรือสูงเกินไป ก็จะทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพงานได้หลังการฉีด

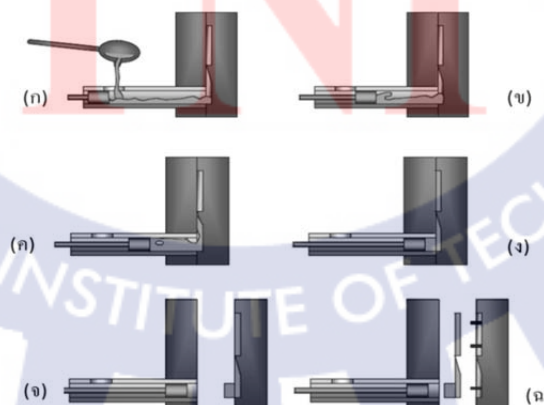
7. ทางเดินของน้ำหล่อเย็น (Cooling System) ทางเดินของน้ำหล่อเย็นภายในแม่พิมพ์จะต้องไม่สร้างความเปราะบางให้กับตัวแม่พิมพ์มากเกินไป เพราะจะเป็นการลดอายุของแม่พิมพ์ลง และทำให้คุณสมบัติของชิ้นงานไม่ดี ปัญหาของท่อและสายน้ำหล่อเย็นจะเกิดขึ้นบ่อยกับการใช้

แม่พิมพ์อะลูมิเนียม เนื่องจากต้องฉีดที่อุณหภูมิสูง จึงต้องคำนวณเวลาการเปลี่ยนสายและการตันของท่อน้ำหล่อเย็นให้ดี เพื่อทำการเปลี่ยนก่อนมีปัญหาเมื่อขึ้นฉีดงานระหว่างผลิต

จะเห็นได้ว่าการออกแบบแม่พิมพ์อะลูมิเนียมจะต้องคำนึงถึงปัจจัยเกี่ยวกับความร้อนและอายุการใช้งานของแต่ละชิ้นส่วนเป็นสำคัญ หากเลือกวัสดุในการทำแม่พิมพ์ที่คุณภาพต่ำเกินไป ก็จะทำให้อายุการใช้งานของแม่พิมพ์สั้นลงไปตาม แต่การใช้งานของแม่พิมพ์ฉีดอะลูมิเนียมจะมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับ การบำรุงรักษาแม่พิมพ์เป็นสำคัญ หากละเลยการตรวจสอบก็จะทำให้เกิดปัญหาในการผลิตมากยิ่งขึ้น จึงจำเป็นจะต้องวางแผนการตรวจสอบก่อนนำแม่พิมพ์ขึ้นผลิตให้ถูกต้องและตรงตามเวลาการบำรุงรักษา เพื่อลดค่าการสูญเสียในการซ่อมแม่พิมพ์และค่าความสูญเสียในการผลิตชิ้นงานเสียออกมาอีกด้วย

4. กลไกการทำงานของกระบวนการฉีดขึ้นรูปอะลูมิเนียมด้วยแรงดันสูง มีลำดับการทำงาน ดังรูปที่ 11

- (ก) ตักน้ำโลหะลงสู่กระบอกลูกสูบ
- (ข) ลูกสูบเคลื่อนที่ไปข้างหน้าด้วยความเร็วต่ำ (Slow Shot Speed) เพื่อดันน้ำโลหะเข้าสู่ระบบจ่ายน้ำโลหะ (Gating System)
- (ค) ลูกสูบเคลื่อนที่ไปข้างหน้าด้วยความเร็วสูง (Fast Shot Speed) เพื่อฉีดน้ำโลหะเข้าสู่แควตีของแม่พิมพ์
- (ง) ความดันจากถังเก็บความดัน (Accumulator) ถ่ายผ่านลูกสูบไปยังน้ำโลหะที่อยู่ในแควตีของแม่พิมพ์
- (จ) แม่พิมพ์เปิดและชิ้นงานติดไปกับแม่พิมพ์ฝั่งเคลื่อนที่ได้ (Moving Die)
- (ฉ) เข็มกระทุ้ง (Ejector Pin) ทำหน้าที่ผลักชิ้นงานออกจากแควตี (Cavity) ของแม่พิมพ์ (พริกิตตี วิริยะรัตน์ศักดิ์. 2552)



รูปที่ 11 กลไกการทำงานของกระบวนการฉีดขึ้นรูปอะลูมิเนียมด้วยแรงดันสูง

5. มาตรการแก้ไขปัญหาโพรงหรือรูพรุนในงานหล่อ

ชนิดของปัญหาโพรงหรือรูพรุนในเนื้อชิ้นงาน มี 2 ชนิด แบ่งตามสาเหตุการเกิด คือ

1. โพรงแก๊ส หรือ โพรงอากาศ (Gas Porosity) คือ โพรงหรือรูพรุนที่เกิดจากแก๊สหรืออากาศตกค้างอยู่ในแม่พิมพ์หรือในน้ำอะลูมิเนียม รูปร่างลักษณะของโพรงแก๊ส มีรูปร่างค่อนข้างกลมไม่ซับซ้อน ขอบเรียบผิวเรียบ ขนาดเล็ก อยู่รวมกันเป็นกลุ่ม ดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 ตัวอย่างของโพรงแก๊ส หรือโพรงอากาศ (Gas Porosity)

ที่มา : บริษัท โตชิบา แมชชีนเนอร์รี่ จำกัด. (2562). การควบคุมเครื่องฉีดไดคาสติงกับมาตรการแก้ไขโพรงในงานหล่อ. หน้า 18.

สาเหตุหลักของแก๊ส มีดังนี้

1. ประเภทแก๊สคาร์บอน (C) เป็นส่วนผสมที่เหลือจากการเผาไหม้ของ Tip Lubricant, Die Lubricant เป็นต้น
2. ประเภทแก๊สไนโตรเจน (N₂) เป็นองค์ประกอบจากฟองอากาศที่ปนในโพรงแบบ
3. ประเภทแก๊สไฮโดรเจน (H₂) มาจากน้ำในน้ำยาสเปรย์แม่พิมพ์ น้ำหล่อเย็นที่รั่วหรือแก๊สไฮโดรเจนที่ละลายอยู่ในน้ำอะลูมิเนียม

แนวทางการป้องกันและแก้ไข มีดังนี้

1. ติดตั้ง Chill Vent เพื่อเพิ่มปริมาณการระบายแก๊สออก
2. การประยุกต์ใช้ Vacuum Die Casting
3. ปรับการออกแบบ Gating System ให้เหมาะสม
4. การควบคุมคุณภาพน้ำหล่อ เช่น สารมันนิน ปริมาณแก๊สผสม

2. โพรงหดตัว (Shrinkage Porosity) คือ โพรงหรือรูพรุนที่เกิดจากการหดตัวของน้ำอะลูมิเนียมหลังจากการเย็นตัว จากผิวด้านนอกสู่ด้านใน ทำให้เกิดเป็นโพรงหดตัวขึ้นบริเวณใจกลางชิ้นงานตรงส่วนที่แข็งตัวหลังสุด รูปร่างลักษณะของโพรงหดตัว มีรูปร่างค่อนข้างซับซ้อน ขอบไม่เรียบ ขนาดใหญ่หรือยาว ดังรูปที่ 13



รูปที่ 13 ตัวอย่างของโพรงหดตัว (Shrinkage Porosity)

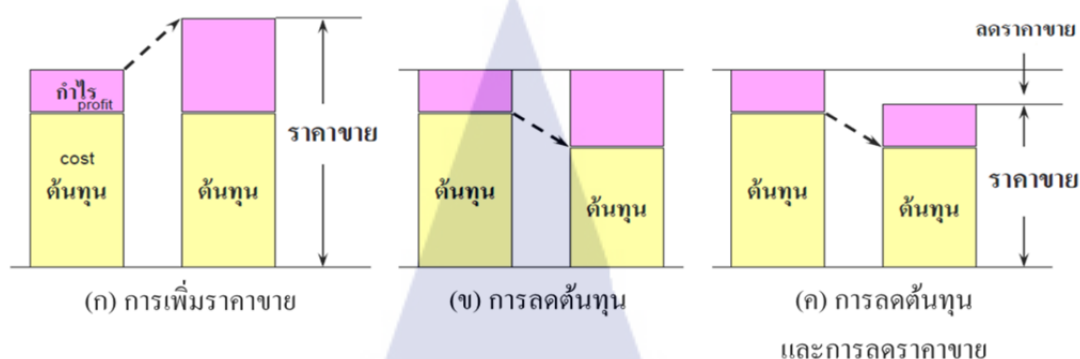
ที่มา : บริษัท โตชิบา แมชชีนเนอร์ จำกัด. (2562). การควบคุมเครื่องฉีดไดคาสติงกับมาตรการแก้ไขโพรงในงานหล่อ. หน้า 20.

แนวทางการป้องกันและแก้ไข มีดังนี้

1. ลดอุณหภูมิแม่พิมพ์ ณ บริเวณที่เกิดโพรงหดตัว
2. ติดตั้ง Core Pin
3. ลดอุณหภูมิของน้ำโลหะให้ต่ำลง
4. ประยุกต์ใช้ Squeeze Pin
5. ปรับการออกแบบ Gating System
6. ปรับ Casting Condition ให้เหมาะสม
7. การควบคุมคุณภาพน้ำโลหะ เช่น สารমনทิน ปริมาณแก๊สผสม

แนวคิดเกี่ยวกับต้นทุน

แนวคิดเนื้อหาเกี่ยวกับองค์ประกอบของราคาขายคือ ต้นทุนบวกกับกำไร หากต้องการเพิ่มกำไรจะทำได้ 2 วิธี ดังแสดงในรูปที่ 14



รูปที่ 14 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความสามารถการลดต้นทุน

ที่มา : วิจิตร ภัคพรหมินทร์. (2561). การผลิตแบบโตโยต้าเชิงปฏิบัติการ (Toyota Production System). หน้า 45.

วิธีที่ 1 คือ การเพิ่มราคาขาย วิธีนี้จะได้ผลดีมากกับบริษัทที่ผูกขาดสินค้าชนิดนั้น หรือ ไม่มีการคู่แข่งทางการค้า ดังรูปที่ 14 (ก)

วิธีที่ 2 คือ การลดต้นทุน ซึ่งผลที่ได้ก็คือส่วนที่เป็นกำไรก็จะเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 14 (ข) อีกทั้งการลดต้นทุนจะช่วยสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันขององค์กร เช่น สามารถลดราคาขายแต่ยังคงรักษากำไรไว้เท่าเดิม ดังรูปที่ 14 (ค) ดังนั้น ถ้าต้องการลดต้นทุนก็จำเป็นต้องกำจัดความสูญเสียและความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นจาก 3 สิ่งนี้ คือ มุตะ มุระ มูริ (หลักการ 3 MU) (วิจิตร ภัคพรหมินทร์. 2561)

ไคเซ็น (Kaizen)

1. ความหมายของไคเซ็น

คำว่า “ไคเซ็น (Kaizen)” เกิดขึ้นจากระบบการผลิตของโตโยต้าราวปี 1970 และเป็นที่ยอมรับไปทั่วโลกจากการเผยแพร่ของ มาซาอะกิ อิมายิ (Masaaki Imai) ในหนังสือชื่อว่า “ไคเซ็น - กุญแจสู่ความสำเร็จในการแข่งขันของญี่ปุ่น (1986)” ประกอบด้วยคำในภาษาญี่ปุ่นสองคำ ได้แก่ “ไค (Kai)” หมายถึง “การเปลี่ยนแปลง” และ “เซ็น (Zen)” หมายถึง “ดี” ดังนั้นคำว่า “ไคเซ็น (Kaizen)” จึงหมายถึง “การเปลี่ยนแปลงให้ดีขึ้น” หรือ “การปรับปรุงให้ดีขึ้น” โดยในเวลาต่อมาได้มีการอธิบายคำนิยามเพิ่มเติมเกี่ยวกับคำว่า “ไคเซ็น” ตามมุมมองและบริบทที่นำไปใช้ ดังนี้

บรูเน็ต; และนิว (Brunet; and New. 2003) กล่าวว่า “ไคเซ็น” คือ การทำกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งที่เกี่ยวข้องทุกคนมีบทบาทเฉพาะในการกำหนดและสร้างความมั่นใจให้การปรับปรุงนำไปสู่เป้าหมายขององค์กรอย่างต่อเนื่อง

บุรณะศักดิ์ มาดหมาย (2551) กล่าวว่า “ไคเซ็น” คือ การปรับปรุงสิ่งเล็กๆ น้อยๆ ที่เกิดขึ้นจากความพยายามอย่างต่อเนื่อง โดยอาจเป็นการปรับปรุงจากมาตรฐานเดิมที่มีอยู่ให้ดีขึ้น รวมถึงการปรับปรุงการทำงานประจำวันให้ดียิ่งขึ้นแบบค่อยเป็นค่อยไป ซึ่งการปรับปรุงดังกล่าวนี้ อาจไม่จำเป็นต้องใช้เทคนิคพิเศษใดๆ แต่ต้องอาศัยสามัญสำนึกของพนักงานทุกระดับในองค์กร

ยาสุฮิโกะ โยชิฮาระ (2552) กล่าวว่า “ไคเซ็น” หรือ การปรับปรุงให้ดีขึ้น คือ ความสุข และความสนุกสนานของการคิดค้นเพื่อพัฒนาสิ่งต่างๆ ให้ดีขึ้น โดยมีจุดมุ่งหมายให้การทำงานมีความถูกต้อง รวดเร็ว ประหยัด ปลอดภัย สบาย และสนุก

เวนคะไทอา; และซาจิ (Venkataiah; and Sagi. 2012) “ไคเซ็น” คือ เครื่องมือส่วนหนึ่งของระบบลินที่ช่วยให้การดำเนินงานมีความกระชับราบรื่นมากขึ้น โดยการหยุดทำกิจกรรมที่สิ้นเปลือง และไม่มีคุณค่าบนบริบทของการพิจารณาในมุมมองของลูกค้า

โกลเวอร์; และคณะ (Glover; et al. 2013) ระบุว่า “ไคเซ็น” คือ วัฒนธรรมองค์กรซึ่งสนับสนุนกระบวนการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง โดยไม่เพียงมุ่งเน้นที่การปฏิบัติกิจกรรมการปรับปรุงเท่านั้น แต่ยังรวมไปถึงการปรับปรุงทุกสิ่งที่เกิดขึ้นในการดำเนินงานประจำวันในทุกๆ วันอีกด้วย

จากคำนิยามและคำอธิบายต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า กิจกรรมการปรับปรุงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง หมายถึง วัฒนธรรมการปรับปรุงงานเชิงกระบวนการแบบค่อยเป็นค่อยไปอย่างต่อเนื่องในทุกๆ วัน ผ่านการใช้ความคิดสร้างสรรค์และการมีส่วนร่วมของบุคลากรทุกระดับในองค์กรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและคุณภาพของผลลัพธ์ให้ดีขึ้นในระยะยาวอย่างยั่งยืน

2. ขั้นตอนในการปรับปรุงงานแบบไคเซ็น

ควรกำหนดการดำเนินเรื่องไว้ก่อน การดำเนินเรื่องของไคเซ็นนั้นแบ่งออกได้โดยขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของหัวเรื่อง ดังนี้

1. ไคเซ็นที่ดำเนินเรื่องด้วยการ “ดู”

กรณีที่หัวเรื่องไม่ซับซ้อน เมื่อมองหัวเรื่องก็จะเห็นประเด็นปัญหาทันที และรู้แนวทางการทำไคเซ็นได้เลย แต่อย่างไรก็ตามก็ต้องจับประเด็นปัญหาให้ถูกต้องและออกความคิดเห็นอย่างหลากหลายด้วย โดยมีสิ่งสำคัญคือ การดำเนินการไคเซ็นบนพื้นฐานความเข้าใจเรื่อง “การค้นหาค้นหาประเด็นปัญหาและสาเหตุ” และ “การกำหนดแนวทางและลงมือปฏิบัติไคเซ็น”

2. ไคเซ็นที่ดำเนินเรื่องตาม “ลำดับ”

กรณีที่หัวเรื่องซับซ้อนขึ้นเล็กน้อย การดำเนินขั้นตอนตามลำดับดังต่อไปนี้จะก่อให้เกิดผลสำเร็จได้ โดยห้ามลดหรือละทิ้งลำดับเหล่านี้เด็ดขาด ซึ่งการดำเนินการตามลำดับนี้ อย่างมั่นคงที่ละก้าวจะนำไปสู่เส้นทางแห่งความสำเร็จได้

- 2.1 จับประเด็นความต้องการของไคเซ็น
- 2.2 กำหนดหัวเรื่องไคเซ็น กำหนดเป็นหัวเรื่องแบบแก้ไข หรือ หัวเรื่องแบบทดลอง
สิ่งใหม่
- 2.3 ค้นหาประเด็นปัญหา นำประเด็นปัญหาออกมา และค้นหาสาเหตุ
- 2.4 สร้างแนวทางไคเซ็น
- 2.5 ลงมือปฏิบัติตามแนวทางไคเซ็นนั้น
- 2.6 การตรวจสอบผลไคเซ็น

3. ไคเซ็นที่ดำเนินเรื่องด้วย “QC Story”

QC Story ที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในกิจกรรมกลุ่มย่อย (เช่น QC Circle) นั้นได้สรุปขั้นตอนของไคเซ็นอย่างย่อๆ ไว้ดังนี้ ซึ่งถ้านำสิ่งเหล่านี้มาประยุกต์ใช้ก็สามารถดำเนินการไคเซ็นได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ QC Story ยังเกี่ยวข้องกับเรื่องเครื่องมือ 7 ประการของ QC ซึ่งเป็นเรื่องราวไคเซ็นที่เข้าใจและประยุกต์ใช้ได้ง่าย

3.1 กำหนดหัวเรื่อง โดยค้นหาประเด็นปัญหาจากฐานข้อมูล เช่น ข้อมูลของเสีย โดยใช้แผนภูมิแท่งในการวิเคราะห์ แล้วเลือกเฟ้นหัวเรื่องจากความสำคัญ

3.2 ทำความเข้าใจสภาพปัจจุบัน โดยรวบรวมข้อมูลของ “สภาพความจริง” เช่น การแสดง “ความยากลำบาก” ออกมาเป็นคำพูด เป็นแผนภูมิหรือตัวเลข การแสดงปัญหาออกมาในรูปของแผนภูมิแท่งเพื่อให้รู้ประเด็นปัญหาหรือการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางระยะเวลาด้วยกราฟเส้น และการทำความเข้าใจความสัมพันธ์ของลักษณะพิเศษด้วยกราฟกระจาย

3.3 ค้นหาปัจจัยของประเด็นปัญหา แบ่งระดับของข้อมูลโดยใช้กราฟแท่งแสดงความถี่หรือกราฟกระจาย แล้วดึงปัจจัยปัญหาออกมา จากนั้นทำผังก้างปลาเพื่อรวบรวมสิ่งที่อาจกลายเป็นปัจจัยต่อไปเอาไว้

3.4 วิเคราะห์ปัจจัย แล้วพิจารณาแนวทางไคเซ็นโดยใช้กฎพื้นฐานต่างๆ เช่น ECRS แล้วใช้เทคนิคการแสดงความคิดเห็นต่างๆ เช่น Brain Storming

3.5 สร้างแนวทางไคเซ็น โดยจัดมาตรการของแนวทางต่างๆ แล้วประเมินดู จากนั้นรวบรวมแนวทางการทำไคเซ็น

3.6 ลงมือปฏิบัติตามแนวทางไคเซ็นที่วางไว้ วางแผนการลงมือทำไคเซ็น จากนั้นลงมือปฏิบัติ

3.7 ตรวจสอบผลการปฏิบัติและประสิทธิผล โดยเปรียบเทียบผลที่ได้กับก่อนทำไคเซ็น แล้วพิจารณาว่าจำเป็นต้องทำไคเซ็นซ้ำอีกหรือไม่

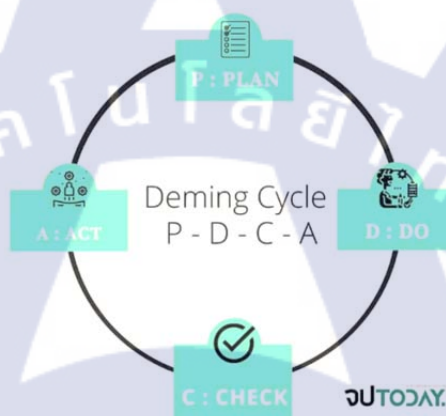
3.8 ตีรังผลให้คงที่ วางแผนตีรังผลของไคเซ็นให้คงไว้ โดยการทำแนวทางไคเซ็นให้เป็นมาตรฐาน และเตรียมระบบการตรวจเช็คสภาพการลงมือปฏิบัติตามแนวทางไคเซ็นเอาไว้ (ยาสุฮิโกะ โยชิฮาระ. 2552)

3. เครื่องมือสำหรับไคเซ็น

ไคเซ็นมีเป้าหมายเพื่อสร้างประสิทธิภาพและประสิทธิผล รูปแบบการดำเนินการผ่านการส่งเสริมสภาพแวดล้อมการทำงานที่ดีสำหรับพนักงาน พร้อมกับการเรียนรู้ หาสาเหตุของปัญหา และแก้ไข ของผู้บริหารร่วมกับผู้ปฏิบัติงาน โดยมีเครื่องมือที่ใช้ ดังนี้

3.1 วงจร PDCA (Deming Cycle)

การทำไคเซ็นตามวงจร PDCA เป็นกิจกรรมพื้นฐานในการพัฒนาประสิทธิภาพ และคุณภาพของการดำเนินงาน ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังรูปที่ 15



รูปที่ 15 วงจร PDCA หรือ Deming Cycle

ที่มา : บริษัท จป ทูเดย์ จำกัด. (2567). **Kaizen**. ออนไลน์.

P : Plan คือ ขั้นตอนการเก็บข้อมูล และวางแผน กำหนดขั้นตอนการลงมือ

D : DO คือ การนำแผนงาน และวิธีการที่ได้กำหนดไว้ มาลงมือปฏิบัติ

C : Check คือ การตรวจสอบความคืบหน้า และผลลัพธ์หลังจากที่ได้ลงมือไปแล้ว

A : Action คือ การปรับปรุงหรือปรับเปลี่ยนวิธีการ หรือทรัพยากรบางอย่างเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีขึ้น (วิจิษฐ์ ภัคพรหมินทร์. 2561)

หลักการ 3มู (3MU)

เป้าหมายที่สำคัญที่สุดประการหนึ่งของการผลิตแบบลีนคือการกำจัดของเสีย ไทอิจิ โอโนะบิตาแห่งระบบการผลิตของโตโยต้า (TPS) กล่าวถึงกิจกรรม 3 ประเภทซึ่งเป็นสาเหตุการใช้ทรัพยากรอย่างไม่มีประสิทธิภาพ ได้แก่ Muda, Mura และ Muri (ปิยนันท์ สวัสดิ์ศฤงคาร. 2564)

3MU คือ แนวคิดเกี่ยวกับสาเหตุสำคัญที่ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการผลิตสินค้าหรือบริการลดลง ซึ่งถ้าหากว่ากระบวนการผลิตสามารถกำจัดทั้ง 3 Mu ออกไปได้ก็จะช่วยให้กระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยที่มาของชื่อ 3Mu ย่อมาจากภาษาญี่ปุ่น 3 คำ ได้แก่

มูตะ (Muda) คือ ความสูญเปล่า (Waste) ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต อธิบายได้ง่ายกว่านั้น Muda คือสิ่งที่ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นในขณะที่ไม่ได้ทำให้ผลผลิตมากขึ้นหรือประสิทธิภาพสูงขึ้นแต่อย่างใด อีกทั้งยังไม่ได้สร้างมูลค่าเพิ่ม (Value Added) ให้กับสินค้าอีกด้วย ดังนั้น ในทางกลับกันการกำจัดความสูญเปล่าหรือ Muda ออกไปจากกระบวนการผลิตจะทำให้กระบวนการผลิตมีต้นทุนที่ต่ำลง โดยที่ไม่ทำให้ประสิทธิภาพลดลง และต้นทุนที่ลดต่ำลงก็จะส่งผลให้กำไรสูงขึ้น Muda คือ แนวคิดที่หลายคนอาจคุ้นเคยดีในชื่อแนวคิด 7 Waste หรือ ความสูญเสีย 7 ประการ ที่ประกอบด้วย

1. ความสูญเสียจากการเก็บวัสดุคงคลัง (Inventory)
2. ความสูญเสียจากการผลิตมากเกินไป (Overproduction)
3. ความสูญเสียจากการเคลื่อนไหว (Motion)
4. ความสูญเสียจากการรอคอย (Delay)
5. ความสูญเสียจากการผลิตของเสีย (Defect)
6. ความสูญเสียจากการขนส่ง (Transportation)
7. ความสูญเสียจากกระบวนการผลิต (Processing)

มูระ (Mura) คือ ความไม่สม่ำเสมอของการดำเนินงาน (Unevenness) เป็นสิ่งที่จะส่งผลต่อคุณภาพของงานทำให้งานออกมามีประสิทธิภาพที่ไม่สม่ำเสมอ เป็นสิ่งที่จะทำให้สินค้าหรือบริการออกมาไม่ได้มาตรฐานปัญหาที่เกิดจาก Mura เปรียบเทียบได้กับร้านอาหารที่มีรสชาติไม่สม่ำเสมอ เพราะร้านไม่มีสูตรหรือการตวงที่ชัดเจน สำหรับ Mura หรือความไม่สม่ำเสมอในการดำเนินงาน (Unevenness) ที่พบได้บ่อย ได้แก่ การเลือกใช้คนเพื่อทำงานแต่ละงานที่ไม่สม่ำเสมอ ตัวอย่างเช่น วันหนึ่งพนักงาน A ทำงานเอกสารอย่างหนึ่ง อีกวันสลับไปทำงานเอกสารอีกอย่างหนึ่ง ทำให้แทนที่ A จะได้ทำงานที่ถนัดเสร็จอย่างรวดเร็ว กลับต้องไปทำงานที่ไม่ถนัดและทำได้ช้า แนวทางหรือขั้นตอนในการดำเนินงานที่ไม่สม่ำเสมอ ตัวอย่างเช่น เมื่อวานในการผลิตสินค้า A ใช้วิธีหนึ่ง แต่วันนี้ใช้วิธีหนึ่งในการผลิตและวันถัดมาก็ใช้วิธีใหม่ ซึ่งจะส่งผลให้สินค้าหรือบริการออกไม่มีมาตรฐาน และเกิดความสับสนในการดำเนินงานจนนำไปสู่ความผิดพลาด ปริมาณงานที่ไม่สม่ำเสมอ ปริมาณงานที่ไม่สม่ำเสมอที่ต้องทำในแต่ละวันไม่ว่ามากหรือน้อยเกินไปจะส่งผลต่อต้นทุน อย่างการใช้งานเครื่องจักรที่อาจจะผลิตได้น้อยไม่คุ้มกับการเดินสายการผลิตแต่ละครั้งจะทำให้เกิดการผลิตที่ไม่คุ้มค่ากับต้นทุนที่เกิดขึ้น ส่วนการผลิตที่มากเกินไปในเวลาเท่าเดิมก็จะนำไปสู่ความผิดพลาด

มูริ (Muri) คือ การทำสิ่งที่เกินกำลัง (Overburden) ซึ่งการทำงานที่เกินกำลังจะส่งผลให้เกิดความผิดพลาดซึ่งนำไปสู่การดำเนินงานที่ไม่มีประสิทธิภาพ หรือเกิดการบาดเจ็บจนทำให้การผลิตต้องหยุดชะงัก เหมือนกับการคนที่ฝืนทำอะไรที่เกินความสามารถของตนเอง นอกจากนี้ การ

ทำงานที่เกินกำลัง (Muri) ยังส่งผลให้เกิดความตึงเครียด และส่งผลถึงขวัญกำลังใจในการทำงานจากความเหนื่อยที่เกิดขึ้นจากการทำงานที่เกินกำลังตัวเอง เพราะพนักงานที่รับผิดชอบจะรู้สึกเองว่าเป็นงานที่มีโอกาสสำเร็จต่ำ ในขณะที่พวกเขาจะปฏิเสธก็ไม่ได้ (คริส ไพโรจน์. 2561)

หลักการ 5 Gen

วิจิณัฐ ภักพรหมินทร์ (2561 : 12; อ้างอิงจาก ชนิษฐา ทรงจักรแก้ว. 2555) ได้กล่าวว่า โทโมโซ โกบาตะ เป็นผู้นำหลักการ 5GEN มาใช้เป็นระบบบริหารจัดการในกระบวนการผลิต มีองค์ประกอบ ดังนี้

1. Genba (เกินปะ) คือ พื้นที่จริง สถานที่หรือหน่วยงานจริง หมายถึง การลงไปสำรวจที่พื้นที่จริงหรือหน่วยงานจริงที่เกิดปัญหา เช่น ภายในโรงงานผลิต, พื้นที่จัดเก็บสินค้า, พื้นที่ตรวจสอบสินค้า และอื่นๆ

2. Genbutsu (เกินบุสึ) คือ สิ่งของ หรือชิ้นงานที่เป็นตัวปัญหาจริง หมายถึง การไปดูสังเกต และจับต้องชิ้นงานที่ผลิตได้จริง หรือ ตัวสินค้าที่จัดเก็บอยู่จริง หรือ ชิ้นงานที่กำลังถูกตรวจสอบอยู่

3. Genjitsu (เกินจิสึ) คือ สถานการณ์จริงในการปฏิบัติงาน หมายถึง ทบทวนเหตุการณ์หรือสถานะการณ์ที่เกิดปัญหาจริง เช่น สภาพแวดล้อม กระบวนการหรือขั้นตอนการทำงาน หรือ ช่วงเวลาผลิตชิ้นงานที่มักเสียบ่อยๆ หรือที่เกิดปัญหาได้บ่อยๆ เป็นต้น

4. Genri (เกินริ) คือ หลักการทางทฤษฎี หมายถึง หลักการหรือทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในการทำงานหรือมาตรฐานการผลิตในปัจจุบัน หรือสมมุติฐานในการแก้ไขหรือตรวจสอบ สูตรการผลิตหรือส่วนประกอบในการผลิตที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ที่สามารถอธิบายเหตุการณ์ต่างๆ ได้

5. Gensoku (เกินโซคุ) คือ ระเบียบกฎเกณฑ์ หรือเงื่อนไขประกอบที่เกี่ยวข้อง หมายถึง ข้อจำกัด ข้อตกลง หรือระเบียบข้อบังคับพื้นฐาน หรือหลักเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลา

ซึ่ง โทโมโซ โกบาตะ ได้นำเอาหลักความคิด 2 Gen คือ หลักการทางทฤษฎี (Genri) และระเบียบกฎเกณฑ์การปฏิบัติ (Gensoku) ซึ่งเป็นระเบียบข้อบังคับพื้นฐานหรือหลักเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงตามกาลเวลามาใช้สนับสนุนและเป็นมาตรฐานในการตัดสินใจร่วมกับอีก 3 Gen คือ การผลิตในสถานที่หรือพื้นที่จริง (Genba) ของจริง (Genbutsu) และสถานการณ์จริง (Genjitsu) กลายเป็น “หลักการ 5 Gen เพื่อการวิเคราะห์หาวิธีการแก้ปัญหาให้ตรงจุดที่สุด” (Problem Solving on Root Cause Analysis) ซึ่งสิ่งสำคัญจะต้องอยู่บนพื้นฐานการบริหารบนข้อเท็จจริง (Management by FACT) ดังรูปที่ 16



รูปที่ 16 องค์ประกอบของหลักการ 5 Gen

โทโมโซ โกบาตะ มองเห็นว่า มีคนจำนวนมากที่นำหลัก 3 Gen คือ Genba Genbutsu และ Genjitsu ไปใช้ในการปฏิบัติจริง แต่เมื่อจะตัดสินใจหรือแก้ปัญหาการปฏิบัติงานกลับมักจะใช้เพียงความคิดและประสบการณ์ที่ตนเองเคยผ่านมาและตัดสินใจด้วยความเคยชินและรวดเร็ว ขาดการนำหลัก 2 Gen คือ หลักการทางทฤษฎี (Genri) และ ระเบียบกฎเกณฑ์ในการปฏิบัติ (Gensoku) มาเป็นฐานสนับสนุนการคิด การสังเกตและการพิจารณาตัวปัญหาอย่างละเอียดถี่ถ้วนทำให้ผลการตัดสินใจนั้นไม่อาจจัดว่าเป็นการก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสมได้ เขามองว่าพัฒนาการคือการเปลี่ยนแปลงและการเปลี่ยนแปลงที่นับว่าเป็นพัฒนาการได้นั้นจะต้องก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่ม (Value Added) ซึ่งจะเกิดขึ้นได้ต่อเมื่อการเปลี่ยนแปลงนั้นจะต้องสอดคล้องกับหลักการทางทฤษฎี และระเบียบกฎเกณฑ์การปฏิบัติ (วิจิตรัฐ ภัคพรหมินทร์. 2561)

QC Story

เทคนิคการควบคุมคุณภาพ ได้ถูกแนะนำสู่ญี่ปุ่น จากสหรัฐอเมริกา ตั้งแต่หลังสงครามโลกครั้งที่ 2 ไม่นาน ผ่านกิจกรรมต่างๆ ศาสตราจารย์โยชิคาว่า ได้เผยแพร่และขยายการควบคุมคุณภาพไปสู่อุตสาหกรรมญี่ปุ่นร่วมกับ ผู้เชี่ยวชาญการควบคุมคุณภาพที่มีจิตใจที่คล้ายคลึงกัน ได้แก่ ศาสตราจารย์ Shigeru Mizuno ศาสตราจารย์ Tetsuichi Asaka ศาสตราจารย์ Masao Kogure

เป็นผู้นำเอาการวิจัยไปสู่การพัฒนาระบบการควบคุมคุณภาพ ซึ่งมีความเหมาะสมมากขึ้นกับอุตสาหกรรมญี่ปุ่น ท่านเริ่มต้นความคิดของ Total Quality Control (TQC) ระบบการควบคุมคุณภาพทั่วทั้งองค์กร ซึ่งทำให้คนในองค์กรมีส่วนร่วม ตั้งแต่ผู้บริหารระดับสูง จนถึง ผู้ปฏิบัติงาน ที่หน้างานจริง ในปี 1948 Union of Japanese Scientists and Engineers (JUSE) ได้ก่อตั้งกลุ่มวิจัยการควบคุมคุณภาพขึ้นเรียกว่า กลุ่มวิจัยการควบคุมคุณภาพ (Quality Control Research Group-QCRG) ในกระบวนการสร้าง TQC ศาสตราจารย์อิชิกวาเสนอรูปแบบของ QC Circle เพื่อให้การศึกษาแก่พนักงาน และได้รับหน้าที่หัวหน้าบรรณาธิการของ Genba To QC-Magazine (Foremen and QC) (เปลี่ยนชื่อเป็น FQC แล้วเปลี่ยนเป็น QC Circle) จากนั้นในปี 1962 จนกระทั่งท่านถึงแก่กรรม

ในขั้นตอนการดำเนินการแก้ปัญหาของกลุ่ม QCC จะต้องมีการลำดับเรื่องราวตามขั้นตอนการพัฒนาคุณภาพและเรียกการดำเนินการดังกล่าวนี้ว่า คิวซีสตอรี (QC Story) ซึ่งเป็นกระบวนการที่มุ่งสู่การแก้ไขปัญหาภายใต้เงื่อนไขการพัฒนาบุคลากรให้เข้าใจถึงหลักการในการบริหารโครงการด้วยวงจร PDCA โดย คิวซีสตอรี (QC Story) ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. การค้นหาปัญหาและคัดเลือกหัวข้อ ในการเลือกปัญหาจะเลือกบนองค์ประกอบ 3 ประการ คือ ความถี่ของการเกิดปัญหา ความรุนแรงของปัญหา และความเป็นไปได้ในการแก้ไข ปัญหา
2. การสำรวจสภาพปัจจุบันและกำหนดเป้าหมาย การสังเกตการณ์ในประเด็นเกี่ยวกับอาการ สถานที่ เวลา และความรุนแรง เพื่อกำหนด แนวทางว่าจะดำเนินการแก้ไขปัญหาอย่างไร และถ้าหากแก้ไขได้จริงจะมีผลต่อปัญหามากน้อยเพียงใด ก็สามารถนำตัวเลขดังกล่าวไปกำหนดเป้าหมายสำหรับการแก้ปัญหาได้
3. การวางแผนดำเนินกิจกรรม การวางแผนโครงการวิเคราะห์และแก้ปัญหา โดยอาศัยสารสนเทศจากที่สังเกตการณ์ได้และให้แสดงผลลงในแผนภูมิของแกนต์ ซึ่งแผนภูมินี้นอกจากจะใช้วางแผนโครงการแล้วยังสามารถเผ้าพินิจเพื่อควบคุมโครงการด้วย
4. การวิเคราะห์หาสาเหตุ ด้วยการระดมสมองผ่านการสังเกตการณ์จากหลักการ 3 จริง คือ ไปสถานที่จริง เพื่อสังเกตปัญหาจริง ภายใต้อสภาพแวดล้อมจริง เพื่อสร้างสมมุติฐานของสาเหตุ จากนั้นให้ดำเนินการพิสูจน์ด้วยเครื่องมือทางสถิติที่เหมาะสม
5. การวางแผนการแก้ไขและการปฏิบัติตามมาตรการแก้ไข กำหนดมาตรการตอบโต้และปฏิบัติ ซึ่งได้มาจากการระดมสมองโดยใช้ชุดเครื่องมือคุณภาพ 7 ประการ (QC 7 Tools) หรือการใช้หลักการของการปรับปรุงให้ง่าย คือ หลักการ 5W1H และ ECRS เพื่อกำหนดมาตรการตอบโต้และเลือกมาตรการที่เหมาะสม โดยคำนึงถึงความเป็นไปได้ทางเทคนิคและเศรษฐศาสตร์
6. การตรวจสอบผลและประเมินผลการแก้ไข การติดตามผล เพื่อพิจารณาถึงการปรับเปลี่ยนการทำงาน และพิจารณาข้อมูลเพื่อแสดงสถานะเสถียรภาพของกระบวนการ จากนั้นให้เปรียบเทียบผลก่อนและหลังการแก้ไข

7. การกำหนดมาตรฐาน การทำให้เป็นมาตรฐาน เพื่อจุดประสงค์ในการรักษาสภาพของมาตรการตอบโต้ที่ประยุกต์ใช้ไปแล้วให้ดำรงไว้ในระบบเพื่อมิให้ปัญหาเกิดขึ้นซ้ำอีก ทั้งนี้รวมถึงการประเมินผลหลังการแก้ไขเพื่อเลือกหัวข้อปัญหาสำหรับการแก้ไขปัญหาดังต่อไปด้วย (วิจิษฐ์ ภัคพรหมินทร์. 2561)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จูราจ รุซบาร์สกี; และสเตฟาน กัสปาร์ (Juraj Ruzbarsky; and Stefan Gaspar. 2023) ได้ทำการศึกษาหัวข้อการวิเคราะห์พารามิเตอร์การผลิตที่เลือกสำหรับคุณภาพของการหล่อด้วยแรงดันเป็นเครื่องมือในการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน (Analysis of Selected Production Parameters for the Quality of Pressure Castings as a Tool to Increase Competitiveness) จากการศึกษาพบว่า การวิจัยที่ดำเนินการในบทความนี้เน้นย้ำถึงความสำคัญของแรงดันหรือแรงกดค้ำในโพรงแม่พิมพ์ซึ่งเป็นพารามิเตอร์การผลิตที่สำคัญในกระบวนการหล่อด้วยแรงดันสูงสำหรับอัลลอยด์ Al-Si การทดลองเผยให้เห็นความสัมพันธ์โดยตรงระหว่างแรงกดหรือแรงกดค้ำไว้ในโพรงแม่พิมพ์กับคุณสมบัติทางกลของการหล่อ รวมถึงความต้านทานแรงดึงสูงสุด เปอร์เซ็นต์ส่วนแบ่งของรูพรุน และโครงสร้างของโลหะผสม ผลการทดลองพบว่าการเพิ่มความดันหรือแรงกดค้ำในช่องแม่พิมพ์ส่งผลให้มีการเพิ่มขึ้นของความต้านทานแรงดึงสูงสุดและลดความพรุนของการหล่อแรงกดค้ำที่สูงขึ้นหรือแรงกดค้ำที่ยังส่งผลให้รูพรุนในการหล่อถูกกำจัดออกไป ซึ่งได้รับการปรับปรุงเพิ่มเติมคุณสมบัติทางกลของชิ้นงานเพิ่มความต้านทานแรงดึงสูงสุดและการลดความพรุนนั้นเป็นผลมาจากการเติมโพรงแม่พิมพ์ที่ดีขึ้น ซึ่งนำไปสู่การลดการกักเก็บอากาศและความพรุนในการหล่อโดยรวมแล้ว บทความนี้เน้นย้ำถึงความจำเป็นในการเพิ่มประสิทธิภาพพารามิเตอร์ทางเทคโนโลยีของกระบวนการหล่อแบบตายตัว เพื่อให้มั่นใจว่าการผลิตแบบหล่อมีคุณภาพสูงและมีประสิทธิภาพโดยลดข้อบกพร่องผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าการควบคุมความดันหรือแรงกดค้ำไว้ในโพรงแม่พิมพ์สามารถปรับปรุงคุณสมบัติทางกลของการหล่อได้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งจำเป็นสำหรับการบรรลุมาตรฐานคุณภาพที่ต้องการ

จิฉา นีว; และคณะ (Zhichao Niu; et al. 2022) ได้ทำการศึกษาหัวข้อผลของการหล่อแบบแรงดันสูงต่อความสามารถในการหล่อ ข้อบกพร่อง และคุณสมบัติทางกลของโลหะผสมอลูมิเนียมในการหล่อผนังบางขนาดใหญ่พิเศษ (Effect of High Pressure Die Casting on the Castability, Defects and Mechanical Properties of Aluminium Alloys in Extra-Large Thin-Wall Castings) จากการศึกษาพบว่า การผลิตการหล่อผนังบางขนาดใหญ่พิเศษโดยใช้การหล่อแบบแรงดันสูงเป็นหนึ่งในความท้าทายที่สำคัญที่สุดสำหรับการใช้งานเชิงโครงสร้างที่ต้องการความเหนียวที่ดีเยี่ยม การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำความเข้าใจผลกระทบของพารามิเตอร์กระบวนการที่มีต่อความสามารถในการหล่อ การก่อตัวของข้อบกพร่อง และคุณสมบัติทางกลของ อลูมิเนียมอัลลอยด์ในการหล่อผนังบางขนาดใหญ่พิเศษโดยมีความยาวการไหลสูงสุด 1,230 มม. ในช่องหนา 2.8 มม.

มีการจำลองเชิงตัวเลขและการตรวจสอบเชิงทดลองเพื่อปรับแต่งพารามิเตอร์กระบวนการในการหล่อแบบแรงดันสูง พบว่าพารามิเตอร์กระบวนการสามารถส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อความสามารถในการหล่อและคุณสมบัติทางกลของส่วนประกอบแบบหล่อ สำหรับการหล่อแบบสมบูรณ์ ความแข็งแรงของผลผลิตจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่การยึดตัวจะลดลงอย่างมากที่ตำแหน่งที่อยู่ห่างจากทางวิ่ง แนวคิดใหม่เกี่ยวกับความยาวการไหลที่มีประสิทธิภาพ (EFL) ได้รับการเสนอและใช้ในการประเมินความสามารถในการหล่อในการหล่อแบบแรงดันสูงที่มีผนังบางขนาดใหญ่พิเศษ ภายใต้สภาวะการหล่อที่เหมาะสม EFL สามารถเข้าถึง 525 มม. ซึ่งอัตราส่วนของ EFL ต่อความหนาของผนังคือ 187 และความแข็งแรงของผลผลิตและการยึดตัวมากกว่า 120 MPa และ 10% ตามลำดับ แม้ว่าการหล่อผนังบางขนาดใหญ่พิเศษสามารถเติมได้ทางเรขาคณิตภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ ความหลากหลายของคุณสมบัติทางกลเป็นปัญหาที่สำคัญที่สุด ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของการยึดตัวมีความสำคัญอย่างท่วมท้นสำหรับการใช้งานเชิงโครงสร้างที่ต้องการความเหนียวที่ดีเยี่ยม ภายใต้สภาวะการหล่อ ดังนั้น เกณฑ์คุณภาพการหล่อควรพิจารณาทั้งความสมบูรณ์ทางเรขาคณิตและความสม่ำเสมอของคุณสมบัติทางกลในตัวหล่อ

ฮงกยู ควอน (Hong-Kyu Kwon, 2021) ได้ทำการศึกษาหัวข้อ การออกแบบเลย์เอาต์และการหล่อโลหะโดยใช้การจำลอง CAE เครื่องใช้ในครัวเรือน (Layout Design and Die Casting Using CAE Simulation for Household Appliances) จากการศึกษาพบว่า เนื่องจากการพัฒนาและการพัฒนาทางอุตสาหกรรมของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อลูมิเนียมอัลลอยด์จึงได้รับการพัฒนาในด้านต่าง ๆ เมื่อเร็ว ๆ นี้ รัฐบาลได้ดำเนินการหาแนวทางในการลดลงน้ำหนักและเพิ่มความสามารถในการรีไซเคิลของส่วนประกอบต่าง ๆ เพื่ออนุรักษ์ทรัพยากร พลังงาน และสิ่งแวดล้อม เพื่อให้สอดคล้องกับแนวโน้มนี้ ผลิตภัณฑ์เหล็กหล่อจึงถูกแทนที่ด้วยผลิตภัณฑ์อะลูมิเนียมในอุตสาหกรรมโรงหล่อโดยใช้เครื่องหล่อแรงดันสูง (HPDC) การออกแบบโครงสร้างการหล่ออาศัยประสบการณ์และความรู้ของนักออกแบบแม่พิมพ์ในอุตสาหกรรมหล่อซึ่งพิสูจน์ได้ว่าไม่เพียงพอที่จะตอบสนองต่อความต้องการที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของยุคสมัยและต้นทุนการผลิตที่เพิ่มขึ้น การออกแบบและการผลิตเลย์เอาต์การหล่อโดยใช้เทคโนโลยี CAD/CAM/CAE กลายเป็นปัญหาสำคัญ เทคโนโลยี Computer-Aided Engineering (CAE) กำลังเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วพร้อมกับการพัฒนาซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์คอมพิวเตอร์ การวิเคราะห์การเติมหรือการแข็งตัวในระหว่างขั้นตอนการออกแบบแม่พิมพ์ก่อนการผลิต ช่วยให้สามารถออกแบบแม่พิมพ์ได้อย่างเหมาะสมที่สุด เทคโนโลยีใหม่ที่ผสมผสานกระบวนการหล่อที่เกิดขึ้นใหม่ของการวิเคราะห์การเติมและการแข็งตัวโดยใช้การจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ด้วยเทคโนโลยีที่มีอยู่และประสบการณ์เชิงปฏิบัติในสาขานี้กำลังเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในอุตสาหกรรมโรงหล่อ จากความรู้เชิงประจักษ์ คำโครงและการออกแบบผลิตภัณฑ์หล่อมีความก้าวหน้าแบบดั้งเดิมผ่านการลองผิดลองถูก โซลูชันที่ทำได้ผ่านการคำนวณและการวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้เทคโนโลยี CAE สามารถประหยัดเงินและเวลาได้อย่างมากในการสร้างแม่พิมพ์หล่อและใน การออกแบบและการประดิษฐ์ ในการศึกษา การวิเคราะห์เชิงตัวเลขของ

เครื่องใช้ในครัวเรือน (เตาปรุงอาหาร) สามารถคาดการณ์ปัญหาที่เกิดจากการเติมและการแข็งตัวของโลหะที่หลอมละลายในกระบวนการหล่อได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ ดังนั้นจึงรับประกันคุณภาพของผลิตภัณฑ์หล่อขั้นสุดท้าย สามารถใช้เพื่อสร้างเค้าโครงการหล่อได้อย่างรวดเร็วพร้อมลดต้นทุนการผลิต

ทาริก; และคณะ (Tariq; et al. 2021) ได้ทำการศึกษาหวัข้อลดข้อบกพร่องในกระบวนการฉีดขึ้นรูปด้วยแรงดันสูงโดยใช้การวิเคราะห์ทากูจิ (Minimizing the Casting Defects in High-Pressure Die Casting Using Taguchi Analysis) จากการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ต่าง ๆ เช่น แรงดันในการฉีด อุณหภูมิหลอมเหลว ความเร็วของลูกสูบขั้นที่ 1 และลูกสูบขั้นที่ 2 อุณหภูมิความเย็น เป็นต้น จะส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพการหล่อจึงจำเป็นต้องมีการผสมผสานที่เหมาะสมที่สุดเพื่อเพิ่มผลผลิตของกระบวนการให้สูงสุด และลดข้อบกพร่องในการหล่อ เช่น ความพรุน (Porosity) รูเข็ม (Pin Holes) รูอากาศ (Blow Holes) เป็นต้น ดังนั้น เพื่อแก้ไขปัญหาในวิจัยนี้จึงได้นำเสนอแนวทางซึ่งจะช่วยลดข้อบกพร่องในการหล่อที่สำคัญ เช่น ความพรุน ในกระบวนการฉีดขึ้นรูปด้วยแรงดันสูงให้เหลือน้อยที่สุดโดย การเพิ่มประสิทธิภาพของพารามิเตอร์ผ่านการออกแบบการทดลอง (DOE) ร่วมกับการวิเคราะห์ทากูจิ (Taguchi Analysis) ผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นว่าการใช้แรงดันการฉีดที่ 178 บาร์ อุณหภูมิหลอมเหลวที่ 6500C เวลาทำความเย็นที่ 5 วินาที อุณหภูมิแม่พิมพ์ที่ 210 0C ความเร็วลูกสูบขั้นที่ 1 0.20 m.s-1 และความเร็วลูกสูบขั้นที่ 2 6.0 m.s-1 อัตราชิ้นส่วนงานเสียเนื่องจากปัญหาความพรุนลดลงประมาณ 61%

ซานโตช ดาบโฮล; และคณะ (Santosh Dabhole; et al. 2017) ได้ทำการศึกษาหวัข้อการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์หล่อเพื่อลดการปฏิเสธ (Design and Development of Die Casting Die for Rejection Reduction) จากการศึกษาพบว่า สินค้าที่ผลิตจากทุกกระบวนการผลิตมีข้อบกพร่องบางประการ ในการส่งมอบสินค้าที่มีคุณภาพให้กับลูกค้า ข้อบกพร่องเหล่านี้จะต้องลดลง ค้นพบผ่านเทคนิคการวิเคราะห์ว่าทำไม-ทำไมไม่มีการตรวจสอบความสามารถของกระบวนการของกระบวนการผลิตแม่พิมพ์หล่อด้วยแรงดันสูงในปัจจุบัน กระบวนการผลิตที่พบว่าสามารถผลิตขึ้นส่วนได้นั้นได้รับการแก้ไขแล้วโดยการปรับปรุงการออกแบบเม็ดเม็ดของแม่พิมพ์เพื่อให้ได้รูปแบบการไหลที่ดีขึ้น จากนั้นจึงใช้ซอฟต์แวร์จำลองการไหลของ Magma® ที่มีอยู่และการออกแบบที่แก้ไขแล้วพบว่า การออกแบบที่ปรับเปลี่ยนจะแสดงผลลัพธ์ที่เหนือกว่า และเมื่อใช้สิ่งนี้ ข้อบกพร่องของความพรุนจะลดลงจนถึงระดับที่น่าพอใจ

ปิยะนุช มีธรรม; และชาคริต สุวรรณจรัส (Piyanut Meethum; and Chakrit Suvanjumrat. 2017) ได้ทำการศึกษาหวัข้อ การประเมินประสิทธิภาพของช่องระบายอากาศของกระบวนการฉีดขึ้นรูปด้วยแรงดันสูง และการจำลองกระบวนการ การผลิตฝาถังน้ำมันรถจักรยานยนต์ (Evaluate of Chill Vent Performance for High Pressure Die-Casting Production and Simulation of Motorcycle Fuel Caps) จากการศึกษาพบว่า การออกแบบช่องระบายอากาศ (Chill Vent) ที่ไม่เหมาะสมจะทำให้เกิดความพรุนในผลิตภัณฑ์หล่อที่ผลิตด้วยกระบวนการฉีดขึ้นรูปด้วยแรงดันสูง (HPDC)

งานวิจัยนี้ดำเนินการเพื่อตรวจสอบและประเมินประสิทธิภาพของแม่พิมพ์กระบวนการฉีดขึ้นรูปด้วยแรงดันสูง (HPDC) ที่ใช้ซิลลิคบล็อก (Chill Block) และแม่พิมพ์ที่ไม่ใช่ซิลลิคบล็อก (Chill Block) ของฝาดึงน้ำมันรถจักรยานยนต์ เพื่อเปรียบเทียบขนาดและตำแหน่งของรูพรุน นอกจากนี้ การจำลองกระบวนการฉีดขึ้นรูปด้วยแรงดันสูง (HPDC) โดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบไฟไนต์ (FEA) ผลลัพธ์จากการเปรียบเทียบผลของ FEA สอดคล้องกับข้อมูลการทดลอง ดังนั้นการปรับปรุงแม่พิมพ์กระบวนการฉีดขึ้นรูปด้วยแรงดันสูง (HPDC) จึงควรใช้ FEA เพื่อให้ได้วิธีที่ดีที่สุดในการออกแบบช่องระบายอากาศของแม่พิมพ์

ปิยะนุช มีธรรม; และชาคริต สุวรรณจำรัส (2557) ได้ทำการศึกษาหัวข้อ แบบจำลองการหล่อแม่พิมพ์ฉีดขึ้นรูปด้วยแรงดันสูงกับปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดรูพรุนภายในชิ้นงาน (High Pressure Die Casting Model and Effective Factors for Porosity in Parts) จากการศึกษาพบว่า ปัญหาข้อบกพร่องที่มีความสำคัญเป็นอย่างมากในกระบวนการฉีดขึ้นรูปด้วยแรงดันสูง (High Pressure Die Casting) คือ ปัญหารูพรุน (Porosities) ซึ่งเกิดจากฟองอากาศที่มีขนาดเล็กไปจนถึงขนาดใหญ่ถูกกักเก็บไว้ในเนื้อของชิ้นงาน ส่งผลให้ความแข็งแรงของชิ้นงานลดลง ปริมาณของรูพรุนภายในชิ้นงานเป็นผลมาจากการดักก๊าซ (Gas entrapment) ซึ่งเกิดขึ้นขณะมีการไหลของน้ำโลหะเข้าสู่เบ้าแม่พิมพ์ งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อการเกิดรูพรุนภายในชิ้นงาน ได้แก่ ความเร็วในการฉีดน้ำโลหะ มุมการไหล และอุณหภูมิของน้ำโลหะ ที่เกิดขึ้นกับชิ้นงานรูปทรงมาตรฐานซึ่งมีทางเข้าแบบใบพัด (Fan Gate) โดยการใช้ซอฟต์แวร์ Cast-Designer จำลองการหล่อ และหาเปอร์เซ็นต์ของการเกิดรูพรุนภายในชิ้นงานเปรียบเทียบกับผลการคำนวณด้วยสมการการหารูพรุนในทางทฤษฎี เพื่อกำหนดเงื่อนไขการออกแบบแม่พิมพ์ที่มีความเหมาะสมของการลดการเกิดรูพรุนภายในชิ้นงาน และเป็นแนวทางในการออกแบบแม่พิมพ์ที่ดีได้ต่อไป

ยุกิโอะ โอสึกะ (Yukio Otsuka. 2013) ได้ทำการศึกษาหัวข้อ การตรวจสอบและการปรับปรุงความแม่นยำของการดักจับก๊าซ และการจำลองความพรุนของการหดตัวในกระบวนการฉีดขึ้นรูปด้วยแรงดันสูง (Experimental Verification and Accuracy Improvement of Gas Entrapment and Shrinkage Porosity Simulation in High Pressure Die Casting Process) จากการศึกษา พบว่าในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา การจำลองด้วยเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ (CAE Technology) ซึ่งได้แก่ การไหลของโลหะหลอมเหลว และการวิเคราะห์การแข็งตัว ได้กลายเป็นเครื่องมือที่สำคัญมากในการเพิ่มประสิทธิภาพการออกแบบการหล่อ อย่างไรก็ตามความแม่นยำในการวิเคราะห์ยังไม่เพียงพอเนื่องจากกระบวนการฉีดขึ้นรูปด้วยแรงดันสูง มีความซับซ้อนและความยากลำบากในการทดลอง ในการศึกษาได้ทำการทดลองจริงกับกระบวนการฉีดขึ้นรูปด้วยแรงดันสูง เพื่อวัดความดันโลหะหลอมเหลว ความดันอากาศ การแข็งตัว และข้อบกพร่องในการหล่อ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการกักเก็บก๊าซ และความพรุนจากการหดตัว ผลการจำลองด้วยเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ แรงดันอากาศ การแข็งตัว และข้อบกพร่องต่างๆ เหล่านี้ สามารถตรวจสอบได้แล้ว

มงคล แก้วนพรัตน์ (2555) ได้ทำการศึกษาหัวข้อ การลดปัญหาข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์จากอะลูมิเนียมหล่อโดยใช้โปรแกรมจำลองงานหล่อขึ้นรูป (Defect Reduction in Automotive Aluminum Die Casting Using Casting Simulation Software) จากการศึกษาพบว่า การลดปัญหาข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ จากอะลูมิเนียมหล่อโดยใช้โปรแกรมจำลองงานหล่อขึ้นรูป การวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์สาเหตุการเกิดข้อบกพร่องในงานหล่อโลหะผสมอะลูมิเนียม กรณีเกิดการรั่วบริเวณใต้รูเกลียว (Tap M6) ของชิ้นส่วนยานยนต์ Pipe Inlet ที่ผลิตด้วยกระบวนการฉีดขึ้นรูปแรงดันต่ำ และเพื่อหาแนวทางลดจำนวนชิ้นงานที่เกิดข้อบกพร่องด้วยการวิเคราะห์ทางโลหะวิทยาและการใช้ซอฟต์แวร์จำลองกระบวนการหล่อขึ้นรูปชิ้นงาน พบว่า ปัจจัยหลักที่อาจเป็นสาเหตุของการเกิดรูพรุน ได้แก่ อุณหภูมิแม่พิมพ์โลหะ อุณหภูมิเทน้ำโลหะ และการออกแบบแม่พิมพ์โลหะ จากผลการจำลองพบว่า การแก้ไขแม่พิมพ์โลหะให้มีทางเดินน้ำโลหะขนาด 15 x 15 ตารางมิลลิเมตร โดยไม่เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเทน้ำโลหะ และอุณหภูมิของแม่พิมพ์โลหะ ผลการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง และการวิเคราะห์ปริมาณรูพรุนด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ภาพ พบว่า เมื่อทำการแก้ไขแม่พิมพ์โลหะ จำนวนชิ้นงานที่เกิดข้อบกพร่องลดลงจากร้อยละ 4.92 เหลือร้อยละ 0.53 ส่วนรูพรุนที่เกิดขึ้นในชิ้นงานหลังจากแก้ไขแม่พิมพ์โลหะ ก็มีขนาดเล็กและมีจำนวนลดลง

ยาซุชิ อิวาทะ; และคณะ (Yasushi Iwata; et al. 2012) ได้ทำการศึกษาหัวข้อ พฤติกรรมการบีบอัดของก๊าซที่กักอยู่ภายในกระบวนการฉีดขึ้นรูปด้วยแรงดันสูง (Compression Behavior of Entrapped Gas in High Pressure Diecasting) จากการศึกษา พบว่า ในการศึกษานี้ได้ตรวจสอบพฤติกรรมการบีบอัดของก๊าซที่ติดอยู่ในระหว่างการหล่อ กำหนดปริมาณข้อบกพร่องของก๊าซและปริมาณก๊าซในสารการหล่อแบบตายตัวโดยการวัดความหนาแน่น และวิธีการสกัดด้วยฟิวชั่นสุญญากาศตามลำดับ จากนั้นคำนวณความดันก๊าซในข้อบกพร่องจากปริมาณข้อบกพร่องและปริมาณก๊าซข้างต้น และเมื่อเปรียบเทียบกับความดันในการหล่อ โดยคำนวณแรงดันแก๊สในจุดบกพร่องพบว่าไม่เท่ากับแรงดันการหล่อตาย แต่เท่ากับแรงดันของโลหะหลอมเหลวก่อนที่จะตกลงอย่างรวดเร็วเนื่องจากการปิดกั้นช่องโลหะเหลวโดยการแข็งตัวอย่างสมบูรณ์ จากผลการทดลองสามารถอนุมานพฤติกรรมของก๊าซที่กักขังได้ดังต่อไปนี้ ทันทีกี่แม่พิมพ์เต็มไปด้วยโลหะหลอมเหลว ก๊าซที่ติดอยู่ก็ถูกบีบอัดทันที หลังจากนั้นก็มีแรงกดดันจากโลหะหลอมเหลวจะค่อยๆ ลดลงตามความก้าวหน้าของการแข็งตัวของช่องโลหะหลอมเหลว และปริมาตรของก๊าซ ที่กักขังเพิ่มขึ้นตามลำดับ จนกระทั่งแรงดันของโลหะหลอมเหลวลดลงอย่างกะทันหัน จากนั้นปริมาตรของก๊าซที่กักขังจะมีการขยายตัวเท่ากันเล็กน้อยต่อการหดตัวของช่องโลหะหลอมเหลวที่ปิดล้อม

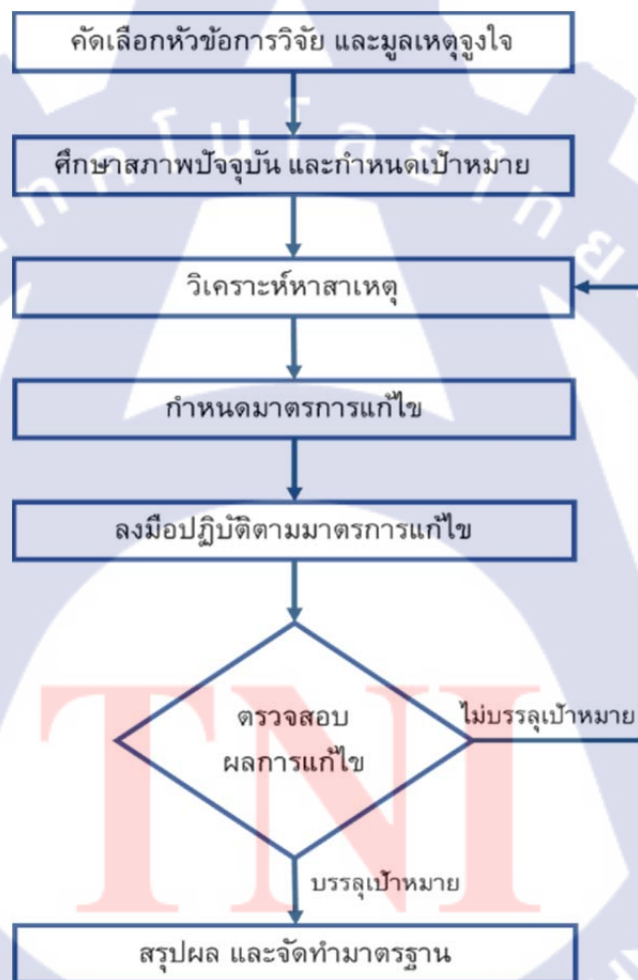
สรุป ผู้วิจัยเลือกใช้งานวิจัยของ ปิยะนุช มีธรรม; และชาคริต สุวรรณจำรัส (2557) เป็นแนวทางสำหรับการดำเนินการปรับปรุงกระบวนการฉีดขึ้นรูปด้วยแรงดันสูง โดยใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ (CAE Technology) ช่วยในการประเมินประสิทธิภาพของช่องระบายอากาศของกระบวนการฉีดขึ้นรูปด้วยแรงดันสูงเพื่อให้ได้วิธีที่ดีที่สุดในการออกแบบช่องระบายอากาศของแม่พิมพ์ส่งผลให้ซึ่งจะส่งผลให้ลดการเกิดปัญหาพรุนในชิ้นงานได้



บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

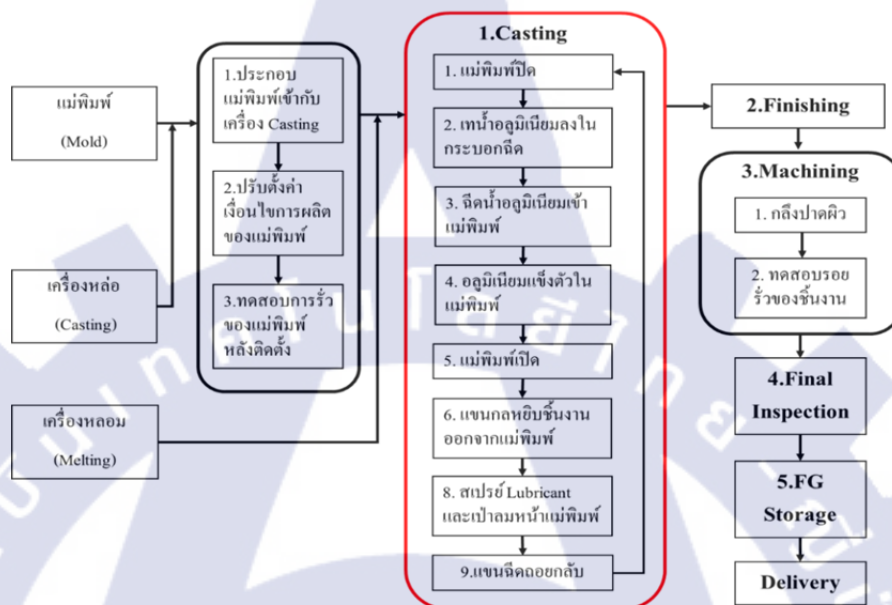
ในการวิจัยเรื่องผลงานเสียจากปัญหารูพรุนของงาน Case00A โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณงานเสียจากปัญหารูพรุนของชิ้นงานเสื้อเกียร์ (Case00A) ลงร้อยละ 50 จากสภาพปัจจุบัน โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยและแผนการดำเนินงานวิจัย ดังรูปที่ 17 และตารางที่ 1 ตามลำดับ



รูปที่ 17 แผนภูมิกระบวนการแสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

กระบวนการผลิต

กระบวนการผลิตงาน Case00A มีทั้งหมด 5 กระบวนการ กระบวนการที่ทำให้เกิดปัญหารูพรุนในเนื้อชิ้นงาน คือ กระบวนการหล่อ (Casting) หรือ กระบวนการฉีดขึ้นรูปอลูมิเนียมด้วยแรงดันสูง (High Pressure Die Casting) ดังรูปที่ 18



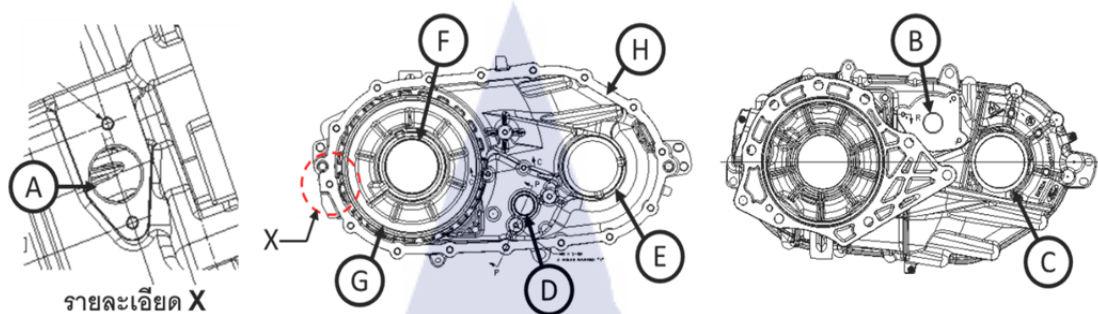
รูปที่ 18 กระบวนการผลิตงาน Case00A

สำรวจสภาพก่อนการดำเนินการแก้ไข

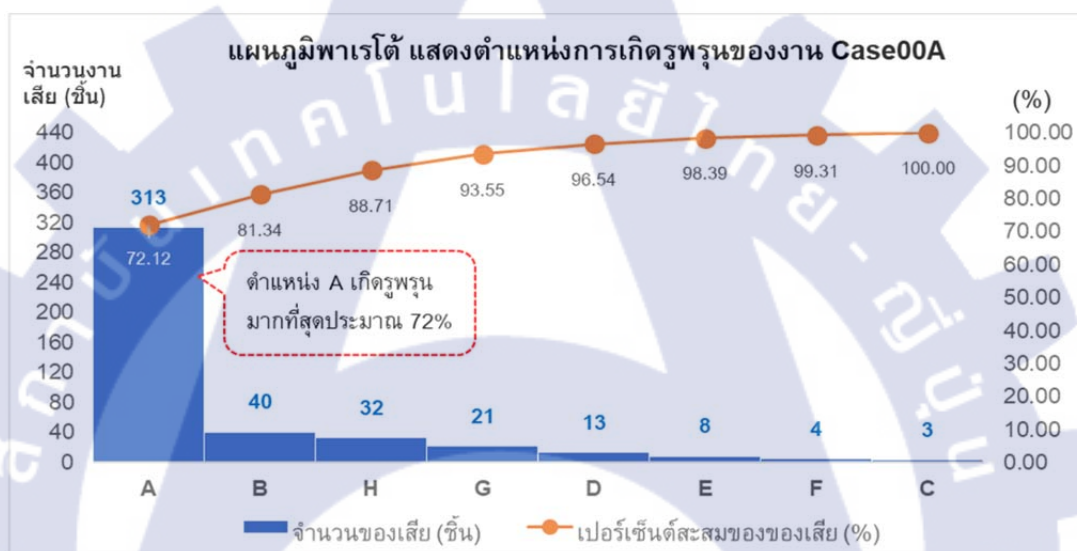
ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจปัจจัยที่เกี่ยวข้องโดยอาศัยหลักการ 4M (Man, Machine, Material, Method) เพื่อค้นหาสิ่งผิดปกติและเป็นข้อมูลนำสู่กระบวนการวิเคราะห์ต่อไป โดยปัจจัยหลักที่ทำการสำรวจ มีดังนี้

1. สำรวจสภาพก่อนการแก้ไขของชิ้นงานเสีย

ตรวจเช็คชิ้นงานเสียปัญหารูพรุนของเดือน ตุลาคม 2565 จำนวนทั้งหมด 434 ชิ้น พบว่า ปัญหารูพรุนเกิดขึ้นที่ตำแหน่ง A มากที่สุด ประมาณร้อยละ 72.12 ของชิ้นงานเสียทั้งหมด ดังรูปที่ 19 และรูปที่ 20

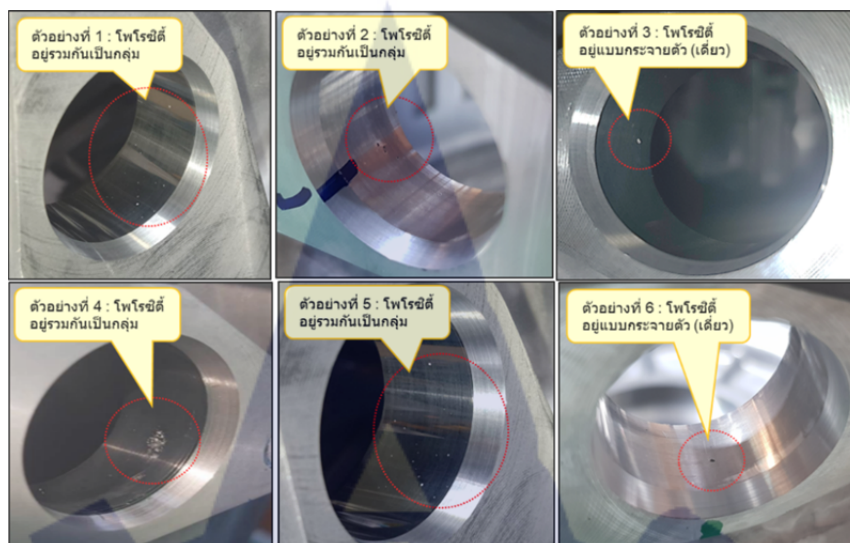


รูปที่ 19 ตำแหน่งการเกิดรูพรุนของชิ้นงาน Case00A (แบบวาดรูปชิ้นงานกรณีศึกษา)



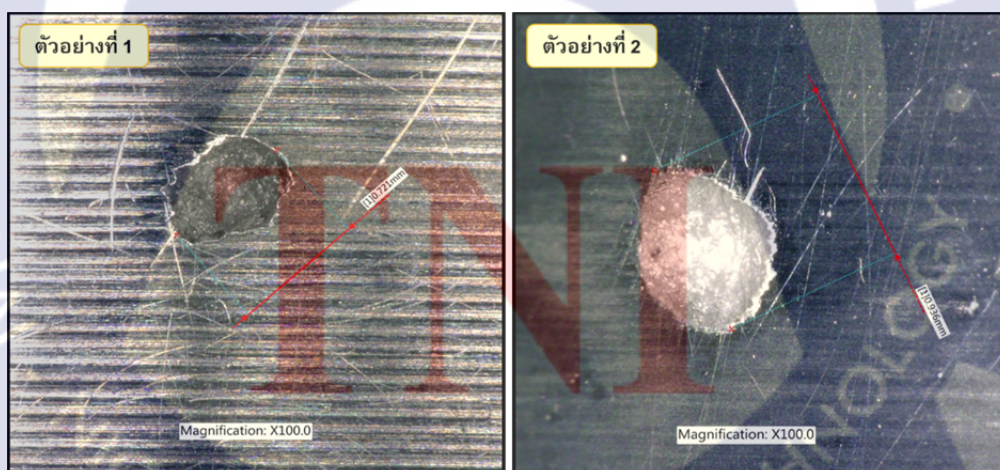
รูปที่ 20 แผนภูมิพาเรโต แสดงตำแหน่งการเกิดรูพรุนของงาน Case00A

นำตัวอย่างชิ้นงานเสียจากปัญหารูพรุนที่เกิดขึ้นที่ตำแหน่ง A มาทำการตรวจเช็ครูปร่างลักษณะภายนอกของรูพรุนด้วยสายตา พบว่า รูพรุนจะมีลักษณะรูปร่างกลม ขนาดเล็ก มีทั้งอยู่รวมกันแบบเป็นกลุ่มและแบบกระจายตัว ดังรูปที่ 21



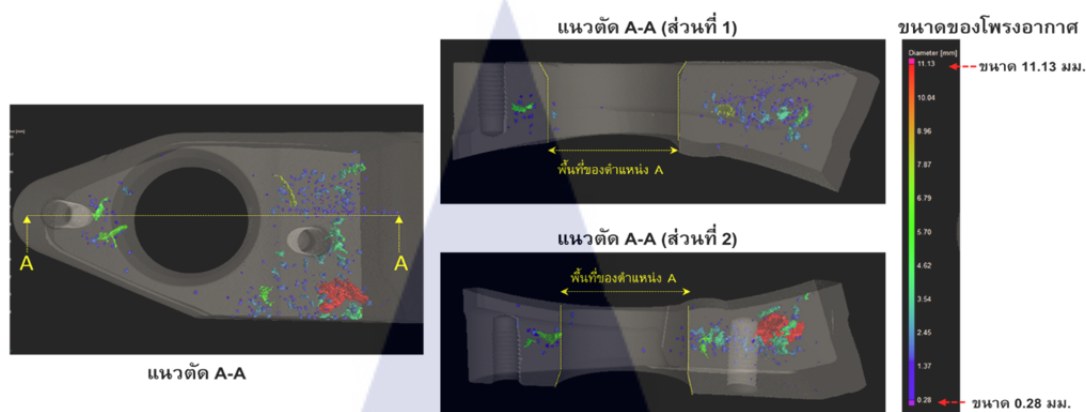
รูปที่ 21 ตัวอย่างลักษณะรูปร่างของรูพรุนที่ตำแหน่ง A เช็ดโดยใช้สายตา

นำตัวอย่างชิ้นงานเสียจากปัญหารูพรุนที่เกิดขึ้นที่ตำแหน่ง A มาทำการตรวจเช็ครูปร่างลักษณะภายนอกของรูพรุนด้วยกล้องไมโครสโคป (Keyence VHX-6000 กำลังขยาย 100 เท่า) พบว่า ขอบของรูพรุนมีลักษณะเรียบ รูปทรงกลมไม่ซับซ้อน มีขนาดประมาณ 0.721-0.936 มม. ดังรูปที่ 22



รูปที่ 22 ตัวอย่างลักษณะรูปร่างของรูพรุนที่ตำแหน่ง A เช็ดโดยกล้องไมโครสโคป

นำตัวอย่างชิ้นงานเสียจากปัญหารูพรุนที่เกิดขึ้นที่ตำแหน่ง A มาทำการเอกซเรย์ด้วยวิธี CT Scan 3D โดยใช้เครื่องเอกซเรย์ YXLON รุ่น Y.MU200-D พบว่า มีรูพรุนจำนวนมากกระจายตัวอยู่รอบตำแหน่ง A และมีบางส่วนอยู่ในพื้นที่ของตำแหน่ง A ดังรูปที่ 23



รูปที่ 23 ตำแหน่งของรูพรุนในเนื้อชิ้นงานเซ็คโดยเครื่องเอกซเรย์

จึงเป็นมูลเหตุจูงใจให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะประยุกต์ใช้เครื่องมือการผลิตแบบสัณ
คัณหาสาเหตุของปัญหา และทำการปรับปรุงแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต เพื่อนำ
ไปสู่การลดต้นทุนการผลิตของบริษัทลง และนำไปสู่การเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของ
บริษัทให้สูงขึ้น

2. สํารวจสภาพก่อนการแก้ไขของระบบการทำงานของเครื่องจักร

ดำเนินการตรวจเช็คระบบของเครื่องฉีดอลูมิเนียมแรงดันสูงและแม่พิมพ์ พบว่า
ระบบของเครื่องจักรและแม่พิมพ์ยังคงอยู่ในค่ามาตรฐานการควบคุม ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการตรวจเช็คระบบเครื่องจักรและแม่พิมพ์

เครื่องจักร	หัวข้อตรวจสอบ	มาตรฐาน	ผลลัพธ์	สรุป
1. เครื่องฉีด (High Pressure Die Casting) 	• ระบบการทำงานของเครื่องฉีด	ระบบการทำงานของเครื่องจักรอยู่ในค่ามาตรฐานควบคุม	ตรวจสอบผลการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (PM) พบว่ามีการทำ PM ตามแผน และผลการทำ PM อยู่ในค่ามาตรฐานการควบคุม	ปกติ
	• แรงดันลมของระบบ Spray Air Blow	แรงดันลมต้องอยู่ในค่า 4-6 kgs/cm ²	ตรวจเช็คเกจวัดแรงดันลมพบว่า แรงดันลมที่ใช้จริงคือ 5 kgs/cm ² และมีการติดตั้งถังเก็บลมสำรองป้องกันแรงดันลมต่ำ	ปกติ
	• การเคลื่อนที่ของแขนฉีด (Plunger)	แขนฉีด (Plunger) เคลื่อนที่แบบปกติ (ไม่สะดุด)	ตรวจเช็คกราฟฉีดช่วง Low Speed (V1, V2) ที่หน้าจอควบคุม พบว่า ลักษณะของกราฟฉีดเคลื่อนที่ปกติ (ไม่สะดุด)	ปกติ

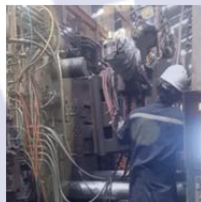
ตารางที่ 2 ผลการตรวจเช็คระบบเครื่องจักรและแม่พิมพ์ (ต่อ)

เครื่องจักร	หัวข้อตรวจสอบ	มาตรฐาน	ผลลัพธ์	สรุป
2. แม่พิมพ์ (Mold) 	• มีรอยรั่วซึมของน้ำคูลลิ่งบนผิวหน้าแม่พิมพ์	ต้องไม่มีรอยรั่วซึมของน้ำคูลลิ่งบนผิวหน้าแม่พิมพ์	ทำการทดสอบหารอยรั่วซึมที่ผิวหน้าแม่พิมพ์ พบว่า ไม่มีจุดรั่วซึมของน้ำคูลลิ่งบนผิวของแม่พิมพ์	ปกติ
	• ตำแหน่ง Gate, Overflow, Chill Vent ของแม่พิมพ์	ไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไข Gate, Overflow, Chill Vent	ตรวจสอบประวัติการเปลี่ยนแปลงแม่พิมพ์ พบว่าไม่มีประวัติการเปลี่ยนแปลง หรือแก้ไข Gate, Overflow, Chill Vent	ปกติ

3. สํารวจสภาพก่อนการแก้ไขของการปฏิบัติงานของพนักงาน

ดำเนินการตรวจสอบทักษะการทำงานและวิธีการปฏิบัติงานของพนักงานทุกกระบวนการที่เกี่ยวข้อง พบว่า พนักงานมีระดับทักษะการทำงานดีเยี่ยม ($Skill \geq 75\%$) และพนักงานปฏิบัติงานได้ถูกต้องตรงตามมาตรฐาน 100% ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการตรวจสอบทักษะการทำงานและวิธีการปฏิบัติงานของพนักงาน

หัวข้อประเมิน	พนักงานแผนก		
	Casting ขั้นตอนปรับตั้งเงื่อนไขการผลิต	Mold Maintenance ขั้นตอนการบำรุงรักษาแม่พิมพ์	Casting Maintenance ขั้นตอนการบำรุงรักษาเครื่องฉีด
			
1. ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	100%	100%	100%
2. ใช้อุปกรณ์ถูกต้อง	100%	100%	100%
3. ตรวจสอบจุดสำคัญ	100%	100%	100%
4. เข้าใจจุดสำคัญ	100%	100%	75%
สรุปผลการประเมินเฉลี่ย	100%	100%	94%
	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน

4. สรุปผลการสำรวจสภาพก่อนการแก้ไข

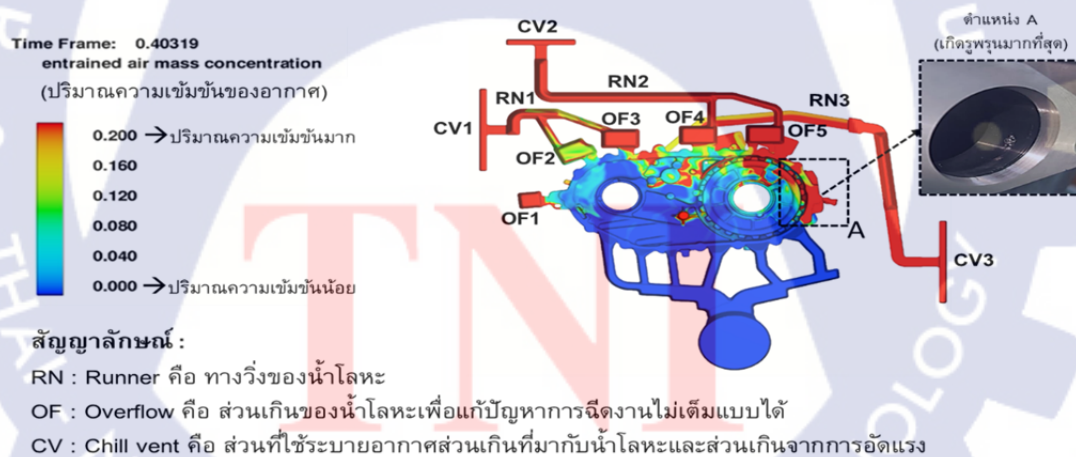
ผลการสำรวจสภาพก่อนการแก้ไข พบว่า รุพพรุนที่เกิดขึ้นเกิดจากแก๊สหรืออากาศ เรียกรุพพรุนชนิดนี้ว่า โพรงแก๊ส (Gas Porosity) เกิดที่ตำแหน่ง A มากที่สุด ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สรุปผลการสำรวจสภาพก่อนการดำเนินการแก้ไข

หัวข้อการสำรวจ	สิ่งที่ทราบ	ผลลัพธ์	วิเคราะห์
1. Material : ตรวจเช็คงานเสียจาก ปัญหารูพรุนเพื่อค้นหา ความผิดปกติ	รูพรุนเกิดขึ้นที่ตำแหน่ง A มากที่สุด ซึ่งเกิด จากแก๊ส หรืออากาศตกค้างในแม่พิมพ์ เรียก รูพรุนชนิดนี้ว่า โพรงแก๊ส หรือ โพรงอากาศ (Gas Porosity)	ผิดปกติ	ต้องวิเคราะห์หาสาเหตุ ของการเกิดแก๊ส หรือ อากาศตกค้างในแม่พิมพ์
2. Machine : ตรวจสอบความผิดปกติ ของเครื่องจักรและแม่พิมพ์	ระบบของเครื่องจักร และแม่พิมพ์อยู่ใน ค่ามาตรฐานการควบคุม	ปกติ	-
3. Man & Method : สังเกตทักษะการทำงาน และวิธีปฏิบัติงานของ พนักงาน	พนักงานมีระดับทักษะการทำงานดีเยี่ยม (Skill $\geq 75\%$) และพนักงานปฏิบัติงานได้ ถูกต้องตรงตามมาตรฐาน 100%	ปกติ	-

การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงของการเกิดรูพรุนที่ตำแหน่ง A โดยใช้ซอฟต์แวร์ Flow-3D Cast ช่วยในการเฝ้าการณ์การออกแบบแม่พิมพ์ โดยซอฟต์แวร์จะช่วยให้การจำลองการไหลของน้ำอะลูมิเนียมในแม่พิมพ์ และช่วยจำลองปริมาณความเข้มข้นของแก๊สหรืออากาศที่ตกค้างอยู่ในแม่พิมพ์ ดังรูปที่ 24



รูปที่ 24 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของแก๊สหรืออากาศในแม่พิมพ์ด้วยซอฟต์แวร์ Flow-3D Cast

1. สรุปผลการวิเคราะห์ด้วยซอฟต์แวร์ Flow-3D Cast

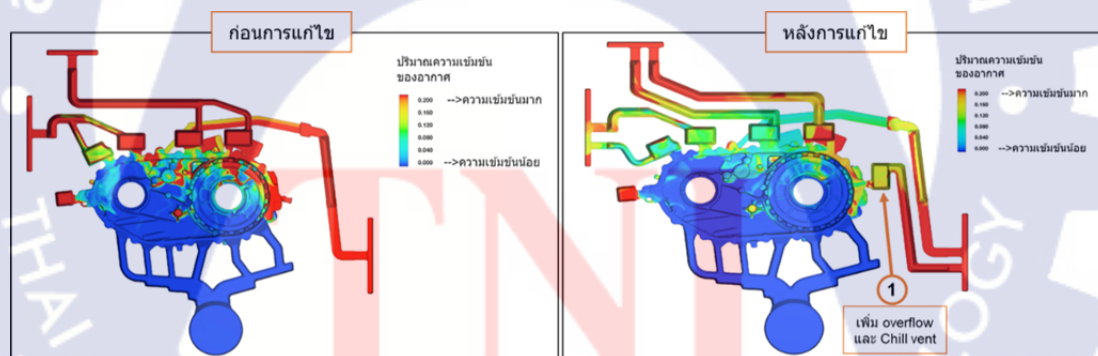
สาเหตุของการมีปริมาณความเข้มข้นของแก๊สหรืออากาศตกค้างอยู่ที่ในแม่พิมพ์ที่ตำแหน่ง A มากที่สุด มี 3 สาเหตุหลัก ดังนี้

1. ตำแหน่ง A เป็นตำแหน่งทางออกของน้ำอลูมิเนียมไปยัง Chill Vent (CV2) จึงทำให้มีปริมาณความเข้มข้นของอากาศสะสมมากกว่าตำแหน่งอื่นๆ
2. ตำแหน่ง A ไม่มี Chill vent และอยู่ห่างไกลจากตำแหน่ง Chill Vent (CV2) ส่งผลให้น้ำอลูมิเนียมไหลออกจากแม่พิมพ์ได้ช้ากว่าตำแหน่งอื่นๆ
3. ตำแหน่งของ Chill Vent (CV2) น้ำอลูมิเนียมที่ไหลออกจาก Overflow (OF4, OF5) จะไหลเข้าสู่ Runner (RN2) ได้ช้า เพราะ น้ำอลูมิเนียมที่ไหลออกจาก Overflow (OF4) จะขัดขวางน้ำอลูมิเนียมที่ไหลออกจาก Overflow (OF5) ไม่ให้ไหลเข้าสู่ Runner (RN2)

การดำเนินการแก้ไข

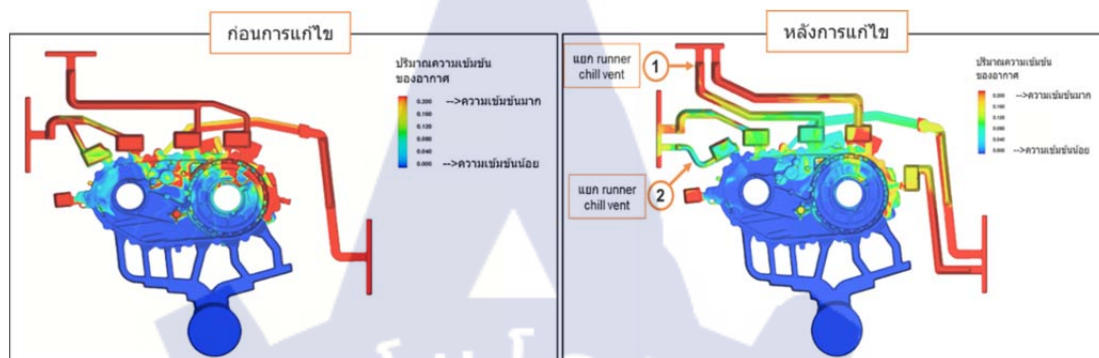
1. การดำเนินการปรับปรุงแก้ไขแม่พิมพ์ ครั้งที่ 1

1. ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขแม่พิมพ์ ตำแหน่ง A (ตำแหน่งที่เกิดรูพรุนมากที่สุด) ด้วยการจำลองด้วยซอฟต์แวร์ Flow-3D Cast โดยการเพิ่ม โอเวอร์โฟลว์ (Overflow) ทางวิ่ง (Runner) และซิลล์เวนท์ (Chill Vent) เพื่อเพิ่มความเร็วในการกำจัดอากาศ หรือแก๊สออกจากแม่พิมพ์ตำแหน่ง A ดังรูปที่ 25



รูปที่ 25 การปรับปรุงแก้ไขแม่พิมพ์ตำแหน่ง A โดยการติดตั้ง Overflow, Runner, Chill Vent

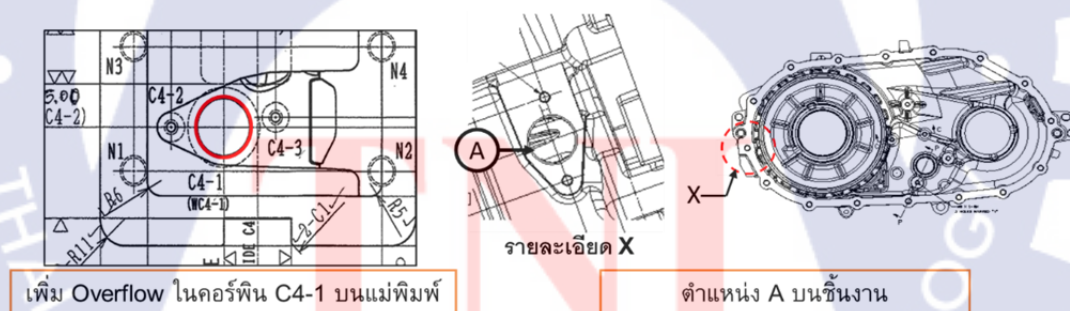
2. ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขแม่พิมพ์ โดยการแยกทางวิ่งของน้ำอลูมิเนียม (Runner) จำนวน 2 จุด เพื่อเพิ่มความเร็วในการระบายอากาศ หรือแก๊สออกจากแม่พิมพ์ให้เร็วขึ้น ดังรูปที่ 26



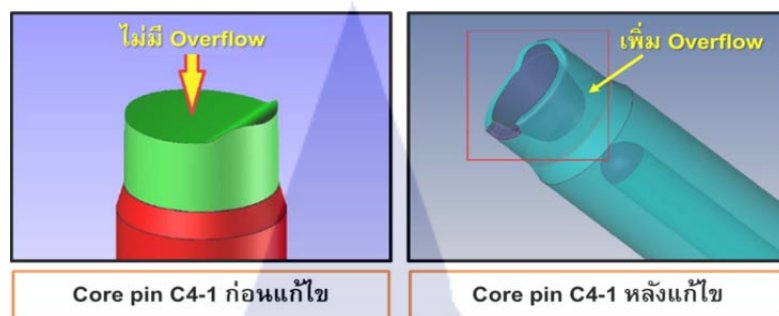
รูปที่ 26 การปรับปรุงแก้ไขแม่พิมพ์โดยการแยกทางวิ่งของน้ำอลูมิเนียม (Runner) 2 จุด

2. การดำเนินการปรับปรุงแก้ไขแม่พิมพ์ ครั้งที่ 2

ดำเนินการแก้ไขปรับปรุงแก้ไขแม่พิมพ์ ตำแหน่ง A (ตำแหน่งที่เกิดรูพรุนมากที่สุด) โดยการเพิ่มโอเวอร์โฟลว์ (Overflow) ในคอร์พิน (Core pin C4-1) เพื่อกำจัดแก๊สหรืออากาศที่ตกค้างที่ตำแหน่ง A ดังรูปที่ 27 รูปที่ 28 และรูปที่ 29



รูปที่ 27 ตำแหน่งเพิ่ม Overflow ในคอร์พินของแม่พิมพ์

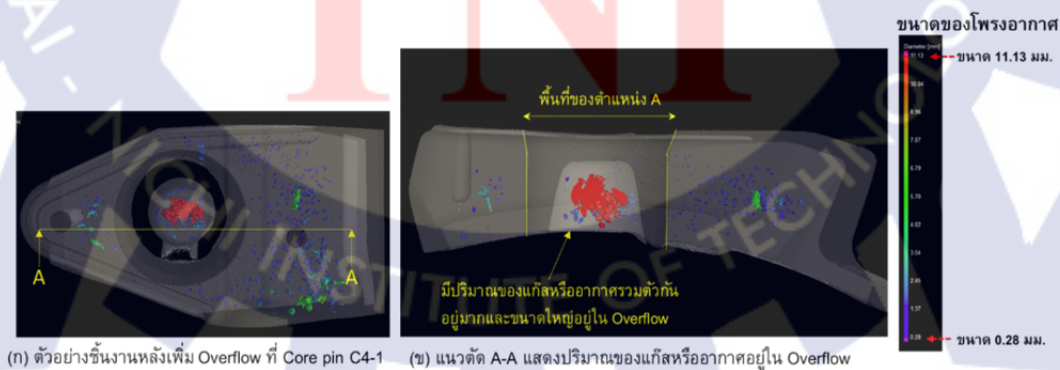


รูปที่ 28 เปรียบเทียบภาพจำลองคอร์พิน (Core Pin C4-1) ก่อนแก้ไขและหลังแก้ไข



รูปที่ 29 เปรียบเทียบชิ้นงานจริงก่อนแก้ไขและหลังแก้ไขคอร์พิน

นำตัวอย่างชิ้นงานหลังจากทำการเพิ่ม Overflow ในคอร์พิน (Core pin C4-1) มาทำเอกซเรย์ด้วยวิธี CT Scan 3D โดยใช้เครื่องเอกซเรย์ YXLON รุ่น Y.MU200-D พบว่า ปริมาณแก๊สหรืออากาศจะอยู่รวมตัวกันใน Overflow ดังนั้น สรุปได้ว่า Overflow สามารถช่วยกำจัดหรือลดปริมาณแก๊สหรืออากาศที่ตำแหน่ง A ได้ ดังรูปที่ 30

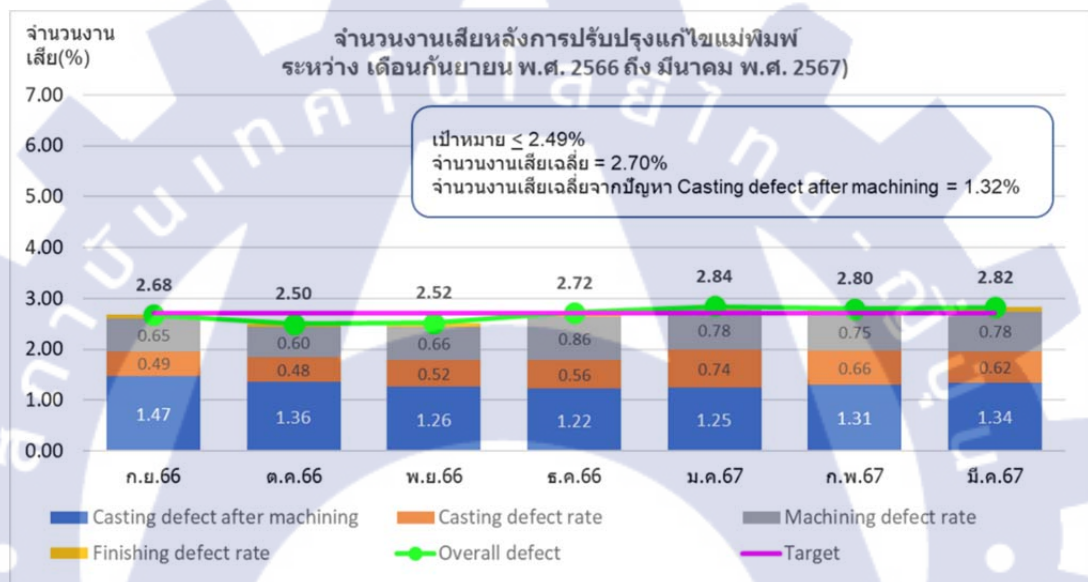


รูปที่ 30 ปริมาณและขนาดของแก๊สหรืออากาศที่รวมตัวอยู่ใน Overflow เช็คโดยเครื่องเอกซเรย์

บทที่ 4 ผลการวิจัย

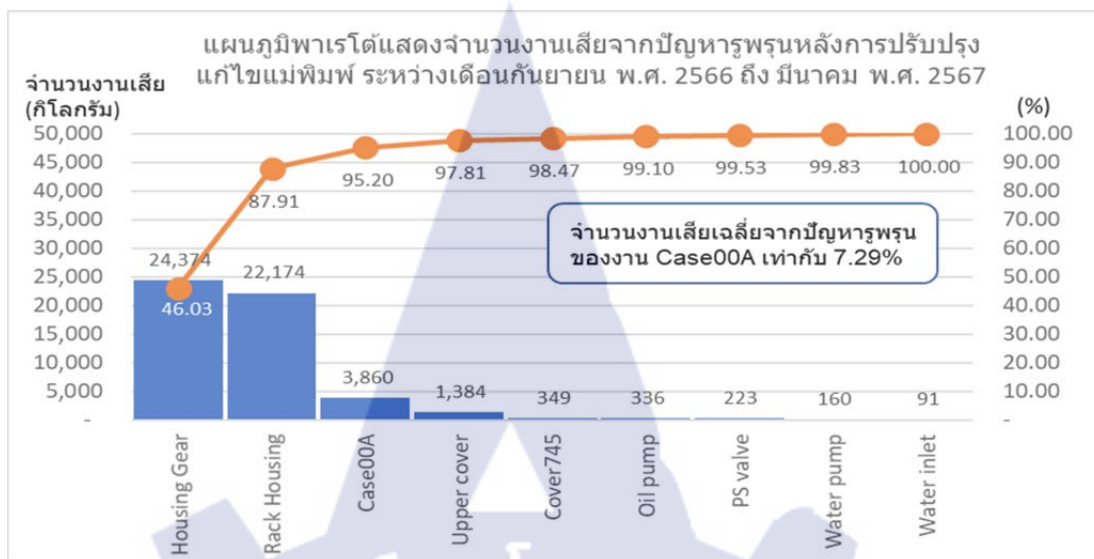
ผลการดำเนินการแก้ไข

1. จำนวนงานเสียภายในบริษัทหลังการปรับปรุงแก้ไขแม่พิมพ์ ระหว่างเดือนกันยายน พ.ศ. 2566 ถึง มีนาคม 2567 พบว่า จำนวนงานเสียเฉลี่ยลดลงเท่ากับร้อยละ 2.70 ต่อเดือน และจำนวนงานเสียเฉลี่ยจากปัญหา Casting Defect After Machining ลดลงเท่ากับร้อยละ 1.32 ดังรูปที่ 31



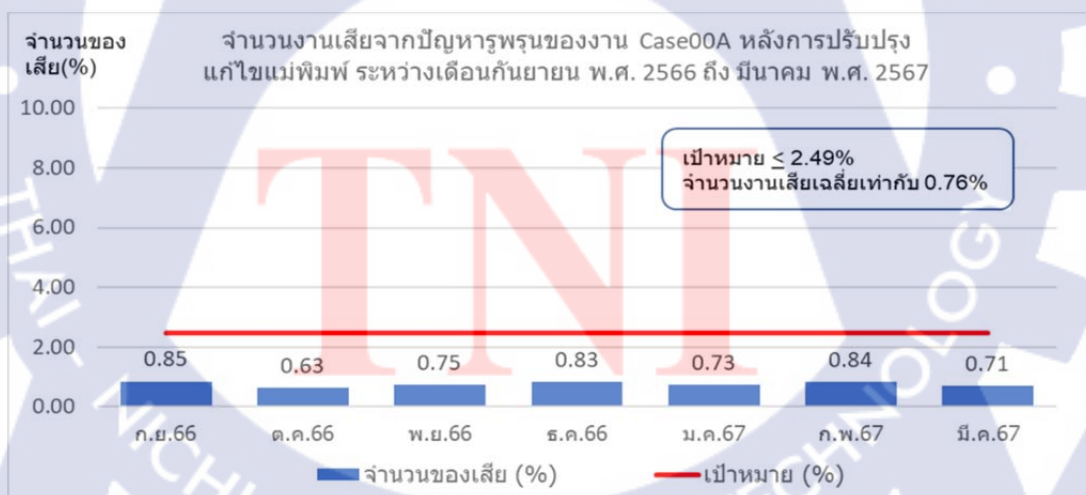
รูปที่ 31 จำนวนงานเสียภายในบริษัทหลังการปรับปรุงแก้ไขแม่พิมพ์ระหว่างเดือนกันยายน พ.ศ. 2566 ถึง มีนาคม 2567

2. จำนวนงานเสียจากปัญหารูพรุนหลังการปรับปรุงแก้ไขแม่พิมพ์ ระหว่างเดือนกันยายน พ.ศ. 2566 ถึง มีนาคม 2567 พบว่า จำนวนงานเสียเฉลี่ยจากปัญหารูพรุนของงาน Case00A ลดลงเท่ากับ ร้อยละ 7.29 ของงานเสียทั้งหมด โดยประมาณ ดังรูปที่ 32



รูปที่ 32 แผนภูมิพาเรโตแสดงจำนวนงานเสียจากปัญหาพรุนหลังแก้ไขปรับปรุงแม่พิมพ์ระหว่างเดือนกันยายน พ.ศ. 2566 ถึง มีนาคม 2567

3. จำนวนงานเสียจากปัญหาพรุนของงาน Case00A หลังการปรับปรุงแก้ไขแม่พิมพ์ระหว่างเดือนกันยายน พ.ศ. 2566 ถึง มีนาคม 2567 พบว่า จำนวนงานเสียเฉลี่ยจากปัญหาพรุนของงาน Case00A ลดลงเท่ากับร้อยละ 0.76 ดังรูปที่ 33



รูปที่ 33 จำนวนงานเสียจากปัญหาพรุนของงาน Case00A หลังการปรับปรุงแก้ไขแม่พิมพ์ระหว่างเดือนกันยายน พ.ศ. 2566 ถึง มีนาคม พ.ศ. 2567

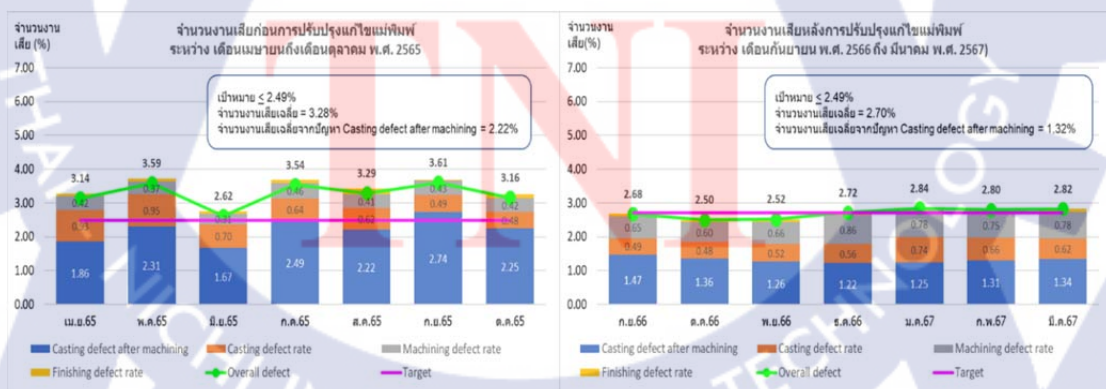
4. ค่าใช้จ่ายที่ต้องสูญเสียจากปัญหาพรุนของชิ้นงาน Case00A หลังการปรับปรุงแก้ไขแม่พิมพ์ ระหว่างเดือนกันยายน พ.ศ. 2566 ถึง มีนาคม 2567 พบว่า ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยที่ต้องสูญเสียจากปัญหาพรุนลดลงเป็นจำนวน 36,867 บาทต่อเดือนโดยประมาณ ดังแสดงในรูปที่ 34



รูปที่ 34 กราฟแสดงค่าใช้จ่ายที่ต้องสูญเสียจากปัญหาพรุนของชิ้นงาน Case00A หลังการปรับปรุงแก้ไขแม่พิมพ์ ระหว่างเดือนกันยายน พ.ศ. 2566 ถึง มีนาคม พ.ศ. 2567

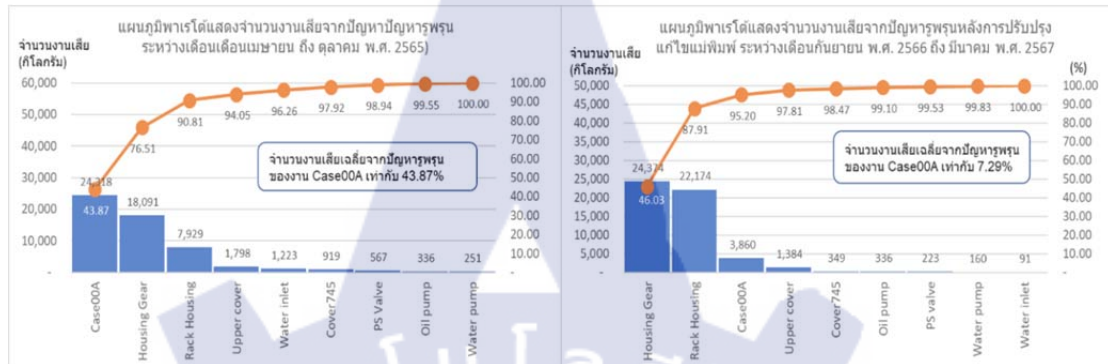
สรุปผลการดำเนินการแก้ไข

1. เปรียบเทียบจำนวนงานเสียภายในบริษัทก่อนและหลังการปรับปรุงแก้ไขแม่พิมพ์ พบว่า หลังการปรับปรุงแก้ไขแม่พิมพ์จำนวนงานเสียเฉลี่ยลดลงจากร้อยละ 3.28 ต่อเดือน เป็นร้อยละ 2.70 ต่อเดือน ซึ่งมีสาเหตุมาจากจำนวนของเสียจากปัญหา Casting Defect After Machining ลดลงจากร้อยละ 2.22 ต่อเดือน เป็นร้อยละ 1.32 ต่อเดือน ดังรูปที่ 35



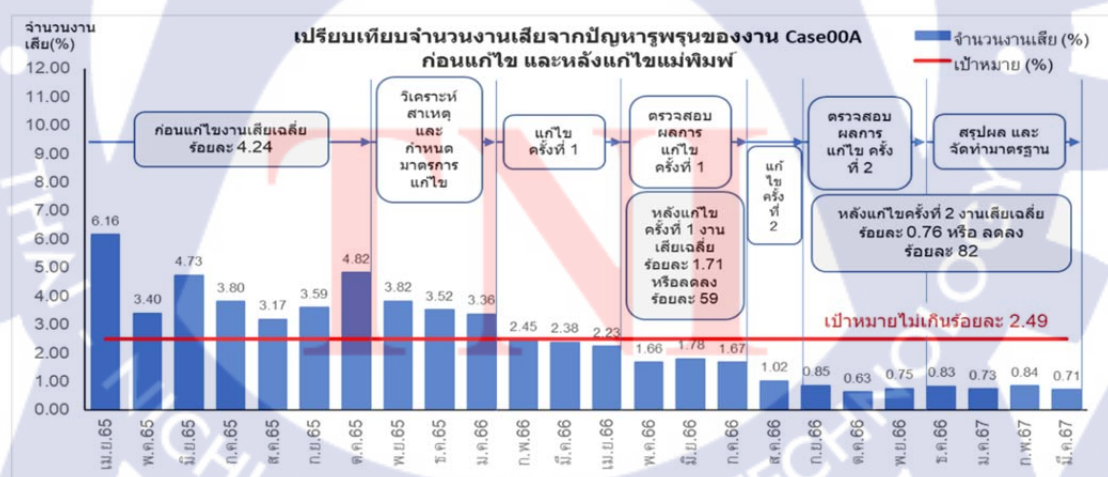
รูปที่ 35 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนงานเสียภายในบริษัทก่อนและหลังการปรับปรุงแก้ไขแม่พิมพ์

2. เปรียบเทียบจำนวนงานเสียจากปัญหาพรุนก่อนและหลังการปรับปรุงแก้ไขแม่พิมพ์ พบว่า หลังการปรับปรุงแก้ไขแม่พิมพ์จำนวนงานเสียเฉลี่ยจากปัญหาพรุนของงาน Case00A ลดลงจากร้อยละ 43.87 เป็นร้อยละ 7.29 ดังรูปที่ 36



รูปที่ 36 พาเรโต้แสดงการเปรียบเทียบจำนวนงานเสียจากปัญหาพรุนก่อนและหลังการปรับปรุงแก้ไขแม่พิมพ์

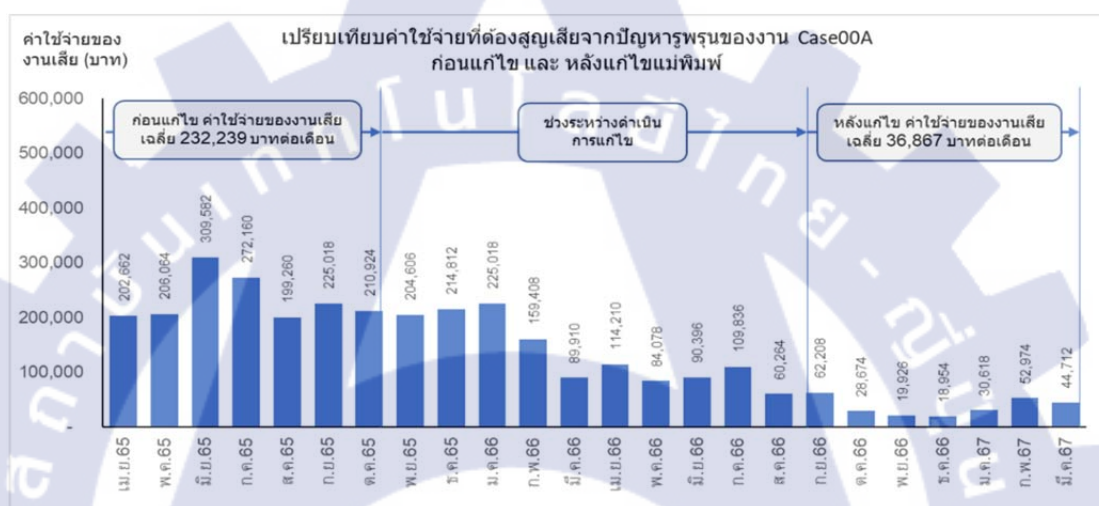
3. เปรียบเทียบจำนวนงานเสียจากปัญหาพรุนของงาน Case00A ก่อนและหลังการปรับปรุงแก้ไขแม่พิมพ์ พบว่า หลังการปรับปรุงแก้ไขแม่พิมพ์จำนวนงานเสียเฉลี่ยจากปัญหาพรุนของงาน Case00A ลดจากร้อยละ 4.24 ต่อเดือน เป็นร้อยละ 0.76 ต่อเดือน ดังรูปที่ 37



รูปที่ 37 กราฟแสดงการเปรียบเทียบจำนวนงานเสียจากปัญหาพรุนของงาน Case00A ก่อน-หลังการปรับปรุงแก้ไขแม่พิมพ์

จากรูปที่ 37 สาเหตุที่จำนวนงานเสียในเดือนสิงหาคม พ.ศ.2566 ลดลงจากเดิมร้อยละ 1.70 คงเหลือร้อยละ 1.02 เนื่องจากมีสต็อกงาน 2 กลุ่มรวมกัน คือ กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มงานหลังการแก้ไขครั้งที่ 1 จำนวน 3,161 ชิ้น และกลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มงานหลังการแก้ไขครั้งที่ 2 จำนวน 9,022 ชิ้น

4. เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่ต้องสูญเสียจากปัญหารุพรุนของงาน Case00A ก่อนและหลังการปรับปรุงแก้ไขแม่พิมพ์ พบว่า หลังการปรับปรุงแก้ไขแม่พิมพ์ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยที่ต้องสูญเสียจากปัญหารุพรุนของงาน Case00A ลดลงจากจำนวน 232,239 บาทต่อเดือน เป็นจำนวน 36,867 บาทต่อเดือน ดังรูปที่ 38



รูปที่ 38 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่ต้องสูญเสียจากปัญหารุพรุนของงาน Case00A ก่อน-หลัง การปรับปรุงแก้ไขแม่พิมพ์

บทสรุป

จากข้อมูลจำนวนงานเสียภายในบริษัทระหว่าง เดือนเมษายนถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2565 พบว่า จำนวนงานเสียจากปัญหารุพรุนของชิ้นงาน Case00A มีจำนวนงานเสียเฉลี่ยสูงเกินเป้าหมายที่กำหนด และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยบริษัทมีเป้าหมายงานเสีย ไม่เกินร้อยละ 2.49 ต่อเดือน แต่จำนวนงานเสียเฉลี่ยที่เกิดขึ้นจริงเท่ากับร้อยละ 4.24 ต่อเดือน ซึ่งนำมาคำนวณความสูญเสียจากปัญหารุพรุน พบว่า บริษัทมีค่าใช้จ่ายที่ต้องสูญเสียจากปัญหารุพรุน เป็นจำนวน 232,239 บาทต่อเดือนโดยประมาณ

จากผลการสำรวจสภาพปัจจุบันก่อนการปรับปรุงแก้ไข พบว่า จำนวนงานเสียเฉลี่ยจากปัญหารุพรุนของงาน Case00A เท่ากับร้อยละ 4.24 ต่อเดือน เกิดขึ้นที่ตำแหน่ง A มากที่สุด และเป็นรูพรุนที่เกิดจากการกำจัดอากาศหรือแก๊สออกจากแม่พิมพ์ไม่หมด จากการใช้ซอฟต์แวร์ Flow-

3D Cast ช่วยในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา พบว่า สาเหตุหลักของการกำจัดอากาศหรือแก๊สออกจากแม่พิมพ์ไม่หมด เกิดจากการออกแบบทิศทางการไหลของน้ำอลูมิเนียมในแม่พิมพ์ไม่เหมาะสม ทำให้น้ำอลูมิเนียมไหลออกจากแม่พิมพ์ได้ช้า ส่งผลให้กำจัดอากาศหรือแก๊สไหลออกจากแม่พิมพ์ไม่หมด ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการปรับปรุงแก้ไขแม่พิมพ์ในตำแหน่งที่เกิดรูพรุน 2 วิธี คือ วิธีที่ 1 ทำการเพิ่มจำนวนของ Overflow, Runner, Chill Vent เพื่อเพิ่มความเร็วในการไหลของน้ำอลูมิเนียมออกจากแม่พิมพ์ วิธีที่ 2 ทำการเพิ่ม Overflow ในรูคอร์พิน เพื่อเพิ่มความสามารถในการกำจัดอากาศหรือแก๊ส

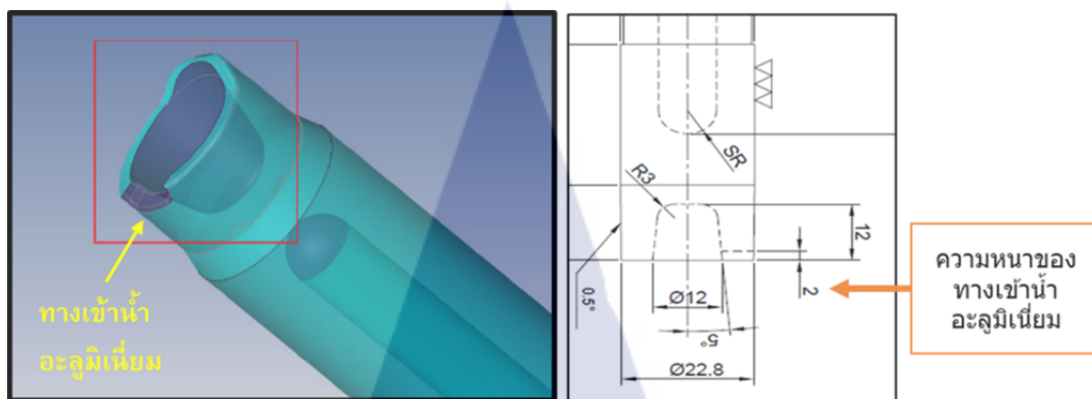
หลังจากดำเนินการแก้ไขปรับปรุงแม่พิมพ์ พบว่า จำนวนของเสียจากปัญหารูพรุนลดต่ำลงอยู่ภายในเป้าหมายที่กำหนดทุกเดือน และมีแนวโน้มที่จะลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยบริษัทมีเป้าหมายไม่เกินร้อยละ 2.49 แต่จำนวนของเสียเฉลี่ยที่เกิดขึ้นจริงเท่ากับร้อยละ 0.76 ลดลงจากสภาพปัจจุบันร้อยละ 82 โดยประมาณ ส่งผลให้บริษัทมีค่าใช้จ่ายที่ต้องสูญเสียจากปัญหารูพรุนของงาน Case00A มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยค่าใช้จ่ายที่ต้องสูญเสียก่อนการแก้ไขเฉลี่ยประมาณ 232,239 บาทต่อเดือน แต่ค่าใช้จ่ายที่ต้องสูญเสียหลังการแก้ไขที่เกิดขึ้นจริงเฉลี่ยประมาณ 36,867 บาทต่อเดือน ลดลงจากสภาพปัจจุบันร้อยละ 84 โดยประมาณ

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ช่วยบริษัทลดจำนวนงานเสียจากปัญหารูพรุนของชิ้นงาน Case00A ได้ตามเป้าหมายที่กำหนด โดยผู้วิจัยกำหนดเป้าหมายของเสียไม่เกินร้อยละ 2.12 ต่อเดือน หรือ ลดลงร้อยละ 50 จากสภาพปัจจุบัน ซึ่งจำนวนงานเสียเฉลี่ยที่เกิดขึ้นจริงหลังการดำเนินการแก้ไขปรับปรุงเท่ากับร้อยละ 0.76 ต่อเดือน หรือลดลงร้อยละ 82 จากสภาพปัจจุบัน
2. ช่วยให้บริษัทลดค่าใช้จ่ายของงานเสียจากปัญหารูพรุนของชิ้นงาน Case00A ได้ตามเป้าหมายที่กำหนด โดยผู้วิจัยกำหนดเป้าหมายค่าใช้จ่ายของงานเสียไม่เกิน 116,119 บาทต่อเดือน หรือลดลงร้อยละ 50 จากสภาพปัจจุบัน ซึ่งค่าใช้จ่ายของงานเสียเฉลี่ยที่เกิดขึ้นจริงหลังการดำเนินการแก้ไขปรับปรุงลดลงเหลือ 36,867 บาทต่อเดือน หรือ ลดลงจากสภาพปัจจุบันร้อยละ 84

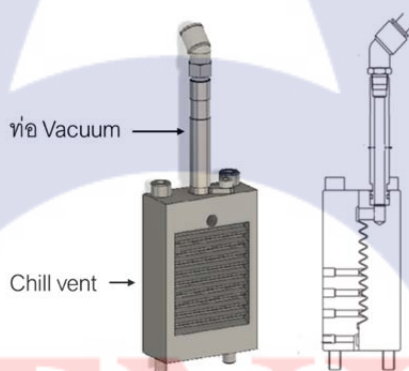
ข้อเสนอแนะ

1. การเพิ่มช่องระบายส่วนเกินของน้ำอลูมิเนียม (Overflow) ที่ตำแหน่งคอร์พิน (Core Pin C4-1) ต้องควบคุมความหนาของทางเข้าน้ำอลูมิเนียมให้อยู่ในค่ามาตรฐาน เพื่อป้องกันปัญหาชิ้นงานบิ่นหรือแตกหลังจากการเคาะ Overflow ออกจากชิ้นงาน ดังรูปที่ 39



รูปที่ 39 มาตรฐานความหนาของทางเข้าน้ำอะลูมิเนียมของ Overflow

2. สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีรูปร่างซับซ้อนและมีขนาดใหญ่ ในอนาคตจะมีการศึกษาการประยุกต์ใช้เครื่องสุญญากาศ (Vacuum) ในการติดตั้งเข้ากับ Chill vent ของแม่พิมพ์ เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดแก๊สหรืออากาศออกจากแม่พิมพ์ได้ดียิ่งขึ้น ดังรูปที่ 40



รูปที่ 40 ตัวอย่างการติดตั้ง Vacuum เข้ากับ Chill Vent

บรรณานุกรม

TNI

บรรณานุกรม

- คริส ไพโรจน์. (2561). **หลัก 3 Mu คืออะไร? มีอะไรบ้าง.** สืบค้นเมื่อ 7 เมษายน 2567, จาก <https://greedisgoods.com/หลัก-3-mu-คือ-อะไร/>.
- คัทชียะ โฮโซทานิ. (2549). **การแก้ปัญหาแบบ QC.** แปลโดย วีรพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- โนริอากิ คาโน. (2548). **Guide to TQM in Service Industries.** แปลโดย จำลักษ์ณ์ ขุนพลแก้ว; และศุภชัย อาชีวะระงับโรค. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ตะวันออก จำกัด.
- บริษัท จป หูเดีย จำกัด. (2567). **Kaizen.** สืบค้นเมื่อ 7 เมษายน 2567, จาก <https://www.jorportoday.com/what-is-kaizen/>.
- บริษัท โตชิบา แมชชีนเนอรี จำกัด. (2562). **การควบคุมเครื่องฉีดไดคาสต์กับมาตรการแก้ไขโพรงในงานหล่อ.** (เอกสารประกอบการอบรม). กรุงเทพฯ : แผนกพัฒนาบุคลากร สถาบันยานยนต์.
- บูรณะศักดิ์ มาดหมาย. (2551, พฤษภาคม-มิถุนายน). การปรับปรุงอย่างต่อเนื่องตามแบบ PDCA. วารสารวิชาการสถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ. 13(74) : 89-93.
- ปิยนันท์ สวัสดิ์ศฤงฆาร. (2564). **ความสูญเปล่า 7 ประเภทในกระบวนการผลิต.** สืบค้นเมื่อ 17 เมษายน 2567, จาก <https://drpiyanan.com/2021/05/14/7-types-of-waste/>.
- ปิยะนุช มีธรรม; และชาคริต สุวรรณจรัส. (2557). แบบจำลองการหล่อแม่พิมพ์ความดันสูง กับปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดรูพรุนภายในชิ้นงาน. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 28 พ.ศ. 2557. หน้า 705-711. 15-17 ตุลาคม 2557. ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- แผนกเทคโนโลยีการผลิตสถาบันยานยนต์. (2551). **แนวทางปฏิบัติการติดตั้งระบบ TPS (Toyota Production System) อย่างได้ผลและยั่งยืน.** กรุงเทพฯ : สถาบันยานยนต์.
- พร้อมพงษ์ ปานดี. (2565). **อลูมิเนียมกับบทบาท Advance Materials แห่งยานยนต์ไฟฟ้า.** สืบค้นเมื่อ 5 มกราคม 2567, จาก <https://www.mreport.co.th/experts/technology/225-Advance-Aluminium-in-EV-industry>.
- พริกิตต์ วิริยะรัตนศักดิ์. (2552). การปรับปรุงเงื่อนไขการฉีดไดคาสต์ในช่วง Pre-Filling Optimization of Die Casting Injection Conditions During Pre-Filling Period. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 23 พ.ศ. 2552. หน้า 125-127. 4-7 พฤศจิกายน 2552. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

- มงคล แก้วนพรัตน์. (2555). การลดปัญหาข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์จากอะลูมิเนียมหล่อโดยใช้โปรแกรมจำลองงานหล่อขึ้นรูป. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมโลหการ). นครราชสีมา : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- ยาสุโกะ โยชิฮาระ. (2552). เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานด้วยไคเซ็น (Kaizen). แปลโดย สุลภัส เครือกาญจนา. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- โยชิอิโตะ วากามัทสึ. (2554). ไคเซ็นตามวิถีโตโยต้า. แปลโดย ประยูร เชี่ยววัฒนา. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- วิจิตร ภัคพรหมินทร์. (2561). การผลิตแบบโตโยต้าเชิงปฏิบัติการ (Toyota Production System). (เอกสารประกอบคำสอน). กรุงเทพฯ : คณะบริหารธุรกิจ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น.
- สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น. (2561). โครงการวิจัยศึกษาการปรับปรุงงานมาตรฐานด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ Video Time and Motion Study Software ในภาคธุรกิจอุตสาหกรรมการ์เมนต์. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น.
- (2562). โครงการวิจัยศึกษาอิทธิพลตัวแปรสื่อกลางของกิจกรรมการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องระหว่างการบริหารการผลิตแบบญี่ปุ่นกับการลดต้นทุน. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น.
- สมาคมนักวิทยาศาสตร์และวิศวกรแห่งประเทศไทย. (2558). การควบคุมคุณภาพ. สืบค้นเมื่อ 14 เมษายน 2567, จาก https://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php?bookID=3183&pageid=5&read=true&count=true.
- สมบูรณ์ โอตรวรรณ. (2558). โครงสร้างจุลภาคของชิ้นส่วนอะลูมิเนียมอัลลอยที่หล่อด้วยแรงดันสูง. วารสารเทคโนโลยีวัสดุ. 1(3) : 45-50.
- อะคิโอะ อิซาวา; และคณะ. (2548). การแก้ปัญหาด้วย QC Story ยุคใหม่. แปลโดย ศศิธร วัฒนพาหุ. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- Brunet; and New. (2003). Kaizen in Japan : An Empirical Study. **International Journal of Operations & Production Management.** 23(12) : 1,426-1,446.
- Die Engineering Corporation. (2015). **Chill Vent.** Retrieved April 17, 2024, from http://die-eg.com/en/product/vent_top/.
- Glover; et al. (2013). Characteristic of Established Kaizen Event Programs : An Empirical Study. **International Journal of Operations & Production Management.** 33(9) : 1,166-1,201.

- H-ONE1. (2562). **5G** เพื่อการบริหารจัดการ. สืบค้นเมื่อ 17 เมษายน 2567, จาก <https://www.teelangka.com/5g-theory/>.
- Hong-Kyu Kwon. (2021). Layout Design and Die Casting Using CAE Simulation for Household Appliances. **Applied Sciences**. 11(21) : 1-11.
- Juraj Ruzbarsky; and Stefan Gaspar. (2023). Analysis of Selected Production Parameters for the Quality of Pressure Castings as a Tool to Increase Competitiveness. **Applied Sciences**. 13(22) : 1-22.
- P.C.S. Machine Group Holding Public Company Limited. (2010). **Die Casting Machine**. Retrieved April 6, 2024, from <https://diecastingtechnology.blogspot.com/2010/11/die-casting-machine.html>.
- Piyanut Meethum; and Chakrit Suvanjumrat. (2017). Evaluate of Chill Vent Performance for High Pressure Die-Casting Production and Simulation of Motorcycle Fuel Caps. **MATEC Web of Conferences**. 3(7) : 1-4.
- Santosh Dabhole; et al. (2017). Design and Development of Die Casting Die for Rejection Reduction. **International Journal of Mechanical Engineering and Technology**. 8(5) : 1,061-1,070.
- Tariq; et al. (2021, May). Minimizing the Casting Defects in High-Pressure Die Casting Using Taguchi Analysis. **Scientia Iranica**. 29(1) : 53-69.
- Toyota Seisan Hoshiki wo Kangaeru Kai. (2555). **ไคเซ็นในธุรกิจบริการ**. แปลโดย ประยูร เขียววัฒนา. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- Venkataiah; and Sagi. (2012, January-March). Relationship Between Kaizen Events and Perceived Quality Performance in Indian Automobile Industry. **International Journal of Management and Business Studies**. 2(1) : 25-28.
- Yasushi Iwata; et al. (2012, January). Compression Behavior of Entrapped Gas in High Pressure Diecasting. **Materials Transactions**. 53(3) : 483-488.
- Yukio Otsuka. (2013, November). Experimental Verification and Accuracy Improvement of Gas Entrapment and Shrinkage Porosity Simulation in High Pressure Die Casting Process. **Materials Transactions**. 55(1) : 154-160.
- Zhichao Niu; et al. (2022). Effect of High Pressure Die Casting on the Castability, Defects and Mechanical Properties of Aluminium Alloys in Extra-Large Thin-Wall Castings. **Journal of Materials Processing Tech**. 303(7) : 254.



ภาคผนวก

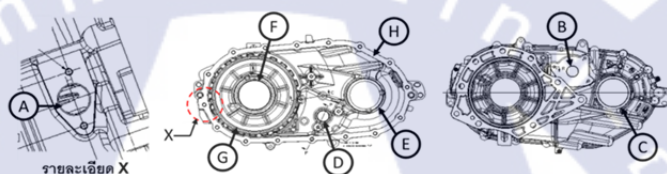
ภาคผนวก ก.

ข้อมูลงานเสียจากปัญหาพรุน

TNII

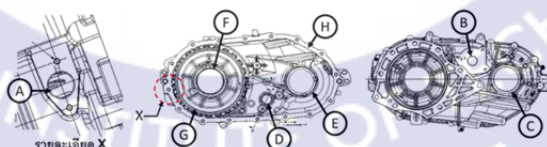
ตารางที่ 5 ข้อมูลงานเสียจากปัญหาพรุนของชิ้นงาน Case00A ระหว่างเดือนเมษายน ถึงเดือน
ตุลาคม พ.ศ. 2565

รายละเอียด		ก่อนการดำเนินการแก้ไข						
		เม.ย.65	พ.ค.65	มิ.ย.65	ก.ค.65	ส.ค.65	ก.ย.65	ต.ค.65
จำนวนผลิต (ชิ้น)		6,766	12,481	13,467	14,727	12,924	12,910	9,013
จำนวนงานเสีย (ชิ้น)		417	424	637	560	410	463	434
%NG		6.16	3.40	4.73	3.80	3.17	3.59	4.82
ตำแหน่งของพรุน	A	287	301	445	420	278	324	313
	B	42	35	61	47	44	42	40
	C	9	7	9	6	5	7	3
	D	8	9	13	7	9	8	13
	E	5	6	6	4	3	5	8
	F	9	7	8	6	4	5	4
	G	23	28	42	33	32	27	21
	H	34	31	53	37	35	45	32



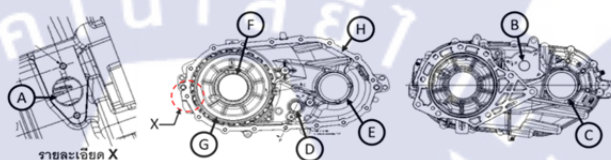
ตารางที่ 6 ข้อมูลงานเสียจากปัญหาพรุนของชิ้นงาน Case00A ระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.
2565 ถึง เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2566

รายละเอียด		วิเคราะห์สาเหตุและกำหนดมาตรการแก้ไข			แก้ไขครั้งที่ 1			ตรวจสอบผลการแก้ไขครั้งที่ 1		
		พ.ย.65	ธ.ค.65	ม.ค.66	ก.พ.66	มี.ค.66	เม.ย.66	พ.ค.66	มิ.ย.66	ก.ค.66
จำนวนผลิต (ชิ้น)		11012	12564	13787	13392	7783	10542	10393	10427	13540
จำนวนงานเสีย (ชิ้น)		421	442	463	328	185	235	173	186	226
%NG		3.82	3.52	3.36	2.45	2.38	2.23	1.66	1.78	1.67
ตำแหน่งของพรุน	A	290	313	325	213	102	129	90	83	116
	B	38	41	42	35	23	30	23	29	32
	C	8	7	5	7	6	5	0	2	2
	D	6	8	6	6	6	6	2	4	5
	E	9	7	8	6	5	4	0	0	2
	F	8	6	12	4	7	4	5	3	6
	G	29	25	31	25	14	24	26	29	28
	H	33	35	34	32	22	33	27	36	35



ตารางที่ 7 ข้อมูลงานเสียจากปัญหารูพรุนของชิ้นงาน Case00A ระหว่างเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2566 ถึง เดือนมีนาคม พ.ศ. 2567

รายละเอียด	แก้ไขครั้งที่ 2				สรุปผล และจัดทำมาตรฐาน			
	ส.ค.66	ก.ย.66	ต.ค.66	พ.ย.66	ธ.ค.66	ม.ค.67	ก.พ.67	มี.ค.67
จำนวนผลิต (ชิ้น)	12183	15024	9378	5503	4686	8665	13025	12931
จำนวนงานเสีย (ชิ้น)	124	128	59	41	39	63	109	92
%NG	1.02	0.85	0.63	0.75	0.83	0.73	0.84	0.71
ตำแหน่งของรูพรุน	A	59	62	20	16	14	25	41
	B	17	14	11	6	7	9	13
	C	0	1	1	0	0	2	4
	D	3	2	1	1	0	2	5
	E	2	0	1	0	0	3	5
	F	5	4	2	3	2	5	5
	G	21	26	13	8	7	9	21
	H	17	19	10	7	9	8	15



TNI

NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY