การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตการหล่อเครื่องประดับและวิเคราะห์ต้นทุน

THE IMPROVE EFFICIENCY

OF JEWELRY CASTING PRODUCTION AND COST ANALYSIS

อดิรุจ พีรวัฒน์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2565

การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตการหล่อเครื่องประดับและวิเคราะห์ต้นทุน

อดิรุจ พีรวัฒน์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรมและนวัตกรรม
วิทยาลัยอุตสาหกรรมสร้างสรรค์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

THE IMPROVE EFFICIENCY
OF JEWELRY CASTING PRODUCTION AND COST ANALYSIS

ADIRUJ PEERAWAT

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of MASTER OF SCIENCE

(Innovation and Industrial Management)

College of Creative Industry, Srinakharinwirot University

2022

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตการหล่อเครื่องประดับและวิเคราะห์ต้นทุน

ของ

อดิรุจ พีรวัฒน์

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรมและนวัตกรรม

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก ..... ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขจีพร วงศ์ปรีดี) (อาจารย์ภาวัต อุปถัมภ์เชื้อ)

..... ที่ปรึกษาร่วม ..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงษ์ คงประเสริฐ) (อาจารย์พองาม วีรุตมเสน)

ชื่อเรื่อง	การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตการหล่อเครื่องประดับและวิเคราะห์ต้นทุน
ผู้วิจัย	อดิรุจ พีรวัฒน์
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2565
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ขจีพร วงศ์ปรีดี
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัฐพงษ์ คงประเสริฐ

อุตสาหกรรมอัญมณีเครื่องประดับของประเทศไทยมีรากฐานระบบอุตสาหกรรมแบบ OEM หรือรับจ้างผลิต วิธีการทำเครื่องประดับนั้นในอุตสาหกรรมมีการส่งผ่านระบบตามความชำนาญของช่างในแต่ละกระบวนการผลิต ซึ่งได้ประยุกต์ระบบมาจากการผลิตของช่างเพียงหนึ่งคนจากเดิมที่ต้องใช้เวลา ก็สามารถนำเทคโนโลยีการหล่อเข้ามาประยุกต์ใช้ในการผลิตแบบมากได้ แต่ในปัจจุบันการขยายมาจากพื้นฐานธุรกิจแบบครอบครัวเป็นหลัก การบริหารจัดการในห่วงโซ่ ยังไม่เป็นระบบทำให้เกิดต้นทุนทางด้านเวลาและการตรวจสอบคุณภาพการผลิตกับการแก้ปัญหาหน้างานยังมีอยู่มาก เทคโนโลยีกระบวนการหล่อเป็นที่สำคัญของอุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับซึ่งเป็นต้นน้ำหากมีการผลิตสินค้าต้นน้ำที่มีคุณภาพจะทำให้สามารถลดการสูญเสียได้ ในกรณีศึกษาของเทคโนโลยีการหล่อของทางคู่ค้าทางด้านการผลิต (Supplier) จึงมีวัตถุประสงค์ลดความสูญเสียทางด้านงานหล่อ โดยสมมุติฐานงานวิจัยนี้ เป็นการเลือกคู่ค้าทางด้านการผลิตทาง ของ 2 โรงงาน ในระบบเครื่องหล่อเหวี่ยงและระบบเครื่องหล่อสุญญากาศ ซึ่งวิธีการดำเนินการเริ่มจากการกำหนดวิธีหาการสาเหตุของปัญหาที่แท้จริง (Root Cause Analysis) การประยุกต์ใช้ เครื่องมือคุณภาพ (qc 7 tools) เพื่อเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ ร่วมกับการใช้แผนผังการควบคุม (Control Chart) พบว่าเทคโนโลยีระบบเครื่องหล่อดูดสุญญากาศ มีประสิทธิภาพทางด้านการผลิตที่ดีกว่าระบบเครื่องหล่อเหวี่ยงโดยพบปัญหาของงานหล่อไม่เต็มและผิวชิ้นงานเป็นตะเข็บจำนวนมาก เปรียบเทียบเพื่อวัดผลของคู่ค้าทางด้านการผลิตให้เหมาะสม ซึ่งเป็นข้อมูลที่สามารถได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้กับโรงงานกรณีศึกษาส่งผลให้โรงงานสามารถคัดสรรเทคโนโลยีกระบวนการหล่อส่งผลต่อการปรับปรุงคุณภาพงานก่อนเข้าสู่สายการผลิตต่อไป

คำสำคัญ : การลดการสูญเสีย, เทคโนโลยีกระบวนการหล่อ,การจัดการข้อมูล, โรงงานผลิตอัญมณีและเครื่องประดับ

Title	THE IMPROVE EFFICIENCY OF JEWELRY CASTING PRODUCTION AND COST ANALYSIS
Author	ADIRUJ PEERAWAT
Degree	MASTER OF SCIENCE
Academic Year	2022
Thesis Advisor	Assistant Professor Dr. Kageeporn Wongpreedee
Co Advisor	Assistant Professor Dr. Nattapong Kongprasert

Gem and jewelry business in Thailand is based on OEM. The industry is originated from craftsman and modified to be the jewelry factory system for mass production. The business foundation is mostly from family businesses, with a process of transfer from one factory to another according to their specialize. The fragment of process operation causes delays in time, quality improvement and delaying instant solutions. In this research, two partners of casting suppliers compared the two techniques of the centrifugal casting systems and vacuum casting systems to identify problems and solutions. This study was conducted in two phases: (1) to study the manufacturing process of jewelry and identifying problems with production to customer delay time; (2) the method of operation was used the QC tools and control chart to analyze causes on the casting process. The results show the fish bone diagram is to find the problem and the root cause. It was found that the vacuum casting technology was more efficient than centrifugal casting technology. Using the control chart technique, the most problems were with the centrifugal casting machine. Therefore, this case study can be used to select a good candidate of suppliers to fit in at the company.

Keyword : Casting technology, Control chart, Gems and Jewelry factory, QC 7 tools

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขจีพรวงศ์ปรีดี อาจารย์ที่ปรึกษา และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงษ์ คงประเสริฐ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ซึ่งให้คำปรึกษา คำแนะนำ และเสนอแนวคิดที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการวิจัย รวมทั้งให้ความช่วยเหลือในการตรวจสอบ และแก้ไขปรับปรุงปริญญานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่งต่ออาจารย์ทั้งสองท่าน

ขอขอบคุณ โครงการแพลตฟอร์มการศึกษาครบวงจรเพื่อการพัฒนานักศึกษาปริญญาโทและการวิจัยพัฒนานวัตกรรมของของภาคอุตสาหกรรม (Triple helix master degree integrated platform for research, development and innovation in industry) ซึ่งได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากสำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม แห่งชาติ (สอวช.) โดยหน่วยบริหารและจัดการทุน ด้านการพัฒนากำลังคนและทุนด้านการพัฒนาสถาบันอุดมศึกษา การวิจัยและการสร้างนวัตกรรม (บพค.) และคุณรุ่งอรุณ สุวรรณชาโต กรรมการผู้จัดการบริษัท ชาโตครีเอชั่น จำกัด

ขอขอบคุณ ดร.ภาวัต อุปถัมภ์เชื้อ ประธานสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์ และ ดร.พองาม วีรุตมเสน กรรมการสอบปากเปล่า ที่ให้คำแนะนำในการแก้ไขและปรับปรุงปริญญานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณผู้ปกครอง และผู้ประสานงานโครงการที่คอยสนับสนุนและให้กำลังใจตลอดจนคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาแก่ผู้วิจัย จนสามารถดำเนินงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

อดิรุจ พีรวัฒน์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญรูปภาพ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 15

ภูมิหลัง 15

ความมุ่งหมายของงานวิจัย 15

ความสำคัญของการวิจัย 16

ขอบเขตของการวิจัย 16

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย 16

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย 16

ตัวแปรที่ศึกษา 16

นิยามศัพท์เฉพาะ 17

กรอบแนวคิดในงานวิจัย 17

สมมุติฐานในการวิจัย 17

บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม 18

ศึกษาระบบการผลิตและปัจจัยที่ส่งผลต่อภาคการผลิต 18

ระบบการผลิตยุคใหม่ 18

ปัจจัยการผลิต 19

ศึกษาการควบคุมและลดต้นทุนการผลิต 21
ศึกษาการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา 21
แผนผังก้างปลา 21
การกำหนดหัวข้อปัญหาที่หัวปลา 22
ข้อดีของการใช้แผนผังก้างปลา 23
ข้อเสียของการใช้แผนผังก้างปลา 23
แผ่นตรวจสอบ (Check Sheet) 23
กราฟ (Graph) 24
ผังพาเรโต (Pareto Diagram) 25
แผนภูมิการควบคุม (Control Chart) 26
ฮิสโตแกรม (Histogram) 27
แผนผังการกระจาย (Scatter Diagram) 28
ศึกษาการจำกัดความสูญเสีย 7 ประการและของเสีย 28
ความสูญเสียเนื่องจากการผลิตมากเกินไป (Overproduction) 28
ความสูญเสียเนื่องจากการเก็บวัสดุคงคลัง (Inventory) 29
ความสูญเสียเนื่องจากการขนส่ง (Transportation) 29
ความสูญเสียเนื่องจากการเคลื่อนไหว (Motion) 30
ความสูญเสียเนื่องจากกระบวนการผลิต (Processing) 30
ความสูญเสียเนื่องจากการรอคอย (Delay) 30
ความสูญเสียเนื่องจากการผลิตของเสีย (Defect) 31
กระบวนการงานหล่อเครื่องประดับ (Casting process) 32
แผนกออกแบบแม่พิมพ์ 32
การออกแบบของทางเดินน้ำโลหะ 34

แผนกหลอมโลหะ/หล่อโลหะ 40
คุณภาพของการหล่องานเงินและทอง 43
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 50
1. การค้นหาข้อมูล 50
1. การค้นหาระบบที่เห็นในการพัฒนา 50
2. การจำแนกและจัดลำดับความสำคัญ 50
3. การเลือกแก้ไขปัญหาที่เหมาะสม 51
2. การเริ่มต้นและวางแผน 52
1. ศึกษากระบวนการทำงานเดิม 52
2. ศึกษาผลิตภัณฑ์การผลิตของทางโรงงาน 52
3. ศึกษาการทำงานของบุคคลภายในองค์กร 53
4. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องและการออกแบบเครื่องมือควบคุมคุณภาพ 53
4.1 ใบสั่งผลิต/ใบสั่งงาน (Job Order) และใบตรวจสอบ (check sheet) 53
4.2 แผนภาพพาเรโต (Pareto Diagram) 55
4.3 แผนผังก้างปลา (Fish-bone Diagram) 55
4.4 รายการสั่งการผลิตสำหรับลูกค้า (Pre-Job) 55
3. การจัดทำระบบและรายงานการผลิต 57
4. การจำลองและวิเคราะห์ประสิทธิภาพระบบกระบวนการหล่อทางคู่ค้า 58
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย 61
ผลลัพธ์ของระยะที่ 1 61
1.1 การศึกษากระบวนการผลิตและการค้นพบปัญหากระบวนการผลิต 61
1.2 การปรับปรุงระบบการผลิตและการจัดเก็บข้อมูล 65
การเก็บข้อมูลการผลิตและคุณภาพ 68

การออกแบบระบบคงคลังโลหะมีค่า กับทางลูกค้าและคู่ค้าการผลิต 69
ผลลัพธ์ของระยะที่ 2 70
2.1 การวิเคราะห์สาเหตุปัญหา 70
2.2 การเปรียบเทียบเทคโนโลยีกระบวนการหล่อ 75
2.3 การปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการหล่อ 80
คุณภาพผลิตภัณฑ์ 80
ต้นทุนการผลิตงานหล่อ 83
ต้นทุนระยะเวลาในการผลิต 84
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 87
สรุปผลการวิจัย 87
ปัญหาและอุปสรรค 89
ข้อเสนอแนะ 89
บรรณานุกรม 90
ประวัติผู้เขียน 91

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 : ปัญหาการทำงานของบริษัท..... 51

ตาราง 2 : ข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการทดลองเปรียบเทียบ..... 59

ตาราง 3 : ข้อมูลคู่ค้าทางด้านการหล่อผลิตภัณฑ์ product 1 จำนวน 3 แหล่ง 60

ตาราง 4 : ข้อมูลคู่ค้าทางด้านการหล่อผลิตภัณฑ์ product 2 จำนวน 2 แหล่ง 60

ตาราง 5 : แสดงข้อมูลปริมาณงานที่ส่งไม่ทันตามกำหนด เทียบกับปริมาณงานทั้งหมด..... 64

ตาราง 6 : แสดงมูลค่า (บาท) ของที่ส่งงานไม่ทัน เทียบกับมูลค่างานทั้งหมด..... 65

ตาราง 7 : จำนวนงานเสียในปริมาณต่อ lot ของระบบเครื่องหล่อสุญญากาศ (โรงงาน A)..... 77

ตาราง 8 : จำนวนงานเสียในปริมาณต่อ lot ของระบบเครื่องหล่อเหวี่ยง (โรงงาน B) 78

ตาราง 9 : ตารางสรุปการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตงานหล่อของคู่ค้า 86

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิด 17

ภาพประกอบ 2 วิธีการเขียนผังก้างปลา 23

ภาพประกอบ 3 ตัวอย่างใบตรวจสอบ 24

ภาพประกอบ 4 แสดงการสรุปกราฟตามจุดประสงค์ในการใช้งาน (1) 24

ภาพประกอบ 5 แสดงการสรุปกราฟตามจุดประสงค์ในการใช้งาน (2) 25

ภาพประกอบ 6 ตัวอย่างแผนผังพาเรโต 26

ภาพประกอบ 7 ตัวอย่างแผนภูมิควบคุม 27

ภาพประกอบ 8 ตัวอย่างฮีสโตแกรม 27

ภาพประกอบ 9 ตัวอย่างแผนผังกระจาย 28

ภาพประกอบ 10 แผนผังขั้นตอนการจัดทำพิมพ์ตัวอย่าง 33

ภาพประกอบ 11 รูปแบบต้นโลหะที่ใช้ในการหล่องานเครื่องประดับ 35

ภาพประกอบ 12 ก้านทางเดินน้ำโลหะหลัก 36

ภาพประกอบ 13 การออกแบบปลายก้านทางเดินน้ำโลหะหลัก 37

ภาพประกอบ 14 ก้านทางเดินน้ำโลหะที่มีการออกแบบและสามารถควบคุมน้ำหนักของการหล่อ 37

ภาพประกอบ 15 ก้านทางเดินน้ำโลหะที่ถูกตีแบน 38

ภาพประกอบ 16 ก้านทางเดินน้ำที่มีสัดส่วนจากหนาไปบาง 40

ภาพประกอบ 17 รูพรุนจากแก๊สใต้ผิวชิ้นงานในรายละเอียดภาพกำลังขยาย 50x 41

ภาพประกอบ 18 ปัญหาการยุบตัวของชิ้นงานหล่อ (Shrinkage Porosity) 42

ภาพประกอบ 19 เปรียบเทียบรูพรุนแบบฟองอากาศและรูพรุนแบบหดตัว 43

ภาพประกอบ 20 ปริมาณออกซิเจนที่มีอยู่ในเงิน 44

ภาพประกอบ 21 รูพรุนแบบก๊าซเนื่องมาจากคุณภาพโลหะที่ต่ำ 45
ภาพประกอบ 22 รูพรุนเกิดขึ้นที่ผิวของปูนที่ทำปฏิกิริยากับแหวน..... 46
ภาพประกอบ 23 อุณหภูมิสูงเกิดขึ้นภายนอกรอบแหวน..... 46
ภาพประกอบ 24 การหดตัวของโลหะระหว่างการเย็นตัวจากของเหลวเป็นของแข็ง 48
ภาพประกอบ 25 การหดตัวในแท่งอินกอดเกิดที่ด้านบนในแนวกลาง..... 48
ภาพประกอบ 26 เดนไดรต์เกิดขึ้นระหว่างการแข็งตัวของโลหะ 49
ภาพประกอบ 27 การติดก้านทางเดินน้ำโลหะที่ใหญ่จะช่วยในการไหลของน้ำโลหะ..... 49
ภาพประกอบ 28 แสดงประเภทของวัตถุดิบที่ใช้หล่องาน ตั้งแต่เดือน กรกฎาคม 2563 - สิงหาคม 2564..... 52
ภาพประกอบ 29 แผนผังองค์กร 53
ภาพประกอบ 30 ใบสั่งผลิตงานของบริษัทแบบเก่า..... 54
ภาพประกอบ 31 ใบสั่งการผลิตสำหรับลูกค้า..... 56
ภาพประกอบ 32 แผนผังในการทำงานของกระบวนการผลิต 57
ภาพประกอบ 33 ตัวอย่างการคิดโครงสร้างต้นทุนการผลิต 58
ภาพประกอบ 34แสดงจำนวน Order ในการผลิตและมูลค่า ระหว่างเดือนกรกฎาคม 2563 - กรกฎาคม 2564..... 62
ภาพประกอบ 35 แสดง % ปัญหาในการส่งงานล่าช้า เดือนกันยายน 2563..... 63
ภาพประกอบ 36 ผังการผลิตบ่งบอกถึงขอบเขตการทำงาน..... 66
ภาพประกอบ 37 ใบสั่งผลิตงานของบริษัทแบบใหม่..... 67
ภาพประกอบ 38 ระบบการกรอกทางด้านคุณภาพ..... 68
ภาพประกอบ 39 ระบบการกรอกข้อมูลทางด้านการผลิต 69
ภาพประกอบ 40ระบบคงคลังทางด้านคู่ค้าการหล่อและลูกค้า 69
ภาพประกอบ 41 แผนภูมิพาเรโตแสดงปัญหาการส่งงานไม่ทันตามกำหนด..... 71
ภาพประกอบ 42 แผนภาพพาเรโตแสดงปัญหางานหล่อ 71

ภาพประกอบ 43 ปัญหาที่พบในชิ้นงานหล่อ 72

ภาพประกอบ 44 แผนผังก้างปลาแสดงสาเหตุที่ทำให้ชิ้นงานหล่อไม่เต็มและเกิดตะเข็บ 73

ภาพประกอบ 45 แสดง defect ตามดบนผิวชิ้นงาน 73

ภาพประกอบ 46 แสดง defect ผุบนผิวชิ้นงาน 74

ภาพประกอบ 47 แผนผังก้างปลาวิเคราะห์ปัญหางานผุ-ตามด 75

ภาพประกอบ 48 ระบบการหล่อของทางคู่ค้า 2 โรงงาน 76

ภาพประกอบ 49 P chart สำหรับควบคุมคุณภาพทางด้านของเสีย ของระบบกระบวนการหล่อทางคู่ค้า 2 โรงงาน (a) ระบบเครื่องหล่อสุญญากาศ และ (b) ระบบเครื่องหล่อเหวี่ยง 79

ภาพประกอบ 50 แผนภูมิเปรียบเทียบของเสียของผลิตภัณฑ์ “Product 2” 80

ภาพประกอบ 51ประเภทของเสียที่พบในผลิตภัณฑ์ “Product 2” 81

ภาพประกอบ 52 แผนภูมิเปรียบเทียบของเสียของผลิตภัณฑ์ “Product 1” 82

ภาพประกอบ 53 ประเภทของเสียที่พบในผลิตภัณฑ์ “Product 1” (a) งานผุ ,(b) งานตะเข็บ และ (c) งานหล่อไม่เต็ม 82

ภาพประกอบ 54 แผนภูมิเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตของกระบวนการหล่อ : ผลิตภัณฑ์ “Product 2” 83

ภาพประกอบ 55 แผนภูมิเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตของกระบวนการหล่อ : ผลิตภัณฑ์ “Product 1” 84

ภาพประกอบ 56 แผนภูมิเปรียบเทียบต้นทุนระยะเวลาผลิต : ผลิตภัณฑ์ “Product 2” 85

ภาพประกอบ 57 แผนภูมิเปรียบเทียบต้นทุนระยะเวลาผลิต : ผลิตภัณฑ์ “Product 1” 85

บทที่ 1
บทนำ

ภูมิหลัง

อุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับเป็นอุตสาหกรรมหลักที่สร้างรายได้ให้แก่ประเทศ โดยเป็นสินค้าส่งออกหลักอยู่ใน 5 อันดับต้นตลอดระยะเวลา 20 ปีที่ผ่านมา โดยส่วนหนึ่งมาจากผู้ประกอบการรับจ้างผลิตหรือโรงงานขนาดกลางและเล็ก (SMEs) ซึ่งรับจ้างการผลิตให้กับลูกค้าทั้งในและต่างประเทศเพื่อการส่งออกหลากหลายประเทศ แต่ปัญหาส่วนหนึ่งในอุตสาหกรรมเครื่องประดับของโรงงานขนาดเล็ก ยังพบว่าระบบการผลิตยังขาดมาตรฐานเรื่องการผลิต ที่ส่งผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตภายในโรงงานเอง ซึ่งแตกต่างจากอุตสาหกรรมทางด้านอื่นๆ

การทำธุรกิจ แบบรับจ้างผลิต (Original Equipment Manufacturing: OEM) ที่มีโรงงานเป็นกิจการขนาดเล็ก ส่วนใหญ่มีการวางรูปแบบธุรกิจที่ใช้ฝีมือช่างเป็นหลัก ในแผนก ช่างขึ้นตัวเรือน ช่างฝัง ช่างขัด ส่วนแผนกช่างหล่อ และช่างชุบ จะดำเนินการส่งมอบให้คู่ความร่วมมืออื่นในอุตสาหกรรมฯ การบริการแต่ละครั้งทางบริษัทจะทำการผลิตสินค้าและทันเวลาตามที่ลูกค้าต้องการ ซึ่งในการผลิตจริงพบปัญหาคุณภาพของสินค้า ทำให้การทำงานเสียเวลา หรืออาจเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นรวมทั้งบริษัทแบกรับภาระต้นทุนของทางเวลาอีกด้วย

ดังนั้น ทางบริษัทจึงมีความต้องการในการจัดเก็บข้อมูลของปัญหางานแต่ละขั้นตอนเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพ การผลิต และทำการวิเคราะห์แก้ปัญหา รวมถึงการคำนึงถึงการใช้เทคโนโลยีมาพัฒนาเพื่อลดการสูญเสีย ปรับกระบวนการและเทคนิค รวมถึงตั้งสมมุติฐานของการผลิต เพื่อปรับปรุงสายงานการผลิตในปีแรก และปีที่สองจัดให้มีบริหารจัดการโรงงานทดลองใช้ระบบเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการผลิต รวมถึงมีการนำเทคโนโลยีมาปรับใช้เพื่อการพัฒนาประสิทธิภาพของงานในโรงงาน

ความมุ่งหมายของงานวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลและปรับปรุงการสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเครื่องประดับ
2. ศึกษาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบการผลิตเครื่องประดับแก่บริษัท SMEs

ความสำคัญของการวิจัย

1. ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการสูญเสียในกระบวนการผลิตเครื่องประดับ
2. วิเคราะห์สาเหตุที่ส่งผลต่อการสูญเสียและนำเสนอแนวทางการปรับปรุงของสายการผลิต
3. ศึกษาต้นทุนกระบวนการผลิตและควบคุมประสิทธิภาพการผลิต

ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาทักษะฝีมือของพนักงานในการผลิตจัดตั้งเป็นมาตรฐานความถนัดเฉพาะงาน
2. ศึกษาระบบการผลิตและปรับเปลี่ยนขั้นตอนการผลิต
3. ศึกษาและจัดทำมาตรฐานงานการผลิต

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

คือ supplier และพนักงานในการผลิต

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

คือ พนักงานในการผลิต

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ แบ่งเป็นดังนี้

คน ทางด้านทักษะการทำงานแต่ละแผนก

กระบวนการทำงาน ทางด้านระยะเวลาในการผลิต

2. ตัวแปรตาม คือ ประสิทธิภาพการผลิต

นิยามศัพท์เฉพาะ

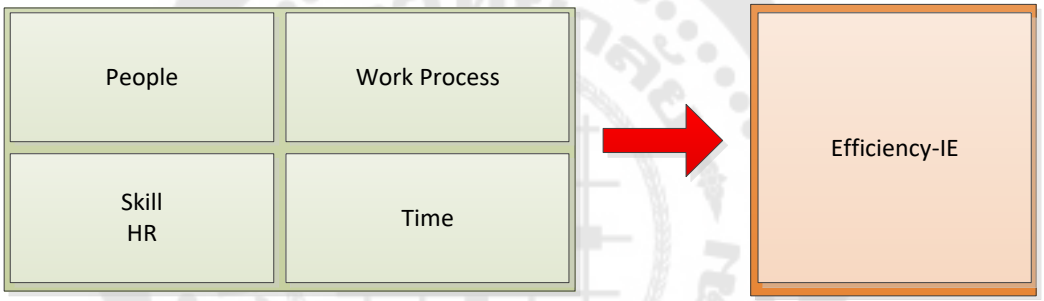
ประสิทธิภาพ หมายถึง ขั้นตอนกระบวนการ วิธีการ และการกระทำ ที่นำไปถึงผลสำเร็จโดยใช้ทรัพยากร ต่าง ๆ อันได้แก่ ทรัพยากรทางธรรมชาติ แรงงาน เงินทุน และวิธีการดำเนินการหรือประกอบการ ที่มีคุณภาพสูงสุดในการดำเนินการได้อย่างเต็มศักยภาพ

ต้นทุน หมายถึง ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการดำเนินการผลิตสินค้า หรือ บริการ

กำไร หมายถึง ผลต่างระหว่างรายรับรวมกับต้นทุน

คุณภาพ คือ ระดับของการบรรลุถึงข้อกำหนดหรือความต้องการของกลุ่มลักษณะจำเพาะภายในตัว

กรอบแนวคิดในงานวิจัย



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิด

สมมุติฐานในการวิจัย

ทักษะฝีมือของพนักงานในการผลิตและระยะเวลาของขั้นตอนการผลิตมีอิทธิพลที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการผลิตและรายได้ของยอดงานที่แสดงถึงกำไรของบริษัท

บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรม

งานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. ศึกษาระบบการผลิตและปัจจัยที่ส่งผลต่อภาคการผลิต
2. ศึกษาการควบคุมและลดต้นทุนการผลิต
3. ศึกษาการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา
4. ศึกษาการจำกัดความสูญเสีย 7 ประการ
5. กระบวนการงานหล่อเครื่องประดับ (Casting process)

ศึกษาระบบการผลิตและปัจจัยที่ส่งผลต่อภาคการผลิต

ระบบการผลิตยุคใหม่

สุมน มาลาสิทธิ์ (2548) อธิบายว่า การผลิตยุคใหม่นั้น มี 2 แบบ คือ

1. การผลิตแบบทันเวลาพอดี เป็นแนวคิดทางการผลิตที่เกิดขึ้นในประเทศญี่ปุ่น คือ การผลิตแบบในจำนวนตามเท่าที่สั่งหรือต้องการ ภายในเวลาที่กำหนดและยังมีการควบคุมสินค้าหรือวัตถุดิบในการผลิตให้เหลือน้อยที่สุด โดยเป็นส่วนหนึ่งของแนวคิดแบบการผลิตของโตโยต้า

2. การผลิตแบบลีน เป็นการผลิตมุ่งเน้นขจัดความสูญเสีย ของกระบวนการผลิตทางด้านคุณภาพ ต้นทุนราคา การส่งมอบสินค้า รวมทั้งการบริการ และยังเป็นการผลิตที่ได้รับการยอมรับทั่วโลกว่าทำให้เกิดประสิทธิภาพการผลิตสูง

หลักการผลิตแบบลีน มีทั้งหมด 5 ข้อ ดังนี้

2.1 การบอกมูลค่าของสินค้าผลิตภัณฑ์และการบริการ บ่งบอกมูลค่าสินค้าของผลิตภัณฑ์และบริการที่ตรงกับความต้องการของลูกค้า โดยการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ตลาดของคู่แข่ง

2.2 การแสดงคุณค่า จัดทำผังแห่งคุณค่าที่ระบุถึงกิจกรรมที่สำคัญและต้องกระทำ ทั้งหมดตั้งแต่ต้นกระบวนการผลิตโดยเริ่มจากรับวัสดุเข้าโรงงาน จนสำเร็จเป็นผลิตภัณฑ์และการส่งผลิตภัณฑ์ถึงผู้บริโภค

2.3 การไหลของคุณค่าอย่างต่อเนื่อง เป็นการมุ่งเน้นสร้างระบบสายการผลิตให้สามารถปฏิบัติงานต่อเนื่องสม่ำเสมอไม่ขาดสาย ซึ่งปราศจากปัญหาและอุปสรรค

2.4 ลูกค้าเป็นผู้ดึงคุณค่าจากกระบวนการ คือ เป็นการผลิตสินค้าที่ลูกค้ามีความต้องการสินค้านั้น รวมทั้งผลิตในปริมาณที่ต้องการ จึงมีความสอดคล้องและใกล้เคียงกับการผลิตแบบตามสั่ง (made to order)

2.5 การสร้างคุณค่าและขจัดความสูญเปล่าอย่างต่อเนื่อง เป็นการผลิตที่เพิ่มคุณค่าให้ผลิตภัณฑ์สินค้าและการบริการ โดยต้องมีการค้นพบปัญหาหรือความสูญเปล่าในการผลิตและพร้อมแนวทางการแก้ไขปัญหา

ปัจจัยการผลิต

ปัจจัยการผลิต (2554) คือ วัตถุดิบ เครื่องมืออุปกรณ์ ผู้คน รวมทั้งสถานที่ โดยการผลิตต้องใช้ปัจจัยเหล่านี้ในการผลิตขึ้นเป็นสินค้ารวมทั้งการบริการ ซึ่งตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในทางเศรษฐศาสตร์

ปัจจัยของการผลิตแบ่ง ออกเป็น 4 ชนิด ดังนี้

1. ที่ดิน ได้แก่ ที่ดินป่าไม้ น้ำ แร่ธาตุ ฯลฯ ทั้งที่อยู่บนดินและอยู่ใต้ดิน รวมทั้งทรัพยากรทุกประเภท ที่ดินนั้นเป็นแหล่งปัจจัยแตกต่างการผลิตอื่นๆ เนื่องจากเป็นสิ่งที่เกิดตามธรรมชาติ โดยไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้และมีจำนวนปริมาณที่จำกัด

2. แรงงาน หมายถึง กำลังคนที่ทำงานให้เกิดผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจสำหรับการการผลิตสินค้าและการบริการ ซึ่งใช้พลังกายหรือพลังสมองในการระดมความคิด ยกเว้นด้านการความสามารถในการประกอบการของแต่ละบุคคล ค่าตอบแทนจะเป็นผลของการได้รับรางวัลหลังการปฏิบัติหน้าที่หรือภาระงานของตัวเองสำเร็จ แต่จะแตกต่างกันที่ในแรงงานที่ไม่ได้รับผลตอบแทนถือว่าไม่เป็นแรงงาน

กำลังแรงงาน (Labor force) เป็นกลุ่มคนที่จำกัดอายุในการทำงานตั้งแต่ 11 ปี ขึ้นไป โดยจะต้องมีความพร้อมทางร่ายกายและความเต็มใจในการปฏิบัติงาน ถูกแบ่งออกเป็น

แรงงานที่มีทักษะ ซึ่งเป็นแรงงานที่ใช้เวลาในการฝึกฝนสะสมองค์ความรู้มาเป็นอย่างดี เช่น แพทย์ วิศวกรสถาปนิก ฯลฯ

แรงงานที่ไม่มีทักษะ ซึ่งเป็นแรงงานที่ใช้พละกำลังทางด้านร่างกายในการปฏิบัติงานเป็นหลัก โดยไม่มีความจำเป็นต้องใช้เวลาในการเรียนรู้ เช่น กรรมกรแบกหาม คนงานรับจ้างทั่วไป ฯลฯ

3. ทุน คือ ความพร้อมหรือสิ่งของที่มีมาเพื่ออำนวยความสะดวกในกระบวนการผลิตสินค้าและการบริการ

ทุนในทางเศรษฐศาสตร์ หมายถึง สินค้าประเภททุนซึ่งจัดเป็นทุนที่แท้จริง ซึ่งเงินตราถือว่าเป็นตัวเงินของทุน โดยทั่วไปทุนแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

3.1 ทุนถาวร คือ เครื่องจักร เครื่องมือที่มีทนทานแข็งแรงถาวร มีอายุการใช้งานยาวนาน เช่น โรงงาน เครื่องจักร ถนน เป็นต้น

3.2 ทุนดำเนินงาน หรือทุนหมุนเวียน คือ วัตถุดิบ ที่มีอายุการใช้งานจำกัดและเปถือเป็นสิ่งที่ใช้แล้วจะหมดไป ต้องมีการหาแหล่งวัตถุดิบมาทดแทน เช่น เงิน ทอง พลอย เป็นต้น

3.3 ทุนสังคม เป็นทุนช่วยเสริมในการทำงานหรือการใช้ทุนทั้ง 2 ประเภทที่กล่าวมาให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากยิ่งขึ้นไป เช่น หน่วยงานราชการ กระทรวงต่างๆ เป็นต้นล้วนเป็นทุนของประเทศ

4. ความสามารถในการประกอบการ คือ ความสามารถในการดำเนินการสร้างคิดบริหารธุรกิจการผลิตและบริการ ที่อยู่ภายใต้ความเสี่ยงที่พบทางด้านธุรกิจในระดับต่าง ๆ โดยทำให้รับรู้ทางด้านสินค้าและการบริการว่าธุรกิจนี้ เหมาะสมกับใคร จัดจำหน่ายที่ไหน ทางด้านการขายหรือการผลิตจัดสรรอย่างไร

ศึกษาการควบคุมและลดต้นทุนการผลิต

(โรจนี หอมชาลี, ดนัสวินี พุทธแสง, และ นคินทิพย์ กั้วสิทธิ์, 2563) อธิบายว่า การควบคุมและลดต้นทุนการผลิต เป็นหนทางของผู้ประกอบการหรือการผลิตมุ่งผลที่จะปฏิบัติกันอย่างมาก โดยข้อจำกัดหลายเป็นอุปสรรคปัญหาต่อการดำเนินธุรกิจและการผลิตที่เป็นเหตุให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น จากปัจจัยหลายๆอย่าง คือ

1. ค่าแรงงานมีแนวโน้มสูงขึ้น
2. ค่าวัตถุดิบแพงขึ้นที่ต้องนำวัตถุดิบจากต่างประเทศ และการหาทรัพยากรที่ยากมากขึ้น
3. ค่าโสหุ้ยโรงงานสูงขึ้น เช่น ค่าน้ำ ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำมัน ที่จะปรับตัวขึ้นตามเศรษฐกิจโลกจากการเกิดสงครามทางการค้า
4. คู่แข่งขันมีมากขึ้นส่งผลทำให้การแข่งขันในตลาดทวีความรุนแรงเพิ่มขึ้น เกิดกลไกทางด้านราคาที่ถูกลง
5. ลดต้นทุนสินค้าที่ผลิต ทั้งทางด้านราคา และระยะเวลาในการผลิตให้สั้นที่สุด
6. ผลกำไรมากขึ้นเพื่อให้ผู้ประกอบการมีผลการเติบโตของบริษัท

ศึกษาการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา

แผนผังก้างปลา

(วันรัตน์ จันทกิจ, 2546) อธิบายว่า แผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram) คือ แผนผังที่แสดงความสัมพันธ์ของปัญหา (Problem) กับสาเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหา (Possible Cause) หรือเรียกอีกชื่อว่า “แผนผังอิชิกาว่า (Ishikawa Diagram) ซึ่งได้รับการพัฒนาครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ.1943 โดย ศาสตราจารย์คาโอรุ อิชิกาว่า แห่งมหาวิทยาลัยโตเกียว (วันรัตน์ จันทกิจ, 2556)

เวลาในการใช้แผนผังก้างปลา

1. เมื่อต้องการค้นหาสาเหตุแห่งปัญหา

2. เมื่อต้องการทำการศึกษาทำความเข้าใจ เพราะโดยส่วนใหญ่พนักงานจะรู้ปัญหาเฉพาะในพื้นที่ของตนเท่านั้น แต่เมื่อมีการทำผังก้างปลาแล้ว จะทำให้เราสามารถรู้กระบวนการของแผนกอื่นได้ง่ายขึ้น

3. เมื่อต้องการให้เป็นแนวทางในการระดมสมอง ซึ่งจะช่วยให้ทุกๆคนให้ความสนใจในปัญหาของกลุ่มซึ่งแสดงไว้ที่หัวปลา

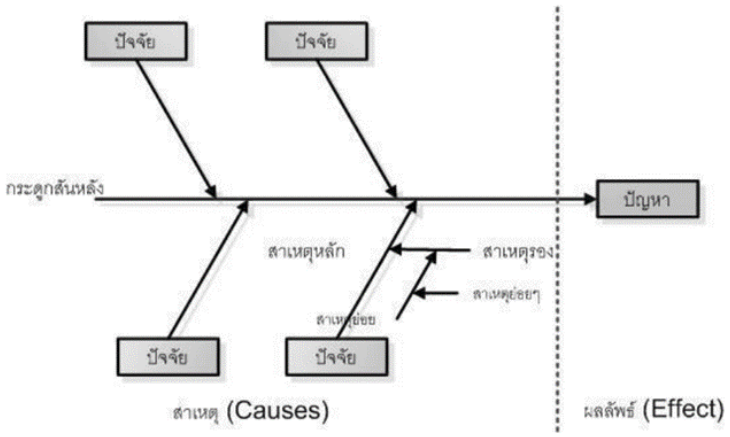
วิธีการสร้างแผนผังก้างปลา

1. กำหนดหัวข้อปัญหาไว้ที่หัวปลา
2. กำหนดกลุ่มปัจจัยที่ก่อให้เกิดปัญหา
3. ระดมสมองเพื่อค้นหาสาเหตุของปัญหาในแต่ละปัจจัย
4. ค้นหาสาเหตุหลักของปัญหา
5. จัดลำดับความสำคัญของสาเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหา
6. ใช้แนวทางการแก้ไขที่จำเป็น

การกำหนดหัวข้อปัญหาที่หัวปลา

การกำหนดหัวข้อนั้น ควรมีการกำหนดให้ชัดเจนและเป็นไปได้ หากการกำหนดปัญหาไม่ชัดเจนตั้งแต่แรกนั้น จะส่งผลในการค้นหาสาเหตุ ซึ่งอาจทำให้ใช้เวลานานในการทำผังก้างปลา

หลักการเบื้องต้นของแผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram) คือการใส่ปัญหาที่ต้องการวิเคราะห์ ด้านขวาสุดหรือซ้ายสุดของแผนผัง โดยมีเส้นหลักลากตามแนวยาวเป็นกระดูกสันหลัง จากนั้นใส่ปัญหาย่อย ซึ่งเป็นสาเหตุของปัญหาหลัก 3-6 ข้อ โดยลากเป็นเส้นก้างปลา (Sub-Bone) ทำมุมเฉียงจากเส้นหลัก เส้นก้างปลาแต่ละเส้นให้ใส่สิ่งที่ทำให้เกิดปัญหานั้นขึ้นมา ซึ่งระดับของปัญหาจะแบ่งย่อยออกไปได้ หากปัญหานั้นยังมีสาเหตุที่เป็นองค์ประกอบย่อยลงไป โดยทั่วไปมักจะแบ่งระดับของสาเหตุย่อยมากที่สุด 4-5 ระดับ และเมื่อมีข้อมูลในแผนภูมิที่สมบูรณ์แล้ว จะทำให้มองเห็นภาพขององค์ประกอบทั้งหมดที่จะเป็นสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น



ภาพประกอบ 2 วิธีการเขียนผังก้างปลา

ที่มา : (ประชาสรรค์ แสนภักดี, 2549)

ข้อดีของการใช้แผนผังก้างปลา

1. แผนภูมิก้างปลาจะช่วยทำให้ทราบถึงปัญหาของทีมที่กระจัดกระจายอยู่ โดยที่สามารถรวบรวมความคิดของสมาชิกทั้งหมดได้

2. ทำให้ทราบสาเหตุหลักและสาเหตุย่อยของปัญหาที่แท้จริง ซึ่งทำให้เราสามารถแก้ปัญหาได้ถูกวิธี

ข้อเสียของการใช้แผนผังก้างปลา

ความคิดของสมาชิกในทีมไม่มีความเป็นอิสระ เนื่องจากมีแผนภูมิก้างปลาเป็นตัวกำหนดความคิดของสมาชิกทั้งหมดลา

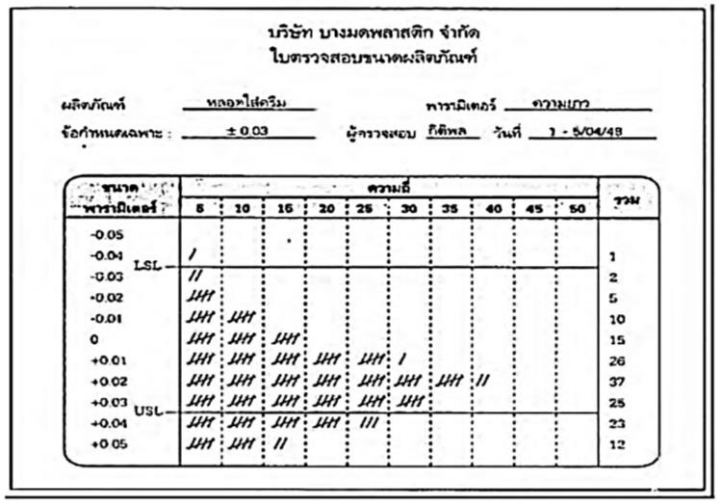
แผ่นตรวจสอบ (Check Sheet)

เป็นแผ่นที่ทำการออกแบบมาเพื่อไว้ในการจัดเก็บข้อมูล หรือการบันทึกผลในการปฏิบัติงานเพื่อความสะดวกในการบันทึกเก็บข้อมูลหรือตัวเลข ถูกออกแบบในการกรอกหรือเก็บข้อมูลได้ง่ายขึ้นโดยวิธีการ “ขีด” (/) ลงไปในใบตรวจสอบ เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลและนำมาวิเคราะห์ปัญหาหรือการดำเนินงานของใบตรวจสอบนี้

วัตถุประสงค์แผ่นตรวจสอบในการเก็บข้อมูล

1. สามารถควบคุมและติดตามการปฏิบัติงานหรือผลการผลิต

2. การตรวจสอบการทำงาน
3. วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา



บริษัท บางมดพลาสติก จำกัด
ใบตรวจสอบขนาดผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์ หลอดไส้กริม พารามิเตอร์ ความยาว
ข้อกำหนดเฉพาะ : ± 0.03 ผู้ตรวจสอบ กิติพล วันที่ 1 - 5/04/48

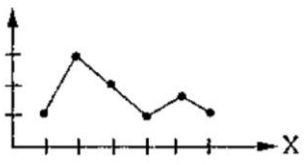
ขนาด / พารามิเตอร์		ความถี่ 5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	รวม
-0.05												
-0.04	LSL	/										1
-0.03		//										2
-0.02		|||										5
-0.01																10
0																		15
+0.01																	/					26
+0.02																							//			37
+0.03																								25
+0.04	USL													///						23
+0.05								//								12

ภาพประกอบ 3 ตัวอย่างใบตรวจสอบ

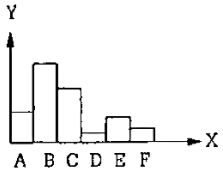
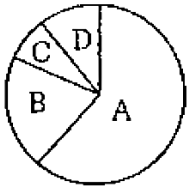
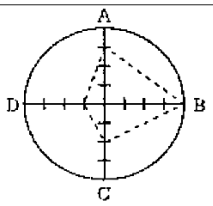
ที่มา : (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2550)

กราฟ (Graph)

แผนภาพที่แสดงถึงตัวเลขผลการวิเคราะห์ทางสถิติ ที่สามารถแสดงผลทำให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจโดยพิจารณาด้วยตาเปล่าได้ ใช้สำหรับแสดงข้อมูลที่เป็นตัวเลข หรือสัดส่วนแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณที่เปลี่ยนแปลงไปตามลาดับเวลาของข้อมูลตั้งแต่ 2 ชุดขึ้นไป เพื่อใช้เสนอข้อมูลและนำเสนอผลการปรับปรุงโดยการเปรียบเทียบปริมาณข้อมูลให้เห็นได้ง่ายและรวดเร็ว ซึ่งได้สรุปกราฟตามจุดประสงค์ ในการใช้งาน ดังภาพประกอบที่ 4 และ 5

ชื่อกราฟ	ลักษณะ	วัตถุประสงค์
กราฟเส้นตรง		แสดงถึงความผันแปรของข้อมูลเชิงตัวเลขโดยมีสาเหตุสำคัญอยู่ที่แกน x จะเรียกกราฟนี้ว่า กราฟแนวโน้ม

ภาพประกอบ 4 แสดงการสรุปกราฟตามจุดประสงค์ในการใช้งาน (1)

ชื่อกราฟ	ลักษณะ	วัตถุประสงค์
กราฟแท่ง		แสดงถึงการเปรียบเทียบปริมาของประเภทข้อมูลตามแกน x
กราฟวงกลม		แสดงการเปรียบเทียบถึงสัดส่วนของข้อมูลแต่ละ ประเภท (แสดงในแต่ละส่วน)
กราฟเรดาร์		แสดงการเปรียบเทียบปริมาณ ของข้อมูลที่ต้องการแสดงผลมากกว่า 2 มิติ

ภาพประกอบ 5 แสดงการสรุปกราฟตามจุดประสงค์ในการใช้งาน (2)

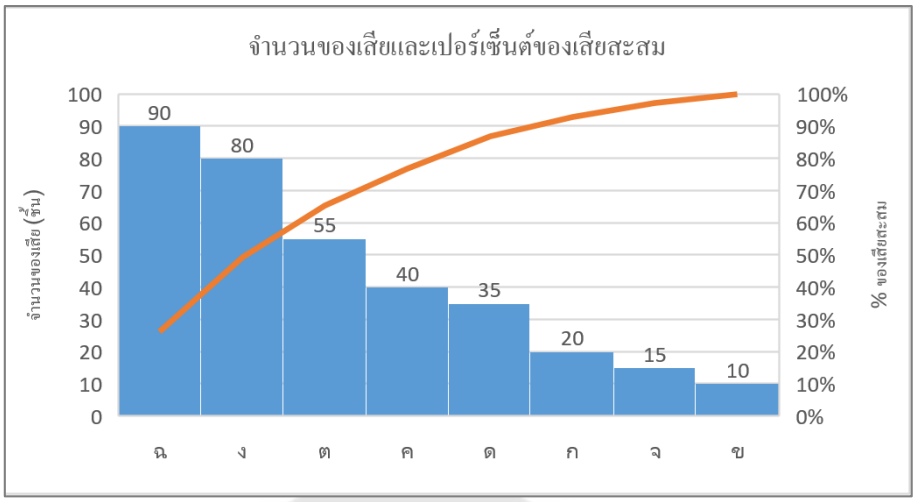
ที่มา : (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2550)

ผังพาเรโต (Pareto Diagram)

เป็นการใช้รวบรวมตรวจสอบปัญหาที่เกิดขึ้นใน องค์การ ยังเป็นการจัดการปัญหาสำคัญที่สุด ซึ่งทำการเรียงลำดับความสำคัญที่ควรมุ่งแก้ไขในปัญหานั้นๆ และยังสามารถนำปัญหามาจัดหมวดหมู่จัดลำดับผลกระทบที่เกิดขึ้นของปัญหาได้ ผ่านการแสดงของกราฟแท่งบ่งบอกถึงปัญหา โดยปัญหาที่มากที่สุดจะแสดงกราฟแท่งสูงที่สุดตามลำดับของปัญหา

ประโยชน์ของแผนผัง พาเรโต

1. สามารถแสดงปัญหาใดที่พบมากที่สุด
2. สามารถเห็นภาพรวมของปัญหาผ่านสัดส่วนของตัวเลข
3. เป็นสื่อการแสดงปัญหาที่ทำให้เข้าใจง่าย
4. ใช้การได้ง่ายไม่มีการใช้คำนวณสูตรเข้ามา
5. เป็นการตั้งเป้าสำหรับการมุ่งแก้ปัญหาให้ถูกจุด



ภาพประกอบ 6 ตัวอย่างแผนผังพาเรโต

ที่มา : (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2550)

แผนภูมิการควบคุม (Control Chart)

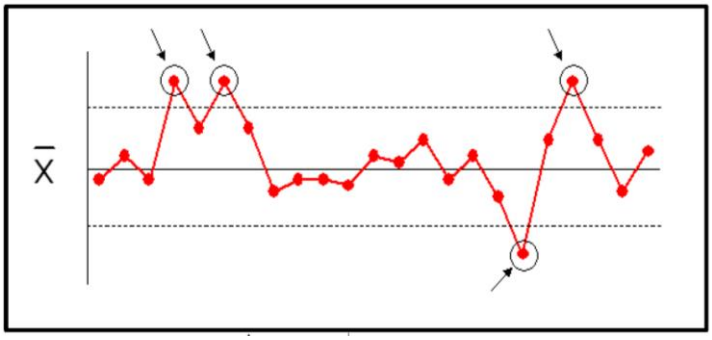
แผนภูมิที่เขียนขึ้นโดยอาศัยการเก็บข้อมูลที่มีการจัดข้อกำหนดในด้านการควบคุมคุณภาพชิ้นงานในแต่ละกระบวนการ หรือทางด้านเทคนิคการทำงานของบุคลากรวัดประสิทธิภาพ ที่จะทำการผลิตแผนภูมิการควบคุม เป็นกราฟเส้น (Line Graph) ที่ใช้เพื่อติดตามผลการทำงานและยังประเมินแนวโน้มการทำนายล่วงหน้าได้ จากการสร้างขอบเขตการควบคุม (Control Limits) โดยขอบเขตนั้นจะมีช่วงค่าระหว่างจากค่าหนึ่ง ไปยังอีกค่าหนึ่งที่ให้การปฏิบัติดำเนินการได้ โดยประกอบด้วยขอบเขตการควบคุมบน (Upper control limit : UCL) ซึ่งจะเป็นเส้นอยู่ขอบเขตบน และ ขอบเขตการควบคุมล่าง (Lower control limit : LCL) ซึ่งจะเป็นเส้นอยู่ขอบเขตล่าง โดยการควบคุมที่ดีคือการที่จุดจะไม่หลุดนอกเส้นการควบคุม

<u>ประโยชน์ของแผนภูมิควบคุม</u>

1) สามารถบ่งบอกถึงตัวแปรต่าง ๆ ว่ามีค่าที่รับได้หรือไม่

2) สามารถทำนายของปัญหาได้ล่วงหน้าและแนวทางในการจัดการแผนมาตรการในการรับมือของปัญหาได้

3) สามารถเปรียบเทียบผลก่อนการดำเนินการแก้ไขและหลังได้ว่ามีการเพิ่มขึ้นหรือลดในการวัดผลประสิทธิภาพ



ภาพประกอบ 7 ตัวอย่างแผนภูมิควบคุม

ที่มา : (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2550)

ฮิสโตแกรม (Histogram)

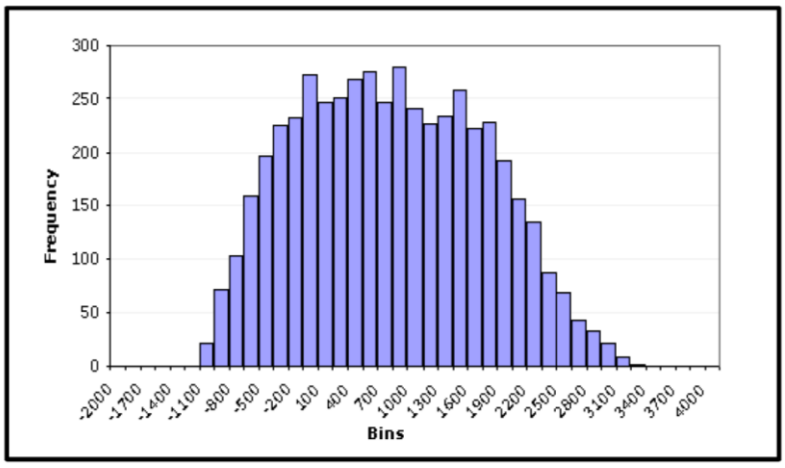
กราแท่งแสดงการกระจายความถี่ของข้อมูล ที่เก็บรวบรวม โดยแสดงความถี่ของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น โดยสำหรับเพื่อไว้ดูแนวโน้มจากศูนย์กลางที่มีค่าสูงสุดแล้วกระจายออกทางด้านข้าง

ประโยชน์ของฮิสโตแกรม

1) บ่งบอกการกระจายตัวของข้อมูลได้ ว่ามีการกระจายแบบใดและอยู่ในขอบเขตที่สามารถรับได้ไหม

2) ประยุกต์ใช้กับค่าทางสถิติในการคำนวณหาค่าของข้อมูล

3) ทำการระบุค่าดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการได้

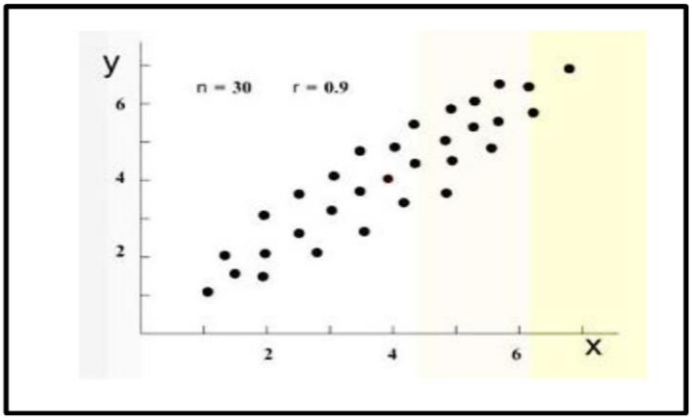


ภาพประกอบ 8 ตัวอย่างฮีสโตแกรม

ที่มา : (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2550)

แผนผังการกระจาย (Scatter Diagram)

แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ตัวแปร ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตที่มีหลักการทางด้านสถิติ โดยข้อมูลที่เกิดจะเป็นจุดของการกระจายตัวของข้อมูล 2 ชุด ซึ่งอาจกระจายในลักษณะที่มีความสัมพันธ์และไม่สัมพันธ์กันก็ได้ ความสัมพันธ์มีทิศทางและระดับที่แตกต่างกันออกไปก็ได้เพื่อใช้เป็นแนวทางในการควบคุมกระบวนการให้ได้คุณภาพตามที่กำหนด



ภาพประกอบ 9 ตัวอย่างแผนผังกระจาย

ที่มา : (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2550)

ศึกษาการจำกัดความสูญเสีย 7 ประการและของเสีย

(สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ, 2541) อธิบายว่า กระบวนการผลิตส่วนใหญ่เกิดความสูญเสียต่าง ๆ ที่ทางผู้ผลิตเองอาจจะไม่ทราบและแฝงอยู่ตามกระบวนการขั้นตอนหรือวิธีการต่างๆ ซึ่งเป็นเหตุให้เกิดผลการผลิตที่ต่ำ หรือไม่มีประสิทธิภาพ

ความสูญเสียเนื่องจากการผลิตมากเกินไป (Overproduction)

การผลิตสินค้าที่เกินความจำเป็นหรือความต้องการมากนั้น เพื่อมุ่งเน้นให้เกิดต้นทุนต่อหน่วยต่ำสุด

ปัญหาจากการผลิตมากเกินไป

1.1 เสียเวลาและแรงงานไปในการผลิตที่ยังไม่จำเป็น

1.2 ส่งผลต้นทุนในการจัดเก็บที่สูง

1.3 มีการเคลื่อนย้ายสินค้าบ่อย

1.4 ไม่สามารถแก้ของเสียได้ทันที

1.5 ต้นทุนการผลิตจมและไม่มีความจำเป็น

ความสูญเสียเนื่องจากการเก็บวัสดุคงคลัง (Inventory)

การจัดเก็บวัสดุในปริมาณมากๆ รวมทั้งการจัดซื้อของเพื่อเอาส่วนลดมุ่งหวังให้ต้นทุนวัตถุดิบที่ต่ำลง ส่งผลเกิดการจัดการดูแลมากยิ่งขึ้นและอาจจะส่งผลการใช้วัตถุดิบไม่ทันตามเวลาที่กำหนดทำให้เกิดความเสียหาย

ปัญหาจากการเก็บวัสดุคงคลัง

2.1 เสียพื้นที่ในการจัดเก็บวัตถุดิบหรือสินค้ามาก

2.2 ต้นทุนจมไม่คุ้มค่าการจัดเก็บ

2.3 วัสดุเสื่อมคุณภาพ

2.4 สั่งซื้อของซ้ำซ้อนส่งผลการนำเข้าออกวัตถุดิบ

2.5 ต้องการบุคลากรและการจัดการมากในการตรวจสอบ

ความสูญเสียเนื่องจากการขนส่ง (Transportation)

การขนส่งเป็นกระบวนการที่ไม่สร้างมูลค่าเพิ่มแก่วัสดุ จึงต้องมีการควบคุมและลดการขนส่งลงให้เหลือเท่าที่จำเป็นเท่านั้น

ปัญหาจากการขนส่ง

3.1 เกิดต้นทุนที่สูงขึ้นทั้งทางด้านราคาและเวลา

3.2 ใช้เวลาในการผลิตที่ยาวนานขึ้น เนื่องจากต้องคอยเผื่อเวลาในการขนส่ง

3.3 เกิดความเสียหายของวัสดุระหว่างการขนส่ง

ความสูญเสียเนื่องจากการเคลื่อนไหว (Motion)

กระบวนการทำงานที่ไม่เหมาะสม จากการเคลื่อนไหวเพื่อหยิบชิ้นงานหรือการนำสิ่งของมากองรวมกัน และการเดินหรือการเคลื่อนไหวที่ไกลเกินความจำเป็นในการทำงาน

ปัญหาจากการเคลื่อนไหว

4.1 ระยะทางในการเคลื่อนที่ทำให้สูญเสียเวลาในการผลิต

4.2 ความล้าและความเครียด

4.3 เกิดอุบัติเหตุระหว่างการเคลื่อนที่

4.4 ต้นทุนเวลาในการทำงานสูงขึ้นและอาจเหนื่อยล้ากับบุคลากร

ความสูญเสียเนื่องจากกระบวนการผลิต (Processing)

เกิดจากกระบวนการที่มีการทำงานซ้ำกันในหลายขั้นตอนโดยไม่จำเป็น เนื่องจากงานเหล่านั้นไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มกับผลิตภัณฑ์ รวมถึงงานในกระบวนการผลิตที่ไม่ช่วยให้ผลิตภัณฑ์ผลิตได้ทันหรือมีคุณภาพที่ดีขึ้น เช่น กระบวนการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นกระบวนการนี้ควรรวมอยู่ในการผลิตที่ให้พนักงานหน้างานเป็นผู้ตรวจสอบไปพร้อมกับการทำงานหรือขณะรอเครื่องจักรทำงาน

ปัญหาจากกระบวนการผลิต

5.1 เกิดต้นทุนที่ไม่จำเป็นของการทำงาน

5.2 สูญเสียพื้นที่การทำงานสำหรับกระบวนการนั้น ๆ

5.3 ใช้เครื่องจักรและแรงงานโดยไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มแก่ผลิตภัณฑ์

ความสูญเสียเนื่องจากการรอคอย (Delay)

การรอคอยเกิดจากการที่เครื่องจักร หรือพนักงานหยุดการทำงานเพราะต้องรอคอยบางอย่างในการผลิต เช่น การรอวัตถุดิบ การรอคอยเนื่องจากเครื่องจักรขัดข้อง การรอคอยเนื่องจากกระบวนการผลิตไม่สมดุล การรอคอยเนื่องจากการเปลี่ยนรุ่นการผลิต เป็นต้น

ปัญหาจากการรอคอย

6.1 ต้นทุนที่สูญเปล่าของแรงงาน เครื่องจักร และค่าโสหุ้ย ที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่ม

6.2 เกิดต้นทุนค่าเสียโอกาส

6.3 เกิดปัญหาเรื่องขวัญและกำลังใจ

ความสูญเสียเนื่องจากการผลิตของเสีย (Defect)

ของเสียมักพบในสายการผลิตแต่มีบางของเสียสามารถทำการแก้ไขได้ และบางของเสียไม่สามารถทำการแก้ไขได้นอกจากการทำลายทิ้ง หรือการสั่งผลิตใหม่ ดังนั้นจึงทำให้มีการสูญเสียเนื่องจากการผลิตของเสียขึ้น

ปัญหาจากการผลิตของเสีย

7.1 การสูญเสียของวัตถุดิบ เครื่องจักร คน ทั้งทางด้านราคาและเวลา

7.2 เสียเวลาในการจัดเก็บรวมทั้งหาแนวทางการกำจัดของเสีย

7.3 เกิดการวนงานภายในการผลิตสำหรับแก้ไขซ่อมงาน

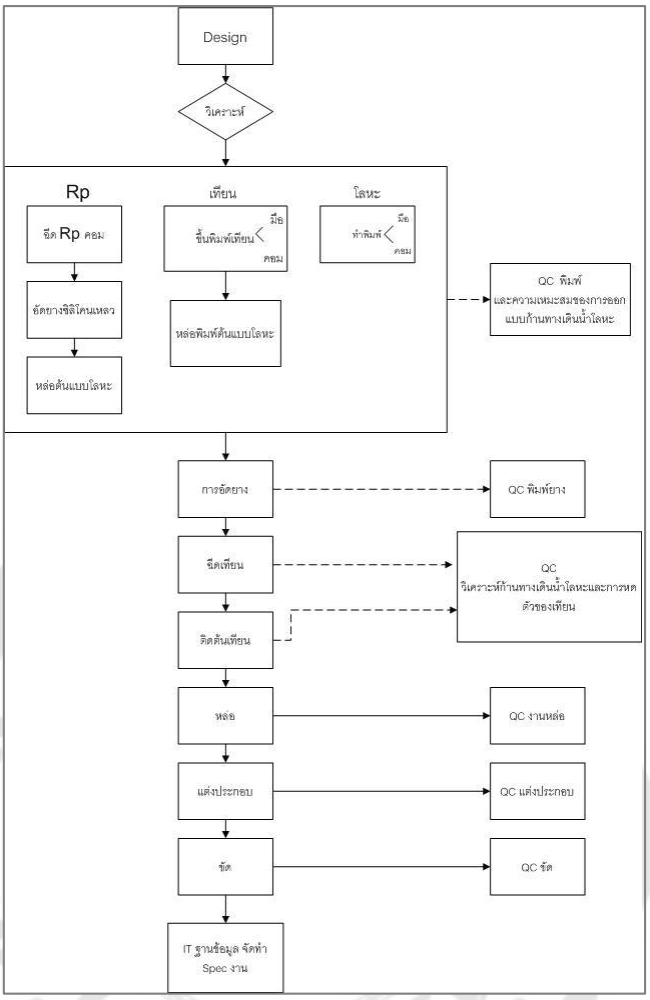
7.4 เสียค่าโอกาสในการทำหรือสร้างผลิตภัณฑ์อื่น

กระบวนการงานหล่อเครื่องประดับ (Casting process)

(ขจีพร วงศ์ปรีดี, 2551) อธิบายว่า อุตสาหกรรมเครื่องประดับส่วนมากเป็นการหล่อแบบอินเวสเมนต์ ที่ได้ลวดลายและรายละเอียดของชิ้นงานที่มีลวดลายซับซ้อน และปริมาณจำนวนมาก ในสมัยก่อนมีการพัฒนาการการหล่อโดยเริ่มมาจากตัวต้นแบบ (Master Peace) ที่ทำมาจากเทียน (Wax) และมีการติดรูเท (Sprue) และแอ่งเท (Basin หรือ Pouring cup) ที่ช่วยให้น้ำโลหะไหลเข้ามาในตัววัสดุที่ล้อมรอบแบบ เรียกว่า “โมล (Mold)” ในยุคสมัยก่อนใช้ทรายหรือดินเหนียว และต่อมาได้ใช้ปูนปลาสเตอร์ที่ผสมกับน้ำและรอให้เซ็ต (Set) ตัว การหล่อเพื่อที่จะได้ชิ้นงานมาก ในปัจจุบันนิยมใช้วัตถุดิบแบบเทียนได้มาจากการเตรียมในกระบวนการฉีดเทียนเข้าสู่แม่พิมพ์ยาง เนื่องจากต้นทุนต่ำ ใช้งานสะดวก

แผนกออกแบบแม่พิมพ์

เป็นแผนกหัวใจของการผลิตเครื่องประดับ ซึ่งมีหน้าที่ทำการประชุมร่วมกับในทุกแผนกของกระบวนการผลิต เพื่อศึกษาด้านเทคนิคทางการผลิตชิ้นงานในดีไซน์รูปแบบที่ต่างกัน กล่าวคือในแผนกนี้จำเป็นต้องอาศัยทักษะการทำงานในทุกด้านของการผลิต และรวมถึงการกำหนดลักษณะเฉพาะ (specification) ในการผลิต และการส่งข้อมูลด้านต้นทุนเพื่อพิจารณาจัดทำราคา ขั้นตอนการทำงานนั้นเริ่มจากนักออกแบบและการสรุปการทาพิมพ์ของกระบวนการผลิต การวิเคราะห์ รูปแบบพิมพ์ที่สามารถทำได้ในประเภทต่างๆ เช่น โลหะเงิน, เทียนขี้ผึ้ง, เรซิ่น ซึ่งต้องพิจารณาจากข้อดี ข้อเสียของการเลือกเทคนิคการขึ้นพิมพ์นั้นๆ การวิเคราะห์ระบบทางเดินน้ำโลหะ แต่หากบางรูปแบบของดีไซน์ต่างๆ จำเป็นต้องมีการพัฒนาจนทำให้เป็นตัวอย่างสำเร็จรูปของชิ้นงาน ซึ่งพิมพ์ตัวอย่างบางประเภทจำเป็นต้องพัฒนากับแผนกแต่งประกอบ แผนกขัด เพื่อให้มีการตรวจรับชิ้นงานสำหรับงานตัวอย่างในเบื้องต้น และมีการทำฐานข้อมูลเพื่อขึ้นทะเบียนผลิตภัณฑ์ใหม่ ภาพประกอบที่ 10 แสดงแผนผังขั้นตอน การจัดทำพิมพ์ตัวอย่าง ขั้นตอน A เป็นขั้นตอนการทำพิมพ์โลหะแบบเทียน หรือเรซิ่น ซึ่งในโรงงานใหญ่สามารถจัดทำได้ในหลายรูปแบบ ฐานข้อมูล เพื่อจัดทำคุณลักษณะของงาน (specification) ก่อนการขาย เพื่อความสะดวกรวดเร็วและลดขั้นตอนในการตามงานจากผู้ออกแบบหรือผู้บริหารเป็นหลัก และการตรวจสอบ ในโรงงานทั่วไปต้องใช้ระบบการทำงาน เพื่อควบคุมมาตรฐานในการทำงาน ซึ่งจำเป็นต้องมีส่วนประกอบพิมพ์ทำตัวอย่างเช่นกัน เพื่อจัดทำตัวอย่างงานและลดข้อผิดพลาดในการทำงานที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต



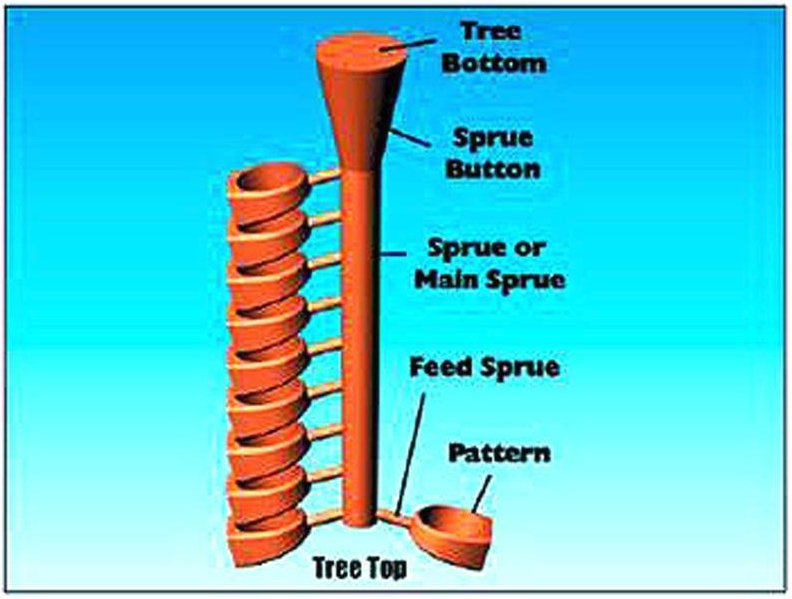
ภาพประกอบ 10 แผนผังขั้นตอนการจัดทำพิมพ์ตัวอย่าง

ที่มา: (ขจีพร วงศ์ปรีดี, 2551)

การออกแบบของทางเดินน้ำโลหะ

สิ่งที่สำคัญสำหรับการหล่องานเครื่องประดับอีกประการหนึ่ง คือ ทางเดินน้ำโลหะ ซึ่งหมายรวมถึงการติดตั้งทางเดินน้ำโลหะซึ่งสามารถเริ่มในขั้นตอนพิมพ์เงินหรือการทำเทียน รูปแบบของการออกแบบนี้ส่งผลต่อความสามารถและอุณหภูมิของการไหลเวียนของน้ำโลหะ ปัญหาที่เกิดในขั้นตอนการหล่อแบบอินเวสเมนต์ทั้งทางตรงและทางอ้อม เนื่องมาจากการออกแบบระบบของทางเดินน้ำ ปัญหาทางตรง เช่น หล่อไม่เต็ม การหดตัว ปัญหาทางอ้อม เช่น รูพรุน การหดตัว หากผู้สร้างระบบทางเดินน้ำไม่มีความเข้าใจในขบวนการที่ระบบทางเดินไหลเข้าภายในระยะเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสม ดังนั้นการแก้ปัญหาของผู้ทำการหล่อไม่เต็ม คือ เพิ่มอุณหภูมิเพื่อที่สามารถแก้ปัญหาเฉพาะหน้าของการหล่อไม่เต็ม แต่ในทางกลับกันเมื่อหล่อโลหะที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิที่ควรจะเป็นโอกาสที่โลหะบางตัวที่ผสมอยู่ในอัลลอยจะทำปฏิกริยากับออกซิเจนได้เร็วขึ้นและเป็นผลของการเกิดรูพรุนแบบตามดเกิดขึ้น

ต้นโลหะที่ใช้ในการหล่องานเครื่องประดับโดยทั่วไป ดังแสดงในภาพประกอบที่ 11 การทำต้นทางเดินน้ำ (main sprue) จะมีขนาดใหญ่กว่าทางเดินน้ำ (sprue) ที่ติดกับชิ้นงานอยู่ในช่วงระหว่าง 70-150 เปอร์เซ็นต์ (อย่างไรก็ดีตัวเลขไม่สามารถจะเป็นข้อกำหนดตายตัวที่แน่นอน เนื่องจากความกว้างของทางเดินน้ำแล้วยังคงต้องอ้างอิงความยาวของทางเดินน้ำ รูปแบบในการติดของแต่ละต้นด้วย และรอยต่อของทางเดินน้ำโลหะเป็นสิ่งที่คำนึงถึงเช่นกันเพราะอาจมีผลต่อการไหลของกระแสของน้ำโลหะ (turbulence) เข้าสู่ชิ้นงานว่ามีการไหลเวียนอย่างสมบูรณ์เพียงใด หากเกิดความผิดพลาดของปัจจัยที่กำหนดแล้วคุณภาพของชิ้นงานอาจเกิดรูพรุนได้ ในปัจจุบันนี้ยังไม่มีสูตรสำเร็จการคำนวณตายตัวที่แน่นอนของมิติ (dimension) ทางเดินน้ำที่เหมาะสมกับชิ้นงาน การลองผิดลองถูกของขนาดรูปทรงชิ้นงานและความกว้าง ยาว หรือ แม้กระทั่ง องศาของรอยต่อ)



ภาพประกอบ 11 รูปแบบต้นโลหะที่ใช้ในการหล่องานเครื่องประดับ

ที่มา : (Bell, 2002b)

Pattern หมายถึง ชิ้นงานเครื่องประดับสำหรับการหล่อ ก่อนทำการติดชิ้นงานควรมีการวิเคราะห์จัดกลุ่มขนาดความหนาของชิ้นงานในแต่ละรูปแบบ นอกจากนี้ควรวิเคราะห์ความหนาในแต่ละส่วนของรูปทรงนั้นๆ เพื่อการตัดสินใจในการติดก้านทางเดินน้ำโลหะ หรือตำแหน่งที่เหมาะสมของชิ้นงาน

Botton คือ ส่วนโคนต้นสามารถแบ่งได้ 2 ส่วน คือ

Tree botton หมายถึง ฐานของต้นโลหะ

Sprue botton หมายถึง ส่วนโคนต้น ในต้นเทียนก็คือส่วนที่เป็นจุกฐานยางที่เสียบต้นเทียนก่อนหล่อนั่นเอง

Main Sprue หมายถึง ส่วนต้น หรือ ก้านทางเดินน้ำโลหะหลัก โดยทั่วไปมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร และมีการไล่ขนาดไปเรื่อยๆ จนมีขนาดที่ปลาย ประมาณ 0.7 เซนติเมตร ดังภาพประกอบที่ 12 ที่ปลายโคนควรมีลักษณะเป็นทรงโดมหรือโค้งมนเพื่อให้น้ำโลหะมีการไหลที่เรียบไม่มีการกระเซ็นเนื่องจากพบสันหรือขอบต่าง ๆ

ภาพประกอบ 12 ก้านทางเดินน้ำโลหะหลัก

ที่มา : (Bell, 2002b)

Feed Sprue หมายถึง ก้านทางเดินน้ำโลหะ เป็นส่วนที่สำคัญเนื่องจากเป็นส่วนที่เชื่อมต่อกับชิ้นงานและการออกแบบการไหลของน้ำโลหะมีผลต่อคุณภาพของชิ้นงานโดยตรง ดังนั้นการออกแบบก้านทางเดินน้ำโลหะควรมีลักษณะดังนี้

การไหลของน้ำโลหะเมื่อเข้าสู่ก้านทางเดินหลักก่อนที่จะเติมเต็มชิ้นงานหล่อในก้านทางเดินน้ำโลหะต่างๆ มักมีความปั่นป่วนขึ้นกับความเร็วของการเทและการออกแบบรูเทน้ำโลหะ การยืดระยะทางเดินน้ำโลหะหลักอาจช่วยลดผลกระทบจากการไหลแบบปั่นป่วนจึงลดปัญหารูพรุน (Porosity) ภาพประกอบที่ 13 เป็นก้านทางเดินน้ำโลหะที่ได้จากการออกแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และทำการจำลองภาพการหล่อพบว่า แบบต้นทางเดินน้ำหลักที่ดีคือเป็นปลายรูปชมพู่ เนื่องจากน้ำโลหะสามารถหยุดแรงที่ปลายแอ่งทั้งสอง และทำให้ไม่เกิดการปั่นป่วนของงานและไม่มีการดักอากาศไว้ภายใน

ภาพประกอบ 13 การออกแบบปลายก้านทางเดินน้ำโลหะหลัก

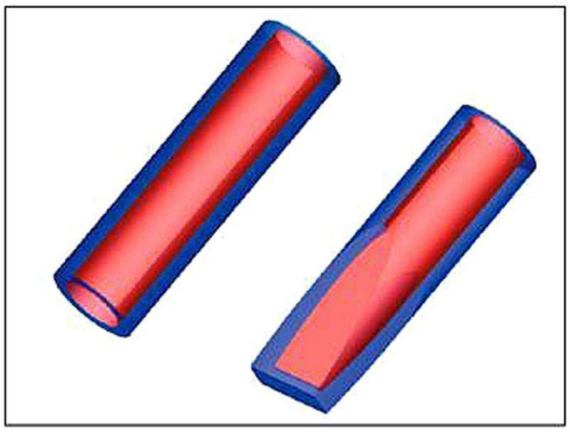
ที่มา : (Bell, 2002a)

การพัฒนารูปแบบการออกแบบทางเดินน้ำโลหะที่เรียกว่า Neuspure เป็นการออกแบบโดยใช้ การวิเคราะห์ในเชิงวิศวกรรมซึ่งจะสามารถลดการไหลวนของน้ำโลหะ (turbulence) ระหว่างการหล่อ และรูปทรงจะมีขนาดเล็กโดยสามารถลดจำนวนการใช้ของโลหะซึ่งจะสามารถลดต้นทุนการลดจำนวน การนำโลหะกลับมาใช้ใหม่ (reuse) ดังภาพประกอบที่ 14

ภาพประกอบ 14 ก้านทางเดินน้ำโลหะที่มีการออกแบบและสามารถควบคุมน้ำหนักของการหล่อ

ที่มา: (ขจีพร วงศ์ปรีดี, 2551)

จุดประสงค์ของระบบของทางเดินน้ำก็เพื่อจะรักษาชิ้นงานให้วางอยู่ในต้นเทียน และเป็นเส้นทางเดินของตัวชิ้นงานให้สามารถไหลผ่านออกจากเบ้าปูนหล่อในขั้นตอนการเผาไล่เทียน และทางเดินน้ำยังเป็นส่วนที่จะควบคุมการสูญเสียอุณหภูมิของน้ำโลหะจากเบ้าหล่อสู่ชิ้นงานตามเส้นทางเดินน้ำโลหะ รวมไปถึงการไหลเวียนของกระแสน้ำโลหะ ซึ่งถ้าการออกแบบเป็นไปอย่างไม่เหมาะสมจะทำให้เกิดฟองอากาศในชิ้นงาน อย่างไรก็ดีจากการหล่อในอุตสาหกรรม เราสามารถควบคุมปัจจัยที่ทำให้เกิดความบกพร่องของชิ้นงาน เช่น อัตราส่วนของทางเดินน้ำหลัก (main sprue) ต่อ ทางเดินน้ำ (feed sprue) ให้ใหญ่กว่าปกติ 10 เปอร์เซ็นต์ และทางเดินน้ำที่ต่อกับชิ้นงานเป็น 30 เปอร์เซ็นต์สาหรับทางเดินน้ำ โดยทั่วไปจะมีรูปร่างทรงกลม ดังภาพประกอบที่ 15 ซึ่งที่สามารถเกิดปัญหาการสูญเสียอุณหภูมิของน้ำโลหะ ก้านทางเดินน้ำที่ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องประดับมักนิยมถูกตีแบนเพื่อให้มีความกว้างของก้านทางเดินน้ำให้มากขึ้น



ภาพประกอบ 15 ก้านทางเดินน้ำโลหะที่ถูกตีแบน

ที่มา: (Bell, 2002b)

การทำการทดลองเกี่ยวกับกลศาสตร์ของไหล (fluid dynamics) ในน้ำโลหะที่ไหลเข้าไปในทางเดินน้ำโลหะ โดยการเปรียบเทียบก้านที่ติดกับชิ้นงานกับการไหลของน้ำจากรูปทรงของก้านที่แตกต่างกัน ผลก็คือ ก้านที่น้ำโลหะทรงกระบอกสามารถไหลผ่านเปรียบเทียบกับทรงกระบอกที่ปากปลายอีกด้านหนึ่งถูกตีแบน มีความเร็วในการไหลผ่านได้รวดเร็วกว่า นั่นก็คือทรงกระบอกมีความเร็วที่มากกว่า ในขณะเดียวกันหากพิจารณาการแข็งตัวของน้ำโลหะโดยเราพิจารณาได้ว่าการแข็งตัวของทรงกระบอกที่มีปากปลายแคบสามารถแข็งตัวได้รวดเร็วกว่า ทรงกระบอกเนื่องมาจากหลักของการแข็งตัวจากพื้นผิวเข้าสู่กึ่งกลาง (interface inward) ดังนั้นหาก เรา

พิจารณาปรากฏการณ์ทั้งสองอย่างควบคู่กันไป เราสามารถชี้ให้เห็นถึงปรากฏการณ์การหล่อได้ คือ ทางเดินน้ำที่มีรูปทรงกระบอกสามารถอำนวยความสะดวกให้น้ำโลหะไหลเข้าสู่ชิ้นงานได้อย่างรวดเร็ว ในขณะเดียวกันทางเดินน้ำที่มีการแข็งตัวช้ากว่าจะช่วยชดเชยน้ำโลหะระหว่างช่วงการเย็นตัวทำให้เกิดการหดระหว่างแข็งตัวที่ทางเดินน้ำโลหะ ทองและเงินมีการหดตัว (shrinkage) เมื่อเปลี่ยนสถานะ จากของเหลวเป็นของแข็งประมาณ 5-6 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นถ้าหากช่องทางเดินน้ำโลหะขนาดใหญ่และมีการแข็งตัวที่ช้ากว่าชิ้นงาน น้ำโลหะสามารถเติมเต็มชิ้นงานและสามารถลดปัญหาการหล่อไม่เต็มในชิ้นงาน (shrinkage porosity) การหล่อได้

หลักทางการออกแบบทางน้ำ

1. การกำหนดขนาดควรเท่ากับหรือมากกว่าเล็กน้อยกับส่วนที่หนาที่สุดของชิ้นงาน โดยทั่วไปในอุตสาหกรรมเครื่องประดับนิยมใช้กันที่เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3 มิลลิเมตร

2. ลักษณะของก้านควรจะเป็นรูปทรงกระบอกกลม ยกเว้นบริเวณที่เชื่อมติดกับชิ้นงานควรเป็นรูปทรงกระบอกวงรี หรือมีการทุบปลายให้แบนเพื่อทำให้น้ำโลหะแบ่งวิ่งกระจายไปได้ดีทั้งสองทิศทาง

3. ความยาวของก้านควรมีความเหมาะสม ไม่ยาวเกินไป และไม่สั้นจนเกินไป และให้มีสัดส่วนที่เหมาะสมกับก้านทางเดินน้ำโลหะหลัก เนื่องจากสาเหตุของการกระจายตัวของความร้อนสู่ก้านทางเดินน้ำโลหะมีผลต่อการเย็นตัวของน้ำโลหะ

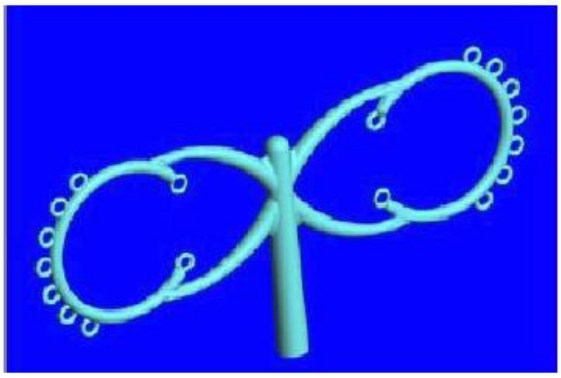
4.การออกแบบไม่ควรเป็นมุมฉากหรือมีมุมหักมาก ควรออกแบบให้มีการไหลของน้ำที่เรียบที่สุด

ปัจจัยของชิ้นงาน

1. ควรจะติดก้านตรงบริเวณที่หนาที่สุดของชิ้นงาน และมีการลดระดับความหนาจากก้านทางเดินน้ำโลหะหลัก สู่ก้านทางเดินน้ำโลหะสู่ชิ้นงาน ดังแสดงในภาพประกอบที่ 16

2. ในกรณีชิ้นงานแหวนที่มีลักษณะท้องแหวนบางกว่าด้านข้างควรทำก้านแยกออกไปสองด้านลักษณะคล้ายไม้ง่ามเชื่อมติดบริเวณแหวนด้านข้างที่หนาทั้งสองข้างให้สมดุลกัน

3. ชิ้นงานหนาและมีรายละเอียดเยอะต้องติดก้านหลังจากฉีดเทียนเพราะการติดในแม่พิมพ์โลหะ จะทำให้ลำบากในการผ่ายางและการนำเทียนออกจากแม่พิมพ์ยาง



ภาพประกอบ 16 ก้านทางเดินน้ำที่มีสัดส่วนจากหนาไปบาง

ที่มา: (Bell, 2002b)

ปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบทางเดินน้ำโลหะ

1. การเย็นตัวของน้ำโลหะ หากมีการออกแบบที่ไม่เหมาะสมจะเกิดปัญหาของการหล่อในเรื่องของรูพรุนแบบหดตัว (shrinkage porosity) ซึ่งเป็นกรณีที่พบมากที่สุด นอกจากนี้ปัญหาเรื่องรอยแตกร้าว (crack) จุดแข็ง (hot spot) ยังสามารถพบได้อีกเช่นกัน

2. การไหลของน้ำโลหะมีผลต่อการที่จะให้น้ำโลหะไหลเต็มแบบได้เร็วที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ซึ่งความหนืด (viscosity) ของโลหะในแต่ละประเภทจะต่างกัน ดังนั้นการออกแบบก้านทางเดินน้ำโลหะในโลหะอาจเปลี่ยนแปลงได้ตามชนิดของโลหะนั้นๆ

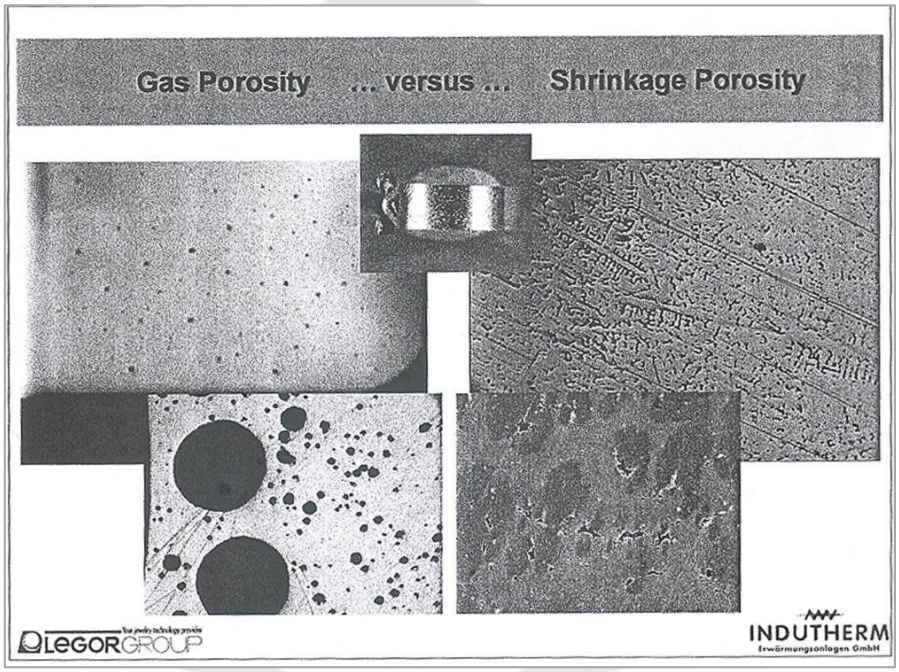
3. ประสิทธิภาพการผลิตควรมีการคำนึงถึงเรื่องความสามารถในการติดชิ้นงานภายในต้นเดียวกันให้มากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้และไม่รบกวนเรื่องของการแผ่กระจายของความร้อนระหว่างชิ้นงาน การตัดแต่งภายหลังการหล่อให้มีความสะดวกและรวดเร็วที่สุด

แผนกหลอมโลหะ/หล่อโลหะ

อุณหภูมิในการหล่อเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อคุณภาพของงานหล่อ เพราะหากควบคุมอุณหภูมิไม่ดีแล้วอาจจะส่งผลให้ชิ้นงานเกิดปัญหารูพรุน หรืออาจหล่อไม่เต็มแบบด้วย และอุณหภูมิของชิ้นงานที่มีความหนาบางแตกต่างกันก็ใช้อุณหภูมิต่างกันด้วย และในขั้นตอนการหล่อยังต้องคำนึงถึงความสะอาดของเบ้าหลอมอีกด้วย ตัวอย่างเช่น การแข็งตัวของน้ำโลหะของเงินสเตอร์ลิงเป็นปัญหารูพรุนของแก๊ส (Gas Porosity) ซึ่งมีลักษณะเป็นฟองอากาศ ดังภาพประกอบที่ 17 ในระหว่างการแข็งตัวของน้ำโลหะ เงินสเตอร์ริงจะเกิดการไล่แก๊สออก แต่หากปริมาณของแก๊สละลายอยู่มาก หรือหากแข็งตัวดำเนินไปอย่างไร้ทิศทางแล้วอาจเกิดการดักแก๊สไว้ภายใน

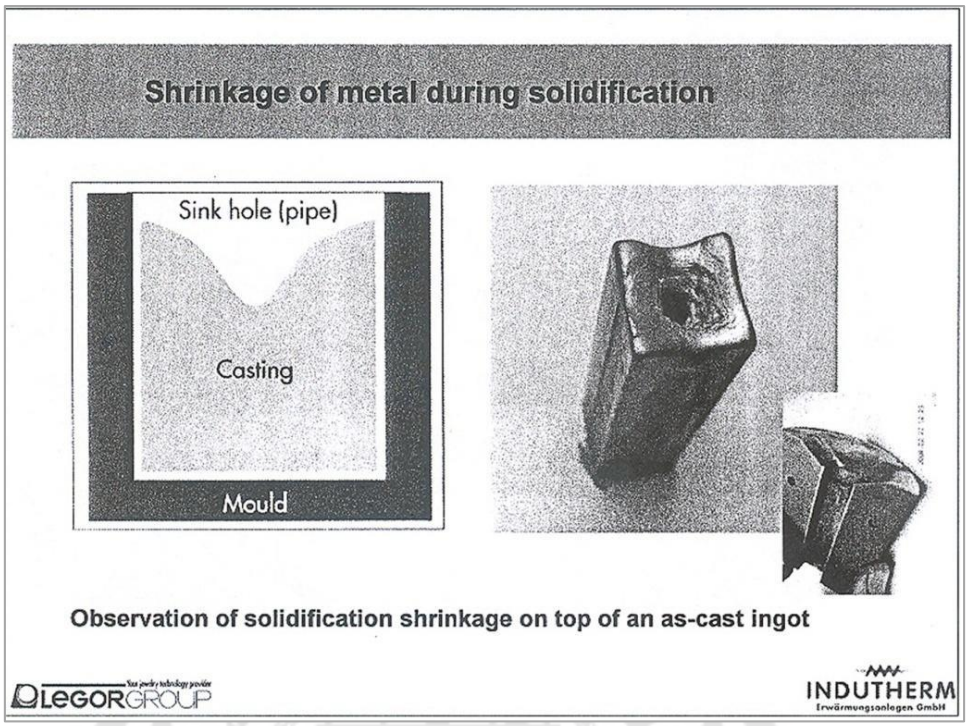
สำหรับการหล่อโลหะผสมทองอาจแก้ปัญหาโดยการเติมสารจำพวก Deoxidizers ปัญหารูพรุนที่เกิดจากแก๊สจึงควรได้รับการแก้ไขจากการออกแบบระบบทางเดินน้ำโลหะที่ดี

รูพรุนอีกประเภทเป็นช่องว่างหรือรอยของการยุบตัว (Shrinkage Porosity) ดังภาพประกอบที่ 18 โดยมีสาเหตุหลักจากการแข็งตัวที่ไม่สามารถควบคุมได้ ปัญหานี้สามารถบรรเทาหรือแก้ไขได้ด้วยการควบคุมพฤติกรรมการแข็งตัวของน้ำโลหะให้เหมาะสม โดยการออกแบบก้านทางเดินน้ำโลหะให้เหมาะสม ให้มีปริมาณน้ำโลหะอย่างต่อเนื่องและเพียงพอเพื่อชดเชยการหดตัวจนกระทั่งกระบวนการแข็งตัวเสร็จสิ้นสมบูรณ์



ภาพประกอบ 17 รูพรุนจากแก๊สใต้ผิวชิ้นงานในรายละเอียดภาพกำลังขยาย 50x

ที่มา : (ขจีพร วงศ์ปรีดี, 2551)



ภาพประกอบ 18 ปัญหาการยุบตัวของชิ้นงานหล่อ (Shrinkage Porosity)

ที่มา : (ขจีพร วงศ์ปรีดี, 2551)

ในกระบวนการแข็งตัวของน้ำโลหะ ซึ่งจะแข็งตัวเป็นผลึกที่เรียกว่า เดนไดรท์ (Dendrites) การแข็งตัวเริ่มต้นที่บริเวณผนังของเบ้าและเดนไดรท์จะเติบโตในทิศทางสู่แกนใน ดังนั้นน้ำโลหะต้องไหลผ่านก้านทางเดินน้ำโลหะไปสู่ส่วนที่หนาที่สุดของชิ้นงานโดยตลอดจนกระทั่งการแข็งตัวเสร็จสิ้นโดยสมบูรณ์ ซึ่งเป็นเหตุผลหนึ่งที่การออกแบบระบบก้านทางเดินน้ำโลหะควรมีขนาดใหญ่กว่าส่วนที่หนาที่สุดของชิ้นงาน หากการแข็งตัวเกิดขึ้นโดยลำดับจากส่วนที่อยู่นอกสุดของชิ้นงานจนถึงก้านทางเดินน้ำโลหะแล้ว ชิ้นงานควรปราศจากการยุบตัวของเนื้อโลหะ ซึ่งเดนไดรท์จะค่อยๆ เติบโต และน้ำโลหะสามารถไหลตามแนวของเดนไดรท์โดยปราศจากการขวางกั้นเนื่องมาจากการออกแบบระบบที่ไม่เหมาะสม

โดยธรรมชาติของโลหะและโลหะผสมเมื่อโลหะแข็งตัว(solidify) จะเกิดการหดตัวเนื่องมาจากการเรียงตัวของผลึกระหว่างการกลายสถานะจากของเหลวเป็นของแข็ง (solidification) ขบวนการทางด้านการศึกษาทางโลหะวิทยา (metallurgy) สำหรับการหล่อ สิ่งที่สำคัญที่ต้องคำนึงถึง คือ กระบวนการแข็งตัวของน้ำโลหะ (solidification) ซึ่งเป็นตัวชี้วัดความ

สมบูรณ์ของคุณสมบัติที่เกิดขึ้นในชิ้นงาน ดังนั้นการศึกษาทางโลหะวิทยาและผนวกความเข้าใจกับการหล่อจึงเป็นสิ่งจำเป็นในอุตสาหกรรมเครื่องประดับ

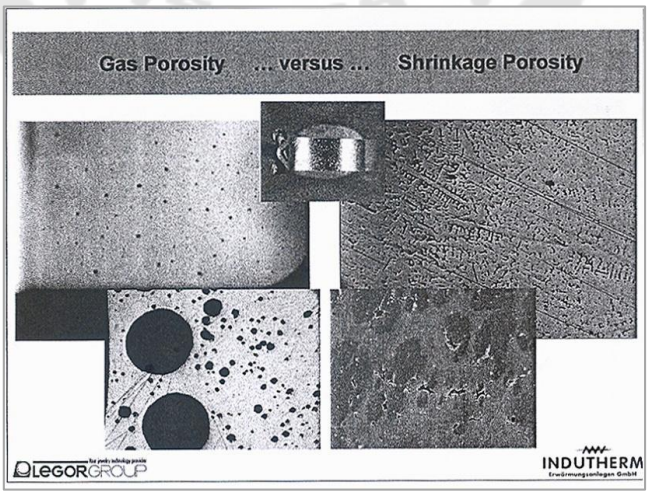
คุณภาพของการหล่องานเงินและทอง

การหล่องานเครื่องประดับ เงิน-ทอง ที่พึงประสงค์ มีอยู่ 2 ประเด็นหลัก คือ

1. การหล่อเพื่อให้มีปริมาณออกซิเจนในน้ำโลหะน้อยที่สุดซึ่งหมายถึง โอกาสในการเกิดรูพรุนแบบฟองอากาศหรือ โอกาสของการเกิดความหมองน้อยที่สุด

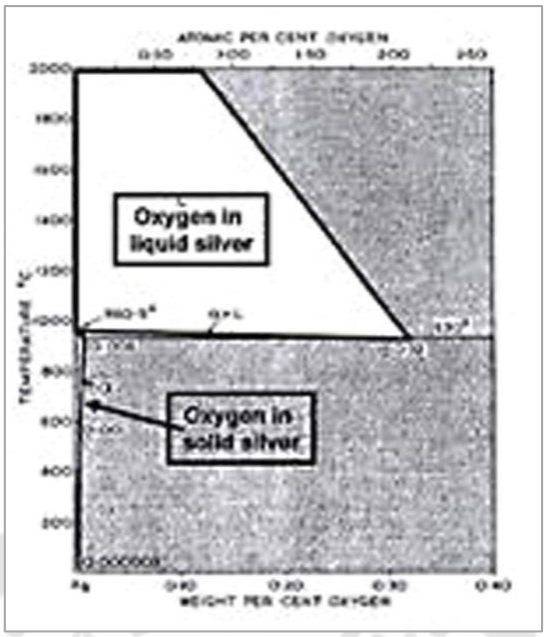
2. การหล่อเพื่อให้มีเดนไดร์ตที่เล็กที่สุดซึ่งหมายถึง มีการเกิดรูพรุนแบบหดตัวน้อยและลดปัญหาการเกิดฝ้าแดง

รูพรุนเป็นปัญหาสำคัญของการหล่อที่มีคุณภาพดังนั้นรูพรุนแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ รูพรุนแบบฟองอากาศ (Gas porosity) และรูพรุนแบบหดตัว (Shrinkage porosity) ลักษณะรูพรุนแบบฟองอากาศมีกระจัดกระจายอยู่ทั่วไป ดังแสดงในภาพประกอบที่ 19 โดยเฉพาะอย่างยิ่งงานหล่อเงินมักพบรูพรุนแบบฟองอากาศมากเป็นพิเศษ เนื่องจากเงินสามารถรับออกซิเจนระหว่างการหลอม ได้เป็นปริมาณมากถึงร้อยละ 0.33 โดยน้ำหนัก จากเฟสไดอะแกรม (phase diagram) ในภาพประกอบที่ 20 ที่อุณหภูมิสูง (อุณหภูมิหลอมเหลว) และเมื่อลดอุณหภูมิลง ออกซิเจนในน้ำโลหะไม่สามารถหลบหนีได้ระหว่างการเย็นตัวทำให้ฟองอากาศถูกกักในชิ้นงาน และเกิดเป็นรูพรุนแบบฟองอากาศ(หรือที่เรียกว่า ตามด)



ภาพประกอบ 19 เปรียบเทียบรูพรุนแบบฟองอากาศและรูพรุนแบบหดตัว

ที่มา : (ขจีพร วงศ์ปรีดี, 2551)

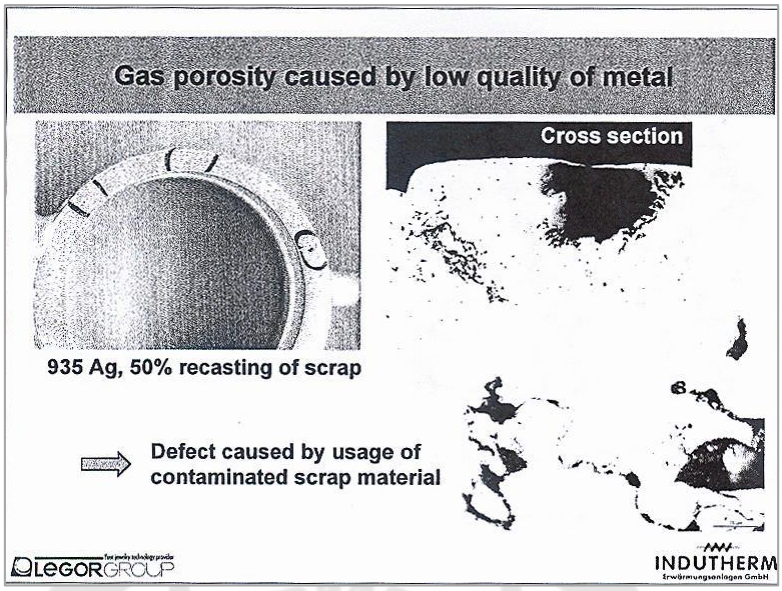


ภาพประกอบ 20 ปริมาณออกซิเจนที่มีอยู่ในเงิน

ที่มา : (ขจีพร วงศ์ปรีดี, 2551)

นอกจากนี้การเกิดตามดอาจเกิดขึ้นได้จากปัจจัยอื่นๆ เช่น

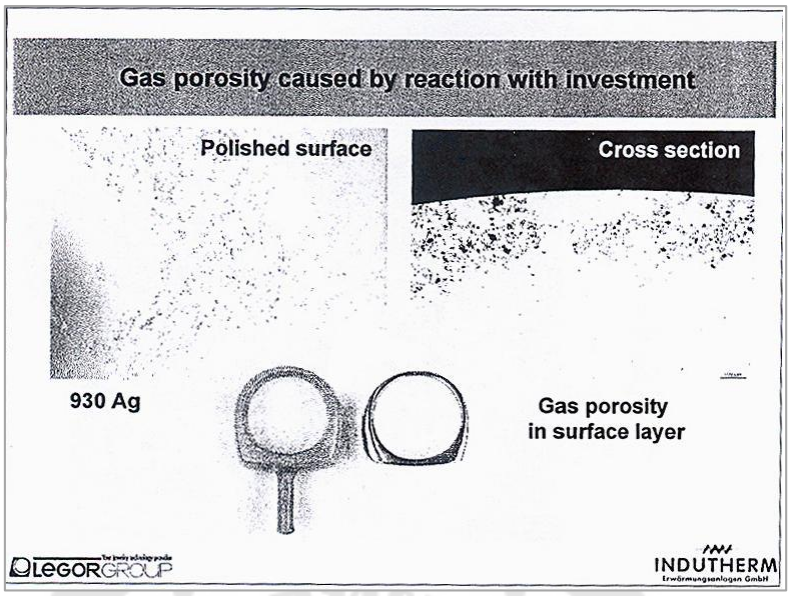
1. การใช้ปริมาณของโลหะบริสุทธิ์ที่ต่ำ (low quality metal) จากภาพประกอบที่ 21 เกิดตามเนื่องมาจากการใช้ปริมาณโลหะเก่ามากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งโลหะเก่ามักมีปริมาณออกซิเจนที่กักเก็บอยู่ในเนื้อโลหะเป็นปริมาณมากอยู่ก่อน ซึ่งสามารถทำให้เกิดปัญหาตามดขึ้นได้อย่างง่ายภายหลัง



ภาพประกอบ 21 รูพรุนแบบก๊าซเนื่องมาจากคุณภาพโลหะที่ต่ำ

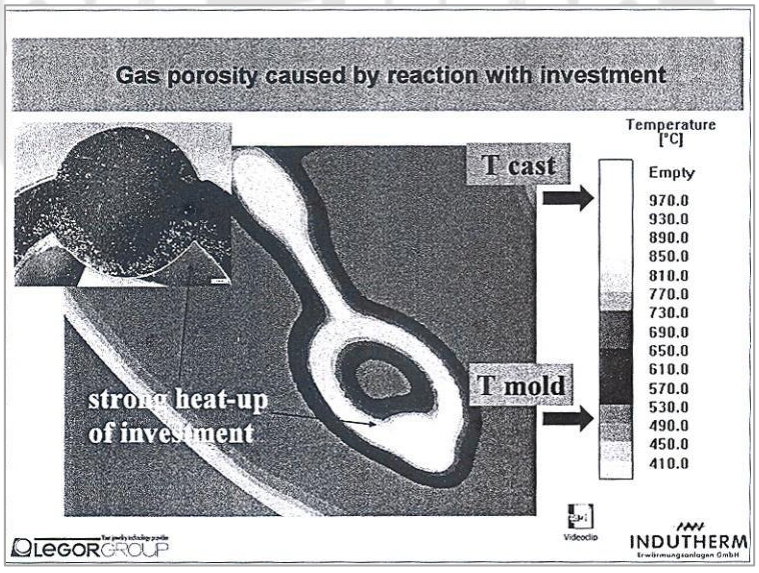
ที่มา : (ขจีพร วงศ์ปรีดี, 2551)

2. โลหะทำปฏิกิริยากับปูน (reaction with investment materials) มักพบฟองอากาศใกล้บริเวณพื้นผิวชิ้นงานดังภาพประกอบที่ 22 แสดงภาพตัดขวาง พบฟองอากาศปริมาณหนาแน่น เกิดขึ้นใกล้ผิวชิ้นงาน ซึ่งการเกิดฟองอากาศนี้เกิดขึ้นเมื่อน้ำโลหะไหลเข้าไปในแบบชิ้นงานและน้ำโลหะสัมผัสกับปูนทำให้ปูนเกิดการแตกตัวและปลดปล่อย (release) ออกซิเจนเข้าไปในน้ำโลหะ ดังภาพประกอบที่ 23 แสดงการจำลอง อุณหภูมิของปูน เกิดการเพิ่มของอุณหภูมิที่สูงบริเวณน้ำโลหะสัมผัสกับปูนทำให้เกิดการกักเก็บความร้อนบริเวณนั้นและพบตามด



ภาพประกอบ 22 รูพรุนเกิดขึ้นที่ผิวของปูนที่ทำปฏิกิริยากับแหวน

ที่มา : (ขจีพร วงศ์ปรีดี, 2551)

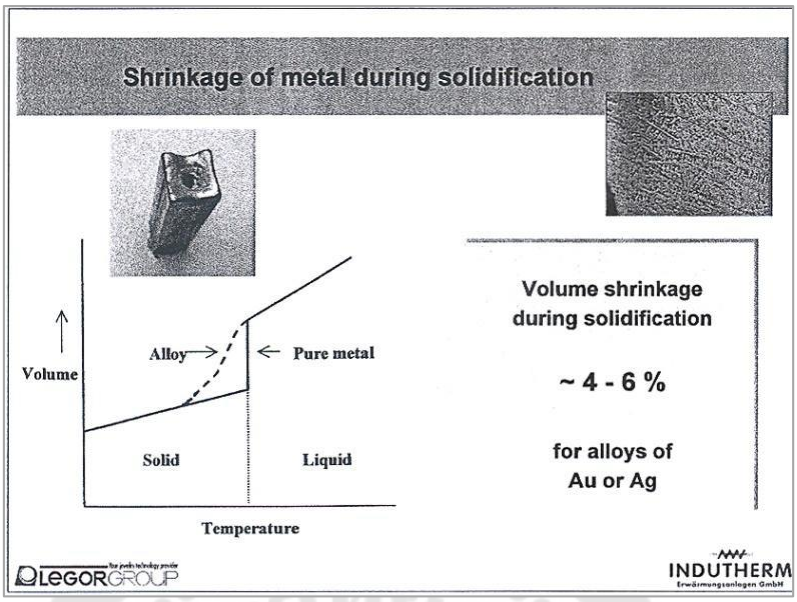


ภาพประกอบ 23 อุณหภูมิสูงเกิดขึ้นภายนอกรอบแหวน

ที่มา : (ขจีพร วงศ์ปรีดี, 2551)

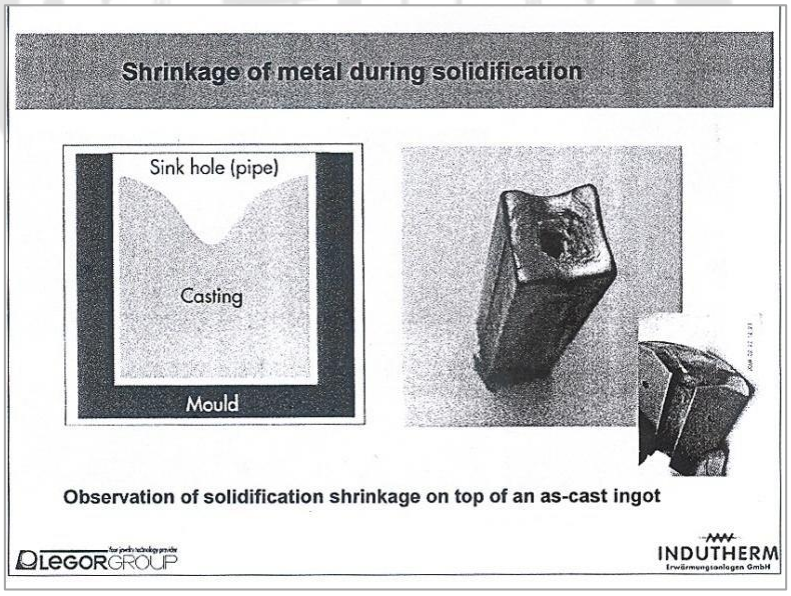
3. การหลอมที่มีคุณภาพต่ำ (Poor Melting/casting process) การหลอมในระบบที่มีการสัมผัสกับหัวเป่าไฟ หรือการหลอมที่ทำให้ออกซิเจนเข้าไประหว่างน้ำโลหะกำลังหลอมเหลวมักพบปัญหาตามมดที่สูง ซึ่งบางครั้งอาจเห็นการแก้ปัญหาออกซิเจนสัมผัสกับน้ำโลหะของธาตุหรืออัลลอยที่มีความไวต่อการเกิดปฏิกริยากับออกซิเจนคือ การวางตำแหน่งของอัลลอยในเบ้าหลอมงาน เช่น การหล่องานเงินให้วางโลหะเงินไว้ด้านล่างสุด

(Ott, 1991) ลักษณะรูพรุนอีกประเภทหนึ่งคือ รูพรุนแบบหดตัว มีลักษณะแบบรูปร่างอิสระ (Irregular shape) ซึ่งบังคับตามแนวทางการโตของเกรนผลึก โดยทั่วไปโลหะมักมีการหดตัวระหว่างการเย็นตัวจากของเหลวเป็นของแข็ง จากกราฟใน ภาพประกอบที่ 24 อัลลอยที่เติมในงานหล่อเครื่องประดับเงินหรือทอง มีการหดตัวของปริมาตรประมาณ 4-6 เปอร์เซ็นต์ ระหว่างการแข็งตัว ที่มีร่องการหดตัวเกิดขึ้นบริเวณช่วงกลางด้านบน ของแท่งอินกอด (ingot) ในภาพประกอบที่ 25 ซึ่งการหดตัวมีความสัมพันธ์กับการตกผลึก (Crystal) ระหว่างโลหะเกิดกระบวนการแข็งตัว (Solidification) โดยมีการโตเป็นก้านสาขาคล้ายกิ่งของต้นไม้ที่เรียกว่าเดนไดรต์ หากระหว่างการแข็งตัวเดนไดรต์ที่เกิดขึ้น ดังภาพประกอบที่ 26 น้ำโลหะประสานกันอย่างรวดเร็วและน้ำโลหะไม่สามารถไหลชดเชยในร่องระหว่างก้านเดนไดรต์ได้ ทำให้เกิดปัญหารูพรุนแบบหดตัว ดังนั้นในการหล่อทั่วไปมักนิยมแก้ปัญหารูพรุนเนื่องจากการหดตัวของก้านเดนไดรต์ได้โดยวิธีการชดเชยน้ำโลหะด้วยการออกแบบระบบก้านทางเดินน้ำโลหะให้เหมาะสมเพื่อให้น้ำโลหะสามารถไหลแทรกซึมในช่องว่างระหว่างนั้นได้ ดังภาพประกอบที่ 27 ก้านทางเดินน้ำที่ใหญ่จะทำให้น้ำโลหะไหลและช่วยในการเติมเต็ม ซึ่งในการหล่อเครื่องประดับต้องมีทางเดินน้ำหลัก (main sprue) และ ทางเดินน้ำ (feed sprue) ที่มีโครงสร้างของการไหลของน้ำโลหะที่ดี เพื่อช่วยแก้ปัญหาในการหล่อ



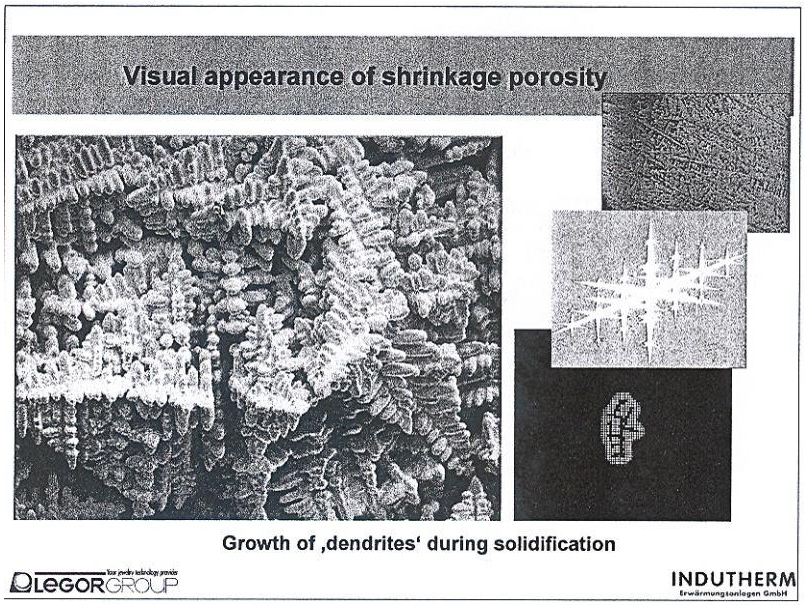
ภาพประกอบ 24 การหดตัวของโลหะระหว่างการเย็นตัวจากของเหลวเป็นของแข็ง

ที่มา : (ขจีพร วงศ์ปรีดี, 2551)



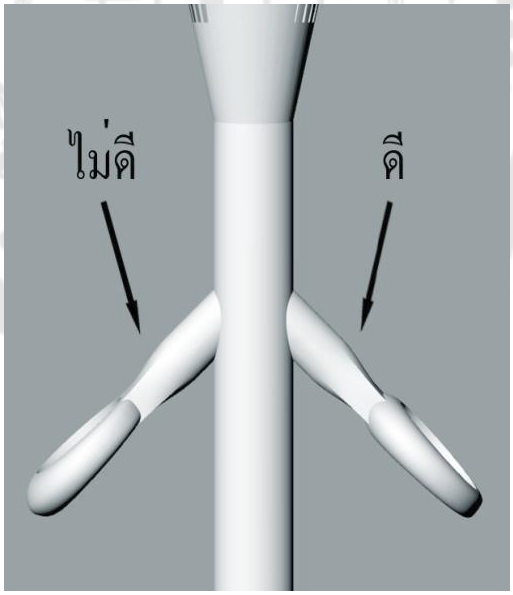
ภาพประกอบ 25 การหดตัวในแท่งอินกอดเกิดที่ด้านบนในแนวกลาง

ที่มา : (ขจีพร วงศ์ปรีดี, 2551)



ภาพประกอบ 26 เดนไดรต์เกิดขึ้นระหว่างการแข็งตัวของโลหะ

ที่มา : (ขจีพร วงศ์ปรีดี, 2551)



ภาพประกอบ 27 การติดก้านทางเดินน้ำโลหะที่ใหญ่จะช่วยในการไหลของน้ำโลหะ

ที่มา: (ขจีพร วงศ์ปรีดี, 2551)

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. การค้นหาข้อมูล
2. การเริ่มต้นและวางแผน
3. การจัดทำระบบและรายงานการผลิต
4. การจำลองและวิเคราะห์ประสิทธิภาพระบบกระบวนการหล่อทางคู่ค้า

1. การค้นหาข้อมูล

การค้นหาที่จะทำการพัฒนาระบบการผลิตใหม่หรือปรับปรุงระบบเดิมให้มีประสิทธิภาพการผลิตเพิ่มขึ้น โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การค้นหาระบบที่เห็นในการพัฒนา

ผู้จัดทำได้ทำการสืบค้นระบบการผลิตแบบดั้งเดิมที่ควรได้รับการพัฒนา ซึ่งได้พิจารณาจากสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติงานการผลิตของระบบเดิมภายในโรงงาน พบว่า มีหลายปัญหาที่สำคัญและควรที่จะได้รับการพัฒนาหรือปรับปรุงแก้ไข จึงต้องจำแนกและแยกจัดลำดับความสำคัญของการแก้ไขปัญหาเพื่อกระทบ

2. การจำแนกและจัดลำดับความสำคัญ

ได้ทำการจัดจำแนกปัญหาของระบบการผลิตและจัดลำดับความสำคัญของปัญหาที่ส่งผลต่อการผลิตและทางบริษัท โดยผู้วิจัยได้จัดทำเกณฑ์คะแนนของโอกาสที่เกิดขึ้นในงานและผลกระทบ โดยมีลำดับและความหมายดังนี้

เกณฑ์คะแนน 5 คือ โอกาสที่เกิดขึ้นในงานมากที่สุด และผลกระทบความเสียหายมากที่สุด
เกณฑ์คะแนน 4 คือ โอกาสที่เกิดขึ้นในงานมาก และผลกระทบความเสียหายมาก
เกณฑ์คะแนน 3 คือ โอกาสที่เกิดขึ้นในงานปานกลาง และผลกระทบความเสียหายปานกลาง
เกณฑ์คะแนน 2 คือ โอกาสที่เกิดขึ้นในงานน้อย และผลกระทบความเสียหายน้อย
เกณฑ์คะแนน 1 คือ โอกาสที่เกิดขึ้นในงานน้อยที่สุด และผลกระทบความเสียหายน้อยที่สุด

3. **การเลือกแก้ไขปัญหาที่เหมาะสม**

โดยได้จัดลำดับความสำคัญของปัญหาภายในโรงงานเพื่อลดปัญหาของการขาดทุนของบริษัทซึ่งจำแนกออกเป็นตารางดังนี้

ตาราง 1 : ปัญหาการทำงานของบริษัท

ลำดับ	ปัญหา	โอกาสที่เกิดขึ้น (งาน)	ผลกระทบ	คะแนนความสำคัญ
1	การส่งของไม่ตรงตามกำหนดของโรงงานถึงลูกค้า	4	5	20
2	การส่งของไม่ตรงตามกำหนดของ supplier ถึง โรงงาน	4	4	16
3	ของเสียในกระบวนการผลิตของโรงงาน	5	4	20
4	ของเสียในกระบวนการผลิตของ Supplier	5	4	20
5	ต้นทุนเวลาในการผลิตมากไป	4	4	16
6	การผลิตจำนวนเกินจาก order จริง	3	3	9
7	มาตรฐาน QC ไม่ชัดเจน	3	3	9
8	การใช้วัตถุดิบสิ้นเปลืองมากเกินไป	3	3	9
9	การเกิดความเสียหายการผลิต (พลอย)	2	2	4
10	การรองานจากการผลิตขั้นตอนมาอีกขั้นตอน	5	2	10

โดยวิธีการคิดคะแนนความสำคัญของปัญหาและความหมายมีดังนี้

สูตร

คะแนนความสำคัญของปัญหา = โอกาสที่เกิดขึ้น x ผลกระทบ

ช่วงคะแนนความสำคัญของปัญหา

คะแนน 16 – 20 คือ ปัญหาที่ควรแก้ไขอย่างเร่งด่วน

11 – 15 คือ ปัญหาที่ควรแก้ไขอย่างมาก

6 – 10 คือ ปัญหาที่ควรแก้ไขปานกลาง

1 – 5 คือ ปัญหาที่ควรแก้ไขน้อย

จากตารางที่ 1 ทางผู้จัดทำจึงได้เล็งเห็นถึงปัญหาของการส่งงานที่ไม่ทันตามระยะเวลาที่กำหนดแก่ลูกค้า เป็นอันดับแรก เพื่อหาสาเหตุปัญหานี้ที่แท้จริงและเป็นปัญหาที่สำคัญที่สามารถหาสาเหตุไปสู่ปัญหาของการทำงานที่เป็นสาเหตุอื่นได้ดังตารางข้างต้น

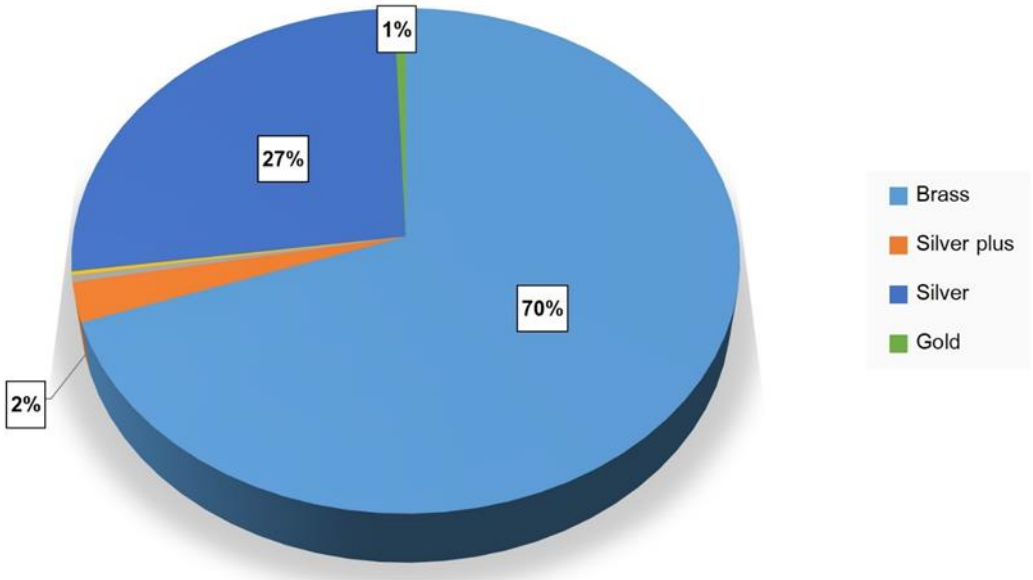
2. **การเริ่มต้นและวางแผน**

1. **ศึกษากระบวนการทำงานเดิม**

ศึกษาระบบการทำงานเดิมและประเภทเอกสารที่เกี่ยวข้องในแต่ละกระบวนการหรือขั้นตอนการผลิต ตั้งแต่กระบวนการรับงานจากลูกค้าในการสั่งผลิต จนผลิตสินค้าถึงลูกค้า ว่าตรงตามความต้องการของการของผู้ใช้งานภายในระบบ ซึ่งระบบการจัดการการผลิตนั้น มีการทำงานที่ซับซ้อนอยู่ โดยทางบริษัทไม่ได้มีการจัดทำผังของการทำงานนี้ขึ้นมา

2. **ศึกษาผลิตภัณฑ์การผลิตของทางโรงงาน**

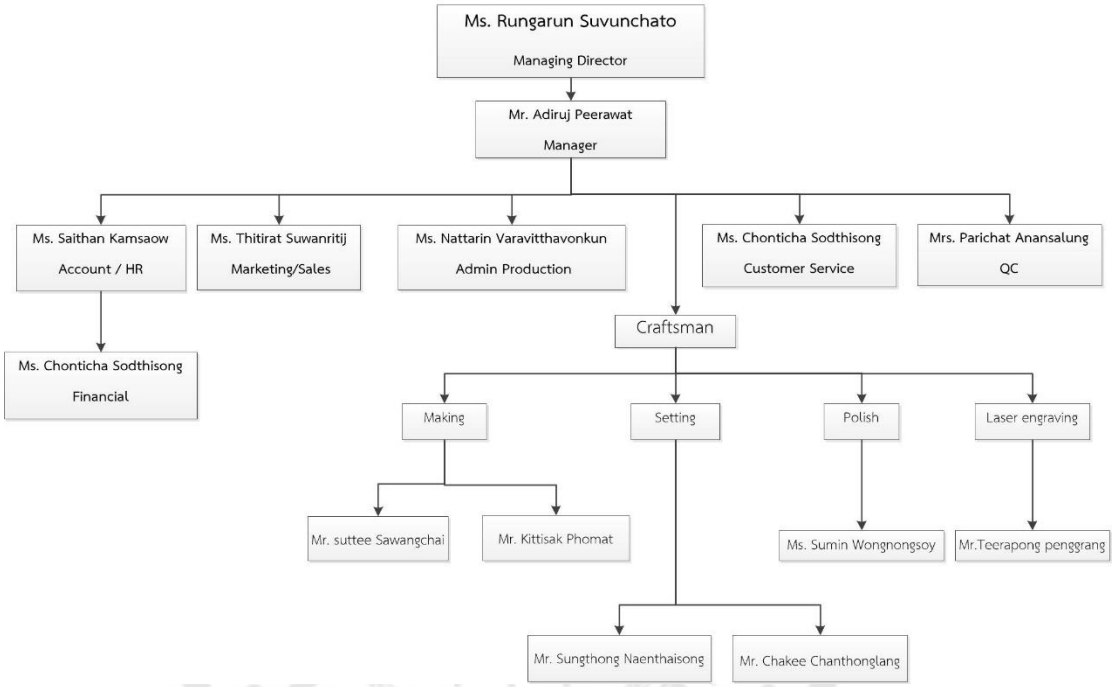
ศึกษาวัตถุดิบที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ ว่าส่วนมากในโรงงานมีประเภทวัตถุดิบทางด้านโลหะทางด้านไหนมากที่สุด และทักษะการผลิตของเราเหมาะสมกับวัตถุดิบแบบไหน เพื่อต่อไปสามารถกำหนดเป็นแนวทางของความถนัดเฉพาะของทางบริษัทได้ โดยได้ทำการเก็บข้อมูลเบื้องต้นตาม ภาพประกอบที่ 28



ภาพประกอบ 28 แสดงประเภทของวัตถุดิบที่ใช้หล่องาน
ตั้งแต่เดือน กรกฎาคม 2563 - สิงหาคม 2564

3. **ศึกษาการทำงานของบุคคลภายในองค์กร**

ศึกษาตำแหน่งหน้าที่การทำงานของบุคลากรภายในองค์กร เพื่อถอดผังขององค์กรออกมาสำหรับเห็นเป็นแนวทางความรับผิดชอบภายในหน้าที่ของการทำงานแต่ละบุคคลให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้นไป ดังภาพประกอบที่ 29



ภาพประกอบ 29 แผนผังองค์กร

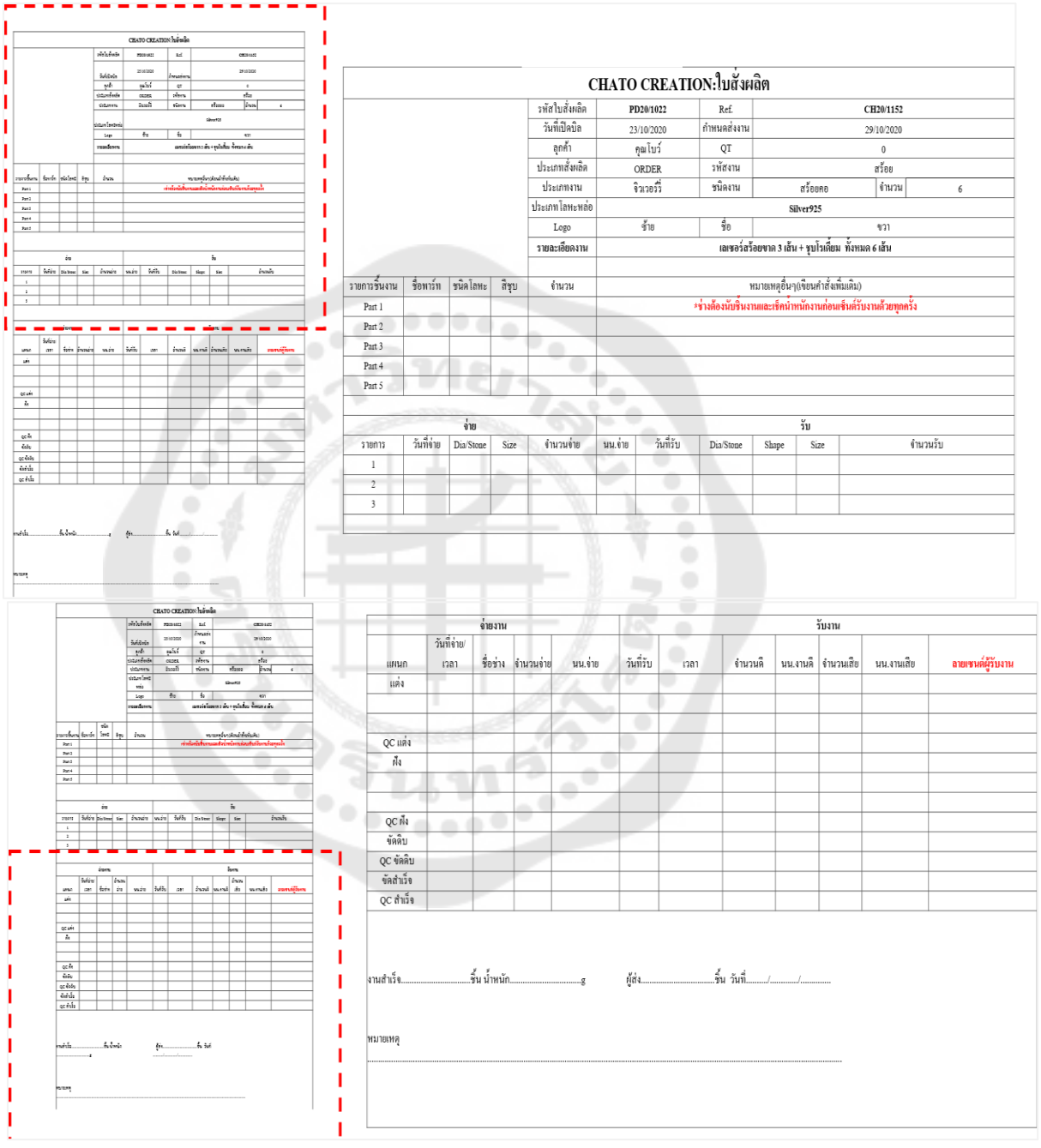
4. **ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องและการออกแบบเครื่องมือควบคุมคุณภาพ**

การออกแบบเครื่องมือควบคุมคุณภาพสำหรับรวบรวมและวิเคราะห์ปัญหาของกระบวนการผลิต สำหรับการรวบรวมและวิเคราะห์ปัญหาของกระบวนการผลิตเครื่องประดับที่ผู้วิจัยได้เลือกใช้เครื่องมือ ควบคุมคุณภาพ 3 ชนิด ได้แก่ ใบตรวจสอบ แผนภาพพาเรโต และแผนผังก้างปลา) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ใบสั่งผลิต/ใบสั่งงาน (Job Order) และใบตรวจสอบ (check sheet)

ใบสั่งผลิตเป็นเอกสารที่ใช้ในกระบวนการสั่งการผลิตทุกขั้นตอนของกระบวนการทำเครื่องประดับ ซึ่งจะกำหนดประเภทของงานที่สั่งผลิต จำนวนชิ้นงาน กำหนดวัตถุดิบ เช่น ประเภทโลหะ น้ำหนักโลหะ ชนิดพลอย น้ำหนักพลอย รวมทั้งรายละเอียดของชิ้นงานที่สั่งผลิต เช่น

ขนาดชิ้นงาน ชนิดการฝัง ชนิดของสีที่ชุบ เป็นต้น เพื่อจบภายในเอกสารใบเดียวสำหรับทุกขั้นตอนในการรับน้ำหนักรับ-จ่าย ของแต่ละกระบวนการ ดังภาพประกอบที่ 30



CHATO CREATION:ใบสั่งผลิต

รหัสใบสั่งผลิต	PD20/1022	Ref.	CH20/1152	
วันที่เปิดบิล	23/10/2020	กำหนดส่งงาน	29/10/2020	
ลูกค้า	คุณใบร์	QT	0	
ประเภทสั่งผลิต	ORDER	รหัสงาน	สร้อย	
ประเภทงาน	จิวเวอรี่	ชนิดงาน	สร้อยคอ	จำนวน 6
ประเภทโลหะหล่อ	Silver925			
Logo	ซ้าย	ชื่อ	ขวา	
รายละเอียดงาน	เลเซอร์สร้อยขาด 3 เส้น + ขุยไวเดือม พ้งหมด 6 เส้น			

รายการชิ้นงาน	ชื่อพาร์ท	ชนิดโลหะ	สีชุบ	จำนวน	หมายเหตุอื่นๆ(เขียนคำสั่งเพิ่มเติม)
Part 1					*ช่างต้องนับชิ้นงานและเช็คน้ำหนักงานก่อนเซ็นต์รับงานด้วยทุกครั้ง
Part 2					
Part 3					
Part 4					
Part 5					

จ่าย					รับ					
รายการ	วันที่จ่าย	Dia/Stone	Size	จำนวนจ่าย	น.น.จ่าย	วันที่รับ	Dia/Stone	Shape	Size	จำนวนรับ
1										
2										
3										

จ่ายงาน					รับงาน						
แผนก	วันที่จ่าย/เวลา	ชื่อช่าง	จำนวนจ่าย	น.น.จ่าย	วันที่รับ	เวลา	จำนวนดี	น.น.งานดี	จำนวนเสีย	น.น.งานเสีย	ลายเซนต์ผู้รับงาน
แต่ง											
QC แต่ง											
ฝัง											
QC ฝัง											
ขัดดิบ											
QC ขัดดิบ											
ขัดสำเร็จ											
QC สำเร็จ											

งานสำเร็จ.....ชิ้น น้ำหนัก.....g ผู้สั่ง.....ชิ้น วันที่...../...../.....

หมายเหตุ .....

ภาพประกอบ 30 ใบสั่งผลิตงานของบริษัทแบบเก่า

4.2 แผนภาพพาเรโต (Pareto Diagram*)*

ผู้วิจัยสร้างแผนภาพพาเรโตโดยรวบรวมข้อมูลที่ได้จากใบตรวจสอบ แล้วนำมาวิเคราะห์เพื่อหาปัญหาหลักตามหลักการสร้างแผนภาพพาเรโต และนำปัญหาหลักไปหาสาเหตุหลักและ สาเหตุย่อยโดยแผนผังก้างปลาในขั้นตอนต่อไป

4.3 แผนผังก้างปลา (Fish-bone Diagram)

ผู้วิจัยได้ใช้แผนผังก้างปลาสำหรับการวิเคราะห์หาผลและสาเหตุหลัก รวมทั้งสาเหตุย่อยของปัญหาที่ได้จากแผนภาพพาเรโต โดยการระดมสมองกับพนักงานและพิจารณาสาเหตุจาก 4M1E (Man, Machine, Method, Material, and Environment) เป็นหลัก

4.4 รายการสั่งการผลิตสำหรับลูกค้า (Pre-Job)

เนื่องจากการสั่งงานของลูกค้าในระบบเก่านั้นไม่ได้มีการออกแบบใบสั่งการผลิตสำหรับลูกค้า ทำให้ในการรับข้อมูลการผลิตของลูกค้ามีความเคลื่อนในการผลิต ทำให้เกิดปัญหาของการทำงานส่งไม่ทันตามระยะเวลากำหนดของลูกค้าด้วยส่วนหนึ่ง เนื่องจากการรับข้อมูลมาไม่ครบภายในการคุยกับลูกค้าครั้งแรกด้วย ดังนั้นทางผู้วิจัยได้ทำเอกสารนี้ขึ้นมาเพื่อเป็นการตรวจสอบการสั่งงานทั้ง 2 ฝ่าย ป้องกันการทำงานผิดพลาดในการสั่งงาน และลดระยะเวลาการผลิตที่ต้องทำการสอบถามข้อมูลเรื่องการผลิตในแต่ละขั้นตอนด้วย ดังภาพประกอบที่ 31

QT			Ref.				
วันที่สั่งงาน			กำหนดส่งงาน				
ชื่อลูกค้า			ประเภทงาน				
ที่อยู่			เบอร์โทรติดต่อ				
No.	ขั้นตอน	รายละเอียดงาน		จำนวน	หน่วย	ราคาะหน่วย	ราคาสุทธิ
1	CAD						
2	3Dprint						
3	ทำก้อน						
4	หล่อ						
5	แต่งทิมท์						
6	ทำก้อน						
7	อื่นๆ						
รูปภาพสำหรับแจงรายละเอียดงานเพิ่มเติม				ราคารวมทั้งหมด			
				หมายเหตุ			

( )	( )	( )
Purchaser signature	Sale	Approved
Date	Date	Date

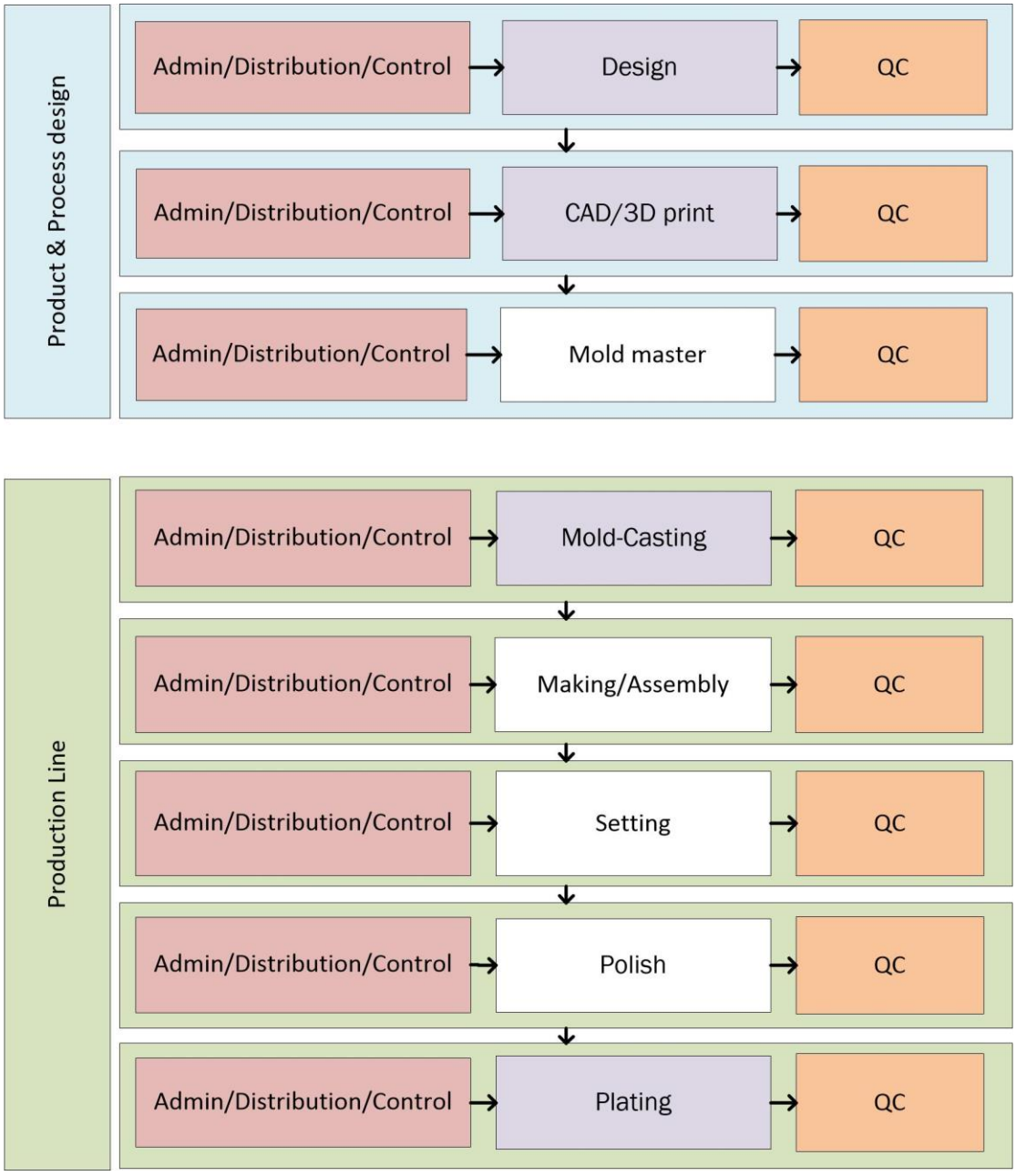
QT			Ref.				
วันที่สั่งงาน			กำหนดส่งงาน				
ชื่อลูกค้า			ประเภทงาน				
ที่อยู่			เบอร์โทรติดต่อ				
No.	ขั้นตอน	รายละเอียดงาน		จำนวน	หน่วย	ราคาะหน่วย	ราคาสุทธิ
1	หล่อ						
2	แต่ง						
3	ฝัง						
4	ขัด						
5	ขุบ						
6	อื่นๆ						
รูปภาพสำหรับแจงรายละเอียดงานเพิ่มเติม				ราคารวมทั้งหมด			
				หมายเหตุ			

( )	( )	( )
Purchaser signature	Sale	Approved
Date	Date	Date

ภาพประกอบ 31 ใบสั่งการผลิตสำหรับลูกค้า

3. **การจัดทำระบบและรายงานการผลิต**

ขั้นตอนการจัดทำระบบและรายงานการผลิต เป็นขั้นตอนที่สำคัญอย่างมากของการทำงาน เพื่อให้มีประสิทธิภาพสำหรับในการผลิต เพื่อเห็นสายในการผลิตที่ชัดเจนตามกระบวนการของขั้นตอน ดังภาพประกอบที่ 32



ภาพประกอบ 32 แผนผังในการทำงานของกระบวนการผลิต

4. **การจำลองและวิเคราะห์ประสิทธิภาพระบบกระบวนการหล่อทางคู่ค้า**

กระบวนการเปรียบเทียบระบบกระบวนการหล่อทางผู้วิจัยได้ดำเนินการเปรียบเทียบทั้งหมด 2 ส่วนดังนี้

การเปรียบเทียบเทคโนโลยีของระบบกระบวนการหล่อ คือ

- ระบบเครื่องหล่อสุญญากาศสำหรับโรงงาน A
- ระบบเครื่องหล่อเหวี่ยงสำหรับโรงงาน B

โดยผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกผลิตภัณฑ์แหวนของลูกค้าที่มีขนาดชิ้นงานบางที่สุด 0.2 mm และหนาที่สุด 1.3 mm ดังภาพประกอบที่ 33 ซึ่งใช้ทดลองหล่อโลหะประเภททองเหลือง

ภาพประกอบ 33 ตัวอย่างการคิดโครงสร้างต้นทุนการผลิต

(หมายเหตุ : รูปผลิตภัณฑ์ห้ามใช้สำหรับเผยแพร่)

การเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณการสั่งผลิตประจำของโรงงาน

ผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกผลิตภัณฑ์มา 2 ประเภท ดังตารางที่ 2 เพื่อใช้ในการทดลองหล่อโลหะประเภททองเหลือง โดยผู้วิจัยจะมุ่งเน้นไปทางด้านคุณภาพ ระยะเวลาการผลิต และต้นทุนการผลิต

ตาราง 2 : ข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการทดลองเปรียบเทียบ

Product	**ประเภทชิ้นงาน**	thickness	**น้ำหนักงาน (g) : ชิ้น**	**เส้นผ่าศูนย์กลางขนาดทางน้ำ**
Product 1	งานชิ้นกลาง หนา/ตัน	3-5 mm	3 g	3 mm
Product 2	งานชิ้นใหญ่ ผิวเกลี้ยง/หนา/ตัน	5 mm ขึ้นไป	17.5 g	5 mm ขึ้นไป

ซึ่งผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ได้แบ่งกลุ่มการผลิตเป็น 2 กลุ่ม ตามชื่อผลิตภัณฑ์โดยเลือกคู่ค้าทางด้านการผลิตที่แตกต่างกันโดยใช้กระบวนการเครื่องหล่อดูดสุญญากาศ ดังตารางที่ 3 และตารางที่ 4

ตาราง 3 : ข้อมูลคู่ค้าทางด้านการหล่อผลิตภัณฑ์ product 1 จำนวน 3 แหล่ง

Condition	Cast-A-P	Cast-B-W	Cast-C-U
Melting temp (c)	1100	1150	1120
Flask temp (c)	600	600	580

ตาราง 4 : ข้อมูลคู่ค้าทางด้านการหล่อผลิตภัณฑ์ product 2 จำนวน 2 แหล่ง

Condition	Cast-A-P	Cast-C-U
Melting temp (c)	1040	1080
Flask temp (c)	550	580

บทที่ 4
ผลการดำเนินงานวิจัย

การวิจัยเพื่อให้ได้มาซึ่ง ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยโดยการศึกษาตามขบวนการและดำเนินการตามขั้นตอนต่างๆ ให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ ได้ดังนี้

ผลลัพธ์ของระยะที่ 1

การศึกษากระบวนการผลิตและการค้นพบปัญหากระบวนการผลิต

การปรับปรุงระบบการผลิตและการจัดเก็บข้อมูล

ผลลัพธ์ของระยะที่ 2

การวิเคราะห์สาเหตุปัญหา

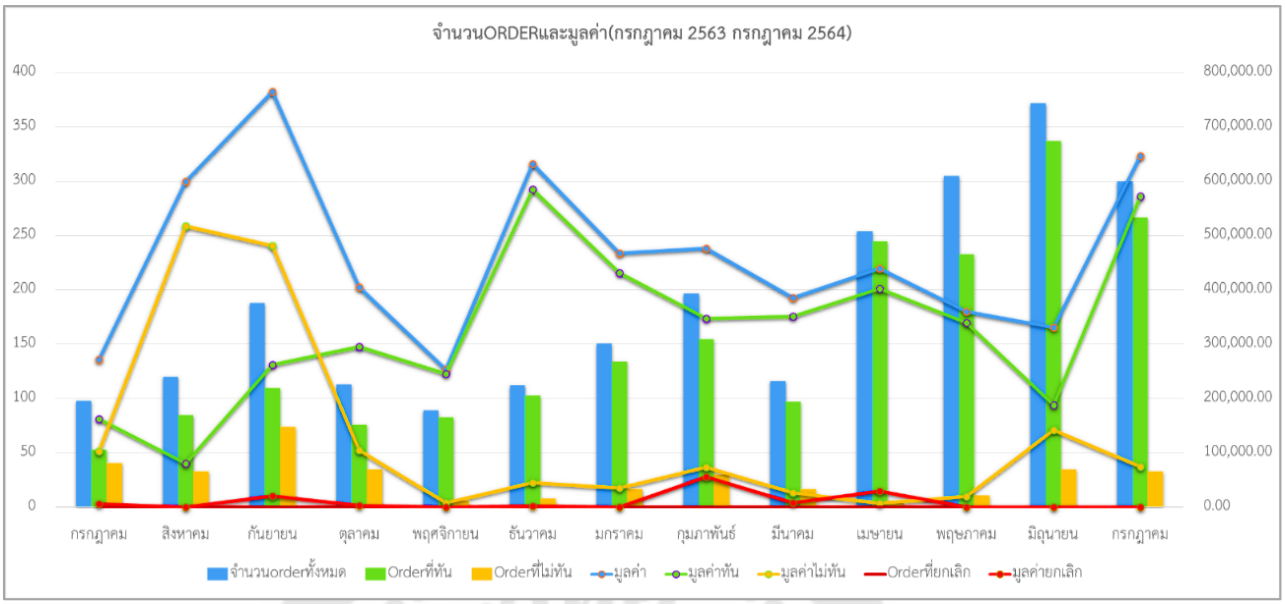
การเปรียบเทียบเทคโนโลยีกระบวนการหล่อ

การปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการหล่อ

ผลลัพธ์ของระยะที่ 1

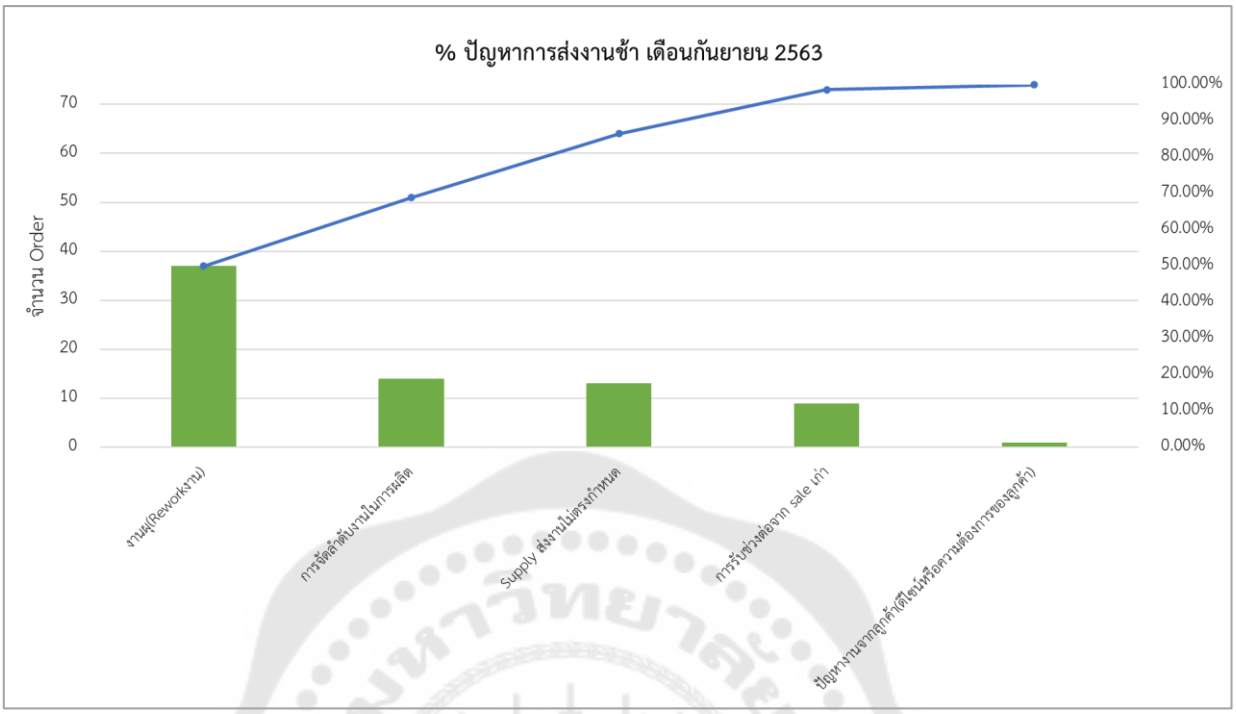
1.1 การศึกษากระบวนการผลิตและการค้นพบปัญหากระบวนการผลิต

จากการทดลองในบทที่ 3 ทางผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงปัญหาที่ส่งผลต่อการผลิต คือ ปัญหาการที่ส่งงานไม่ทันตามระยะเวลาที่กำหนด ระหว่างเดือนกรกฎาคม 2563 - กรกฎาคม 2564 เป็นระยะเวลา 12 เดือน โดยได้รวบรวมข้อมูลจำนวน Order การผลิตทั้งหมด และมูลค่าของจำนวนงาน โดยทางผู้วิจัยได้ให้ความสำคัญกับจำนวนงานที่ส่งทันและไม่ทัน รวมทั้ง มูลค่าจำนวนของสินค้า เพื่อใช้ในการประกอบการตัดสินใจในการรับ หรือไม่รับงาน



ภาพประกอบ 34แสดงจำนวน Order ในการผลิตและมูลค่า ระหว่างเดือนกรกฎาคม 2563 - กรกฎาคม 2564

จากภาพประกอบที่ 34 แสดงจำนวน Order ในการผลิตและมูลค่า ระหว่างเดือนกรกฎาคม 2563 - กรกฎาคม 2564 พบว่า ในเดือนสิงหาคม และเดือนกันยายน มีจำนวนงานที่ส่งไม่ทันคิดเป็นร้อยละ 10 - 40 ของจำนวนงานทั้งหมด ตีเป็นมูลค่าของสินค้าที่ส่งไม่ทัน เป็นยอดเงินประมาณ 450,000 - 480,000 บาท ซึ่งกราฟมีความแตกต่างสำหรับเดือนอื่นในด้านทางการตีมูลค่าของงาน คือ กราฟมูลค่าของงานที่ส่งไม่ทันนั้นสูงกว่ามูลค่าของงานที่ส่งทัน โดยสาเหตุนี้เกิดจากปัญหาของงานและระบบการผลิต ปัญหาของการส่งงานช้าในเดือนกันยายน 2563 พบว่า มีมูลค่าการส่งงานไม่ทันมากที่สุด และผลจากการจัดการสร้างระบบการผลิตที่ป้องกันการส่งงานไม่ทันนั้น พบว่ามูลค่างานไม่ทัน ลดลงเหลือ ร้อยละ 5 - 10 ตั้งแต่ช่วงเดือนพฤศจิกายน 2563 เป็นต้นไป ดังภาพประกอบที่ 35



ภาพประกอบ 35 แสดง % ปัญหาในการส่งงานล่าช้า เดือนกันยายน 2563

โดยสาเหตุของการส่งงานไม่ทันในเดือนกันยายน 2563 ตีเป็นมูลค่างานที่ส่งไม่ทันสูงกว่ามูลค่างานส่งทัน อยู่ที่ประมาณ 450,000 บาท ต่างกับมูลค่าที่ส่งงานทันอยู่ที่ประมาณ 250,000 บาท ดังนั้น ทางผู้วิจัยได้เร่งดำเนินการหาสาเหตุ และหาแนวทางการแก้ไขปัญหาเบื้องต้น พบว่าสาเหตุหลักเกิดจากปัญหางานผุ (Rework งาน) หรือ มีการซ่อมงานภายในกระบวนการทั้งในและนอกหลายครั้ง ทำให้ใช้เวลาในการผลิตมากขึ้น จึงส่งผลให้ส่งงานไม่ทัน และปัญหางานผุนี้ มีสาเหตุหลักส่วนหนึ่งมาจากกระบวนการหล่องานเครื่องประดับที่ไม่ได้ทำการผลิตภายในโรงงานเอง เนื่องจากในขั้นตอนนี้มีการใช้ต้นทุนในการผลิตสูง จึงมีการส่งให้กับทาง suppiler ภายนอกเป็นผู้ผลิต และจากสาเหตุการส่งงานให้กับ suppiler ผลิตส่งผลต่อการควบคุมคุณภาพการผลิตของงานหล่อ และการควบคุมระยะเวลาในการส่งงานของทาง suppiler ที่ไม่สามารถส่งงานได้ทันตามระยะเวลาตามที่กำหนดได้ จึงเป็นสาเหตุหลักในการส่งงานไม่ทัน โดยคิดเป็นร้อยละ 50 - 65 ของงานที่ส่งไม่ทันทั้งหมด และสาเหตุของการส่งงานไม่ทันตามเวลากำหนดที่รองลงมา คือ การจัดลำดับงานในการผลิต ที่มีการแทรกงานด่วนของลูกค้าคนสำคัญ ส่งทำผลให้แผนการผลิตงานเกิดคลาดเคลื่อน และขยายเวลาออกไป ทั้งนี้ ทางผู้วิจัยได้ดำเนินการแก้ไขตามระบบ ดังแสดงในบทที่ 3

และทางผู้วิจัย ได้หาข้อมูลเชิงลึกของปริมาณการผลิตงาน ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2563 - กรกฎาคม 2564 พบว่า มีปริมาณการผลิตงาน จำนวน 2,402 งาน โดยในจำนวนชิ้นงานทั้งหมด มีงานที่ส่งไม่ทันตามระยะเวลาที่ลูกค้ากำหนด จำนวน 346 งาน คิดเป็นร้อยละ 17.29 ของปริมาณการผลิตจำนวนงานทั้งหมด ดังตารางที่ 5

ตาราง 5 : แสดงข้อมูลปริมาณงานที่ส่งไม่ทันตามกำหนด เทียบกับปริมาณงานทั้งหมด

เดือน	จำนวนงานทั้งหมด (งาน)	งานที่ส่งไม่ทันตามกำหนด (งาน)	ร้อยละ
กรกฎาคม-2563	94	41	43.62
สิงหาคม-2563	118	33	27.97
กันยายน-2563	184	74	40.22
ตุลาคม-2563	111	35	31.53
พฤศจิกายน-2563	89	6	6.74
ธันวาคม-2563	111	8	7.21
มกราคม-2564	151	17	11.26
กุมภาพันธ์-2564	197	30	15.23
มีนาคม-2564	116	17	14.66
เมษายน-2564	254	6	2.36
พฤษภาคม-2564	305	11	3.61
มิถุนายน-2564	372	35	9.41
กรกฎาคม-2564	300	33	11.00
รวมทั้งหมด	**2,402**	**346**	**14.40**

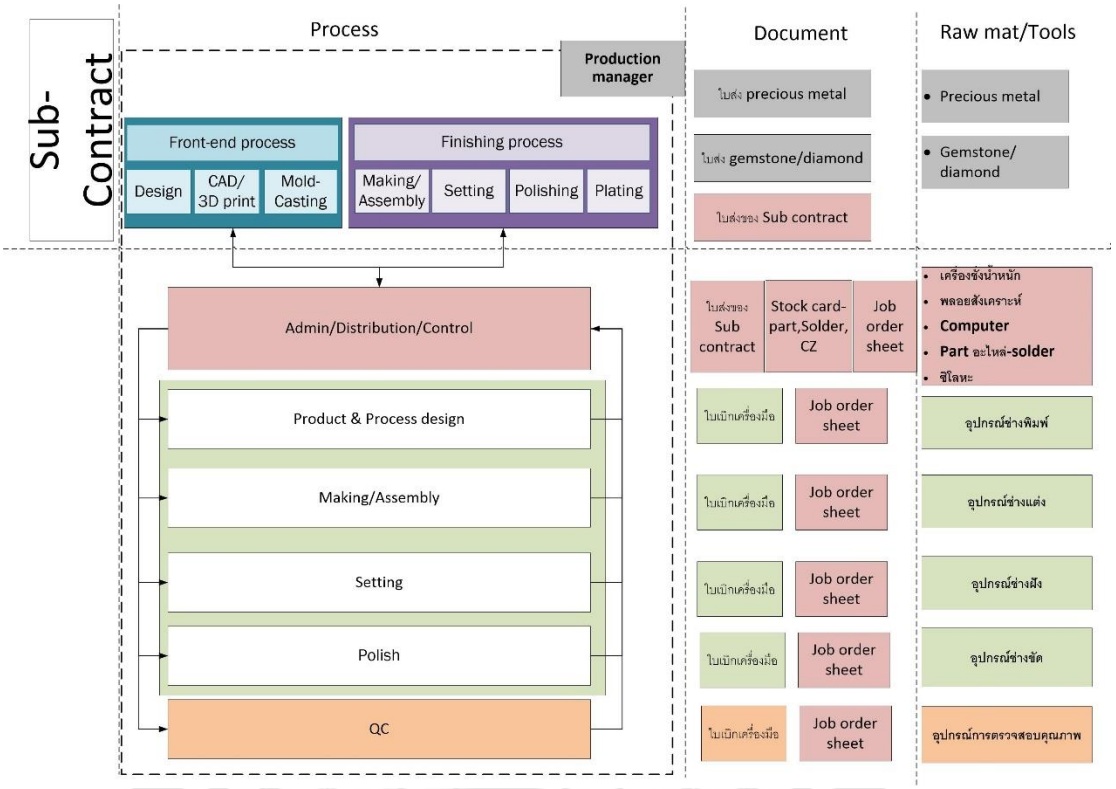
และสามารถตีเป็นมูลค่าเงินในการผลิตของงานที่ส่งไม่ทันตามกำหนด คิดเป็นมูลค่า 1,642,706.84 บาท หรือ ร้อยละ 24.51 ของมูลค่างานทั้งหมด ดังตารางที่ 6

ตาราง 6 : แสดงมูลค่า (บาท) ของที่ส่งงานไม่ทัน เทียบกับมูลค่างานทั้งหมด

เดือน-ปี	มูลค่าทั้งหมด (บาท)	มูลค่าที่ส่งงานไม่ทัน (บาท)	ร้อยละ
กรกฎาคม-2563	266,044.20	103,421.01	38.87
สิงหาคม-2563	598,709.90	518,299.87	86.57
กันยายน-2563	744,279.55	481,761.52	64.73
ตุลาคม-2563	401,333.23	104,992.00	26.16
พฤศจิกายน-2563	254,118.40	7,960.00	3.13
ธันวาคม-2563	630,228.07	45,323.80	7.19
มกราคม-2564	467,965.14	35,965.00	7.69
กุมภาพันธ์-2564	476945.6	73,498.25	15.41
มีนาคม-2564	385,743.64	26,471.87	6.86
เมษายน-2564	439,447.38	7,160.00	1.63
พฤษภาคม-2564	360,492.03	20,400.00	5.66
มิถุนายน-2564	330,734.44	142,529.90	43.09
กรกฎาคม-2564	647,274.34	74,923.62	11.58
รวมทั้งหมด	**6,003,315.92**	**1,642,706.84**	**27.36**

1.2 การปรับปรุงระบบการผลิตและการจัดเก็บข้อมูล

จากการทำงานของการผลิตที่บอกเส้นทางการทำงานตั้งแต่ของแต่ละบุคคลสำหรับในแต่ละขั้นตอน ดังภาพประกอบที่ 32 แต่ยังขาดขอบเขตการทำงานที่ชัดเจน โดยทางผู้วิจัยได้ทำการขยายความแผนผังการผลิตแต่ละขั้นตอนบอกถึงขอบเขตในการทำงานและเอกสารที่ใช้ในการส่งไปแต่ละขั้นตอนทางผู้วิจัยจึงได้ทำผังการทำงานเพิ่มอีกผังให้มีความชัดเจนของเอกสารให้ทางพนักงานทราบอย่างชัดเจน ดังภาพประกอบที่ 36



ภาพประกอบ 36 ผังการผลิตบ่งบอกถึงขอบเขตการทำงาน

และการศึกษาพบว่า ใบสั่งผลิตงานเก่า ดังภาพประกอบที่ 30 ยังพบข้อบกพร่องทางเอกสารทางผู้วิจัยออกแบบใบตรวจสอบให้สอดคล้องและเหมาะสมสำหรับการเก็บ รวบรวมข้อมูลในทุกกระบวนการหลัก ซึ่งขั้นตอนการออกแบบใบตรวจสอบ เริ่มตั้งแต่การสัมภาษณ์พนักงานในทุก กระบวนการ ออกแบบใบตรวจสอบ ทดลองใช้งานกับแต่ละกระบวนการ วิเคราะห์ใบตรวจสอบร่วมกับพนักงาน เพื่อเก็บรวบรวมปัญหาที่เกิดขึ้น

ดังนั้นผู้วิจัยได้ดำเนินการเปลี่ยนและเพิ่มเติมการตรวจสอบคุณภาพลงในใบสั่งผลิต เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลการผลิตให้มีการครอบคลุมมากยิ่งขึ้น มีประเภทข้อบกพร่องของงานประเภทไหนบ้าง การกำหนดวันรับ-ส่งงาน และระยะเวลารับ-ส่งงาน รวมทั้งการเบิกวัตถุดิบในการผลิตเพิ่มเติม เช่น พลอย และอะไหล่เครื่องประดับ เพื่อเป็นแนวทางในการดูประสิทธิภาพและวัดผลการทำงานของช่างแต่ละแผนกไปภายในตัวเอกสารด้วย ภาพประกอบที่ 37

CHATO CREATION:ใบสั่งผลิต

รหัสใบสั่งผลิต	PD20/1039	Ref.	CH20/1175		
วันที่เปิดบิล	30/10/2020	กำหนดส่งงาน	12/11/2020		
ลูกค้า	BEE BIJOUX	QT	8008		
ประเภทสั่งผลิต	ORDER	รหัสงาน	ชิ้นส่วนหัวสร้อยข้อมือBJB000/450		
ประเภทงาน	อื่นๆ	ชนิดงาน	อื่นๆ	จำนวน	ชิ้น
ประเภทโลหะหล่อ	เลเซอร์ประกอบติดชิ้นส่วน				
Logo-ตำแหน่ง		ชื่อ-ตำแหน่ง			
รายละเอียดงาน	3/12/1921			กระบองแหวน	1

ส่วนประกอบ					หมายเหตุอื่นๆ(เขียนคำสั่งเพิ่มเติม)
รายการชิ้นงาน	ชื่อพาร์ท	ช่าง	ชนิดโลหะ	นน.จ่าย	
Part 1					
Part 2					
Part 3					
Part 4					
Part 5					*ช่างต้องนับชิ้นงานและเช็คน้ำหนักงานก่อนเซ็นต์รับงานด้วยทุกครั้ง เพื่อผลประโยชน์ของท่าน*

เพชร-พลอย

จ่าย						รับ					
รายการ	วันที่จ่าย	Dia/Stone	Size	จำนวนจ่าย	นน.จ่าย	วันที่รับ	Dia/Stone	Size	จำนวนรับ	จำนวนเสีย	ปัญหา
1											☐พลอยแตก…... ☐อื่นๆ….....
2											☐พลอยแตก…... ☐อื่นๆ….....
3											☐พลอยแตก…... ☐อื่นๆ….....

โลหะ-ตัวเรือน

จ่าย							รับ								
แผนก	ชื่อช่าง	วันที่จ่าย	จำนวนจ่าย	นน.จ่าย	กำหนดส่ง	ลายเซนต์ช่าง	วันที่รับ	จำนวนรับ	นน.รับ	จำนวนดี	นน.งานดี	จำนวนซ่อม	นน.ซ่อม	จำนวนเสีย	นน.เสีย
แต่ง															
แต่งซ่อม															
ฝัง															
ฝังซ่อม															
ขัดดิบ(ฝัง)															
ขัด															
ขัดซ่อม															

ตรวจสอบ - QC

แผนก	วันที่รับ	จำนวนรับ	จำนวนดี	จำนวนซ่อม	จำนวนเสีย	ปัญหา
แต่ง						☐ตามด…..... ☐ไซร์ไม่ได้..... ☐ทรงเบี้ยว…….. ☐แต่งไม่เกลี้ยง…….. ☐Logo หาย..... ☐อื่นๆ….....
แต่งซ่อม						☐ตามด…..... ☐ไซร์ไม่ได้..... ☐ทรงเบี้ยว…….. ☐แต่งไม่เกลี้ยง…….. ☐Logo หาย..... ☐อื่นๆ….....
						☐ตามด…..... ☐ไซร์ไม่ได้..... ☐ทรงเบี้ยว…….. ☐แต่งไม่เกลี้ยง…….. ☐Logo หาย..... ☐อื่นๆ….....
						☐ตามด…..... ☐ไซร์ไม่ได้..... ☐ทรงเบี้ยว…….. ☐แต่งไม่เกลี้ยง…….. ☐Logo หาย..... ☐อื่นๆ….....
ฝัง						☐ฝังไม่แน่น…..... ☐ฝังเอียง..... ☐พลอยร้าว..... ☐ไข่ปลาไม่กลม…..... ☐ตัดขอบไม่เรียบร้อย..... ☐อื่นๆ….....
ฝังซ่อม						☐ฝังไม่แน่น…..... ☐ฝังเอียง..... ☐พลอยร้าว..... ☐ไข่ปลาไม่กลม…..... ☐ตัดขอบไม่เรียบร้อย..... ☐อื่นๆ….....
						☐ฝังไม่แน่น…..... ☐ฝังเอียง..... ☐พลอยร้าว..... ☐ไข่ปลาไม่กลม…..... ☐ตัดขอบไม่เรียบร้อย..... ☐อื่นๆ….....
ขัดดิบ						☐ตามด…..... ☐ขัดไม่เกลี้ยง..... ☐ขัดเสียทรง…….. ☐อื่นๆ….....
ขัดซ่อม						☐ตามด…..... ☐ขัดไม่เกลี้ยง..... ☐ขัดเสียทรง…….. ☐อื่นๆ….....
ขัดซ่อม						☐ตามด…..... ☐ขัดไม่เกลี้ยง..... ☐ขัดเสียทรง…….. ☐อื่นๆ….....
						☐ตามด…..... ☐ขัดไม่เกลี้ยง..... ☐ขัดเสียทรง…….. ☐อื่นๆ….....
สำเร็จ						☐สีไม่สม่ำเสมอ…….. ☐ตัวเรือนเป็นรอย..... ☐อินาเมลไม่เรียบร้อย…….. ☐อื่นๆ….....

งานสำเร็จ.....ชิ้น น้ำหนัก.....g ผู้สั่ง.....ชิ้น วันที่...../...../.....

หมายเหตุ.....

ภาพประกอบ 37 ใบสั่งผลิตงานของบริษัทแบบใหม่

การเก็บข้อมูลการผลิตและคุณภาพ

ข้อมูลเป็นสิ่งสำคัญในการนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุ และแนวทางในการที่จะแก้ไขปัญหาได้ หรือเพื่อใช้ทำเป็นกลยุทธ์ของการผลิตของเรา โดยทางผู้วิจัยได้ออกแบบระบบการจัดเก็บข้อมูลทางด้านการผลิตออกมาเพื่อวัดผลประสิทธิภาพการผลิตของแต่ละแผนก หรือบุคคลทางด้านการทำงานได้ทันเวลาและคุ้มค่าไหม รวมทั้งยังมีการออกแบบดูสถานะงานของการทำงานได้ว่าอยู่ในแผนกหรือขั้นตอนไหน เป็นตัวช่วยสำหรับการติดตามงาน และที่สำคัญมีการเก็บข้อมูลทางด้านคุณภาพของการผลิตแต่ละขั้นตอนโดยข้อมูลนี้มาจากใบสั่งผลิตที่คนจ่ายงานจะต้องมีการกรอกข้อมูลนี้เข้าระบบเพื่ออัพเดตสถานะของการทำงานต่อวัน ดังภาพประกอบที่ 38 และภาพประกอบที่ 39

เลขที่สั่งงาน PD	กำหนดส่งงาน	ประเภทสั่งผลิต	สถานะงาน	จำนวนงานสำเร็จ (ชิ้น)	น้ำหนักงานสำเร็จ (g)	วันที่ส่งงานสำเร็จ	หล่อ	แต่ง									
							จ่าย	จ่าย					ปัญหา (ชิ้น)				
							ชื่อบริษัท	วันที่รับ	จำนวนรับ (ชิ้น/set)	จำนวนงาน-ดี (ชิ้น)	จำนวนงาน-ซ่อม(ชิ้น)	จำนวนงาน-เสีย (ชิ้น)	ตามด	ไซร์ไม่ได้	ทรงเบี้ยว	Logo หาย	หมายเหตุ
PD21/0795	10/6/2021	ORDER	สำเร็จ	2	20.14	16/6/2021	พ.สิริภัทร	9/6/2021	2		2		2				
PD21/0825	16/6/2021	ORDER	สำเร็จ	1	12.15	11/6/2021	พ.สิริภัทร	9/6/2021	1		1		1				
PD21/0889	11/6/2021	ORDER	สำเร็จ	1	36.33	10/6/2021		10/6/2021	1		5		5			5	ตัวหนังสือหายร่องหาย
PD21/0684	4/6/2021	ORDER	สำเร็จ	7	157.8	10/6/2021	พ.สิริภัทร	9/6/2021	7		7		7				
PD21/0749	0/1/1900	ORDER	สำเร็จ	1	12.27	2/6/2021											
PD21/0762	25/5/2021	ORDER	สำเร็จ	1	6.2	2/7/2021											
PD21/0768	8/6/2021	ORDER	สำเร็จ	65	1062.75	14/6/2021											
PD21/0777	26/5/2021	ORDER	สำเร็จ	11	2286.59	14/6/2021											
PD21/1125	30/6/2021	ORDER	สำเร็จ	2	2.86	29/6/2021	ลูกค้า										
PD21/1180	30/6/2021	ORDER	สำเร็จ	1	1.75	30/6/2021	ลูกค้า	28/6/2021	1		1		1				เก็บขอกใหม่ หยาบ
PD21/1179	30/6/2021	ORDER	สำเร็จ	1	2.19	30/6/2021	ลูกค้า	28/6/2021	1		1		1				
PD21/1202	5/7/2021	ORDER	สำเร็จ	1	1.76	1/7/2021	ลูกค้า	30/6/2021	1		1		1				
PD21/1203	5/7/2021	ORDER	สำเร็จ	1	1.26	1/7/2021	ลูกค้า	30/6/2021	1		1		1				
PD21/1185	28/6/2021	ORDER	สำเร็จ	314	328.65	2/7/2021	ลูกค้า	1/7/2021	314	135	199		199				ลบตราหอกออกไม่หมด

ภาพประกอบ 38 ระบบการกรอกทางด้านคุณภาพ

เลขที่สั่งงาน PD	แต่ง														
	ชื่อช่าง	จ่าย					รับ								
		วันที่	เวลา	จำนวน (ชิ้น/คู่/ set)	น้ำหนักงาน (g)	คาดว่าจะเสร็จ	วันที่	เวลา	จำนวน (ชิ้น)	น้ำหนักงาน (g)	น้ำหนักชิ (g)	จำนวนงาน-ดี (ชิ้น)	น้ำหนักงาน-ดี (g)	จำนวนงาน-ซ่อม ,เสีย (ชิ้	น้ำหนักงาน-ซ่อม ,เสีย (
PD21/0646	สุทธี	18/5/2021	12.00	3	26.42		19/5/2021		3	31.25					
PD21/0684															
PD21/0684	กิตติศักดิ์	13/5/2021	14.00	7	193.18		14/5/2021	11.00	7	174.55		7	174.55		
PD21/0762															
PD21/0768	สุทธี	1/6/2021	13.54	49		2/6/2021									
PD21/0777	สุทธี	31/5/2021	15.00	11	2,353.07	2/6/2021									
PD21/0789-1															
PD21/0789-2															
PD21/0796															
PD21/0803															
PD21/0804															
PD21/0805															
PD21/0814															
PD21/0815															
PD21/0816															
PD21/0817															
PD21/0818															
PD21/0819															
PD21/0821															

ภาพประกอบ 39 ระบบการกรอกข้อมูลทางด้านการผลิต

การออกแบบระบบคงคลังโลหะมีค่า กับทางลูกค้าและคู่ค้าการผลิต

ระบบคงคลังทางด้านโลหะมีค่า เนื่องจากทางบริษัทไม่สามารถทำกระบวนการหล่อได้เอง กระบวนการนี้จึงต้องส่งให้กับทางคู่ค้าทางด้านการผลิตสำหรับผลิตงานในกระบวนการนี้ ส่วนหนึ่งทางบริษัทได้สนับสนุนวัตถุดิบของบริษัทเองและของลูกค้าเองทำให้ต้องมีการจัดเก็บคงคลังวัตถุดิบ เพื่อใช้เป็นการเบิกจ่ายรับของอยู่กับทางลูกค้าและคู่ค้า และที่สำคัญสามารถนำข้อมูลนี้มาคิดต้นทุนทางด้านการผลิตของบริษัทอีกด้วย ดังภาพประกอบที่ 40

PURE SILVER	Stock-K'Bow-Gemmax													
วันที่	รายการ	INV./PD.	Customer Item	QTY Item	รับเข้า/IN	Metal/OUT	Part /OUT	Gem/OUT	จ่ายออก/OUT	%LOSS	LOSS/OUT	TOTAL/OUT	คงเหลือ/BALANCE	หมายเหตุ
DATE	DESCRIPTION	NO.	NO.	Pcs/Prs	GMS.	GMS.	GMS.	GMS.	GMS.	%	GMS.	GMS.	GMS.	REMARK
12/1/2021	PD21/0032	CH21/0035	0299-E-SS	60		6.13	8.54		14.67	8%	1.17	15.84	195.41	
12/1/2021	PD21/0044	CH21/0047	0421-E-SS	30		9.48	4.27		13.75	8%	1.10	14.85	180.56	
12/1/2021	PD21/0037	CH21/0040	0368-E-SS	20		10.44	2.84		13.28	8%	1.06	14.34	166.22	
12/1/2021	PD21/0028	CH21/0031	0242-E-BOLT-SS	30		6.53	4.27		10.80	8%	0.86	11.66	154.55	
12/1/2021	PD21/0025	CH21/0028	0233-E-SS	40		12.17	5.68		17.85	8%	1.43	19.28	135.28	
12/1/2021	PD21/0030	CH21/0033	0280-E-SS	40		6.55	5.69		12.24	8%	0.98	13.22	122.06	
12/1/2020	PD21/0040	CH21/0043	0365-E-SS	30		5.88	4.27		10.15	8%	0.81	10.96	111.09	
12/1/2021	PD21/0042	CH21/0045	0395-E-SS	60		17.92	8.75		26.67	8%	2.13	28.80	82.29	
13/1/2021	PD21/0038	CH21/0041	0362-E-SS	26		15.68	3.70		19.38	8%	1.55	20.93	61.36	
13/1/2021	PD21/0023	CH21/0026	0225-E-SS	38		16.73	5.40		22.13	8%	1.77	23.90	37.46	
13/1/2021	PD21/0035	CH21/0038	0329-E-SS	20		9.49	2.84		12.33	8%	0.99	13.32	24.14	
13/1/2021	PD21/0031	CH21/0034	0281-E-SS	40		10.44	5.69		16.13	8%	1.29	17.42	6.72	
25/1/2021						6.72			6.72		0.00	6.72	0.00	clear

ภาพประกอบ 40ระบบคงคลังทางด้านคู่ค้าการหล่อและลูกค้า

ผลลัพธ์ของระยะที่ 2

2.1 การวิเคราะห์สาเหตุปัญหา

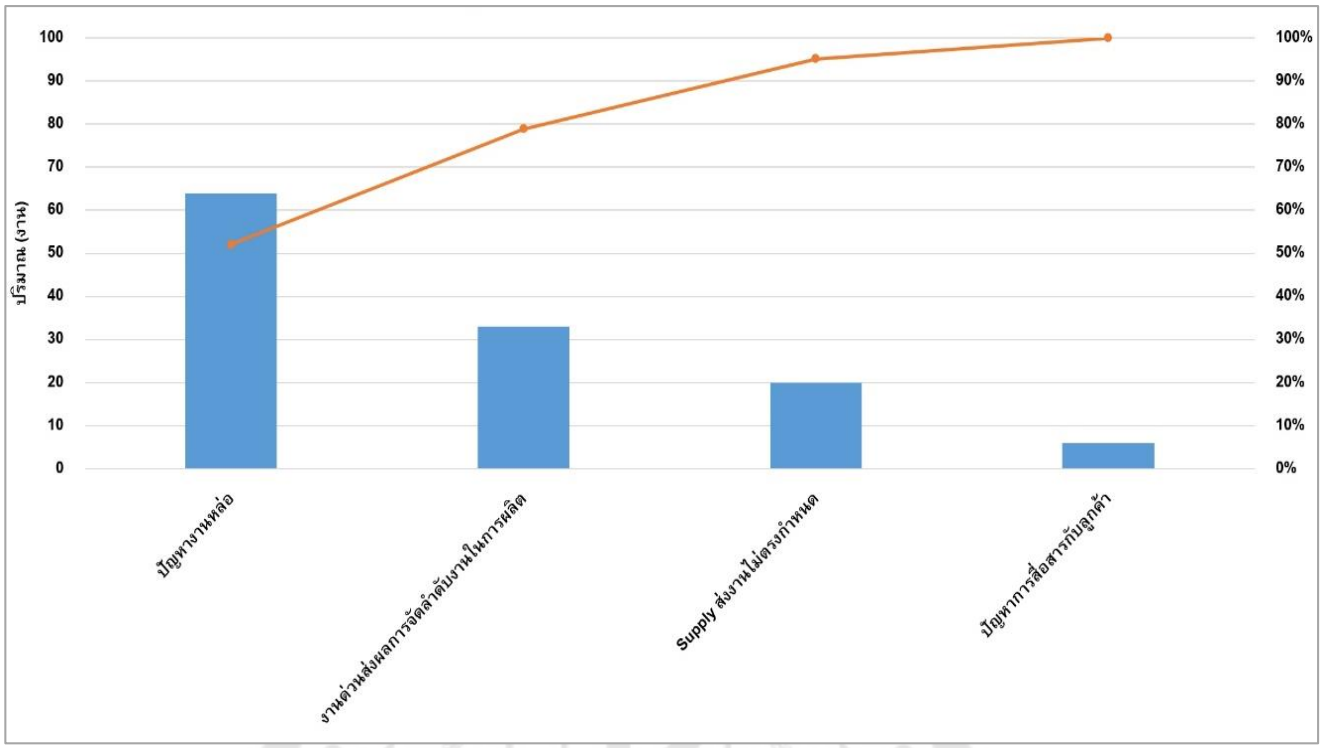
ทางผู้วิจัย ได้สร้างแผนภาพพาเรโต (Parato Diagram) ดังภาพประกอบที่ 41 และทำการวิเคราะห์ข้อมูลการผลิตที่ได้จากการจากการสัมภาษณ์พนักงานเกี่ยวกับสาเหตุของการส่งงานไม่ทันตามระยะเวลาที่กำหนดของลูกค้า พบสาเหตุปัญหา ได้แก่

1. ปัญหาจากกระบวนการหล่อ คิดเป็นร้อยละ 65
2. ปัญหางานด่วนและการเรียงลำดับงาน คิดเป็นร้อยละ 30
3. ปัญหาคู่ค้าทางด้านการผลิตส่งงานไม่ตามกำหนด คิดเป็น ร้อยละ 20
4. ปัญหาการสื่อสาร คิดเป็นร้อยละ 5 เป็นต้น

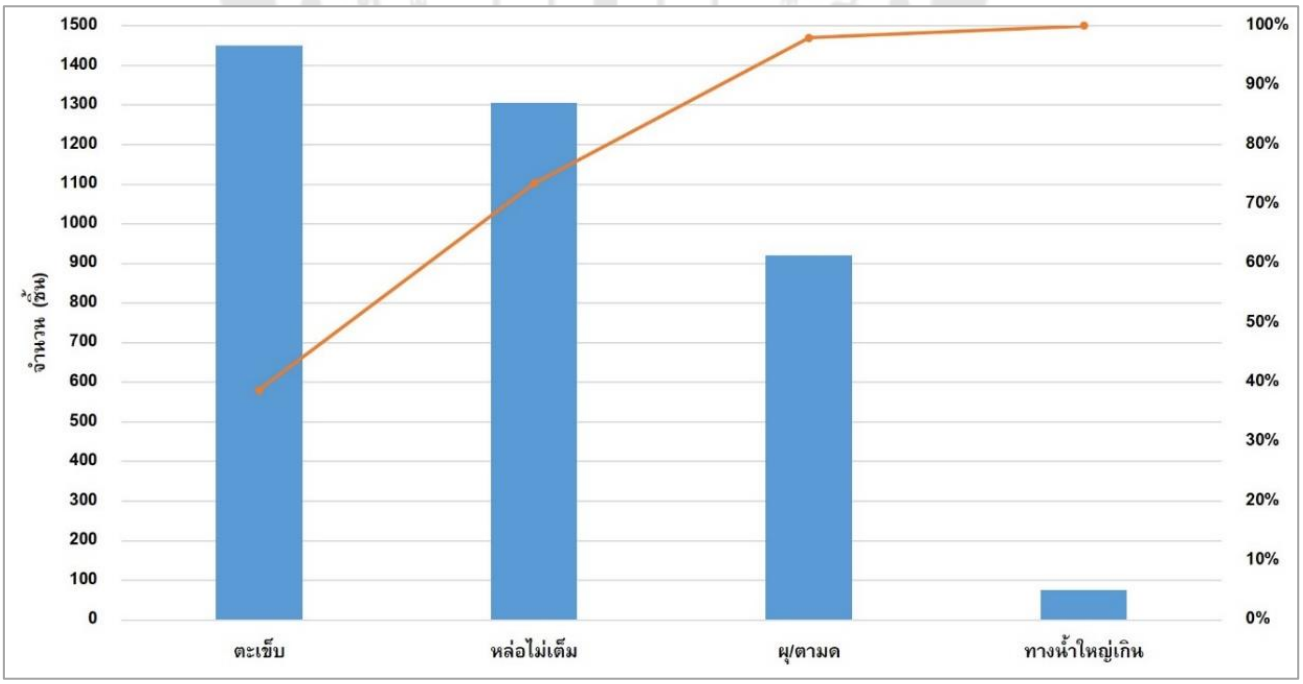
และทางผู้วิจัยยังได้รวบรวมข้อมูลปัญหางานหล่อ ซึ่งพบปัญหาในชิ้นงาน ดังภาพประกอบที่ 42 ได้แก่

1. ตะเข็บ คิดเป็นร้อยละ 95
2. หล่อไม่เต็ม คิดเป็นร้อยละ 85
3. ผุ/ตามด คิดเป็นร้อยละ 60
4. ทางน้ำใหญ่เกินชิ้นงาน คิดเป็นร้อยละ 5

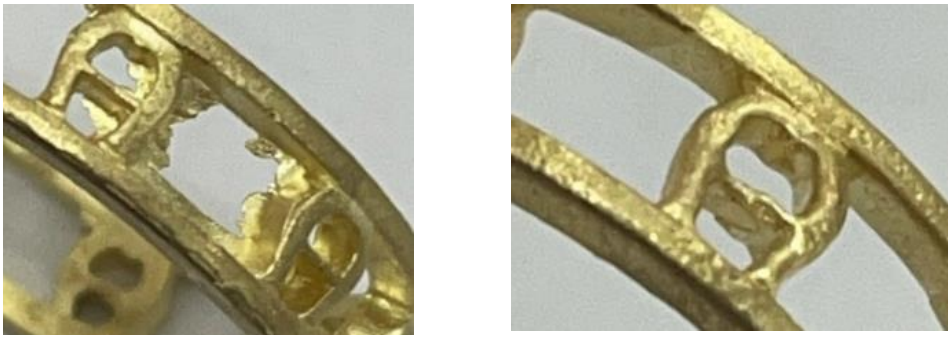
โดยปัญหางานหล่อชนิดที่เป็นตะเข็บและงานหล่อไม่เต็ม เป็นปัญหาที่ไม่สามารถซ่อมในการผลิตขั้นตอนต่อไปได้ ทางโรงงานถือว่า เป็นชิ้นงานที่เสีย ดังภาพประกอบที่ 43



ภาพประกอบ 41 แผนภูมิพาเรโตแสดงปัญหาการส่งงานไม่ทันตามกำหนด



ภาพประกอบ 42 แผนภาพพาเรโตแสดงปัญหางานหล่อ

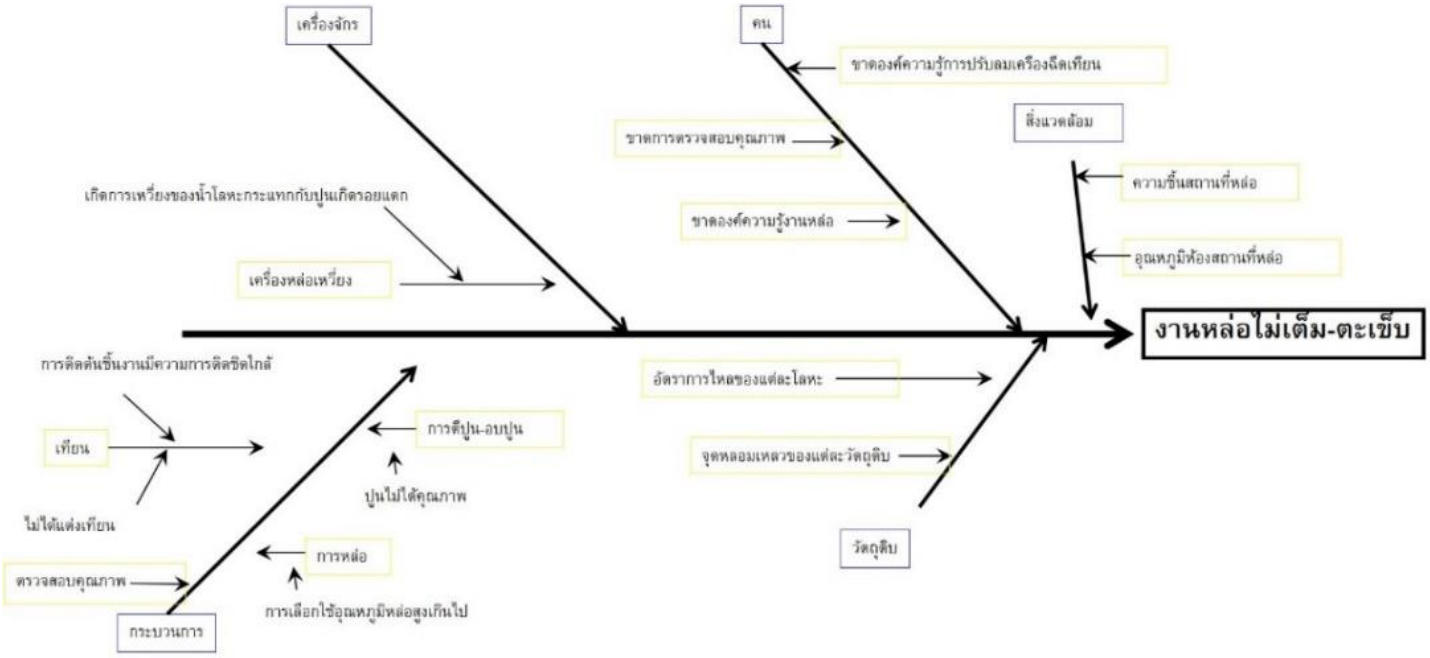


(a) (b)

ภาพประกอบ 43 ปัญหาที่พบในชิ้นงานหล่อ

(a) ตะเข็บ และ (b) หล่อไม่เต็ม

จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ ทางผู้วิจัยได้ร่วมกับหัวหน้างาน และพนักงานบางส่วนได้ประชุม เพื่อหาสาเหตุของปัญหาหลักและปัญหาย่อยผ่านแผนผังก้างปลา (Fish-bone diagram) ดังภาพประกอบที่ 44 พบว่า สาเหตุของปัญหางานหล่อ มาจากเครื่องจักรที่ใช้ระบบการหล่อที่แตกต่างกัน และพนักงานขาดองค์ความรู้ทางด้านการควบคุมอุณหภูมิของงานหล่อ และทางโรงงานไม่ได้เป็นผู้ทำงานหล่อเอง จึงทำให้ไม่สามารถควบคุมกระบวนนี้ได้



ภาพประกอบ 44 แผนผังก้างปลาแสดงสาเหตุที่ทำให้ชิ้นงานหล่อไม่เต็มและเกิดตะเข็บ

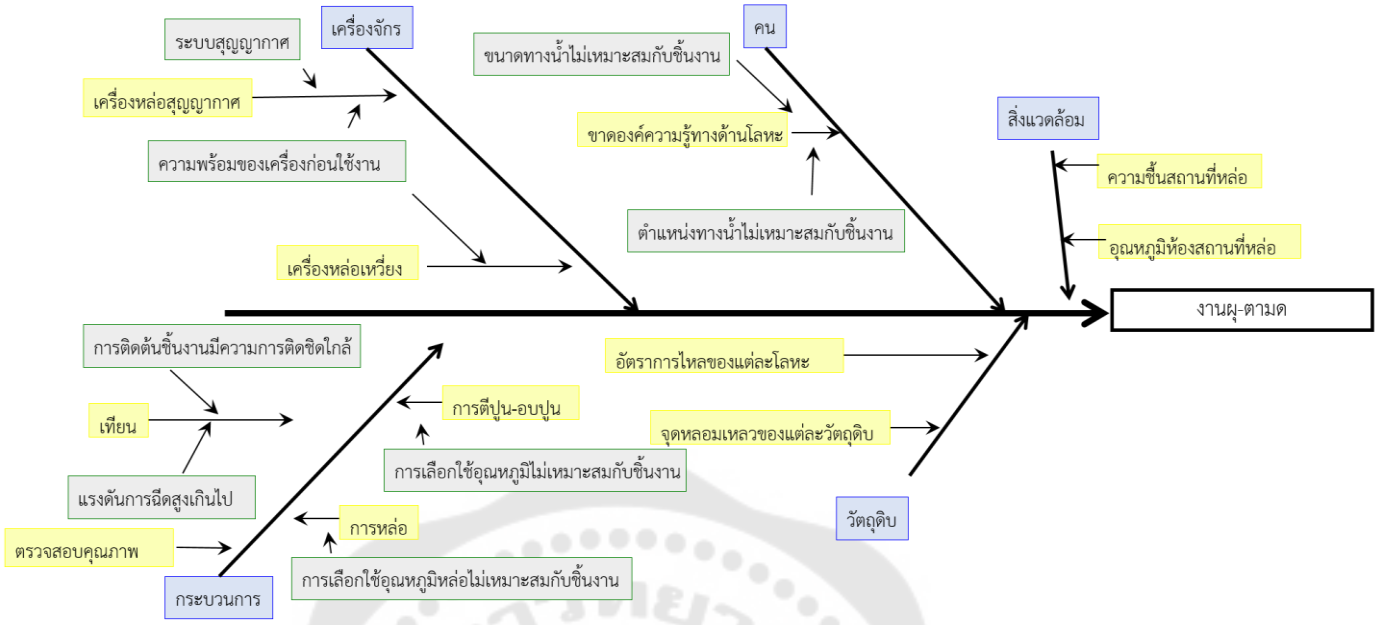
ปัญหาที่พบรองลงมา คือ การเกิดตามดหรืองานผุ ที่มีลักษณะเป็นรู และลึก พบเป็นบางจุด แต่ไม่กระจายทั่วชิ้นงาน ซึ่งชิ้นงานที่ปรากฏลักษณะดังกล่าวจะต้องนำมาทำการแก้ไขงานใหม่ (Rework) โดยการนำไปขัดผิว ตีผิวเพื่อปิดรูพรุน หรือชุบเพื่อปิดรอยพรุน ซึ่งเป็นสาเหตุหลักในการเสียเวลาในการซ่อมแซมชิ้นงาน จึงส่งผลต่อการส่งงานให้กับลูกค้าไม่ทันตามเวลาที่กำหนด ดังภาพประกอบที่ 45

ภาพประกอบ 45 แสดง defect ตามดบนผิวชิ้นงาน

จุดบกพร่องที่พบของชิ้นงาน ดังภาพประกอบที่ 46 คือ ชิ้นงานผุ ซึ่งได้พบจากกระบวนการหล่อชิ้นงาน ทำให้กระบวนการแต่งผิวชิ้นงาน ซึ่งเป็นขั้นตอนต่อไปไม่สามารถทำการซ่อมได้ ต้องส่งกลับให้ทางคู่ค้า ส่งผลให้การหล่อชิ้นงานขึ้นมาใหม่ ต้องใช้เวลาเพิ่มขึ้นอีก 1 - 2 วัน

ภาพประกอบ 46 แสดง defect ผุบนผิวชิ้นงาน

จากปัญหาตามด หรืองานผุ ที่พบบนผิวชิ้นงานหล่อและการแต่งผิว ทางผู้วิจัยได้แตกสาเหตุออกไปอีกว่า เกิดจากทางด้านคนที่ขาดองค์ความรู้ทางด้านโลหะวิทยา การเย็นตัวของโลหะ ทำให้ทางบริษัทจะต้องทำการออกแบบตัวก้านทางน้ำ และขนาด ซึ่งเป็นเรื่องสำคัญ ที่ทางบริษัทจะต้องดำเนินการแก้ไขปัญหานี้ไปกับทางผู้ค้าทางด้านการผลิตงานหล่อได้ โดยผู้วิจัยได้แตกสาเหตุ ดังภาพประกอบที่ 47



ภาพประกอบ 47 แผนผังก้างปลาวิเคราะห์ปัญหางานผุ-ตามด

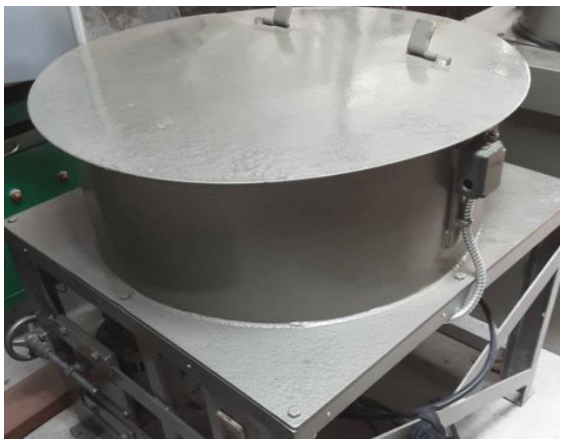
2.2 การเปรียบเทียบเทคโนโลยีกระบวนการหล่อ

จากสาเหตุที่วิเคราะห์ พบว่า ชนิดของชิ้นงานที่พบตะเข็บ และหล่อไม่เต็มบนชิ้นงาน เกิดจากระบบการหล่องานของทางคู่ค้า (Supplier) ที่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นสมมุติฐานที่สำคัญของสาเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบการทดลอง เพื่อเปรียบเทียบระบบการหล่องาน 2 ระบบ ดังภาพประกอบที่ 48 ซึ่งสามารถจำแนกได้ ดังนี้

1. ระบบเครื่องหล่อสุญญากาศ : โรงงาน A
2. ระบบเครื่องหล่อเหวี่ยง : โรงงาน B

และผู้วิจัยได้เลือกประเภทชิ้นงานชนิดแหวน ที่มีขนาดความหนาบางที่ 0.2 และ 1.3 มิลลิเมตร น้ำหนักต่อชิ้นอยู่ที่ 1.63 กรัม รวมทั้ง ได้เลือกใช้โลหะประเภททองเหลืองในการทดลองนี้ เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์หลักของโรงงาน

(a)



(b)

ภาพประกอบ 48 ระบบการหล่อของทางคู่ค้า 2 โรงงาน

(a) ระบบเครื่องหล่อสุญญากาศ และ (b) ระบบเครื่องหล่อเหวี่ยง

จากผลการทดลองผลิตชิ้นงาน เพื่อเปรียบเทียบระบบการหล่องาน 2 ระบบ ของทางคู่ค้าทั้ง 2 โรงงาน ที่มีระบบการหล่อที่แตกต่างกัน พบว่า ระบบเครื่องหล่อสุญญากาศของโรงงาน A พบปัญหางานเสีย จำนวน 109 ชิ้น จากจำนวนงานทั้งหมด 1,680 ชิ้น คิดเป็นค่าเฉลี่ยของงานเสีย ร้อยละ 6 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับระบบเครื่องหล่อเหวี่ยงของโรงงาน B พบปัญหางานเสียจำนวน 1,305 ชิ้น จากจำนวนงานทั้งหมด 1,791 ชิ้น คิดเป็นค่าเฉลี่ยของงานเสีย ร้อยละ 73 ดังตารางที่ 7 และ 8

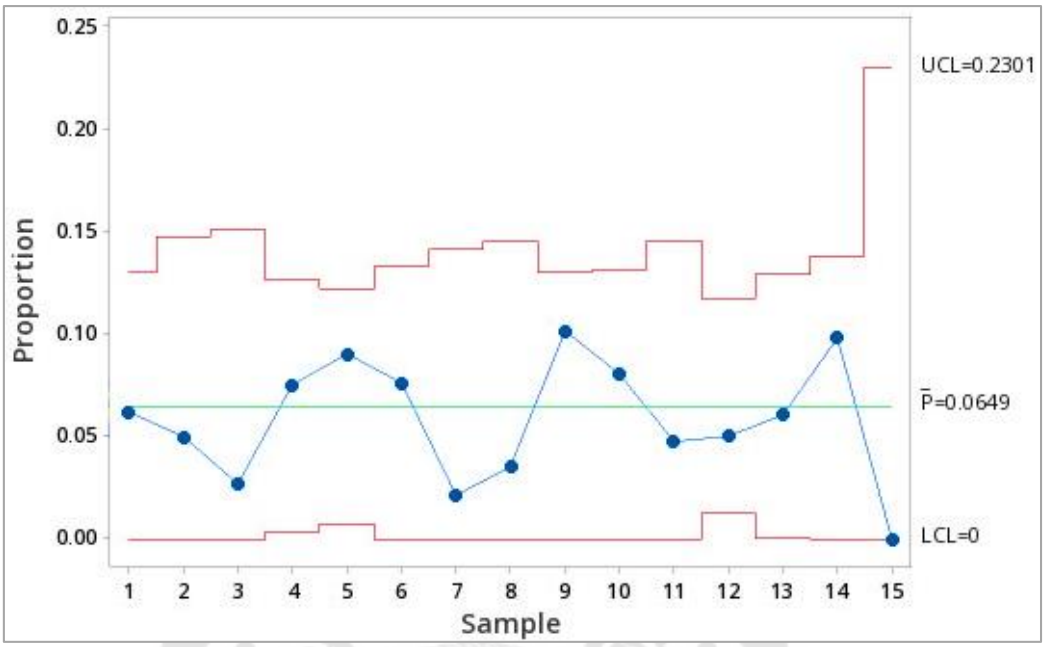
ตาราง 7 : จำนวนงานเสียในปริมาณต่อ lot ของระบบเครื่องหล่อสุญญากาศ (โรงงาน A)

lot	**จำนวนงานทั้งหมด (ชิ้น)**	**จำนวนงานเสีย (ชิ้น)**	**ร้อยละงานเสีย**
1	129	8	6.20
2	80	4	5.00
3	74	2	2.70
4	146	11	7.53
5	166	15	9.04
6	118	9	7.63
7	93	2	2.15
8	85	3	3.53
9	128	13	10.16
10	124	10	8.06
11	84	4	4.76
12	199	10	5.03
13	132	8	6.06
14	102	10	9.80
15	20	0	0.00
รวมทั้งหมด	**1,680**	**109**	**6.4**

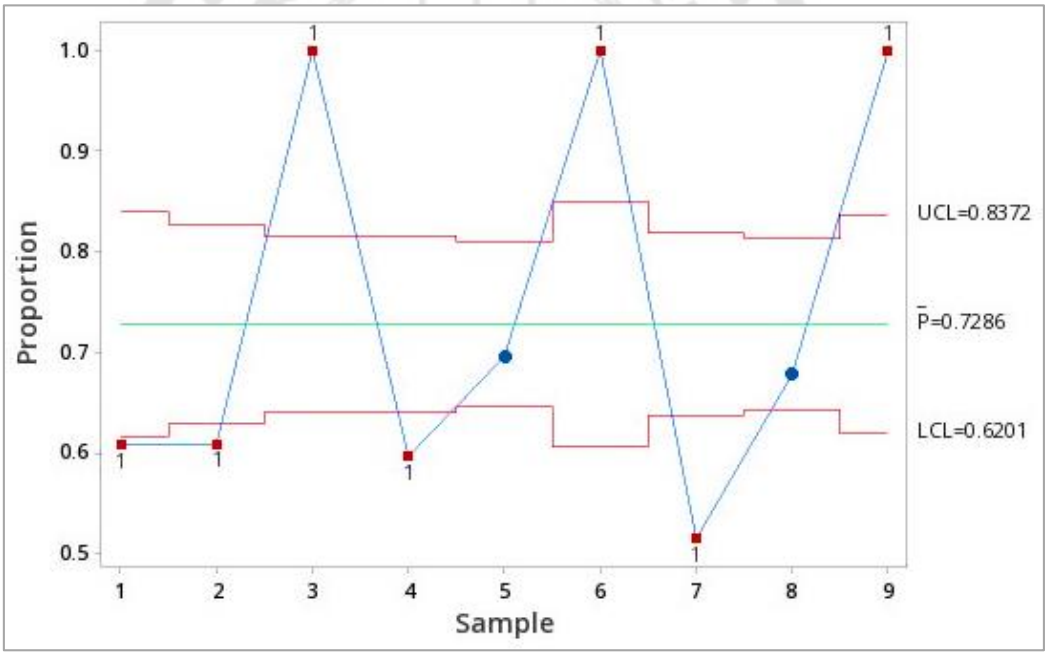
ตาราง 8 : จำนวนงานเสียในปริมาณต่อ lot ของระบบเครื่องหล่อเหวี่ยง (โรงงาน B)

lot	จำนวนงานทั้งหมด (ชิ้น)	จำนวนงานเสีย (ชิ้น)	ร้อยละงานเสีย
1	143	87	60.84
2	182	111	60.99
3	232	232	100.00
4	231	138	59.74
5	267	186	69.66
6	120	120	100.00
7	219	113	51.60
8	246	167	67.89
9	151	151	100.00
รวมทั้งหมด	**1,791**	**1,305**	**72.86**

จากผลการเปรียบเทียบระบบการหล่อ ทางผู้วิจัยได้ออกแบบแผนภูมิการควบคุมกระบวนการผลิตงานหล่อชิ้นงานทองเหลืองของ 2 โรงงาน ทั้งระบบเครื่องหล่อสุญญากาศและระบบเครื่องหล่อเหวี่ยง ผ่านการควบคุมเชิงคุณภาพทางด้านของเสีย (P-chart) ระบบเครื่องหล่อสุญญากาศ โรงงาน A อยู่ภายใต้การควบคุมทั้งหมด จำนวน 15 รอบ มีค่า P bar = 0.0649 ค่าช่วงความคลาดเคลื่อน UCL = 0.2301 และ LCL = 0 แสดงว่า มีช่องการควบคุมของเสียที่แคบกว่า ระบบเครื่องหล่อเหวี่ยงโรงงาน B ที่อยู่นอกขอบเขตการควบคุมถึง 7 รอบ จากจำนวนรอบการส่งงานทั้งหมด 9 รอบ มีค่า P bar = 0.7286 ค่าช่วงความคลาดเคลื่อน UCL = 0.8372 และ L = 0.6201 ดังรูปภาพประกอบที่ 49



(a)



(b)

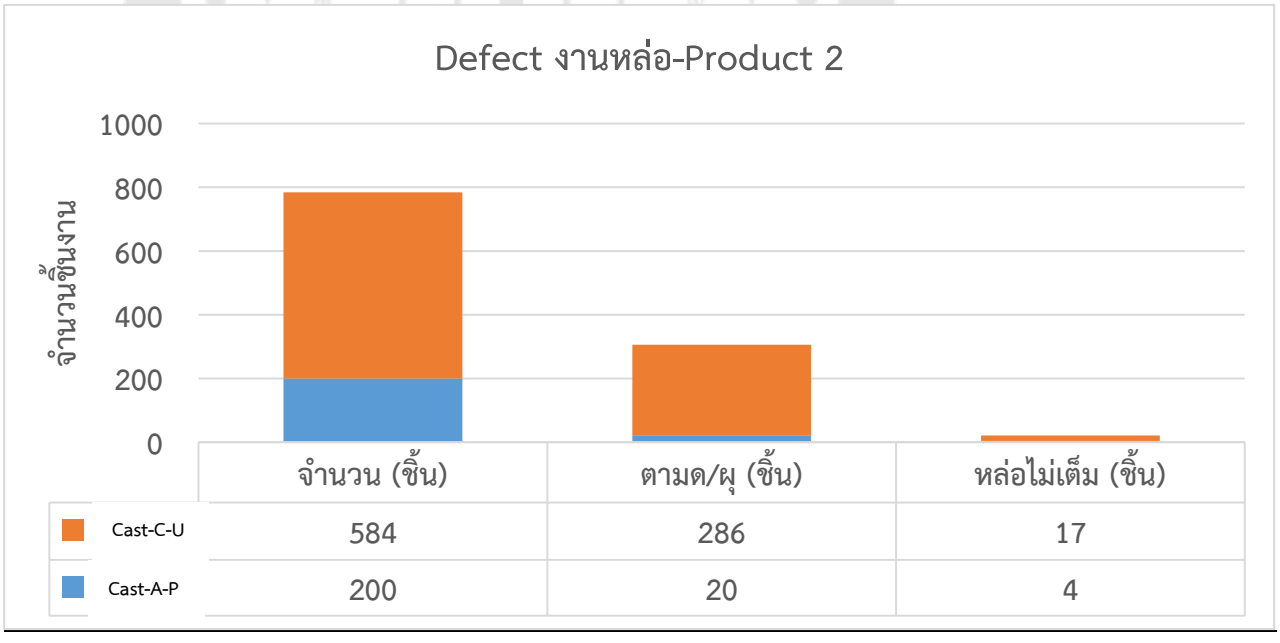
ภาพประกอบ 49 P chart สำหรับควบคุมคุณภาพทางด้านของเสีย
ของระบบกระบวนการหล่อทางคู่ค้า 2 โรงงาน
(a) ระบบเครื่องหล่อสุญญากาศ และ (b) ระบบเครื่องหล่อเหวี่ยง

2.3 การปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการหล่อ

ผลการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณการสั่งผลิตประจำของโรงงาน คือ “Product 1” และ “Product 2” ที่มีปริมาณการสั่งผลิตทุกเดือนนั้น โดยมุ่งเน้นทางด้านในเชิงคุณภาพ ระยะเวลาในการผลิต และต้นทุนหรือราคาในการผลิต โดยใช้เทคนิคกระบวนการเครื่องหล่อดูดสุญญากาศ ดังนี้

คุณภาพผลิตภัณฑ์

ทางด้านคุณภาพของประเภทผลิตภัณฑ์ “Product 2” พบว่างานหล่อของคู่ค้าโรงหล่อ Cast-C-U พบของเสียปริมาณจำนวน 286 ชิ้น ของประเภทตามด/งานผุ และจำนวน 17 ชิ้นของประเภทงานหล่อไม่เต็ม จากจำนวนงานที่ส่งหล่อทั้งหมด 584 ชิ้น ซึ่งคิดเป็นของเสียอยู่ที่ร้อยละ 52 มีปริมาณของเสียมากกว่าโรงหล่อ Cast-A-P ที่พบปริมาณจำนวน 24 คิดเป็นของเสียอยู่ที่ร้อยละ 12 ดังภาพประกอบที่ 50 ของผลการเปรียบเทียบ และลักษณะประเภทงานของเสียดังรูปภาพประกอบที่ 51



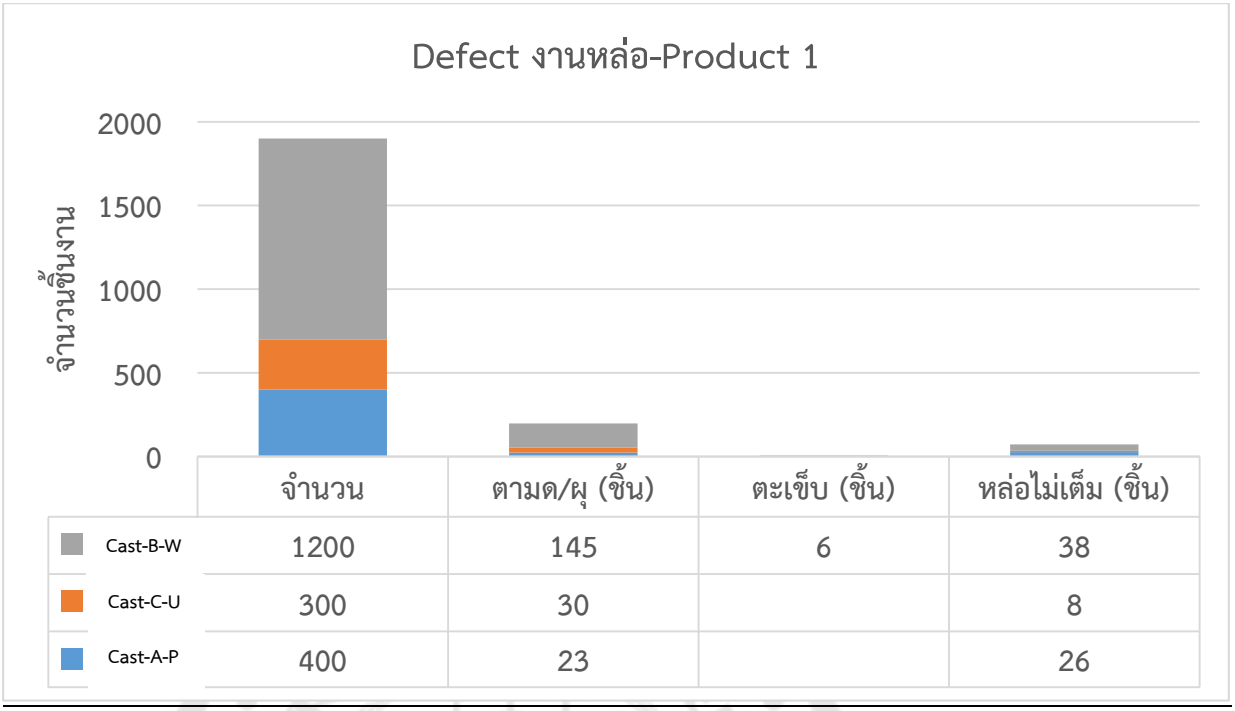
ภาพประกอบ 50 แผนภูมิเปรียบเทียบของเสียของผลิตภัณฑ์ “Product 2”

(a) (b)

ภาพประกอบ 51ประเภทของเสียที่พบในผลิตภัณฑ์ “Product 2”

งานผุ และ (b) งานหล่อไม่เต็ม

ทางด้านคุณภาพของประเภทผลิตภัณฑ์ “Product 1” พบว่างานหล่อของคู่ค้าโรงหล่อ Cast-B-W พบของเสียปริมาณจำนวน 145 ชิ้น ของประเภทตามด/งานผุ จำนวน 6 ชิ้น ของประเภทงานตะเข็บ และจำนวน 38 ชิ้นของประเภทงานหล่อไม่เต็ม จากจำนวนงานที่ส่งหล่อทั้งหมด 1,200 ชิ้น ซึ่งคิดเป็นของเสียอยู่ที่ร้อยละ 15 มีปริมาณของเสียมากกว่าโรงหล่อ Cast-C-U และของ โรงหล่อ Cast-A-P ที่พบปริมาณจำนวน 38 ชิ้น และ 49 ชิ้นตามลำดับ โดยคิดเป็นของเสียอยู่ที่ร้อยละ 12 ดังภาพประกอบที่ 52 ของผลการเปรียบเทียบ และลักษณะประเภทงานของเสีย ดังภาพประกอบที่ 53



ภาพประกอบ 52 แผนภูมิเปรียบเทียบของเสียของผลิตภัณฑ์ “Product 1”

(a) (b

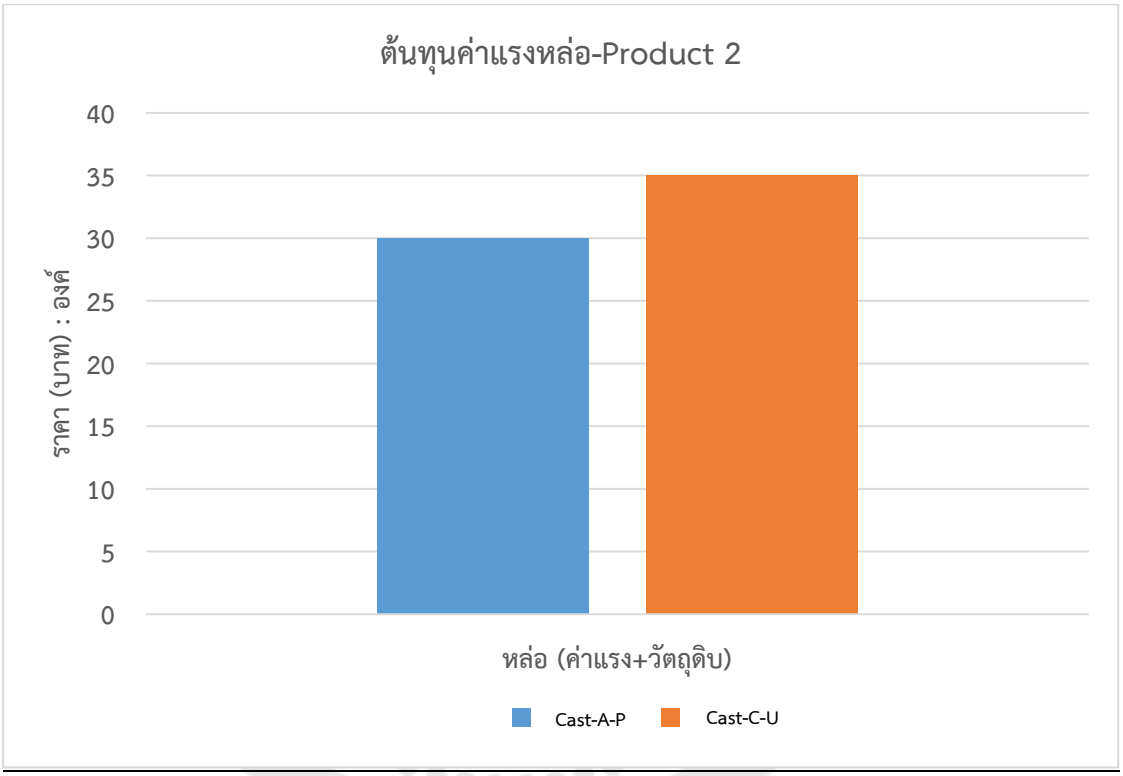
(c)

ภาพประกอบ 53 ประเภทของเสียที่พบในผลิตภัณฑ์ “Product 1”

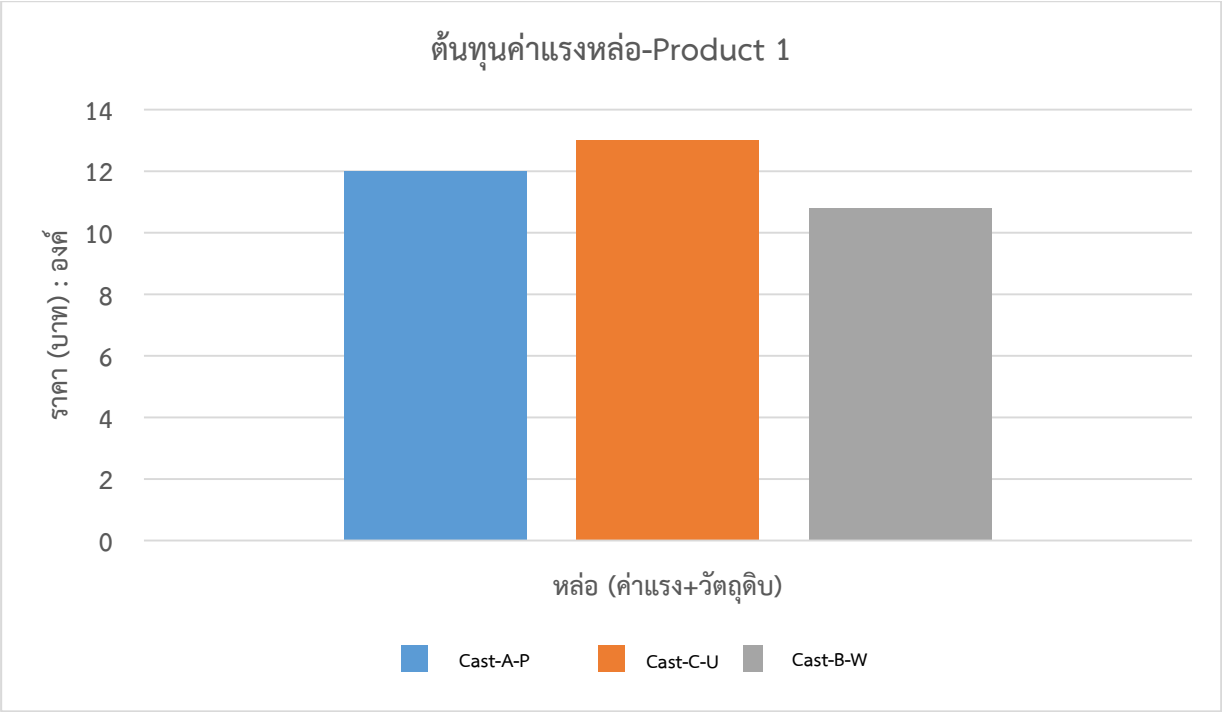
(a) งานผุ ,(b) งานตะเข็บ และ (c) งานหล่อไม่เต็ม

ต้นทุนการผลิตงานหล่อ

ทางด้านต้นทุนการผลิตงานหล่อของประเภทผลิตภัณฑ์ “Product 2” พบว่าโรงหล่อทั้ง 2 แหล่งระหว่างโรงหล่อ Cast-A-P กับทางโรงหล่อ Cast-C-U มีมูลค่าการผลิตที่แตกต่างกันที่ราคา 5 บาท : หน่วย ดังรูปภาพประกอบที่ 54 ส่วนผลิตภัณฑ์ “Product 1” พบว่าโรงหล่อ Cast-B-W มีต้นทุนในการผลิตที่ถูกกว่าอยู่ประมาณ 1-2 บาท : หน่วย ดังรูปภาพประกอบที่ 55



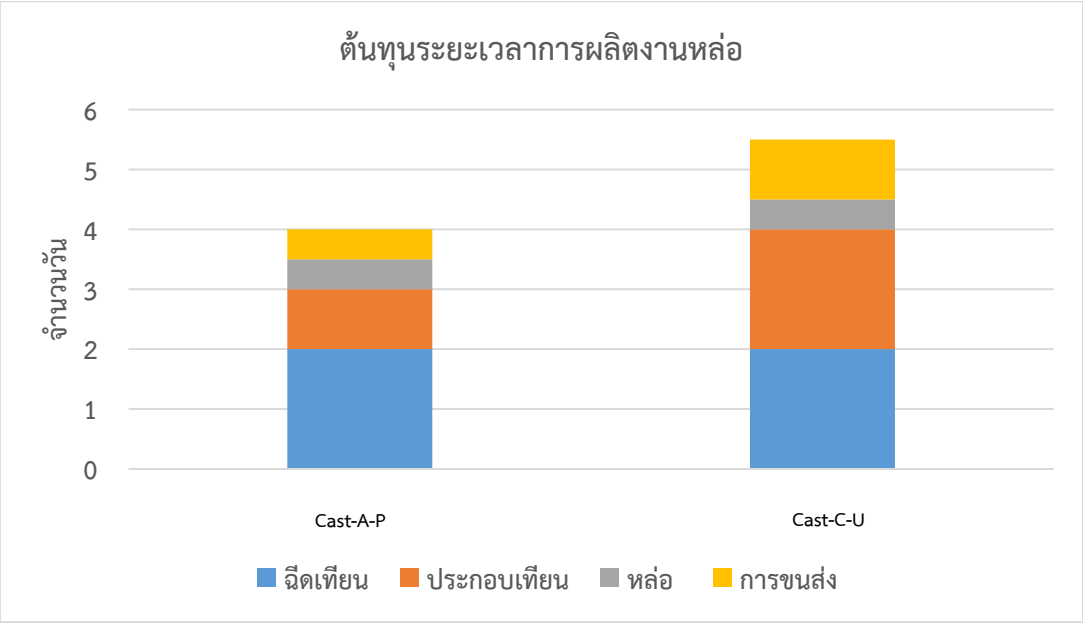
ภาพประกอบ 54 แผนภูมิเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตของกระบวนการหล่อ
: ผลิตภัณฑ์ “Product 2”



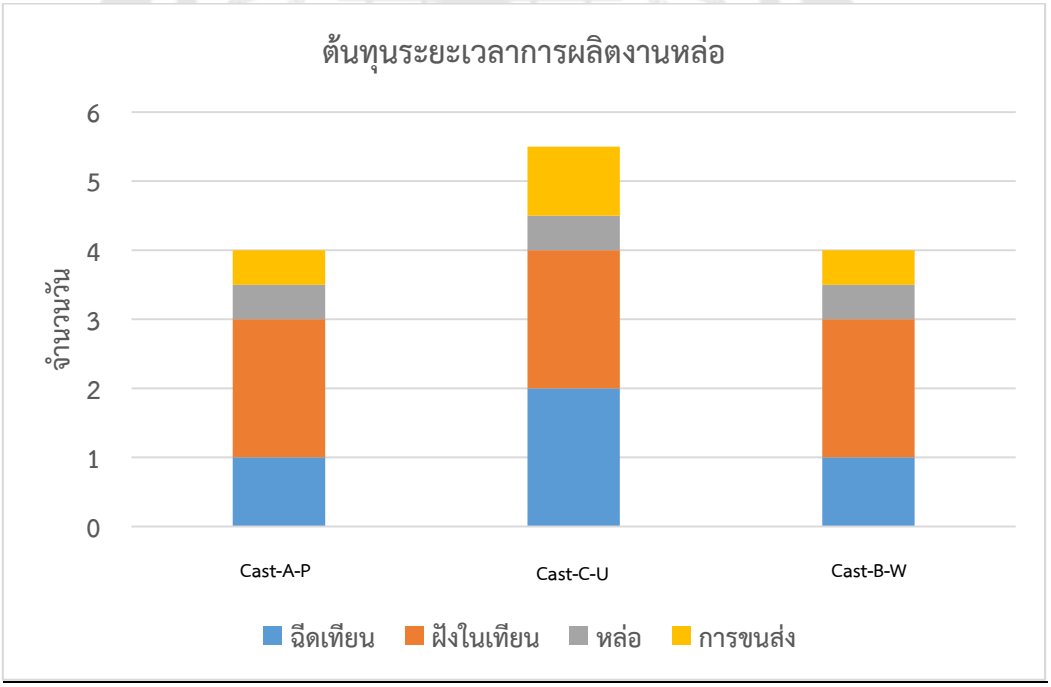
ภาพประกอบ 55 แผนภูมิเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตของกระบวนการหล่อ
: ผลิตภัณฑ์ “Product 1”

ต้นทุนระยะเวลาในการผลิต

ทางด้านต้นทุนระยะเวลาในการผลิตงานหล่อของประเภทผลิตภัณฑ์ “Product 2” พบว่า โรงหล่อ Cast-C-U มีต้นทุนระยะเวลาในการผลิตที่มากกว่าทางโรงหล่อ Cast-A-P ถึง 1-2 วัน ต่อการผลิตต่อ 1 รอบการสั่งในปริมาณจำนวน 100 องค์ ดังภาพประกอบที่ 56 และในผลิตภัณฑ์ “Product 1” ทางด้านโรงหล่อ Cast-C-U มีต้นทุนระยะเวลาการผลิตที่มากกว่าทางโรงหล่อ Cast-A-P และ Cast-B-W ประมาณ 2 วัน ในปริมาณ 100 องค์ ดังภาพประกอบที่ 57



ภาพประกอบ 56 แผนภูมิเปรียบเทียบต้นทุนระยะเวลาผลิต : ผลิตภัณฑ์ “Product 2”



ภาพประกอบ 57 แผนภูมิเปรียบเทียบต้นทุนระยะเวลาผลิต : ผลิตภัณฑ์ “Product 1”

จากผลการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ “Product 1”และผลิตภัณฑ์ “Product 2” ที่มีปริมาณการสั่งของลูกค้ามาทุกเดือนทั้งด้านการวิเคราะห์ผลทางด้านคุณภาพ ราคา และระยะเวลาในการผลิต พบว่าคู่ค้าทางด้านการหล่องานผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ที่เป็นโลหะประเภททองเหลืองนั้น ทางด้านคุณภาพ ราคา และระยะเวลาจะเป็นของโรงหล่อ Cast-A-P ที่เน้นเรื่องคุณภาพ แต่โรงหล่อ Cast-B-W จะเน้นทางด้านราคา ส่วนทางระยะเวลาจะได้ทั้งโรงหล่อ Cast-A-P และ Cast-B-W ของผลิตภัณฑ์ “Product 1” ส่วนในผลิตภัณฑ์ “Product 2” จะเป็นของโรงหล่อ Cast-A-P ดังตารางที่ 9

ตาราง 9 : ตารางสรุปการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตงานหล่อของคู่ค้า

Product	ด้านคุณภาพ	ด้านราคา	ด้านระยะเวลา
Product 1	Cast-A-P,	Cast-B-W	Cast-A-P, Cast-B-W
Product 2	Cast-A-P	Cast-A-P	Cast-A-P

จากการทดลองที่ทางผู้วิจัยได้ทำการทดสอบเปรียบการผลิตของคู่ค้าทางด้านงานหล่อ โดยคำนึงถึงด้านคุณภาพ ต้นทุนราคา และระยะเวลาในการผลิต พบว่าการผลิตในกระบวนการหล่องานประเภททองเหลืองของโรงหล่อ Cast-A-P มีคุณภาพ และระยะเวลาในการผลิตที่ตอบโจทย์กับการทำงานของโรงงานหรือทางผู้ประกอบการมากที่สุด โดยเฉลี่ยระยะเวลาในการผลิตอยู่ที่ประมาณ 3-4 วัน ต่อรอบการผลิตในปริมาณงาน 100 ชิ้น

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยเรื่องการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตการหล่อเครื่องประดับและวิเคราะห์ต้นทุน เพื่อให้ได้มาซึ่งการหาสาเหตุหรือปัจจัยที่ส่งผลต่อการสูญเสียในการผลิตเครื่องประดับ วิเคราะห์และการนำเสนอแนวทางการปรับปรุงสายการผลิต ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยโดยการศึกษาตามขบวนการและดำเนินการตามขั้นตอนต่างๆ ให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้หลังจากได้ดำเนินการแล้ว สามารสรุปผลดำเนินงานได้ดังนี้

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยเรื่องการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตการหล่อเครื่องประดับและวิเคราะห์ต้นทุน ได้ประยุกต์ใช้เครื่องมือควบคุมคุณภาพ (QC 7 Tools) และเทคโนโลยีกระบวนการหล่อเครื่องประดับเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพทางด้านคุณภาพ เวลา และต้นทุน โดยการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ระยะ ดังนี้

ผลลัพธ์ที่ได้จากระยะที่ 1 : การศึกษากระบวนการผลิต โดยผู้วิจัยได้ศึกษาปัญหาดั้งเดิมของโรงงานคือที่ไม่ทราบข้อมูลทางด้านการผลิต ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบระบบการเก็บข้อมูลผ่านการออกแบบใบสั่งงาน การวางแผนผังในการทำงาน และระบบควบคุมวัตถุดิบคงคลัง จึงได้พบปัญหาทางด้านการผลิตและจัดลำดับความสำคัญของปัญหารวมทั้งผลกระทบของปัญหานั้น กับทางผู้บริหาร โดยมุ่งแก้ปัญหาที่มีผลกระทบอย่างมาก คือ การส่งงานไม่ทันตามที่ลูกค้ากำหนด

ผลลัพธ์ที่ได้จากระยะที่ 2 : การวิเคราะห์สาเหตุปัญหาและปรับปรุงประสิทธิภาพ โดยผู้วิจัยได้ร่วมกับทางหัวหน้างาน และพนักงานบางส่วน รวบรวมข้อมูล และนำมาวิเคราะห์ผ่านแผนภาพพาเรโตจากปัญหาที่ส่งงานไม่ทันตามลูกค้าที่กำหนด พบว่า ปัญหาที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มาจากงานหล่อ และชนิดของปัญหางานหล่อ คือ ตะเข็บ และหล่อไม่เต็ม ซึ่งเมื่อชิ้นงานที่มีปัญหาดังกล่าวได้เข้าสู่กระบวนการผลิต ทำให้เกิดปัญหาตามมาในเรื่องของการควบคุมคุณภาพและต้นทุนของเสียและเวลาการผลิต ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการเลือกการศึกษาและเก็บข้อมูลปัญหาโดยมุ่งเน้นปัญหาที่มาจากต้นน้ำ คือ กระบวนการหล่อ และตรวจสอบผิวชิ้นงาน หลังกระบวนการหล่อ ซึ่งในกรณีศึกษานี้ มีระบบการหล่อ 2 ระบบ คือ ระบบการหล่อสุญญากาศและระบบการหล่อเหวี่ยง จากการศึกษา

พบว่า เมื่อนำมาหาสาเหตุที่แท้จริงโดยใช้แผนผังก้างปลา เป็นเครื่องมือในการควบคุมคุณภาพ (QC Tools) เพื่อเป็นแนวทางการปรับปรุงมีประสิทธิภาพมากขึ้น ผนวกกับด้านวิชาการของด้านโลหะวิทยา พบว่า สาเหตุหลักของปัญหามาจากระบบการหล่องานของผู้ผลิตสินค้าทางด้านงานหล่อ (Supplier) พบว่ามีการใช้เครื่องมือหล่อที่แตกต่างกัน คือ ระบบการหล่อสุญญากาศและระบบการหล่อเหวี่ยง โดยพบว่าระบบการหล่อสุญญากาศมีผลปัญหาของงานหล่อทางด้านตะเข็บและหล่อไม่เต็มด้านผลงานเสียที่น้อยกว่า คิดเป็นร้อยละ 6 ของงานทั้งหมด ซึ่งแตกต่างกับระบบงานหล่อเหวี่ยงที่มีผลงานเสียมากกว่า คิดเป็นร้อยละ 73 ของงานทั้งหมด เนื่องจากกระบวนการหล่อเหวี่ยงมีการใช้แรงในการส่งน้ำโลหะเข้าสู่ชิ้นงาน ที่ทำให้เกิดการกระแทกระหว่างน้ำโลหะกับผิวปูน ส่งผลทำให้เกิดตะเข็บบนชิ้นงาน และความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิในการหลอมจากช่างหล่อ ส่งผลทำให้งานหล่อไม่เต็ม

สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการทดลองนั้น ผู้วิจัยเลือกใช้การควบคุมคุณภาพผ่านแผนภาพการควบคุมของเสีย (P chart) พบว่า ระบบเครื่องหล่อสุญญากาศนั้น อยู่ภายใต้การควบคุมทั้งหมด จำนวน 15 ล๊อตของการผลิต มีค่า P bar = 0.0649 ค่าช่วงความคลาดเคลื่อน UCL = 0.2301 และ LCL = 0 แสดงว่า มีขอบเขตการควบคุมของเสียที่แคบกว่า ระบบเครื่องหล่อเหวี่ยง ที่อยู่นอกขอบเขตการควบคุมถึง 7 ล๊อตของการผลิต จากจำนวนการส่งงานทั้งหมด 9 ล๊อต โดยมีค่า P bar = 0.7286 ค่าช่วงความคลาดเคลื่อน UCL = 0.8372 และ L = 0.6201 โดยผลการเปรียบเทียบนี้จะช่วยทำให้โรงงานสามารถแก้ไขและปรับปรุงปัญหาด้านกระบวนการผลิตในขั้นตอนการหล่องานของคู่ค้าได้อย่างทันท่วงที และเพื่อเป็นตัวเลือกในการเปรียบเทียบคุณภาพงานหล่อที่ต้องการคุณภาพที่ง่ายต่อการผลิตขั้นตอนต่อไปได้แท้จริง รวมทั้ง ยังเป็นแนวทางในการจัดการเบื้องต้นที่สามารถช่วยลดปัญหาของการส่งงานไม่ทันที่จะส่งผลกระทบกับโรงงานต่อไป

จากการายงานนั้น ทางโรงงานสามารถลดการสูญเสียทางด้านการส่งงานไม่ทันตามกำหนดของลูกค้าจากเดิมคิดเป็นร้อยละ 40 ของจำนวนงานการผลิตของลูกค้า ตีเป็นปริมาณงานจำนวน 346 งาน และคิดเป็นมูลค่าการความสูญเสียอยู่ที่ 1,000,000 บาท โดยมูลค่างานนั้นคิดจากมูลค่าที่ลูกค้าว่าจ้างในการผลิตมา ซึ่งหลังจากมีการจัดระบบการผลิต การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์หาสาเหตุหลักของปัญหานี้ พบว่า มาจากกระบวนการหล่อจากผู้ผลิตสินค้าทางด้านงานหล่อที่มีเทคโนโลยีการผลิตที่แตกต่างกัน ดังที่กล่าวมาข้างต้น ส่งผลต่อคุณภาพของชิ้นงานว่าจ้าง ดังนั้นผลลัพธ์ที่ได้ คือ ลดความสูญเสียนี้ ลดลงเหลือร้อยละ 10 ของจำนวนงานการผลิตทั้งหมด ตีเป็นมูลค่าที่ 530,000 บาท ดังนั้นผู้วิจัยมีความเห็นว่า สามารถจัดทำเป็นรูปแบบแนวทางการแก้ปัญหา

เบื้องต้นของโรงงานขนาดเล็กที่ลดความเสี่ยงในการลงทุนเครื่องจักรสูงในกระบวนการหล่อ และยังสามารถเป็นต้นแบบในการจัดสรรผู้จ้างการผลิตในกระบวนการอื่นๆ ต่อไปได้อีกด้วย

ปัญหาและอุปสรรค

1. ผลิตภัณฑ์ของบริษัทมีการออกแบบผลิตภัณฑ์หลากหลายรูปแบบ เนื่องจากบริษัทเป็นธุรกิจการรับจ้างการผลิตตามแบบของลูกค้าทำให้เชิงในการเป็บข้อมูลการผลิตของเครื่องประดับนั้นเป็นไปได้ยากลำบาก และมีโอกาสคลาดเคลื่อนสูง
2. อุตสาหกรรมเครื่องประดับเป็นอุตสาหกรรมที่ทักษะทางด้านการผลิตแบบเทคนิคหรือฝีมือการทำงานของคนเป็นอย่างมาก ทำให้การเก็บข้อมูลของบุคคลอาจจะคลาดเคลื่อนได้

ข้อเสนอแนะ

1. นำรูปแบบของการจัดทำหรือคัดสรรโรงหล่อของการผลิตเป็นข้อมูลให้กับทางบริษัทในการคัดสรรคู่ค้าทางด้านการผลิตให้ตอบโจทย์กับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ และสามารถทำเป็นเกณฑ์ความเหมาะสมหรือความชำนาญของคู่ค้าที่มีทักษะการผลิตที่แตกต่างกัน
2. สามารถนำรูปแบบแนวทางการคัดสรรคู่ค้านี้ไปสู่กระบวนการอื่นได้อีกนอกจากกระบวนการหล่อ
3. แนวทางการคิดราคาต้นทุนการผลิตของกระบวนการหล่อที่เปรียบเทียบคู่ค้ากัน ที่คำนึงถึงคุณภาพ เวลา และราคา เพื่อให้มีความเหมาะสมต่อประเภทรูปแบบงานในการลดต้นทุนการผลิตในกระบวนการขั้นตอนต่อไป

บรรณานุกรม

1. Bell, E. (2002a). Know The Disease Before Trying The Cure. Quality Casting: Identify The Defects. *Gold Technology, 36*.
2. Bell, E. (2002b). Sprues, Feed Sprues and Gates. *Gold Technology, 36*.
3. Ott, D. (1991). Defect in Jewelry a New Version of and Old Problem. *The Santa Fe Symposium on Jewelry, 94*.
4. โรจนี หอมชาลี, ดนัสวินี พุทธแสง, และ นคินทิพย์ กั้วสิทธิ์. (2563, ตุลาคม-ธันวาคม). การออกแบบและพัฒนาระบบการควบคุมคุณภาพ กรณีศึกษาโรงงาน ผลิตเม็ดพลาสติกรีไซเคิล. วารสารวิจัย มข, *20*(4).
5. กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. (2550). หลักการการควบคุมคุณภาพ = *Principles of quality control*: กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย-ญี่ปุ่น.
6. ขจีพร วงศ์ปรีดี. (2551). การหล่อเครื่องประดับขั้นสูง. กรุงเทพฯ.
7. ประชาสรรค์ แสนภักดี. (2549). การจัดการความรู้ของเครือข่ายทางสังคมเพื่อการคุ้มครองผู้บริโภคด้านสุขภาพ. วิทยานิพนธ์ (ศศ.ด. (พัฒนศาสตร์)) -- มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2549.
8. ปัจจัยการผลิต. (2554). ปัจจัยการผลิต (Factors of Production). สืบค้นจาก https://www.baanjomyut.com/library_2/extension-4/the_meaning_of_the_economy/03.html
9. วันรัตน์ จันทกิจ. (2546). *17* เครื่องมือนักคิด (พิมพ์ครั้งที่ 2..): กรุงเทพฯ : สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ.
10. สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ. (2541). *Quality of work life through productivity*: กรุงเทพฯสถาบัน.
11. สุมน มาลาสิทธิ์. (2548). การจัดการผลิต/การดำเนินงาน (พิมพ์ครั้งที่ 2..): กรุงเทพฯ : ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประวัติผู้เขียน