การศึกษาการลดปริมาณผลิตภัณฑ์บกพร่องในกระบวนการผลิตหมึกพิมพ์สกรีน

นางสาวณัฐยา พรสวัสดิ์

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต
บัณฑิตวิทยาลัย   สาขาการจัดการอุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยี ไทย - ญี่ปุ่น
ปีการศึกษา 2552

A STUDY OF DEFECT REDUCTION IN SCREEN PRINTING INK PROCESS

Ms. Nattata Pornsawat

A Term Paper Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Business Administration Program in Industrial Management
Graduate School
Thai – Nichi Institute of Technology
Academic Year 2009

หัวข้อสารนิพนธ์	การศึกษาการลดปริมาณผลิตภัณฑ์บกพร่องในกระบวนการผลิตหมึกพิมพ์สกรีน
โดย	นางสาวณัฐยา พรสวัสดิ์
สาขาวิชา	การจัดการอุตสาหกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์	ดร. ณรงค์พนธ์ บุญทรงไพศาล

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น อนุมัติให้นับสารนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

………………………………………….. อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์
(ดร. ณรงค์พนธ์ บุญทรงไพศาล)

………………………………………….. ประธานคณะกรรมการหลักสูตร
(ศาสตราจารย์กิตติคุณ อัมพิกา ไกรฤทธิ์)

………………………………………….. คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เลอเกียรติ์ วงศ์สารพิกูล)

วันที่............เดือน............................ปี........................

ณัฐยา พรสวัสดิ์ : การศึกษาการลดปริมาณผลิตภัณฑ์บกพร่องในกระบวนการผลิตหมึกพิมพ์สกรีน. อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร. ณรงค์พนธ์ บุญทรงไพศาล, 76 หน้า.

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์บกพร่องในกระบวนการผลิตหมึกพิมพ์ยูวี และแนวทางในการปรับปรุงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดผลิตภัณฑ์บกพร่องของหมึกพิมพ์ยูวี ของโรงงานผลิตหมึกพิมพ์แห่งหนึ่ง โดยใช้ QC Story และการวิเคราะห์ทางสถิติ ในการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์บกพร่องของหมึกพิมพ์ยูวี รวมถึงเสนอแนวทางและวิธีการแก้ปัญหา ผลจากการศึกษา พบว่า สาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์บกพร่อง คือ ค่าความเงาของหมึกพิมพ์ที่ต่ำกว่ามาตรฐาน โดยปัจจัยสำคัญเกิดจากกระบวนการผลิต Medium ที่มีส่วนผสมระหว่าง Oligomer ซึ่งเป็นของเหลวที่มีความหนืดสูงปั่นรวมกับ Monomer ซึ่งเป็นของเหลวที่มีความหนืดต่ำ ทำให้ปั่นเป็นเนื้อเดียวกันได้ยากและเป็นสาเหตุที่ทำให้ค่าความเงาของหมึกพิมพ์ที่ต่ำกว่ามาตรฐาน แนวทางในการปรับปรุงปัจจัย คือ การกำหนดสเกลของหัวปั่นของเครื่อง Disperser และสเกลที่ถังปั่น เพื่อบอกระดับความลึกของหัวปั่นใน Medium ซึ่งเพิ่มประสิทธิภาพการควบคุมการปั่น Oligomer และ Monomer ให้ละลายตัวได้ดี

จากการศึกษา ผลที่ได้สามารถลดปัญหาค่าความเงาของหมึกยูวีต่ำกว่ามาตรฐาน พบว่า การเกิดของเสียลดลงจาก 23 ครั้ง (พฤศจิกายน 2551 ถึง เมษายน 2552) เหลือ 5 ครั้ง (พฤษภาคม ถึง ตุลาคม 2552) และปริมาณของเสียจากการผลิตลดลง จาก 566 kg (พฤศจิกายน 2551 ถึง เมษายน 2552) เหลือ 120 kg (พฤษภาคม ถึง ตุลาคม 2552) โดยคิดเป็นยอดเงินที่สามารถประหยัดได้ ปีละ 200,700 บาท

บัณฑิตวิทยาลัย	ลายมือชื่อนักศึกษา..
สาขาวิชา การจัดการอุตสาหกรรม	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา................................
ปีการศึกษา 2552	

NATTAYA PORNSAWAT : A STUDY OF DEFECT REDUCTION IN SCREEN PRINTING INK PROCESS. ADVISOR : Dr. NARONGPON BOONSONGPAISAN, 76 pp.

The purpose of this study was to investigate the root cause of product defects in the screen printing ink process using UV curing technique and also to propose a solution to minimize the number of product defects from production process. QC Story and Statistical Analysis were used as a tool to examine and identify the root cause of product defects. The results of this study indicated that the majority of the product defects were having Gloss Unit (GU) value below the control limit. After further investigation, a critical factor was identified in the Medium production process which is the process of blending Oligomer (a high viscosity liquid) and Monomer (a low viscosity liquid). The critical factor is homogeneity of the blended Medium which directly affects the Gloss Unit (GU) value. Therefore, it is important to control the blending process between Oligomer and Monomer within the process window. It was suggested that the homogeneity of the Medium can be controlled by the depth of the stirrer relative to the liquid mixture between Oligomer and Monomer. Two scale markings were introduced to the stirrer and the container which operators can monitor and control the blending process as recommended within this study. The result of the implementation confirmed that the defect products decreased from 23 to 5 lots within 6 month interval. In addition, the amount of raw material from the defect products could be decreased from 566 kg. to 120 kg. or approximately 200,700 Baht per year.

Graduate School	Student’s signature…………………………
Field of study Industrial Management	Advisor’s signature…………………………..
Academic year 2009	

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาครั้งนี้ ผู้ศึกษาขอขอบพระคุณ ดร. ณรงค์พนธ์ บุญทรงไพศาล อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้ความช่วยเหลือและแนะนำเป็นอย่างดี ในการตรวจสอบ แก้ไขข้อบกพร่องและให้คำแนะนำและข้อคิดต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์ในการทำสารนิพนธ์แก่ผู้ศึกษาจนทำให้การศึกษาครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณศาสตราจารย์กิตติคุณ อัมพิกา ไกรฤทธิ์ ที่ได้กรุณาจัดตั้งหลักสูตรนี้ขึ้นมา นอกจากนี้ ผู้ศึกษาใคร่ขอขอบพระคุณ คุณเอกรินทร์ จิระกรานนท์ ผู้จัดการฝ่ายเทคนิคและทีมงาน บริษัท ตัวอย่าง จำกัด ทุกท่าน ที่ได้ให้ความร่วมมือ และอำนวยความสะดวกอย่างดียิ่งในการเก็บข้อมูลในการทำสารนิพนธ์ฉบับนี้

ผู้ศึกษาหวังเป็นอย่างยิ่งว่าสารนิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อโรงงานตัวอย่างในการนำไปดำเนินการขยายผลต่อเพื่อจะให้เกิดผลลัพธ์อย่างเป็นรูปธรรม และเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจในการนำไปประยุกต์ใช้ในภาคอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณ คุณยาย คุณแม่ และทุกคน ในครอบครัวที่มีส่วนสำคัญในการสนับสนุนและให้กำลังใจที่ดีมาโดยตลอด

ณัฐยา พรสวัสดิ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.......... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.......... จ
กิตติกรรมประกาศ.......... ฉ
สารบัญ.......... ช
สารบัญตาราง.......... ฌ
สารบัญรูป.......... ฎ

บทที่

1 บทนำ.......... 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.......... 1
วัตถุประสงค์ของการศึกษา.......... 1
ขอบเขตของการศึกษา.......... 1
ขั้นตอนการศึกษาและการดำเนินการ.......... 2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.......... 2
ตารางการดำเนินงาน.......... 3

2 หลักการพื้นฐาน เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.......... 4
หลักการพื้นฐาน.......... 4
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.......... 42

3 วิธีการดำเนินงานสารนิพนธ์.......... 45
วิธีการดำเนินงานศึกษา.......... 45
เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา.......... 45
วิธีการทดสอบ.......... 46
การกำหนดหัวข้อปัญหา.......... 50
การจำแนกประเภทของปัญหา.......... 52
การสำรวจความผันแปรของปัญหาหลัก.......... 54
การสำรวจสภาพปัจจุบัน.......... 55
การวิเคราะห์สาเหตุรากเหง้าของปัญหา.......... 59

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

3 การพิสูจน์สาเหตุของปัญหา.. 61

4 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ.. 63
สรุปผลการศึกษา.. 63
ข้อเสนอแนะและความคิดเห็น 65

บรรณานุกรม.. 67

ภาคผนวก... 70
ภาคผนวก ก. การแสดงข้อมูลการวัดค่าความเงา (Gloss)................................... 71
ภาคผนวก ข. การแสดงข้อมูลการวัดค่าความหนืด (Viscosity)…………………… 74

ประวัติผู้เขียนสารนิพนธ์.. 76

TNI THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	ตารางการดำเนินงาน………………………………………………………….........	3
2	แสดงคุณสมบัติหมึกพิมพ์ยูวีเปรียบเทียบกับหมึกพิมพ์เชื้อน้ำมัน.......................	9
3	แสดงจำนวนครั้งและปริมาณของเสียที่เกิดจากปัญหาผลิตภัณฑ์ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด (ข้อมูลเฉลี่ยเดือนพฤศจิกายน 2551 ถึง เมษายน 2552)………………………	51
4	แสดงปริมาณของเสียจากความเงาของหมึกพิมพ์ต่ำกว่ามาตรฐานแยกตามประเภทของผลิตภัณฑ์ (ข้อมูลของเสียรวมเดือนพฤศจิกายน 2551 ถึง เมษายน 2552)..	52
5	แสดงข้อมูลการเกิดของเสียจากหมึกพิมพ์ยูวี มีค่าความเงาไม่ได้มาตรฐาน……..	56
6	แสดงใบตรวจสอบค่าความหนืดของ Medium สำหรับหมึกพิมพ์ชนิดยูวี……………	58
7	แสดงการสรุปผลการพิสูจน์สาเหตุจากการวิเคราะห์ด้วยแผนภาพก้างปลา………..	61

สารบัญรูป

รูป		หน้า
1	แสดงขั้นตอนการผลิต Medium	7
2	แสดงขั้นตอนการผลิต Concentrate	8
3	แสดงขั้นตอนการผลิตหมึกพิมพ์	8
4	แสดงส่วนประกอบของเครื่องยูวี	11
5	แสดงรูปทรงของยางปาด	12
6	แสดงลักษณะการตกกระทบและสะท้อนของแสง	16
7	แสดงการวัดค่าความเงาที่องศาแตกต่างกัน	17
8	แสดงตัวแบบของความผันแปรจากสาเหตุโดยธรรมชาติ	21
9	แสดงตัวแบบของความผันแปรจากสาเหตุผิดพลาด	21
10	แสดงการแก้ปัญหาคุณภาพตามไตรศาสตร์ของจูราน	22
11	แสดงกระบวนการตัดสินใจเชิงสถิติ	22
12	แสดง Flowchart ของการชงกาแฟ	25
13	แสดงการไหลของกระบวนการ	26
14	แสดงตัวอย่างแผนภูมิพาเรโตของปัจจัยในห้องฉุกเฉิน	28
15	แสดงขั้นตอนการสร้างแผนภาพพาเรโต	29
16	แสดงแผนภูมิควบคุม (Control Chart)	31
17	แสดงขั้นตอนการสร้างแผนภูมิควบคุม	32
18	แสดงประเภทของกราฟ โดยขึ้นกับลักษณะของข้อมูลที่ต้องการวิเคราะห์	33
19	แสดงขั้นตอนการเขียนกราฟ	34
20	แสดงตัวอย่างฮิสโตแกรมของ Hole Diameters	35
21	แสดงขั้นตอนการสร้างฮีสโตแกรม	36
22	แสดงตัวอย่างผังเหตุและผลคำตำหนิของลูกค้าในร้านอาหาร	38
23	แสดงขั้นตอนการสร้างแผนภาพก้างปลา	39
24	แสดงตัวอย่างใบตรวจสอบสำหรับ Group Size ในภัตตาคาร	40
25	แสดงขั้นตอนการสร้างใบตรวจสอบ	41
26	แสดงอุปกรณ์ในการทดสอบ	47
27	กราฟแท่งแสดงปริมาณของเสียที่เกิดจากปัญหาผลิตภัณฑ์ ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด	51

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป หน้า

28 แสดงแผนภาพพาเรโตแสดงปัญหาความเงาของหมึกพิมพ์ต่ำกว่ามาตรฐาน... 53
29 แสดง Control Chart ค่าความเงาของหมึกเชื้อยูวี 54
30 แสดงความแตกต่างของกระบวนการผลิตและวัตถุดิบสำหรับการผลิตหมึกพิมพ์ชนิดยูวีกับหมึกพิมพ์ชนิดอื่นๆ.. 55
31 กราฟแท่งแสดงปริมาณการเกิดของเสียจาก Medium Lot ต่าง ๆ................ 56
32 แสดงการวัดค่าความหนืดของ Medium... 57
33 แสดงการผลิต Medium.. 59
34 แสดงเครื่อง Disperser ในการผลิต Medium.. 59
35 แสดงองค์ประกอบของกระบวนการผลิต Medium สำหรับหมึกพิมพ์เชื้อยูวี..... 60
36 แผนภาพก้างปลาแสดงการวิเคราะห์สาเหตุรากเหง้าของปัญหา.................. 60
37 แสดงระดับความลึกของหัวปั่นที่ระดับต่าง ๆ... 62
38 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับความลึกของหัวปั่นของเครื่อง Disperser กับ Oligomer... 63
39 แสดง Control Chart ค่าความเงาของหมึกเชื้อยูวีหลังการปรับปรุง.............. 64
40 แสดงหัวปั่นก่อนการปรับปรุง... 65
41 แสดงหัวปั่นหลังปรับปรุง.. 65

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมการพิมพ์สกรีน มีการแข่งขันกันอย่างรุนแรงมากขึ้น ทำให้ธุรกิจต้องปรับตัวและเปลี่ยนแปลงรูปแบบ ไปทั้งทางด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ การปรับปรุงกระบวนการการผลิต เพื่อให้ธุรกิจสามารถแข่งขันกับผู้ผลิตรายอื่นและอยู่รอดได้ ดังนั้น แนวทางหนึ่งนำมาใช้ในการดำเนินธุรกิจ คือ สร้างความพึงพอใจและตอบสนองความต้องการของลูกค้า โดยการผลิตสินค้าที่ได้มาตรฐานตรงตามความต้องการของลูกค้า

โรงงานผลิตหมึกพิมพ์สำหรับใช้พิมพ์สกรีน เป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับทุกอุตสาหกรรม ไม่ว่าจะเป็นอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ สิ่งทอ สิ่งพิมพ์ ล้วนแล้วแต่ต้องใช้การสกรีนเป็นส่วนประกอบในการส่งเสริมการขาย เมื่อการแข่งขันด้านคุณภาพและราคาสูงขึ้น ในช่วงที่ผ่านมาทำให้บริษัทได้รับผลกระทบทำให้บริษัทฯ ต้องปรับตัว เพื่อก้าวเข้าสู่สภาพของการแข่งขันที่รุนแรง เพื่อให้องค์กรอยู่รอดและดำเนินธุรกิจต่อไปได้ ซึ่งของเสียหรือข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ย่อมส่งผลต่อความเชื่อมั่นของลูกค้าและยอดขายลดลง ที่สำคัญยังส่งผลให้เกิดความสูญเสียอันจะทำให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้น ต้องเสียเวลาในการแก้ไขผลิตภัณฑ์ที่บกพร่อง

การศึกษาหาแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพในการผลิตหมึกพิมพ์ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์หลักของบริษัท ที่ยังมีปัญหาเกี่ยวกับการเกิดข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ สำหรับการศึกษานี้ เป็นการศึกษาสาเหตุและแนวทางแก้ไขการเกิดข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ เพื่อลดต้นทุนในการผลิตและตอบสนองความต้องการของลูกค้า ตลอดจนเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมในกระบวนการผลิตให้ดียิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์การศึกษา

1. เพื่อศึกษาอิทธิพลที่ก่อให้เกิดการบกพร่องของหมึกพิมพ์ยูวีในกระบวนการผลิตหมึกพิมพ์ ของโรงงานผลิตหมึกพิมพ์แห่งหนึ่ง
2. เพื่อศึกษาแนวทางในการปรับปรุงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดความบกพร่องของหมึกพิมพ์ยูวี

ขอบเขตของการศึกษา

ศึกษากระบวนการผลิตหมึกพิมพ์ เพื่อลดปริมาณผลิตภัณฑ์บกพร่องของหมึกพิมพ์ยูวี ครั้งนี้ กำหนดขอบเขตการศึกษาอยู่ที่กระบวนการ Matching (ผสมสี) โรงงานผลิตหมึกพิมพ์ตัวอย่าง

ขั้นตอนการศึกษาและการดำเนินการ

การดำเนินการศึกษาการลดปริมาณผลิตภัณฑ์บกพร่องในกระบวนการผลิตหมึกพิมพ์ยูวี มีขั้นตอนการศึกษาและดำเนินการ ดังต่อไปนี้

1. ศึกษาสภาพปัจจุบันและรวบรวมข้อมูลข้อบกพร่องของหมึกพิมพ์ยูวี
2. กำหนดวัตถุประสงค์การศึกษา
3. กำหนดขอบเขตของการศึกษา
4. ศึกษาถึงประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ
5. ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
6. กำหนดทฤษฎีและเครื่องมือที่จะใช้
7. วิเคราะห์ข้อมูล
8. กำหนดข้อเสนอแนะในการแก้ไขปรับปรุง
9. สรุปผลและนำเสนอรายงาน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การศึกษาตามโครงการดังกล่าวคาดหวังว่าจะเกิดผลประโยชน์ ดังต่อไปนี้

1. สามารถเข้าใจหลักการการบริหารงานคุณภาพและสถิติเพื่อนำมาประยุกต์ในการทำงานจริง

2. สามารถปรับปรุงลดปริมาณการบกพร่องของผลิตภัณฑ์ ในกระบวนการผลิตหมึกพิมพ์ยูวี

3. สามารถเป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน

ตารางการดำเนินงาน

การศึกษาในครั้งนี้ มีการกำหนดตารางการทำงานดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 โดยเริ่มดำเนินการ ตั้งแต่เดือนมิถุนายนและเสร็จสิ้นในเดือนธันวาคม 2552

ตารางที่ 1 ตารางการดำเนินงาน

ลำดับ	หัวข้อการดำเนินการ	พ.ศ 2552						
		มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
1	ศึกษาสภาพปัจจุบันและรวบรวมข้อมูล							
2	กำหนดวัตถุประสงค์การศึกษา							
3	กำหนดขอบเขตของการศึกษา							
4	ศึกษาถึงประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ							
5	ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง							
6	กำหนดทฤษฎีและเครื่องมือที่จะใช้							
7	วิเคราะห์ข้อมูล							
8	กำหนดข้อเสนอแนะในการแก้ไขปรับปรุง							
9	สรุปผล							

บทที่ 2
หลักการพื้นฐาน เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หลักการพื้นฐาน

กระบวนการผสมหมึกพิมพ์เป็นส่วนหนึ่งของอุตสาหกรรมหมึกพิมพ์ซึ่งจัดเป็นกระบวนหนึ่งที่มีความสำคัญสูง การศึกษาการลดปริมาณผลิตภัณฑ์บกพร่องในกระบวนการผลิตหมึกพิมพ์สกรีนต้องศึกษาทำความเข้าใจในประเด็นหลักที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อที่ทำการศึกษาดังต่อไปนี้

1. วัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผสมสี (Matching) หมึกพิมพ์สกรีน
   1.1 มีเดียม (Medium)
   1.2 มอนอเมอร์ (Monomer)
   1.3 แม่สี (Concentrate)
   1.4 สารเติมแต่ง (Additive)
   1.5 สารไวแสง (Photosensitizer)
2. เครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิตหมึกพิมพ์สกรีน
   2.1 เครื่องปั่นใบพัด (Disperser)
   2.2 เครื่องปั่นแรงดูด (Stirrer)
   2.3 เครื่องบด (Three Roll Mill)
   2.4 เครื่องชั่งน้ำหนัก
   2.5 เครื่องวัดความละเอียดของแม่สี
   2.6 เครื่องวัดค่าความหนืด (Viscometer)
   2.7 เครื่องวัดความเงา (Tri Gloss Meter)
   2.8 เครื่องอบยูวี (UV Dryer)
3. กระบวนการผลิตหมึกพิมพ์สกรีนยูวี ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้
   3.1 ปั่น Oligomer และ Monomer ให้เป็นเนื้อเดียวกัน ได้มีเดียม (Medium)
   3.2 ตรวจสอบค่าความหนืด (Viscosity) ของมีเดียม (Medium)
   3.3 นำมีเดียม (Medium) และผงสี (Pigment) ปั่นให้เข้ากัน และนำไปบด ได้แม่สี (Concentrate)
   3.4 ตรวจสอบค่าความละเอียดของแม่สี (Fineness)
   3.5 ตรวจสอบค่าความหนืด (Viscosity) ของแม่สี (Concentrate)
   3.6 ตรวจสอบเฉดสีของแม่สี (Strange) ของแม่สี (Concentrate)

3.7 นำมีเดียม (Medium) มอนอเมอร์ (Monomer) แม่สี (Concentrate) สารเติมแต่ง (Additive) สารไวแสง (Photosensitizer) ผสมให้เข้ากัน

3.8 ตรวจสอบเฉดสี ความเรียบ ความเงา การเกาะติด การแห้งตัว ความหนืด ก่อนบรรจุ

4. สภาวะที่จำเป็นต้องควบคุมในกระบวนการผสมสี
   4.1 การละลายของมีเดียม
   4.2 ความหนืดของมีเดียม
   4.3 ความละเอียดของแม่สี
   4.4 เฉดสีของแม่สี
   4.5 ความเงาของแม่สี
   4.6 ความหนืดของแม่สี
   4.7 การปั่นเข้ากันในหมึกพิมพ์
   4.8 เฉดสีของหมึกพิมพ์
   4.9 ความเงาของหมึกพิมพ์
   4.10 ความหนืดของหมึกพิมพ์
5. ความคาดหวังของลูกค้าด้านผลิตภัณฑ์
   5.1 หมึกพิมพ์ที่มีความเรียบเมื่อพิมพ์บนชิ้นงาน
   5.2 สีของหมึกพิมพ์อยู่ในเฉดสีที่กำหนด
   5.3 ค่าความเงาหมึกพิมพ์ไม่ต่ำกว่าค่าที่กำหนด
   5.4 มีอัตราการทน Solvent (สารเคมี) ไม่ต่ำกว่าค่าที่กำหนด
   5.5 ความหนืดของหมึกพิมพ์ (ข้น/เหลว) ได้ตามที่กำหนด
   5.6 หมึกพิมพ์สีไม่ซีดเมื่อได้รับแสงแดดในระยะเวลาที่กำหนด
   5.7 หมึกพิมพ์สีไม่หลุดออกจากชิ้นงานเมื่อนำไปใช้งาน (สีตก)
   5.8 หมึกพิมพ์เกาะติดชิ้นงานได้ตามกำหนด
   5.9 หมึกพิมพ์ผสมเข้ากันได้ดี (ไม่เป็นเม็ด)
   5.10 เมื่อผ่านเครื่องอบ UV หมึกพิมพ์แห้งตัวที่ความเข้มแสงที่กำหนด

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการพิมพ์

องค์ประกอบหมึกพิมพ์ยูวี

หมึกพิมพ์ยูวีเป็นหมึกพิมพ์ที่จะต้องได้รับแสงยูวี (UV) ฉายลงบนชั้นฟิล์มของหมึกหลังจากที่พิมพ์ลงบนวัสดุ เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน หรือเรียกว่า “Curing” ซึ่งจะทำให้เปลี่ยนสภาวะจากของเหลวเป็นของแข็งทันที เทคโนโลยีในการใช้แสงยูวีนี้ได้มีการคิดค้นและวิจัยขึ้นเมื่อประมาณ ค.ศ 1960 โดยการนำความรู้ทางด้านเคมีของแสง (Photochemistry) และความรู้ทางด้านเคมีพอลิเมอร์ (Polymer Chemistry) ผนวกเข้าด้วยกันจนพัฒนาให้เกิดความก้าวหน้าด้านยูวีในอุตสาหกรรมต่างๆ องค์ประกอบของหมึกพิมพ์ยูวี (Artur Goldschmidt; Hans-Joachim Streitberger. 2007)

1.1 พรีพอลิเมอร์ (Prepolymer) หรือ โอลิโกเมอร์ (Oligomer) โพลิเมอร์ที่เกิดจากการต่อกันของโมโนเมอร์เพียง 2-4 หน่วย ส่วนใหญ่เป็นของเหลวหนืด เป็นสารที่ทำให้หมึกพิมพ์แห้งตัวและเกาะติดกับวัสดุที่พิมพ์ สำหรับหมึกพิมพ์ยูวีจะประกอบด้วยพรีพอลิเมอร์ที่จะทำปฏิกิริยารวมกับมอนอเมอร์ โดยมีแสงยูวีเป็นตัวกระตุ้นให้สารเริ่มปฏิกิริยาในหมึกเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน ซึ่งปฏิกิริยาหลักมี 2 ประเภทดังนี้

1.1.1 พอลิเมอไรเซชันแบบลูกโซ่หรือแบบรวมตัว (Chain or Addition Polymerization) คือ การสังเคราะห์โพลีเมอร์ที่อาศัยการเกิดปฏิกิริยาที่ต่อเนื่องของหน่วยเล็กที่เรียกว่าโมโนเมอร์ กลไกหลักของการเกิดปฏิกิริยาเป็นแบบฟรีแรดิกัล (Free Radical) หรือ แบบอิออนิก (Ionic)

1.1.2 พอลิเมอไรเซชันแบบขั้นหรือแบบควบแน่น (Step or Condensation Polymerization) โดยทั่วไปใช้มอนอเมอร์ 2 ชนิด ที่มีหมู่แสดงสมบัติเฉพาะตัวสองหมู่ในโมเลกุล กลไกการเกิดปฏิกิริยาไม่แตกต่างกับการเกิดปฏิกิริยาการควบแน่นของโมเลกุลเล็กๆ

1.2 มอนอเมอร์ (Monomer) ทำหน้าที่คล้ายน้ำมันเป็นสารปรับความหนืดที่มีความสามารถในการละลายสารประเภทอื่นให้ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน เช่น Tripropylene Glycol Diacrylate

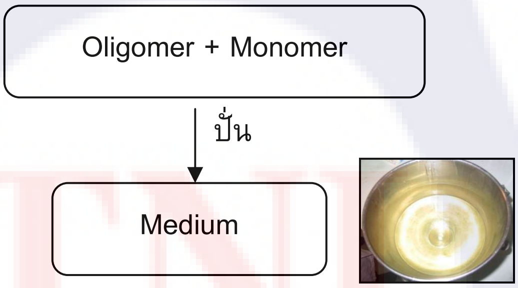
1.3 ผงสี (Pigment) ใช้เป็นส่วนผสมในหมึกพิมพ์สกรีนยูวีจะมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับผงสีในหมึกพิมพ์แบบธรรมดาแต่จะต่างกันตรงที่ผงสีในหมึกพิมพ์ยูวีจะเป็นผงสีที่ยอมให้แสงยูวีส่องผ่านได้ ในกรณีที่พิมพ์สอดสี ควรพิมพ์สีที่ยอมให้แสงยูวีส่องผ่านน้อยก่อน เช่น สีดำ และพิมพ์หมึกสีที่ให้แสงยูวีส่องผ่านมากที่สุดเป็นสีสุดท้าย ทั้งนี้เพื่อให้แสงยูวีคงสามารถส่องผ่านไปถึงหมึกพิมพ์ชั้นล่างที่พิมพ์ไปก่อน เป็นผลให้หมึกพิมพ์ทั้งหมดแห้งสนิท เช่น Carbon Black

1.4 สารเติมแต่ง (Additive) สารเติมแต่งที่ใช้ในหมึกพิมพ์ยูวี ส่วนใหญ่จะมีคุณสมบัติเป็นตัวเสริมและปรับคุณสมบัติของหมึกพิมพ์เพื่อให้เกิดการไหลที่ดี ความเรียบของผิวหมึกพิมพ์ และทนต่อการเสียดสี เช่น Silicone Acrylate

1.5 สารเริ่มปฏิริยาด้วยแสงและสารไวแสง (Photoinitiator) สารเริ่มกิริยาด้วยแสง คือ สารที่เริ่มปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์เมื่อได้รับแสง สำหรับหมึกพิมพ์ยูวีแห้งตัวด้วยการเคียวโดยปฏิกิริยาจะเริ่มต้นจากสารเริ่มปฏิกิริยาด้วยแสงแล้วไปทำให้เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของมอนอเมอร์และพรีพอลิเมอร์ในหมึกพิมพ์ นอกจากนี้อาจเติมสารไวแสง (Photosensitizer) ในหมึกพิมพ์ เพื่อช่วยเร่งการแห้งตัวของหมึก โดยอาจใช้สารเริ่มปฏิกิริยาด้วยแสงเพียงอย่างเดียวหรือใช้ร่วมกับสารไวแสงเพื่อเร่งอัตราการแห้งตัว ในการเลือกใช้สารทั้งสองประเภทนี้จะต้องเลือกให้มีช่วงคลื่นในการดูดกลืนแสงยูวีที่ตรงกันหรือใกล้เคียงกับช่วงคลื่นที่เกิดจากการแผ่แสงของหลอดไฟยูวีของหลอดไฟยูวีที่ทำให้หมึกพิมพ์แห้งตัว ปริมาณของสารทั้งสองที่ใส่ในหมึกจะต้องมากเพียงพอที่จะทำให้กระบวนการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรซันขึ้นได้ เช่น Benzophenone

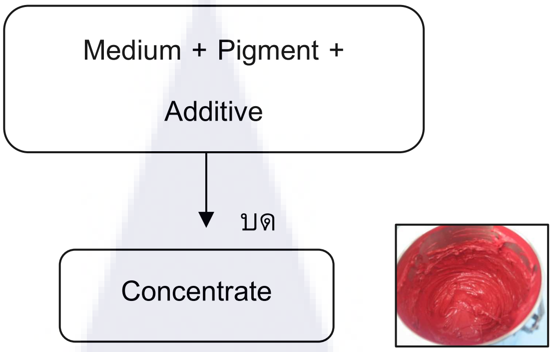
<u>กระบวนการผลิตหมึกพิมพ์</u>

1. การผลิต Medium



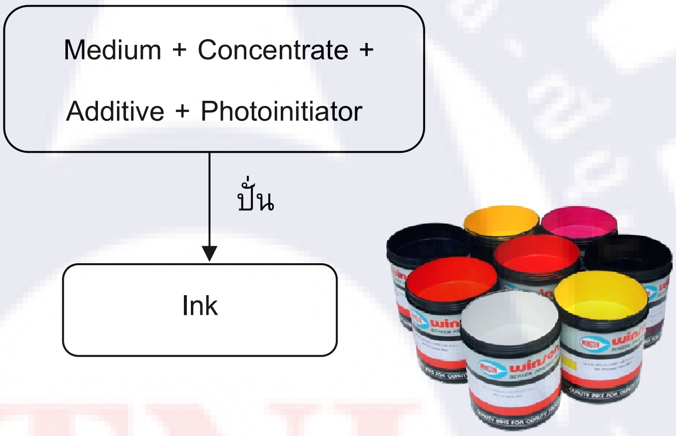
รูปที่ 1 แสดงขั้นตอนการผลิต Medium

2. การผลิต Concentrate



รูปที่ 2 แสดงขั้นตอนการผลิต Concentrate

3. การผลิตหมึกพิมพ์



รูปที่ 3 แสดงขั้นตอนการผลิตหมึกพิมพ์

ตารางที่ 2 แสดงคุณสมบัติหมึกพิมพ์ยูวีเปรียบเทียบกับหมึกพิมพ์เชื้อน้ำมัน

หมึกพิมพ์ยูวี	หมึกพิมพ์เชื้อน้ำมัน
1. แห้งตัวได้เร็ว ประหยัดเวลา	1.แห้งตัวช้า ต้องใช้เวลาในการตากให้แห้ง
2.ไม่ต้องมีพื้นที่ในการตากแห้งชิ้นงาน	2.ใช้พื้นที่ในการตากชิ้นงานมาก
3.หมึกพิมพ์ไม่ตัน (Block screen) พิมพ์งานได้ต่อเนื่องและจำนวนมาก	3.หมึกพิมพ์แห้งติด (Block Screen) ได้ง่าย พิมพ์งานได้ไม่ต่อเนื่องและจำนวนน้อย เนื่องจากใช้น้ำมันเป็นตัวทำละลาย
4.งานพิมพ์มีความละเอียดสูง	4.พิมพ์งานได้รายละเอียดไม่สูงมากนัก
5.ทนสารเคมี	5.ไม่ทนสารเคมี
6.ไม่มีกลิ่นฉุน ไม่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ	6.มีกลิ่นฉุน ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ
7.ลงทุนสูง เนื่องจากต้องใช้ตู้อบยูวีในการทำให้หมึกพิมพ์แห้งตัว	7.ลงทุนไม่สูง สามารถแห้งตัวโดยการตากทิ้งไว้
8.ผู้ใช้เกิดการแพ้และระคายเคืองได้ง่าย	9.ผู้ใช้ไม่เกิดการแพ้และระคายเคือง

ปัจจุบันอุตสาหกรรมการพิมพ์สกรีน มีการแข่งขันกันมากขึ้น ธุรกิจการพิมพ์ต้องเปลี่ยนแปลงรูปแบบ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ การปรับปรุงกระบวนการการผลิต สร้างความพึงพอใจและตอบสนองความต้องการของลูกค้า เพื่อให้ธุรกิจสามารถแข่งขันกับผู้ผลิตรายอื่นและอยู่รอดได้ ดังนั้นการใช้หมึกพิมพ์ยูวี จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่ผู้ประกอบการจะนำมาใช้เป็นจุดแข็งในการพิมพ์สกรีน คือ ในเรื่องการวางแผนการผลิต โดยสามารถผลิตตามคำสั่งซื้อจากลูกค้าที่ต้องการความรวดเร็ว ส่งมอบทันเวลา ถือได้ว่าเป็นข้อได้เปรียบของคู่แข่งรายอื่น

<u>เครื่องอบยูวี (UV Dryer หรือ UV Curing Unit)</u>

เครื่องอบยูวี (UV Dryer หรือ UV Curing Unit) ประกอบด้วย หลอดไฟยูวีที่ให้ความยาวคลื่นในช่วง Ultraviolet อยู่ระหว่าง 200-400 นาโนเมตร ความยาวคลื่นนี้สามารถนำมาฉายให้ผ่านหมึกพิมพ์หรือวานิช ซึ่งมีองค์ประกอบของสารเริ่มปฏิกิริยา (Photoinitiator) เพื่อทำให้มอนอเมอร์และพรีพอลิเมอร์เกิดปฏิกิริยาเกาะตัวกันแน่น ซึ่งเครื่องอบยูวีมีองค์ประกอบดังนี้

1. หลอดไฟยูวี (UV Lamp) แบ่งเป็น 2 ชนิด ตามลักษณะทางโครงสร้าง คือ

- หลอดมีขั้ว (Electrode Bulb) กระบวนการจุดหลอดหรือกำเนิดแสงของหลอดยูวีชนิดมีขั้วอาศัยการเผาขั้วหลอด หรือ “Arc” ภายในหลอดมีปรอทบรรจุอยู่และมีแก๊สเฉื่อย เช่น อาร์กอน เป็นจุดกำเนิดก่อน โดยที่ปรอทจะค่อยๆกลายเป็นไอและความร้อนสูงขึ้นจนถึงจุดอิ่มตัวและให้แสงยูวี พลังงานที่ออกมาจะเป็นแสงยูวี 25-30% แสงสีขาว (Visible Light) ประมาณ 25% และแสงอินฟราเรด ประมาณ 45-50% อายุการใช้งาน 1,000-2,000 ชั่วโมง

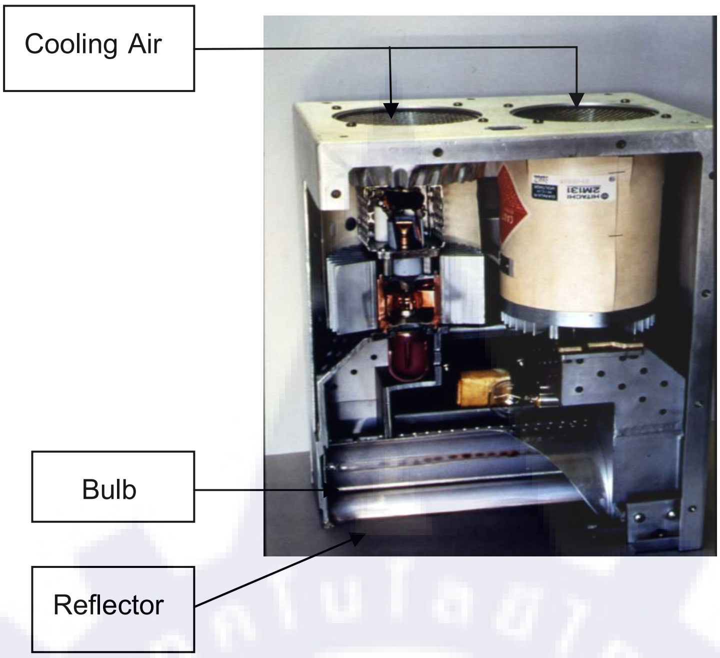
ก่อนที่จะมีการเสื่อมที่ขั้วหลอด คราบภายในหลอดจะทำให้ประสิทธิภาพด้อยลงไปเรื่อยๆ ในการใช้งานหลอดชนิดนี้ต้องมีการเปิดเครื่องทำงานก่อนหรืออุ่นหลอดประมาณ 2 นาที ก่อนที่หลอดจะทำงาน

- หลอดไร้ขั้ว (Electrodeless Bulb) เป็นหลอดยูวีที่ไม่จำเป็นต้องอาศัยขั้วหลอด แต่เป็นการนำคลื่นไมโครเวฟมาใช้ พร้อมอาศัยแมกนีตรอนที่ติดอยู่เหนือหลอดเป็นตัวทำให้เกิดแสงยูวี ภายในหลอดมีปรอทอยู่เล็กน้อยผสมกับแก๊สเฉื่อยและสารชนิดอื่นที่เปลี่ยนช่วงของความยาวคลื่นออกมา เนื่องจากหลอดมีขนาดเล็ก จึงทำให้แสงตกมายังวัสดุที่ใช้พิมพ์มากขึ้น และให้กำลังส่องสว่างสูงมากกว่าหลอดชนิดอื่น กำลังส่องสว่างที่จุดสูงสุดที่ 240 w/cm^2 หรือ 600 w/in^2 อายุการใช้งานประมาณ 10,000 ชั่วโมง เนื่องจากเป็นหลอดไฟไม่มีขั้ว จึงทำให้การเริ่มใช้งานทำได้อย่างรวดเร็ว ใช้เวลาประมาณ 12 วินาที ก่อนที่หลอดจะทำงาน

2. โคมไฟ (Reflector) ทำจากอะลูมิเนียมคุณภาพสูงทำหน้าที่เป็นตัวสะท้อนแสงที่เกิดจากเกิดจากหลอดไฟ ส่องมากระทบและส่องกลับไปยังวัสดุที่ใช้อบแห้ง โดยให้แสงที่ความยาวคลื่นที่เป็นอินฟราเรดผ่านไปด้านหลังโคมไฟ และสะท้อนกลับเฉพาะความยาวคลื่นที่เป็น Ultraviolet ทำให้เกิดประโยชน์เต็มที่

3. ม่านปิด ใช้เป็นฉากกั้นแสงจากโคมไฟซึ่งให้ความร้อนและแสงสว่างมาก ทำจากวัสดุที่ทนความร้อนได้ดี โดยไม่ทำให้ม่านนี้เปลี่ยนรูปทรงได้ เช่น แผ่น PP Board

4. ระบบระบายความร้อน (Cooling Air) เนื่องจากแสงที่เกิดจากหลอดไฟยูวีส่วนมากจะให้ความยาวคลื่นอินฟราเรดมากถึง 55% ให้ความร้อน 800 องศาเซลเซียส ความร้อนจะกระจายไปทั่วทำให้วัสดุที่พิมพ์เสียรูปทรง เช่น พลาสติกยุบ ส่วนมากจะใช้การระบายความร้อนด้วยลม ผลพลอยได้ที่ได้รับ คือ สามารถดูดเอาโอโซนที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาออกไปพร้อมลมร้อน



รูปที่ 4 แสดงส่วนประกอบของเครื่องยูวี

<u>ยางปาด</u>

ยางปาด เป็นอุปกรณ์ผิวเรียบที่จะพาหมึกพิมพ์ในแม่พิมพ์สกรีนจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง โดยหมึกจะได้รับแรงกดจากยางปาดให้ผ่านผ้าสกรีนลงบนวัสดุที่พิมพ์ มีผลต่อปริมาณหมึกที่จะไหลผ่านผ้าสกรีน ความหนาและความเรียบของหมึกพิมพ์ ซึ่งขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่อไปนี้ (Fimor)

1. รูปทรงของยางปาด (Squeegee Profile)

- ยางปาดรูปทรงสี่เหลี่ยม (Square-Edge) เป็นยางปาดที่ใช้ง่ายและนิยมใช้กันมากที่สุดสามารถนำมาใช้งานและลับให้คมได้ทั้ง 4 ด้าน จึงช่วยประหยัดได้มาก เหมาะสำหรับงานพิมพ์ทั่วไปหรืองานพิมพ์บนวัสดุผิวเรียบที่ต้องการให้หมึกลงน้อย

- ยางปาดรูปทรงสี่เหลี่ยมขอบมน (Square-Edge with Round Corners) เหมาะสำหรับงานพิมพ์บนวัสดุผิวเรียบ แต่จะดันให้หมึกลงบนวัสดุได้มากกว่าแบบสี่เหลี่ยม

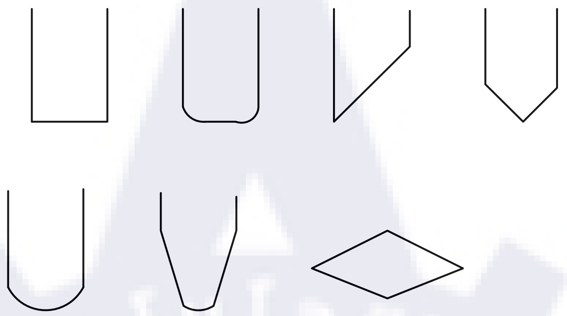
- ยางปาดรูปเฉียงหนึ่งข้าง (Single-Sided Bevel Edge) เหมาะสำหรับงานพิมพ์บนวัสดุพื้นผิวแข็ง เช่น งานพิมพ์กระจก

- ยางปาดรูปตัววีหรือรูปเฉียง 2 ข้าง (Double-Sided Bevel Edge) เหมาะสำหรับงานพิมพ์บนวัสดุที่มีรูปทรงโค้งเว้า เช่น ขวดแก้ว

- ยางปาดรูปตัวยู (Round-Edge) เหมาะสำหรับงานที่ต้องการให้หมึกลงมาก เช่น งานพิมพ์ผ้า

- ยางปาดรูปเฉียง 2 ข้างปลายมน (Double-Side Bevel Edge with Round Tip) เหมาะสำหรับงานพิมพ์เซรามิค หรืองานพิมพ์ผ้าที่ต้องการให้หมึกออกมาก

- ยางปาดรูปข้าวหลามตัด (Diamond-Shape) เหมาะสำหรับงานพิมพ์แผงวงจร



รูปที่ 5 แสดงรูปทรงของยางปาด

2. ความแข็งของยางปาด (Squeegee Durometer)

ความแข็งของยางปาดมีหน่วยเป็น ชอร์ (Shore Hardness Type) ความแข็งของยางปาดที่นิยมใช้อยู่ที่ประมาณ 60-80 ชอร์ ขึ้นอยู่กับงานที่พิมพ์ คือ

- ยางปาดแข็ง (80-85 Shore) เหมาะกับงานพิมพ์ขนาดใหญ่ งานพิมพ์ที่ละเอียด งานพิมพ์ภาพ 4 สี งานพิมพ์ที่ใช้หมึกที่มีความหนืดมาก และหมึกที่ค่อนข้างทึบ

- ยางปาดนิ่ม (60-65 Shore) เหมาะกับงานพิมพ์ที่ต้องการให้หมึกลงบนชิ้นงานมาก งานรองพื้น งานพิมพ์บนพื้นที่ใหญ่ หรือวัสดุที่ผิวไม่เรียบ ไม่ต้องการลวดลายที่ละเอียดมาก

<u>ผ้าสกรีน (Screen Fabric)</u>

ผ้าสกรีนเป็นอุปกรณ์สิ้นเปลืองและมีต้นทุนสูงในการพิมพ์ ดังนั้นการศึกษาคุณลักษณะของผ้าสกรีน เช่น การพิมพ์ลายเส้นเม็ดสกรีน ความคมชัด ความหนาของหมึก การไหลตัวของหมึก สามารถเลือกผ้าสกรีนที่มีคุณลักษณะที่เหมาะสมกับวัสดุที่พิมพ์และรูปแบบของการพิมพ์แต่ละประเภท โดยสามารถพิจารณาได้ดังนี้

1. ไม่ใช้ผ้าสกรีนไนลอนกับการพิมพ์ผ้า สิ่งทอ และกระเบื้อง เนื่องจากหมึกพิมพ์ที่ใช้เป็นหมึกพิมพ์เชื้อน้ำ ที่จำเป็นต้องใช้น้ำยาเคลือบบล็อกสกรีนมาเคลือบกาวอัด เพื่อให้บล็อกสกรีนมีความคงทนมากขึ้น น้ำยาเคลือบบล็อกสกรีนดังกล่าว จะมีสภาพเป็นกรดและมีปฏิกิริยากับผ้าสกรีนพอลีเอสเตอร์

2. เลือกผ้าสกรีนที่มีคุณภาพสูง สามารถขึงให้มีความตึงสูง (High Tension) โดยที่ผ้าสกรีนไม่ขาดและมีการขยายตัวของผ้าสกรีนต่ำ (Low Elongation) เพื่อให้สามารถตั้งระยะ Off Contact ได้ต่ำมาก ซึ่งจะส่งผลให้งานพิมพ์มีคุณภาพสูง

3. เลือกผ้าสกรีนชนิดทอจากเส้นด้ายเดี่ยวและทอแบบ 1:1 (Plan Weave, PW)

4. พิจารณาจากความหนาของหมึกที่ต้องการพิมพ์ โดยเลือกผ้าที่มีรูเปิด ความหนาของผ้าสกรีน รวมทั้งความหนาของการอัดหรือฟิล์มเมื่อเคลือบอยู่บนบล็อกสกรีน

<u>การพิมพ์สกรีน (SCREEN PRINTING)</u>

การพิมพ์สกรีนปัจจุบันจะใช้เครื่องพิมพ์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดโดยทั่วไปจะมีระบบต่างๆ ครบถ้วน แต่คุณภาพและความทนทาน หรือระบบช่วยอำนวยความสะดวก อาจแตกต่างกันไปได้ตามวัตถุประสงค์ของการผลิต ราคา และความต้องการของผู้ใช้ ฉะนั้นในการเลือกซื้อจึงต้องคำนึงถึงความต้องการของผู้ใช้เป็นสำคัญ เครื่องพิมพ์แบบกึ่งอัตโนมัติและอัตโนมัติ การใช้ขึ้นอยู่กับประเภทของวัสดุ รูปร่าง ขนาด และองค์ประกอบของชิ้นงาน การเตรียมอุปกรณ์ในการใช้เครื่องพิมพ์สกรีนแบบกึ่งอัตโนมัติและอัตโนมัติ มีดังต่อไปนี้ (วิเชียร และ นงเยาว์ จิระกรานนท์. 2546)

1. การติดตั้งแม่พิมพ์สกรีน ระยะห่างระหว่างแม่พิมพ์สกรีนกับชิ้นงานหรือระยะ Off-Contact ตั้งระยะห่างระหว่างแม่พิมพ์สกรีนกับวัสดุที่พิมพ์ให้เหมาะสม เพื่อให้ยางปาดสามารถกดพิมพ์ให้หมึกพิมพ์ไหลผ่านรูเปิดของผ้าสกรีนลงบนวัสดุที่พิมพ์ โดยไม่ต้องใช้แรงปาดพิมพ์มากเกินไป ทำให้ภาพมีขนาดผิดเพี้ยนจากปกติ เนื่องจากผ้าสกรีนถูกกดให้ยืดตัวมากกว่าปกติ ถ้าระยะ Off-Contact น้อยเกินไป ภาพจะไม่คมชัดเนื่องจากผ้าสกรีนจะมีพื้นที่สัมผัสกับวัสดุที่พิมพ์มาก หมึกพิมพ์ที่ถูกปาดผ่านรูเปิดลงวัสดุที่พิมพ์จะมีแรงดึงในเนื้อหมึกเองเนื่องจากความหนืดของหมึกมากกว่าแรงยกตัวของผ้าสกรีน ทำให้ภาพพิมพ์ไม่คมชัด การวัดระยะ Off-Contact ในการพิมพ์ทำได้โดยใช้ไม้บรรทัดวัดระยะห่างระหว่างแม่พิมพ์สกรีนกับวัสดุที่ใช้พิมพ์ ปรับตั้งระยะพิมพ์จนได้ภาพพิมพ์ที่คมชัด

2. ยางปาด ผิวหน้าของยางปาดส่วนที่สัมผัสกับผ้าสกรีนเพื่อทำการพิมพ์จะต้องเรียบ ไม่มีรอย หรือหยักเป็นฟันปลา และยึดติดกับด้ามยางปาดอย่างมั่นคง

3. ใบปาดกลบหมึก (Flood Coater) การตั้งน้ำหนักการปาดหมึกพิมพ์ของใบปาดหมึกจะตั้งไว้ที่น้ำหนักน้อยที่สุดที่จะสามารถปาดกลบหมึกพิมพ์ให้ปกคลุมผิวหน้าแม่พิมพ์ทั้งหมดอย่างสม่ำเสมอ

4. องศายางปาด การใช้ยางปาดรูปทรงตัววีในเครื่องพิมพ์สกรีน ควรตั้งระดับของยางปาดให้ทำมุมกับสิ่งพิมพ์ประมาณ 85-90 องศา หากเป็นยางปาดรูปทรงสี่เหลี่ยม ให้ตั้งระดับ

ทำมุมประมาณ 45 องศา ในกรณีถ้าต้องการให้หมึกพิมพ์ออกมากให้วางระดับยางปาดทำมุมให้ต่ำลงจากเดิม

5. แม่พิมพ์สกรีน ควรจะมีขนาด กว้าง ยาวและสูงพอเหมาะในการติดตั้งเข้ากับเครื่องพิมพ์สกรีน

6. หมึกพิมพ์ ควรเป็นประเภทที่มีแห้งตัวได้พอเหมาะกับความเร็วในการพิมพ์ เนื่องจากหากเลือกใช้หมึกพิมพ์ที่มีการแห้งตัวได้ไม่ตรงกับความเร็วของเครื่องพิมพ์ที่ต้องการทำให้เกิดปัญหาในการแห้งตัวของหมึกพิมพ์

7. การแห้งตัวของหมึกพิมพ์สกรีนยูวี อาศัยการแห้งตัวโดยความยาวคลื่นแสงยูวี จากตู้อบยูวี (UV Curing) คือ การใช้แสงของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากระตุ้นให้หมึกยูวีเกิดกระบวนการพอลิเมอร์ไรเซชั่น (Polymerization) ด้วยสารไวแสงและทำให้เกิดพลังงานเคมี สารเคมีในหมึกที่เป็นมอนอเมอร์และพอลิเมอร์จะเกาะติดกันแน่นบนพื้นผิวที่มีหมึกอยู่ ทำให้หมึกเปลี่ยนสถานะแห้งตัว

<u>คุณสมบัติทั่วไปของชิ้นงาน</u>

ชิ้นงานแต่ละประเภทมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน จึงจำเป็นต้องเลือกใช้หมึกพิมพ์ให้เหมาะสมกับประเภทวัสดุแต่ละชนิด ดังต่อไปนี้

1. กระดาษ จากการที่กระดาษมีองค์ประกอบส่วนใหญ่ คือ เยื่อไม้ ซึ่งเป็นสารประเภทเซลลูโลสและมีคุณสมบัติในการดูดน้ำได้ดี ความสามารถในการดูดซึมหมึกพิมพ์ การดูดซึมหมึกพิมพ์ของกระดาษขึ้นอยู่กับชนิดของเยื่อที่ใช้ทำกระดาษและส่วนผสมบางอย่างที่ผสมลงไปในขณะทำกระดาษ กระดาษที่ทำจากเยื่อโดยวิธีเชิงกล จะมีความสามารถในการดูดซึมหมึกได้ดี เช่น กระดาษหนังสือพิมพ์ ส่วนกระดาษพิมพ์เขียนทั่วไป เช่น กระดาษปอนด์ จะดูดซึมหมึกได้น้อยกว่า เพราะทำจากเยื่อไม้ประเภทไม้เนื้ออ่อนและได้ผสมสารประเภทเรซิน ซึ่งลดการดูดซึมของกระดาษลงไปด้วยในกระดาษ

2. Acrylics ตัวย่อ PMMA ชื่อการค้า คือ เพลคซิกกลาส (Plexiglass) ลูไซท์ (Lucite) โพลีกลาส (Polyglass) เป็นพลาสติกที่ใสที่สุดชนิดหนึ่ง แข็งแรงพอสมควร เป็นรอยขีดข่วนง่าย ทนแสงอุลตราไวโอเลทได้ดี ทนความร้อน ความเย็น เป็นฉนวนไฟฟ้าดีมาก ทนสารเคมีได้พอสมควร โปร่งใส อะคริลิคยังทำเป็นสีต่าง ๆ ได้มีทั้งชนิดใส ฝ้าและทึบแสง นิยมนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น ป้ายร้ายค้า ป้ายโฆษณา โคมหลังคา กรอบแว่นตา เลนซ์ โคมไฟ เฟอร์นิเจอร์ ถาด และถ้วยบรรจุของเหลวชนิดใส

3. Polyvinylchloride ตัวย่อ PVC คุณสมบัติทนทางเคมี ทำความสะอาดง่ายไม่เกาะติดสิ่งสกปรก ใช้ทำกระเบื้องยางปูพื้นซึ่งมักจะผสมใยหิน (Asbestos) ด้วยคุณสมบัติเหนียวทนทานใส และพิมพ์ง่ายจึงนิยมใช้ทำท่อน้ำ สายไฟฟ้า ถุงมือ ของเด็กเล่นชนิดเป่าลม

ถ้วยและถาดบรรจุอาหารชนิดแผ่นบาง ใช้ทำถุงและพลาสติกบรรจุของ รองเท้าเด็ก ขวดน้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ

4. Polyethylene ตัวย่อ PE มีน้ำหนักเบาในรูปของแผ่นบาง สามารถพับงอได้ดี มีความหนามากขึ้นจะคงรูปรับแรงดึงและแรงอัดได้น้อย มีความยืดตัวได้สูงถึง 500 เปอร์เซ็นต์ ฉีกขาดยาก ลักษณะคล้ายขี้ผึ้ง ไม่เกาะติดน้ำ เป็นฉนวนไฟฟ้าได้ดีมาก โดยทั่วไป โปลีเอททีลีนมีลักษณะใส เมื่อเป็นแผ่นบางจะมีสีขุ่น เมื่อความหนาเพิ่มขึ้น สามารถทำเป็นสีต่าง ๆ ได้ตามต้องการ นิยมใช้ทำถุงบรรจุอาหารและเสื้อผ้า ตุ๊กตาเด็กเล่น ดอกไม้พลาสติก ภาชนะบรรจุในครัว ถาดทำน้ำแข็งในตู้เย็น ขวดและภาชนะบรรจุของเหลว พลาสติกคลุมโรงเพาะชำ สายเคเบิล แผ่นกันความชื้นในอาคารและของใช้ราคาถูก แบ่งเป็น 2 ประเภท ตามวิธีการสังเคราะห์และความหนาแน่น คือ

4.1 Low Density Polyethylene ตัวย่อ LDPE คุณสมบัติ มีความหนาแน่นต่ำ ทนร้อน ทนไฟ ได้น้อย ยืดตัวค่อนข้างสูง ขึ้นรูปได้ง่าย เช่น ถุงพลาสติกใส่ของทั่วไปและภาชนะและของใช้พลาสติกในบ้านที่ไม่ต้องการความแข็งแรงทนทานมากนัก

4.2 High Density Polyethylene ตัวย่อ HDPE คุณสมบัติ มีความหนาแน่นสูง ทนร้อนได้ดี ยืดตัวลดลง ขึ้นรูปได้ง่าย มีความแข็งแรงคงตัวมากกว่า LDPE ตัวอย่างการใช้งาน เช่น ถุงร้อนแผ่นใสและของใช้พลาสติกในบ้านที่ต้องการความแข็งแรงทนทานและทนไฟมากขึ้น

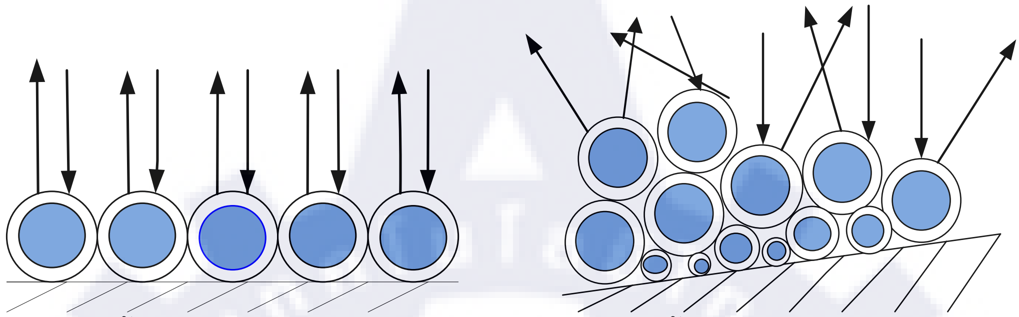
5. Polypropylene ตัวย่อ PP คุณสมบัติมีความหนาแน่นสูงกว่า HDPE ทนร้อน ทนไฟ ดีกว่าและคงทนกว่า HDPE ตัวอย่างการใช้งาน ค่อนข้างคล้ายกับ HDPE แต่มีความคงทนสูงกว่า เช่น ถุงพลาสติกร้อนแผ่นใสสำหรับถ่ายเอกสาร ปลั๊กไฟ พลาสติกหุ้มสายไฟ

6. สีพื้นผิวของวัสดุ เป็นคุณสมบัติที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งที่มีผลต่อการพิมพ์ โดยเฉพาะการพิมพ์ภาพสี เพราะสีพื้นผิวของวัสดุจะมีผลต่อการมองเห็นสีของหมึกพิมพ์ที่พิมพ์ลงไปด้วย เช่น ถ้าพิมพ์หมึกสีฟ้า (Cyan) ลงบนพื้นวัสดุสีเหลืองจะปรากฏเห็นเป็นสีเขียว ฉะนั้นถ้าวัสดุไม่มีความขาวที่แท้จริง สีที่ปรากฏแก่ตาก็จะเพี้ยนไปด้วย ส่วนจะมากเพียงไรนั้น ก็ขึ้นอยู่กับความไม่ขาวของชิ้นงาน จึงเป็นเหตุผลว่าในการพิมพ์ภาพสี่สีที่ต้องการให้ภาพพิมพ์ออกมาเหมือนต้นฉบับมากที่สุดนั้น ดังนั้นจึงควรระบุสีพื้นผิวของวัสดุที่ต้องใช้พิมพ์

7. การปกปิดพื้นผิวของวัสดุ โดยวัดความทึบแสงของชิ้นงานว่าชิ้นงานนั้นจะยอมให้แสงผ่านไปได้มากน้อยเพียงใด ชิ้นงานที่มีความทึบแสงน้อยจะมองทะลุหลังได้ จึงทำให้เกิดความเพี้ยนของเฉดสีเมื่อมองผ่านวัสดุโปร่งแสง

<u>ความมันเงาและความด้านของหมึกพิมพ์</u>

ความมันเงาและความด้านของหมึกพิมพ์ เป็นสมบัติของหมึกพิมพ์ที่สามารถควบคุมและกำหนดได้ในระหว่างกระบวนการผลิตหมึก โดยทั่วไปเมื่อแสงตกกระทบลงบนวัสดุผิวเรียบ แสงที่ตกกระทบจะมีรูปแบบการสะท้อนไปในทิศทางเดียวกันอย่างเป็นระเบียบ ทำให้มองเห็นวัสดุผิวเรียบ เช่น กระจกเงา ซึ่งต่างจากการตกกระทบของแสงลงบนวัสดุพื้นผิวขรุขระ ซึ่งแสงจะสะท้อนกลับแบบกระจายและไม่เป็นระเบียบ



(ก) ชั้นหมึกพิมพ์ที่มีผิวเรียบ (ข) ชั้นหมึกพิมพ์ที่มีผิวขรุขระ

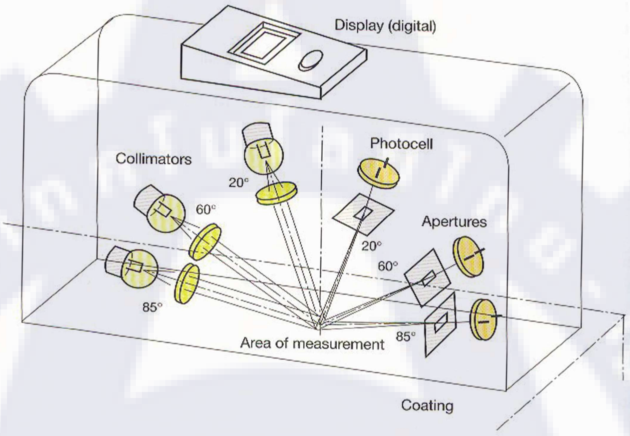
รูปที่ 6 แสดงลักษณะการตกกระทบและสะท้อนของแสง

ความมันเงาของหมึกพิมพ์นอกจากจะมีสาเหตุมาจากผิวที่เรียบของอนุภาคผงสีแล้ว ยังมีสาเหตุมาจากการเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบของอนุภาคผงสี หากมีการเรียงตัวของเม็ดสีอย่างเป็นระเบียบมาก ความมันเงาของหมึกที่พิมพ์ได้จะมีมากเช่นกัน ทั้งนี้เนื่องจากอนุภาคผงสีที่เรียงกันไม่เป็นระเบียบจะเกิดการหักเหของแสง ทำให้แสงสะท้อนแบบกระจายมากเป็นผลทำให้ชั้นหมึกพิมพ์ไม่เกิดความมันเงา นอกจากนี้ยังขึ้นกับคุณสมบัติของเรซินที่ห่อหุ้มเม็ดสีอีกด้วย การเพิ่มคุณสมบัติความด้านของหมึกพิมพ์ทำได้โดยใส่สารเคมีที่มีความด้านผสมเข้าไปในหมึกพิมพ์สารเคมีนี้จะสะท้อนแสงได้น้อยเมื่อมองดูหมึกที่พิมพ์แล้วทำให้เห็นเป็นสีขาว

ในการเปรียบเทียบความมันเงาและความด้านของหมึกพิมพ์ สามารถทำได้โดยการพิมพ์หมึกพิมพ์ 2 ประเภท คือ หมึกพิมพ์ประเภทเงาและหมึกพิมพ์ประเภทด้านพร้อมๆ กันบนวัสดุชิ้นเดียวกัน หมึกพิมพ์ทั้งสองประเภทจะแสดงระดับความมันเงาที่แตกต่างกันให้เห็นโดยเฉพาะถ้าพิมพ์ลงบนวัสดุใช้พิมพ์ที่มีผิวเรียบและมันเงาอยู่ก่อนแล้วจะช่วยเพิ่มความมันเงาของหมึกพิมพ์ให้มากขึ้น ทั้งนี้สามารถวัดค่าความมันเงาได้จากเครื่องมือวัดความมันเงา (Tri Gloss Meter) ค่าที่วัดได้จะเป็นตัวเลขที่สามารถนำมาใช้เปรียบเทียบกันได้ ในการทดสอบความมันเงาของหมึกพิมพ์มากกว่าหนึ่งชนิดควรทำบนกระดาษที่มีความมันเงาเท่ากัน เพื่อให้ค่าที่วัดได้ไม่มีอิทธิพลจากความมันเงาของกระดาษมาเกี่ยวข้อง

เครื่องมือวัดค่าความเงา (Tri Gloss meter)

เครื่องมือวัดค่าความเงาเป็นเครื่องที่ใช้วัดความเงาของพื้นผิวชิ้นงานที่สายตาไม่สามารถแยกถึงความแตกต่างได้ชัดเจน โดยอาศัยการสะท้อนของแสงจากแหล่งกำเนิดแสงในเครื่อง Tri Gloss Meter ตกกระทบกับชิ้นงานจะประกอบด้วยมุมในการวัด 3 มุม คือ มุม 20 องศา วัดพื้นผิวค่าความเงาสูง (High Gloss) มุม 60 องศา วัดพื้นผิวค่าความเงากึ่งเงากึ่งด้าน (Semi Gloss) และ มุม 85 องศา วัดพื้นผิวค่าความเงาต่ำ (Low Gloss) (Patrick Glockner; Tunja Jung; Susanne Struck and Katia Studer. 2008)



รูปที่ 7 แสดงการวัดค่าความเงาที่องศาแตกต่างกัน

ความหนืดของหมึกพิมพ์

ความหนืดของหมึกพิมพ์ คือ ความสามารถในการต้านทานการไหลของหมึกพิมพ์หรือวานิช สำหรับการพิมพ์สกรีน ความหนืดของหมึกพิมพ์เป็นตัวแปรหนึ่งที่มีผลกำหนดคุณภาพของหมึกพิมพ์ เนื่องจากวัสดุใช้พิมพ์บางประเภทต้องการหมึกพิมพ์ที่มีความหนืดต่ำจึงจะได้ภาพที่มีคุณภาพดี คือ งานที่ได้มีความเรียบ หน่วยที่ใช้วัดความหนืด คือ เซนติพอยซ์ (Centipoise) หรือ มิลลิปาสคัล.วินาที (MilliPascal.Second : mPa.s) ความหนืดของหมึกพิมพ์ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ โดยของหมึกพิมพ์จะมีความหนืดน้อยลงเมื่ออุณหภูมิสูง ความหนืดของหมึกพิมพ์มีความสัมพันธ์กับคุณลักษณะการไหลของหมึก การไหลแบบนิวทอเนียน (Newtinian Flow) เป็นลักษณะการไหลเมื่อมีแรงมากระทำโดยที่ค่าความหนืดของของเหลวไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนใหญ่หมึกพิมพ์สกรีนมีการไหลแบบ นอน-นิวทอเนียน (Non –Newtinian Flow) เป็นการไหลที่มีค่าความหนืดไม่คงที่เมื่อมีแรงมากระทำต่อของเหลว แบ่งเป็น 2 ประเภท

1. การไหลแบบพลาสติกเทียม (Pseudoplastic Flow) คือ ความหนืดลดลงเรื่อยๆ เมื่อมีแรงมากระทำมากขึ้นตามลำดับ เช่น เมื่อคนของเหลวนั้นไปเรื่อยๆ ของเหลวจะมีความหนืดลดลง (Shear Thinning)

2. การไหลแบบธิกโซโทรปี (Thixotropic Flow) คือ ความหนืดลดลงเมื่อมีแรงมากระทำ แต่เมื่อไม่มีแรงมากระทำอย่างต่อเนื่อง ความหนืดของของเหลวกลับค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนถึงระดับหนึ่ง ซึ่งอาจจะมากกว่าหรือน้อยกว่าความหนืดระดับเดิม

หมึกพิมพ์สกรีนที่ดีเมื่อนำไปพิมพ์จะต้องสามารถไหลผ่านผ้าสกรีนได้ง่าย เมื่อลากยางปาด หมึกพิมพ์จะต้องไม่เหลวเกินไปและหลังจากสิ้นสุดการพิมพ์ผ้าสกรีนดีดกลับไปอยู่ในตำแหน่งเดิม หมึกพิมพ์บนผ้าสกรีนและวัสดุใช้พิมพ์ต้องแยกจากกันทันทีโดยหมึกพิมพ์ที่ติดอยู่บนวัสดุใช้พิมพ์ยังคงไหลได้เล็กน้อยเพื่อให้เนื้อหมึกไหลเข้าหากันเป็นเนื้อเดียวกัน ทำให้ได้ชั้นหมึกพิมพ์หนาสม่ำเสมอและกลบลายผ้าสกรีนที่เกิดขึ้น

การควบคุมคุณภาพ

ไฮเซอร์ เจย์ (2549) กล่าวว่า การควบคุมคุณภาพ จะต้องสามารถระบุได้โดยใช้วิธีการค้นหาความต้องการของลูกค้าเป็นลำดับแรก (ยึดผู้ใช้เป็นสำคัญ) ลักษณะเฉพาะดังกล่าวจะนำไปสู่การกำหนดคุณลักษณะของสินค้า (ยึดหลักตัวสินค้าเป็นสำคัญ) จากนั้นเมื่อทำการผลิตสินค้าที่ผลิตขึ้นจะต้องมีความเที่ยงตรงแม่นยำตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (ยึดหลักการผลิตเป็นสำคัญ) ซึ่งหากขาดกระบวนการใดกระบวนการหนึ่งแล้ว จะไม่สามารถทำให้สินค้ามีคุณภาพได้

อดิศักดิ์ พงษ์พูลผลศักดิ์ (2542) กล่าวถึง ประโยชน์ที่ได้รับจากการควบคุมคุณภาพ มีดังนี้

1. ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้เสียน้อยลง ในระบบการควบคุมคุณภาพโรงงานไม่ต้องการผลิตภัณฑ์ที่เสียแล้วนำไปทำลายทิ้ง ดังนั้นโรงงานจึงต้องควบคุมคุณภาพต่ำในการส่งออกไปจำหน่าย ถึงแม้ว่าการตรวจสอบคุณภาพจะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบ เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์เสียแล้วนำไปทำลายทิ้ง ผลจากการตรวจสอบเพื่อควบคุมผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิตให้มีของเสียน้อยลง

2. ลดค่าใช้จ่ายในการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ ในโรงงานผลิตที่ไม่มีการควบคุมคุณภาพหลังจากผลิตผลิตภัณฑ์มาได้แล้วจะต้องมีการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ดีหรือเสียออกจากกันทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการคัดเลือก

3. ลูกค้าเกิดความพอใจในผลิตภัณฑ์ ในขบวนการผลิตที่มีการควบคุมคุณภาพ เมื่อนำผลิตภัณฑ์นั้นออกจำหน่ายและลูกค้าซื้อสินค้าไปใช้ ความพอใจในสินค้าที่ลูกค้าซื้อไปก็มีมากชื่อเสียงของโรงงานผู้ผลิตก็ดีขึ้น

4. ทำให้ขายสินค้าได้ตามราคาที่กำหนดไว้ การควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ทำให้ทราบว่าผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับใดหรือเกรดคุณภาพใด สามารถกำหนดราคาขายผลิตภัณฑ์ตามระดับคุณภาพสินค้าหรือเกรด

5. มีต้นทุนต่ำ ทำให้ได้เปรียบในเชิงการแข่งขัน เพราะอาจกำหนดราคาผลิตภัณฑ์ให้ต่ำกว่าผู้ประกอบการรายอื่นๆ

การควบคุมคุณภาพมีความสำคัญขึ้นมา เพราะโลกแคบลง การค้าขายระหว่างประเทศนั้นต่างฝ่ายต่างพยายามปกป้องอุตสาหกรรมการผลิตในประเทศของตนเป็นสำคัญ ไม่ต้องการให้ผลิตภัณฑ์จากต่างประเทศเข้าไปแข่งขัน เครื่องมืออันหนึ่งที่รัฐบาลแต่ละประเทศนิยมหยิบยกมาใช้เป็นมาตรการในการกีดกันผลิตภัณฑ์จากต่างประเทศ คือ “คุณภาพ” นั่นเองประเทศใดสามารถผลิตสินค้าได้คุณภาพและมีชื่อเสียงดีย่อมสามารถฟันฝ่าอุปสรรคการกีดกันไปได้ นั่นหมายความว่า โอกาสที่จะขายสินค้าได้ย่อมมากขึ้น (สุปัญญา ไชยชาญ. 2545)

<u>คิวซีสตอรี่</u>

การแก้ปัญหาให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ผู้แก้ปัญหาจะต้องดำเนินการอย่างเป็นสตอรี (Story) และจะต้องทำความเข้าใจอย่างลึกซึ้งกับความเป็นมาเป็นความไป ตามลำดับขั้นตอนอย่างมีเหตุมีผลของกระบวนการแก้ไขปัญหา มีความเข้าใจในแนวความคิดของคุณภาพโดยเฉพาะอย่างยิ่งความเข้าใจกับความต้องการของลูกค้า ซึ่งคิวซีสตอรี่ (QC Story) ของ Juse มีขั้นตอนการแก้ปัญหาอยู่ 7 ขั้นตอน ดังนี้ (ฮิโตชิ คุเมะ. 2546)

1. การคัดเลือกหัวข้อปัญหา (Theme) เพื่อเลือกปัญหาที่สำคัญที่สุดในขณะนั้นมาแก้ไข เพราะทรัพยากรการผลิตเรามีจำกัดและต้องแข่งขันกันในตลาด การแสดงข้อมูลของปัญหาและผลกระทบความรุนแรงแห่งปัญหาต้องทำอย่างชัดเจนและจูงใจผู้ร่วมแก้ไข ควรเน้นที่ความเสียหายต่องานที่ทำจากปัญหาดังกล่าว พร้อมผลประโยชน์ที่จะได้รับหากได้มีการบำบัดปัญหา กำหนดเป้าหมายให้สอดคล้องกับสภาพการณ์ทางการผลิตและระดับความสามารถทางเทคนิคที่มีอยู่

2. การสำรวจสภาพปัจจุบันและกำหนดค่าเป้าหมาย เมื่อสำรวจผลของปัญหาจากหลายมุมมองจะค้นพบปรากฏต่างๆ จาก 4 มุมมอง คือ เวลา สถานที่ ชนิด อาการเป็นแนวสืบค้นต้นตอต่อไป โดยการแก้ปัญหาต้องอาศัยข้อมูลจากการบอกเล่า ความจำหรือการคาดคะเนช่วยในการ ตัดสินใจเกี่ยวกับคุณลักษณะที่จะทำการแก้ไข รวมถึงค่าเป้าหมายที่จะทำการแก้ไขปัญหา

3. การกำหนดแผนการดำเนินการแก้ไขปัญหา โดยกำหนดว่าจะให้ใครทำอะไร เมื่อไหร่ อย่างไร เพื่อแก้ปัญหาอย่างชัดเจน โดยแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ การแก้ไขปัญหา เป็นการแก้ปัญหาเฉพาะหน้า (Corrective Action) และการป้องกันปัญหา เพื่อป้องกันปัญหามิให้

เกิดซ้ำ (Preventive Measure) จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อดีข้อเสียของแต่ละทางเลือก เพื่อสรุปหามาตรการซึ่งเป็นทางเลือกที่ดีที่สุด

4. การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา โดยการพิจารณาถึงค่าปัจจุบันของคุณลักษณะที่ศึกษาเพื่อหาสาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมด และทำการพิสูจน์หาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา

5. การพิจารณามาตรการตอบโต้ (Countermeasure) เป็นการพิจารณาและนำมาตรการตอบโต้ในการแก้ปัญหาไปปฏิบัติ โดยนำเสนอแนวคิดสำหรับมาตรการตอบโต้ปัญหาและพิจารณาตรวจสอบรายละเอียดของวิธีการที่ได้เพื่อนำมาตรการตอบโต้ในการแก้ปัญหาหลังจากนั้นจึงนำมาตรการตอบโต้ของปัญหาที่เกิดขึ้นไปใช้

6. การยืนยันผลลัพธ์ โดยการตรวจสอบผลลัพธ์จากการนำมาตรการตอบโต้ไปใช้แล้วเปรียบเทียบกับค่าเป้าหมายที่กำหนดไว้ รวมถึงการพิจารณาถึงผลประโยชน์ทั้งที่เป็นรูปธรรม (Tangible) และเป็นนามธรรม (Intangible)

7. การสร้างมาตรฐานและกำหนดแผนการควบคุม โดยการเลือกวิธีการควบคุมและให้การศึกษาแก่บุคลากรที่เกี่ยวข้องถึงวิธีการใหม่

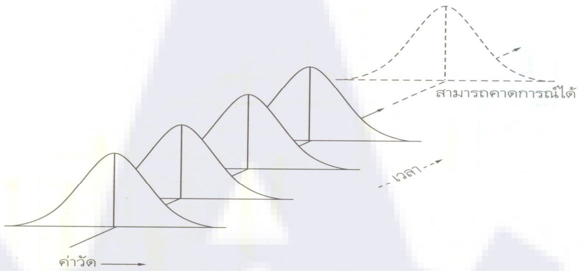
<u>การบริหารโดยข้อเท็จจริง</u>

Juran, Joseph M. (1995) กล่าวว่า การบริหารโดยข้อเท็จจริง หมายถึง การตัดสินใจที่มิได้อาศัยประสบการณ์ ลางสังหรณ์ และความกล้าตัดสินใจของผู้ตัดสินใจ แต่ต้องตัดสินใจโดยอาศัยข้อความหรือเหตุการณ์ที่ผ่านการวินิจฉัยแล้วว่าเป็นความจริง โดยการวินิจฉัยและอาศัยข้อมูลหรือตรรกะ ในการตัดสินใจโดยข้อเท็จจริง จะต้องเกิดจากองค์ประกอบสำคัญ 2 ประการ คือ ความรู้เฉพาะในงานที่พิจารณาหรือเทคโนโลยีเฉพาะด้าน (Intrinsic Technology) ที่ถือเป็นเงื่อนไขที่จำเป็น (Necessary Condition) สำหรับการตัดสินใจและความรู้ในด้านความผันแปรหรือวิธีคิดเชิงสถิติ ที่ถือเป็นเงื่อนไขที่เพียงพอ (Sufficient Condition) สำหรับการตัดสินใจ โดยสามารถจำแนกกลวิธีทางสถิติออกเป็น 2 สาขา คือ

1. สถิติเชิงพรรณา (Description Statistics) มีแนวความคิดในการนำเอาข้อมูลที่ได้มาอธิบายถึงการตัดสินใจตามรูปแบบการแจกแจงของข้อมูล

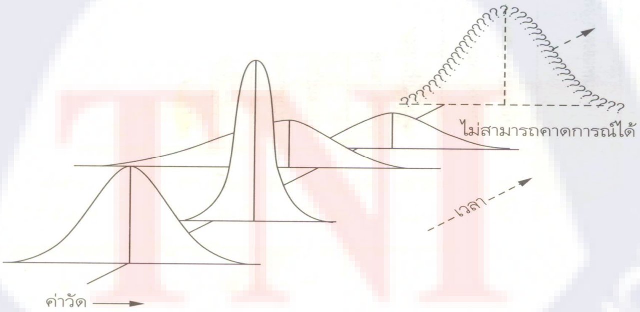
2. สถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistics) มีแนวความคิดในการนำเอาข้อมูลที่มีไม่มากทำการอนุมานทางสถิติ (Statistical Inference) โดยอาศัยกฎของความน่าจะเป็น (Probability) ความผันแปร คือ ความแตกต่างของสิ่งที่เป็นอิสระต่อกัน 2 ประการที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้ และจะฟอร์มตัวแบบที่สามารถคาดการณ์ตัวแบบได้ สามารถจำแนกความผันแปรออกตามสาเหตุความผันแปรได้ 2 ประการ คือ

1. สาเหตุตามโอกาส (Chance Cause) หรือสาเหตุโดยธรรมชาติ (Common Cause) มีตัวแบบของความผันแปรที่สามารถคาดการณ์ได้ (Predictable Pattern) ดังรูปที่ 8 ทำให้ความผันแปรจากสาเหตุนี้มีเสถียรภาพ (Stable) และอยู่ภายใต้การควบคุมที่ตัดสินใจสามารถจัดการได้ดี

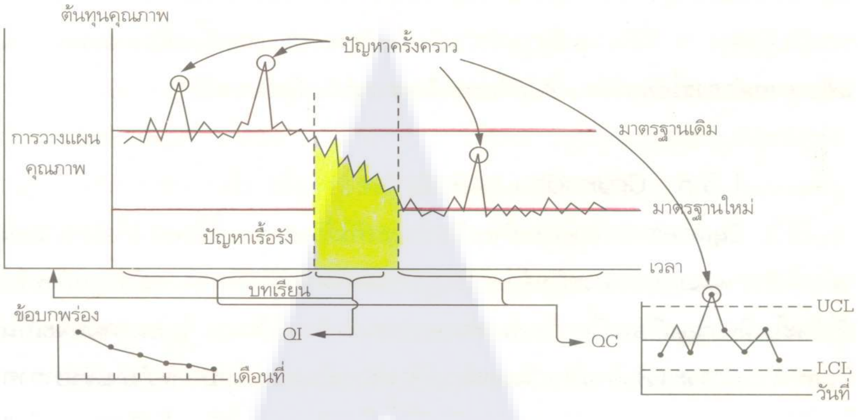


รูปที่ 8 แสดงตัวแบบของความผันแปรจากสาเหตุโดยธรรมชาติ

2. สาเหตุจากความผิดพลาด (Assignable Cause) มีตัวแบบของความผันแปรที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้ (Unpredictable Pattern) ดังรูปที่ 9 ทำให้ความผันแปรจากสาเหตุนี้ไม่มีเสถียรภาพ และอยู่ภายนอกการควบคุมที่ผู้ตัดสินใจไม่สามารถจัดการได้ โดยความผันแปรดังกล่าวจะทำให้เกิดปัญหาดังรูปที่ 10



รูปที่ 9 แสดงตัวแบบของความผันแปรจากสาเหตุผิดพลาด



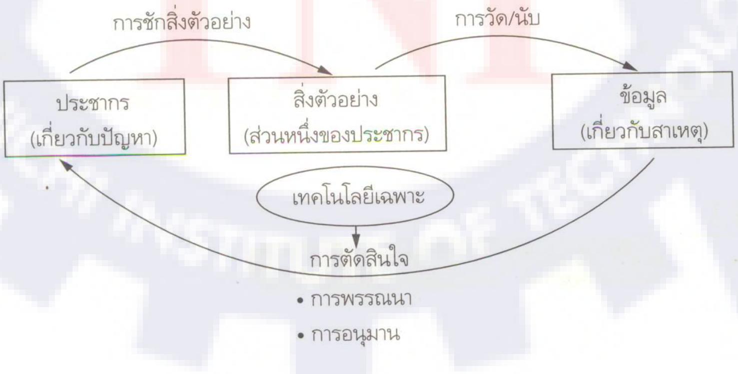
รูปที่ 10 แสดงการแก้ปัญหาคุณภาพตามไตรศาสตร์ของจูราน

<u>กระบวนการตัดสินใจทางการผลิต</u>

ในกระบวนการตัดสินใจทางการผลิต เริ่มต้นจากการนิยาม ประชากร (Population) ซึ่งหมายถึง สิ่งที่รวบรวมหน่วยต่าง ๆที่ต้องการการตัดสินใจ โดยปกติจะต้องมีความเกี่ยวข้องกับปัญหาที่ต้องการการตัดสินใจ และในการตัดสินใจนี้จะต้องให้ความสนใจกับคุณสมบัติเชิงตัวเลขของประชากร พารามิเตอร์ (Parameter) ดังรูปที่ 11 สามารถจำแนกพารามิเตอร์ออกได้ 2 ประเภท (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. 2550)

1. พารามิเตอร์แบบผันแปร (Variable) ลักษณะที่สามารถวัดได้และจะได้ค่าไม่เท่ากันเสมอ เช่น น้ำหนัก ความสูง

2. พารามิเตอร์แบบแอตทริบิวส์ (Attributes) ลักษณะที่ไม่สามารถวัดได้แต่สามารถบ่งชี้คุณสมบัติ และนับเป็นจำนวนแทนได้ เช่น ความสวยงาม ความเรียบร้อย



รูปที่ 11 แสดงกระบวนการตัดสินใจเชิงสถิติ

<u>วิธีการชักสิ่งตัวอย่าง</u>

ในการควบคุมคุณภาพ วิธีการชักสิ่งตัวอย่างเป็นวิธีการที่มีความสำคัญมากสำหรับการดึงสิ่งตัวอย่างที่ทำหน้าที่เป็นตัวแทนของประชากรออกมาเพื่อศึกษาถึงคุณลักษณะที่สนใจและตัดสินใจเกี่ยวกับประชากรนั้น โดยเงื่อนไขสำคัญของการชักสิ่งตัวอย่าง คือ กระบวนการหรือลอตจะต้องมีคุณลักษณะที่มีความแตกต่างกันด้วยสาเหตุโดยธรรมชาติของความผันแปรหรือประชากรต้องมีคุณลักษณะที่ศึกษาที่มีความใกล้เคียงกัน (Homogeneous) (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. 2550)

หลักการในการชักสิ่งตัวอย่างจากประชากร เพื่อให้ได้สิ่งตัวอย่างจากประชากร ให้ได้ตัวอย่างที่เป็นตัวแทนที่ดีของประชากร ซึ่งในทฤษฎีการชักสิ่งตัวอย่างที่อาศัยหลักการของความน่าจะเป็น (Probability Sampling) และวิธีการชักสิ่งตัวอย่างที่ไม่อาศัยหลักการของความน่าจะเป็น (Non Probability Sampling) ซึ่งวิธีการที่ได้รับความนิยมในการควบคุมคุณภาพ คือ วิธีการชักสิ่งตัวอย่างที่อาศัยหลักการของความน่าจะเป็น

1. การชักสิ่งตัวอย่างแบบสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) เป็นวิธีการชักสิ่งตัวอย่างที่มีความเหมาะสมกับประชากรที่สมาชิกมีคุณลักษณะที่มีความสนใจใกล้เคียงกันและขนาดไม่ใหญ่นัก การชักสิ่งตัวอย่างจะอาศัยหลักการของการให้โอกาสเท่าๆ กันแก่สมาชิกทุกตัวในประชากรที่จะได้รับเลือกมาเป็นสิ่งตัวอย่าง ข้อดีของวิธีการนี้ คือ มีความง่าย สะดวกในการประยุกต์ใช้และเป็นวิธีการที่ทำให้ประมาณค่าง่าย ข้อเสีย คือ ไม่เหมาะกับประชากรที่มีคุณลักษณะที่ศึกษามีความแตกต่างกันมากหรือมีค่าใช้จ่ายสูงเพราะมีการใช้ขนาดสิ่งตัวอย่างค่อนข้างใหญ่

2. การชักสิ่งตัวอย่างแบบสุ่มเชิงระบบ (Systematic Sampling) เป็นวิธีการชักตัวอย่างที่มีความเหมาะสมกับประชากรที่มีสมาชิกมีคุณลักษณะที่สนใจใกล้เคียงกันและได้รับการแบ่งออกตามช่วงเวลา โดยวิธีการนี้มีความสะดวกและง่ายต่อการชักสิ่งตัวอย่างกว่าวิธีการชักสิ่งตัวอย่างแบบสุ่มอย่างง่าย ข้อเสีย คือ มีโอกาสที่จะมีความลำเอียงจากบุคคลเข้ามาเกี่ยวข้องสูง

3. การชักสิ่งตัวอย่างแบบจำแนกพวก (Stratified Sampling) เป็นวิธีการชักตัวอย่างที่ประชากรแบ่งเป็นพวกหรือกลุ่ม (Stratum) โดยหลักการสำคัญ คือ ความพยายามแบ่งประชากรออกเป็นพวกๆ ให้แต่ละกลุ่มมีสมาชิกที่มีคุณลักษณะใกล้เคียงกันมากที่สุด (Homogeneity within Stratum) และให้มีคุณลักษณะระหว่างกลุ่มที่มีความแตกต่างกันมากที่สุด

4. การชักสิ่งตัวอย่างแบบสองขั้นตอน (Two-Stage Sampling) เป็นวิธีการชักสิ่งตัวอย่างที่ประชากรมีข้อจำกัดบางประการ เช่น ข้อจำกัดด้านขนาด ข้อจำกัดด้านสถานที่ ทำให้ไม่สามารถดำเนินการชักสิ่งตัวอย่างแบบสุ่มอย่างง่าย จึงจำเป็นต้องเลือกสิ่งตัวอย่างเป็นขั้นๆ เช่น ทำการชักสิ่งตัวอย่างจากแผ่นรอง (Pallet) เป็นกล่อง จากกล่องเป็นหน่วยของผลิตภัณฑ์

โดยวิธีการชักตัวอย่างแบบนี้ มีข้อดี คือ ความประหยัดในการชักสิ่งตัวอย่าง ข้อเสีย คือ ความยุ่งยากและสลับซับซ้อน (Complexity) ในการประมาณค่าผลลัพธ์

เครื่องมือพื้นฐานสำหรับการแก้ไขปัญหา

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึง เครื่องมือที่นำมาใช้ในงานวิจัย ซึ่งเครื่องมือเหล่านี้จะเป็นเครื่องมือที่จะช่วยในการวิเคราะห์ปัญหาเพื่อหาสาเหตุเบื้องต้นของปัญหา ซึ่งได้จำแนกรูปแบบต่างๆ ของเครื่องมือได้ดังนี้

1. แผนภูมิการไหลของกระบวนการ (Process Flow Chart) เป็นแผนภาพที่แสดงให้ทราบถึงโครงสร้างและความสัมพันธ์ของกิจกรรมต่างๆ ตลอดจนการทำความเข้าใจกับความต้องการของลูกค้าในกระบวนการที่ทำการศึกษาการแบ่งย่อยงาน เพื่อนำมาสร้างแผนภาพแสดงการไหลของงาน ซึ่งจะต้องมีความละเอียดเพียงพอที่จะสามารถนำไปวิเคราะห์ถึงปัญหาในกระบวนการที่สนใจ (Brown, Mark G. Baldrige. 2004)

ข้อดี

1. ใช้ทำความเข้าใจกับกิจกรรม เพื่อทำความเข้าใจกับปัญหาและความต้องการของลูกค้า

2. ใช้แยกประเภทของกิจกรรม โดยเริ่มต้นจากการกำหนดแนวความคิดด้วยตัวแบบ SIPOC

3. ใช้แสดงกิจกรรมที่เป็นอยู่จริงในการทำความเข้าใจปัญหาและแสดงกิจกรรมที่ควรจะเป็นกับกระบวนการที่ได้รับการวิเคราะห์และปรับปรุง

ข้อควรระวัง

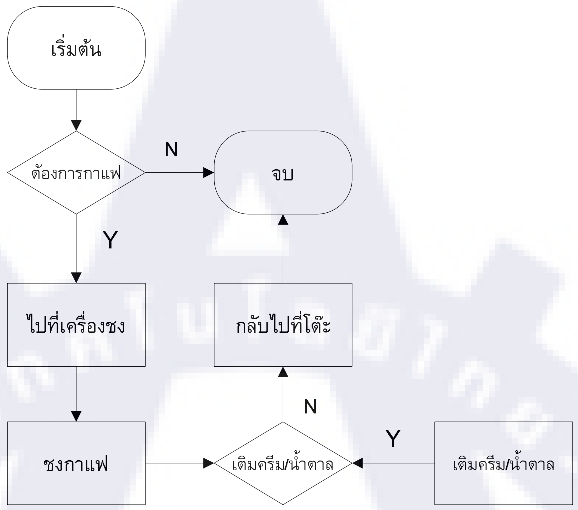
1. ไม่ใช้แผนภูมิการไหลของกระบวนการในการแสดงผลของกิจกรรม

2. ไม่ใช้แผนภูมิการไหลของกระบวนการที่มีกระบวนการผสมกันระหว่างกระบวนการธุรกรรมและกระบวนการผลิต

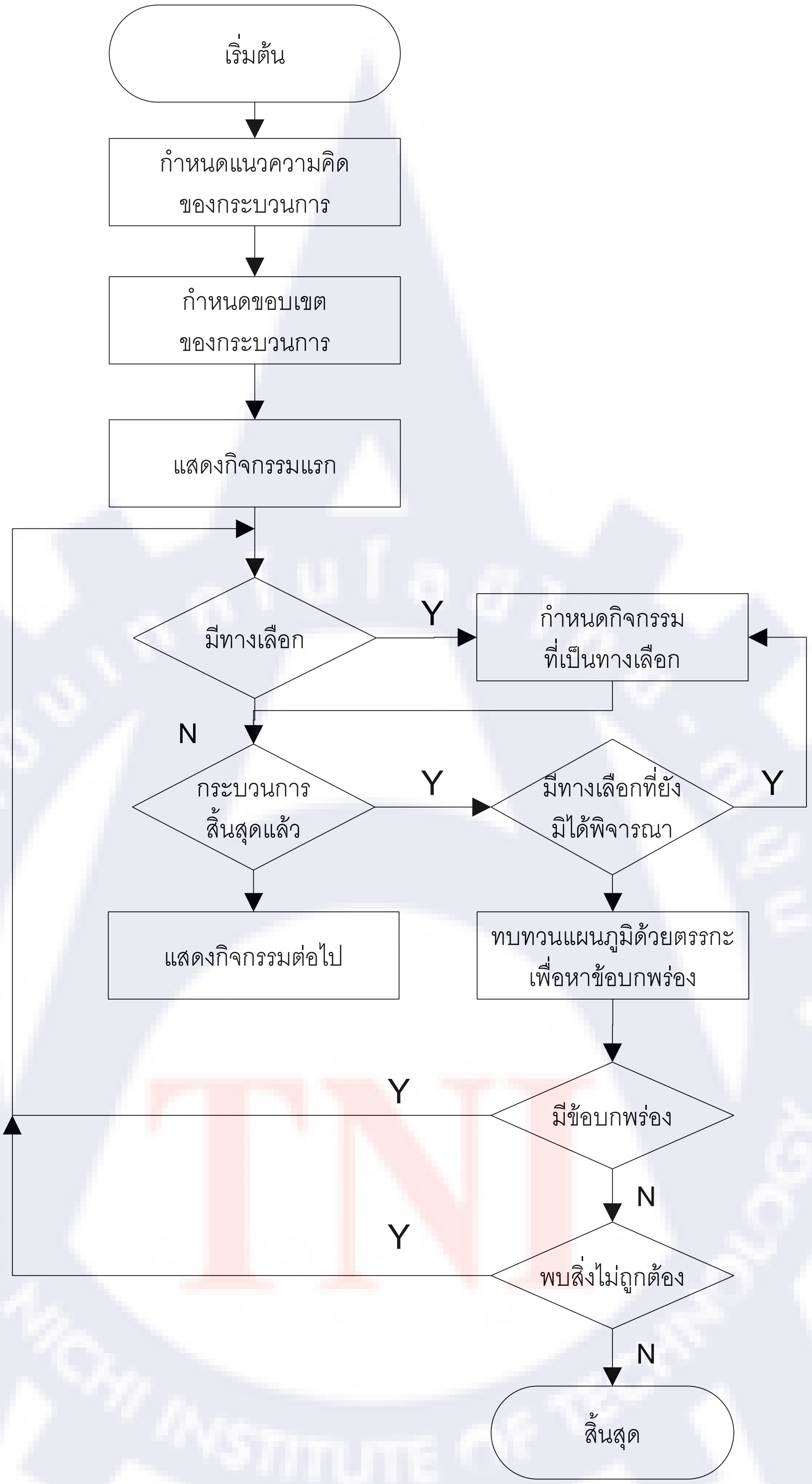
3. ไม่ใช้แผนภูมิการไหลของกระบวนการที่มีกิจกรรมผสมกันระหว่างกิจกรรมที่ควรจะเป็นกับกิจกรรมที่เป็นอยู่จริง

Flow Chart ใช้แสดงให้เห็นกระบวนการโดยใช้สัญลักษณ์ที่แตกต่างกันแสดงการกระทำการตัดสินใจหรือปฏิบัติการในแต่ละจุดสัญลักษณ์ที่ใช้ประกอบด้วย 1. จุดเริ่มต้น/จุดสิ้นสุดกระบวนการ 2. กระบวนการหรือส่วนหนึ่งของกระบวนการ 3. การตรวจสอบ 4. การตัดสินใจ 5. การขนส่ง สัญลักษณ์ทั้ง 5 แบบ สามารถใช้อธิบายรายละเอียดของกระบวนการได้สมบูรณ์และนำไปใช้ได้หลายประเภท ส่วนกระบวนการที่มีลักษณะเฉพาะ อาจจะใช้สัญลักษณ์ที่

แตกต่างออกไป โปรแกรมคอมพิวเตอร์บางชนิด อาจมีสัญลักษณ์เหล่านี้ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถนำไปใช้ สัญลักษณ์ที่ใช้จะมีการเชื่อมต่อกันเพื่อแสดงลำดับของขั้นตอนในกระบวนการ ดังรูปที่ 2 แสดงเส้นทางของกระบวนการ (Process Flow) ในการชงกาแฟ และรูปที่ 13 แสดงการไหลของกระบวนการ



รูปที่ 12 แสดง Flowchart ของการชงกาแฟ



รูปที่ 13 แสดงการไหลของกระบวนการ

2. แผนภาพพาเรโต (Pareto Diagram) เป็นแผนภาพที่จำแนกประเภทของข้อมูล (Data Stratification) มีความจำเป็นต้องกำหนดข้อมูลให้อยู่ในรูปของประเด็นที่จะสืบค้นหาสาเหตุให้มากที่สุด โดยจะอาศัยตัวแบบของกราฟว่าเป็นไปตามหลักพาเรโต คือ ข้อมูลที่มีความสำคัญมากจะมีเพียงเล็กน้อย (Vital Few) ในขณะที่ข้อมูลประเภทที่มีความสำคัญน้อยจะมีอยู่จำนวนมาก (Trivial Many) (Giflow, H. S. 2005)

ข้อดี

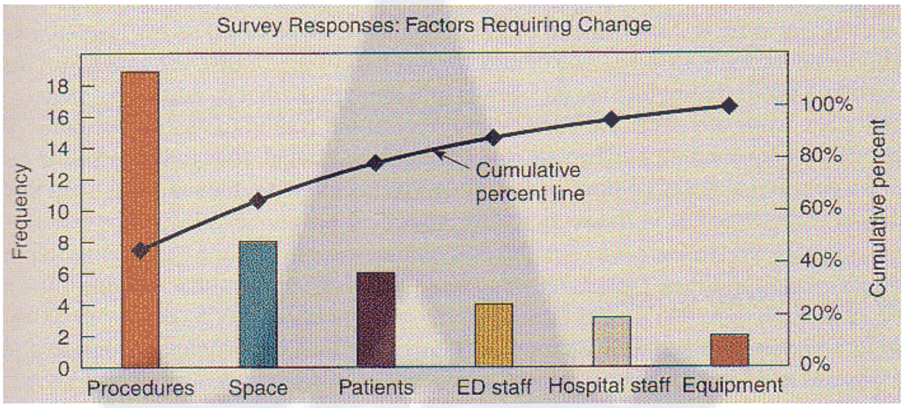
1. ใช้ในการวิเคราะห์ความเหมาะสมในการจำแนกประเภทของข้อมูลหรือวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพของข้อมูล
2. ใช้ในการคาดถึงโอกาสในการเกิดขึ้นของข้อมูลแต่ละประเภท
3. ใช้เส้นโค้งสะสมของแผนภาพพาเรโต ในการตีความหมายว่า ข้อมูลมีการแจกแจงตามหลักการพาเรโต
4. ใช้ในการกำหนดประเด็นสำคัญของประเภทของข้อมูลที่มีความสอดคล้องกับหลักการของพาเรโต
5. ใช้ในการจำแนกประเภทของข้อมูล รวมถึงการคาดการณ์การเกิดขึ้น ถ้าข้อมูลได้รับการสะสมตามเวลา

ข้อควรระวัง

1. ไม่ใช้ในการแสดงผลข้อมูลว่าข้อมูลประเภทใดมีจำนวนมากน้อยกว่ากัน
2. ไม่ใช้ในการกำหนดความสำคัญหรือความรุนแรงของปัญหาเพราะแผนภาพพาเรโต จะแสดงโอกาสในการเกิดขึ้นของข้อมูลแต่ละประเภทเท่านั้น
3. ไม่ใช้เส้นโค้งสะสมของแผนภาพพาเรโตในการการแสดงผลของข้อมูลโดยปราศจากการตีความหมายจากค่าสะสม
4. ไม่ใช้เพียงแค่แสดงข้อมูลว่ามีความสอดคล้องกับหลักการของพาเรโต
5. ไม่ใช้ในการวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพของข้อมูล หากข้อมูลนั้นมิได้รับการสะสมค่าตามเวลา

แผนภูมิพาเรโต มีลักษณะคล้ายกับกราฟแท่ง หรือ Histogram แตกต่างกันที่ แท่งของข้อมูลตามแนวแกนนอน มีค่าลดลงตามลำดับ หลักการของแผนภูมิพาเรโต ในการปรับปรุงคุณภาพ คือ การหาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพ (Quality Function) ตัวอย่างเช่น ถ้าเราหาตัวแปรที่มีผลกระทบต่อคุณภาพ และนำมาหาค่าตัวเลข หรือร้อยละของผลกระทบนั้น จัดลำดับจากมากไปน้อย นำมาเขียนกราฟโดยให้แกนตั้งด้านซ้าย เป็นค่าจริงของผลกระทบของตัวแปร

ส่วนแกนตั้งด้านขวา เป็นค่าสะสมของผลกระทบของตัวแปร ดังรูปที่ 14 และรูปที่ 15 แสดงขั้นตอนการสร้างแผนภาพพาเรโต



รูปที่ 14 แสดงตัวอย่างแผนภูมิพาเรโตของปัจจัยในห้องฉุกเฉิน

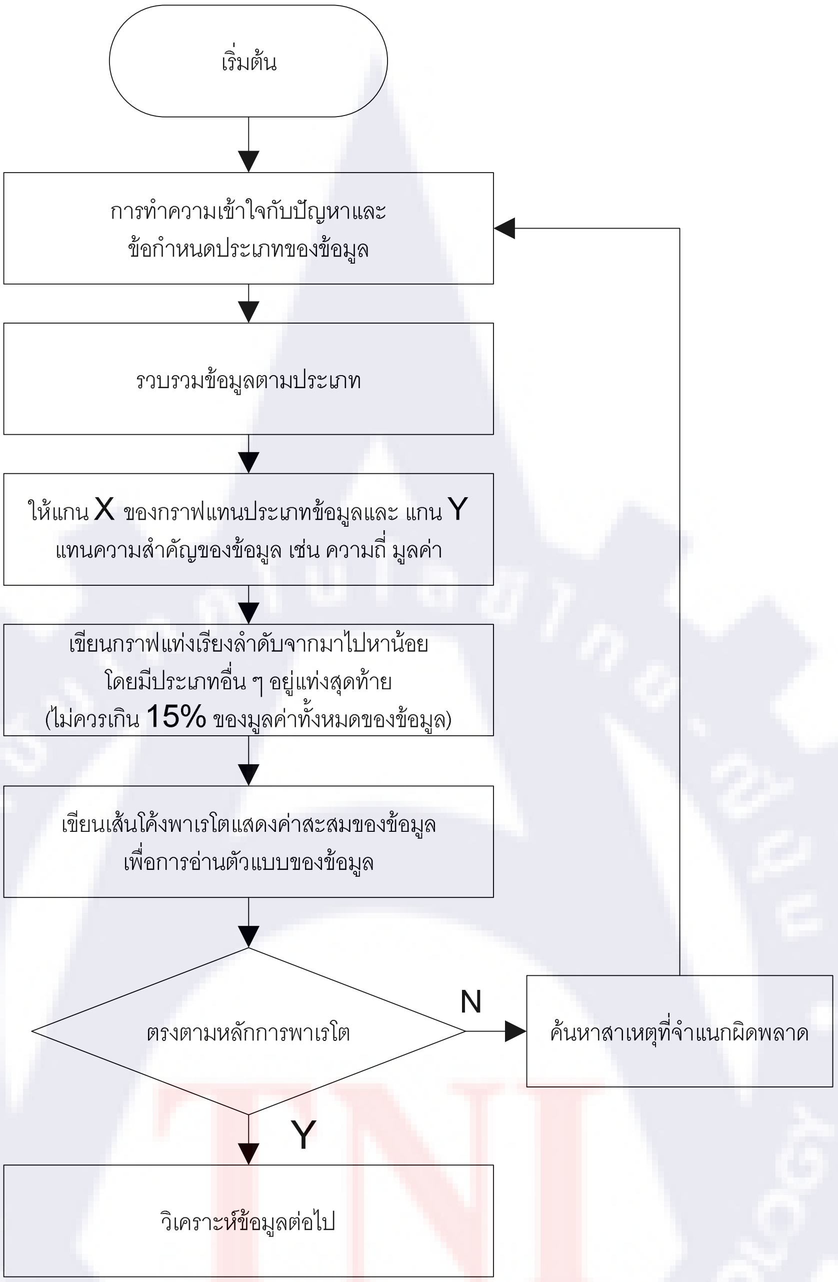
ที่มา : Mark, M. Davis; Nicholas, J. Aquilano; and Richard, B. Chase. (2003). **Fundamentals of Operations Management.** p. 251.

<u>ส่วนประกอบของแผนภูมิพาเรโต</u>

ก) แกนนอน เป็นแกนที่ใช้แสดงความถี่ที่จะบ่งบอกถึงจำนวนสาเหตุของความบกพร่อง ซึ่งอาจเป็นชนิดของความบกพร่อง ตำแหน่งของความบกพร่องหรือเครื่องจักรที่ก่อให้เกิดความบกพร่อง โดยจะแทนสาเหตุของการบกพร่องแต่ละประเภท จากรูปที่ 2.14 จะมีทั้งหมด 6 สาเหตุ

ข) แกนตั้งขวามือ เป็นเปอร์เซ็นต์ของความถี่สะสมตั้งแต่แท่งแรกไปจนแท่งสุดท้าย โดยเปอร์เซ็นต์ของแต่ละแท่งเป็นเปอร์เซ็นต์ที่เทียบกับความสูญเสียรวมทั้งหมด ซึ่ง ณ ตำแหน่งที่ปรากฏตัวเลขความสูญเสียรวมจะเป็นจุดที่ตรงกับจุด 100 เปอร์เซ็นต์ ของแกนตั้งขวามือ

ค) แกนตั้งซ้ายมือ เป็นแกนที่บอกปริมาณความสูญเสียสำหรับแต่ละสาเหตุของความบกพร่อง โดยความสูญเสียอาจเป็นจำนวนชิ้นงานเสีย มูลค่าความเสียหาย ความถี่ของการเกิดโดยที่แกนซ้ายมือจะมีการแบ่งช่องความถี่ออกเป็นช่วงๆ เท่าๆ กัน



รูปที่ 15 แสดงขั้นตอนการสร้างแผนภาพพาเรโต

3. แผนภูมิควบคุม (Control Chart) เป็นแผนภูมิที่แยกสาเหตุความผันแปรแบบผิดธรรมชาติ (Special Causes) ของข้อมูลออกจากสาเหตุผันแปรแบบธรรมชาติ (Common Cause) ใช้สำหรับวิเคราะห์ความเสถียรภาพของข้อมูลประเภทเดียวกันภายใต้หลักการ Deming ที่ว่า ความผันแปรส่วนใหญ่จะต้องมาจากสาเหตุแบบธรรมชาติ ประกอบด้วยเส้นควบคุม 3 เส้น คือ

- เส้นค่ากลาง คือ เส้นที่แสดงจำนวนหรือขนาดของข้อกำหนดหรือเป้าหมายการผลิต

- เส้นขอบเขต 2 เส้น คือ เส้นขอบเขตการควบคุมค่าสูงและค่าต่ำที่ยอมให้เกิดขึ้น ถ้าผลผลิตที่ได้มีค่าที่กำหนดอยู่ภายในขอบเขตการควบคุมของ 2 เส้นนี้ แสดงว่าเป็นค่าที่ยอมรับได้ หากค่าดังกล่าวอยู่นอกเขตการควบคุมจะถือว่าเป็นค่าที่ยอมรับไม่ได้และจะต้องมีการวิเคราะห์หาส าเหตุเพื่อปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องดังกล่าวต่อไป (Smith, Gerald. 2004)

ข้อดี

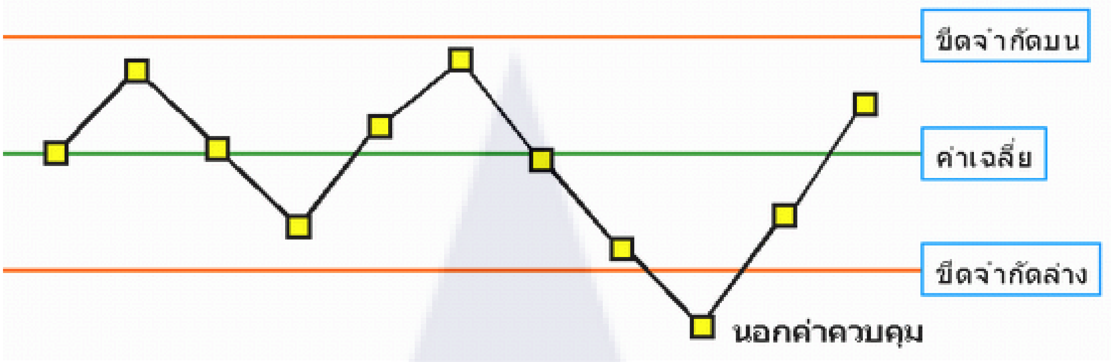
1. ใช้หาจุดบกพร่องเพื่อแก้ไขกระบวนการผลิต
2. ใช้ในการกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ กำหนดช่วงของการยอมรับหรือปฏิเสธ
3. ใช้ตรวจจับจุดบกพร่องที่เป็นแบบเรื้อรังและแบบเฉียบพลัน

ข้อควรระวัง

1. จะต้องอยู่ภายใต้มาตรฐานของผลิตภัณฑ์เดียวกัน ในกรณีที่มีการปรับเปลี่ยนค่ามาตรฐานของผลิตภัณฑ์จะต้องมีการปรับค่ากลางของแผนภูมิควบคุมให้อยู่ระดับเดียวกันเสมอ เพื่อการตีความหมายค่าความเบี่ยงเบนของสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่อง

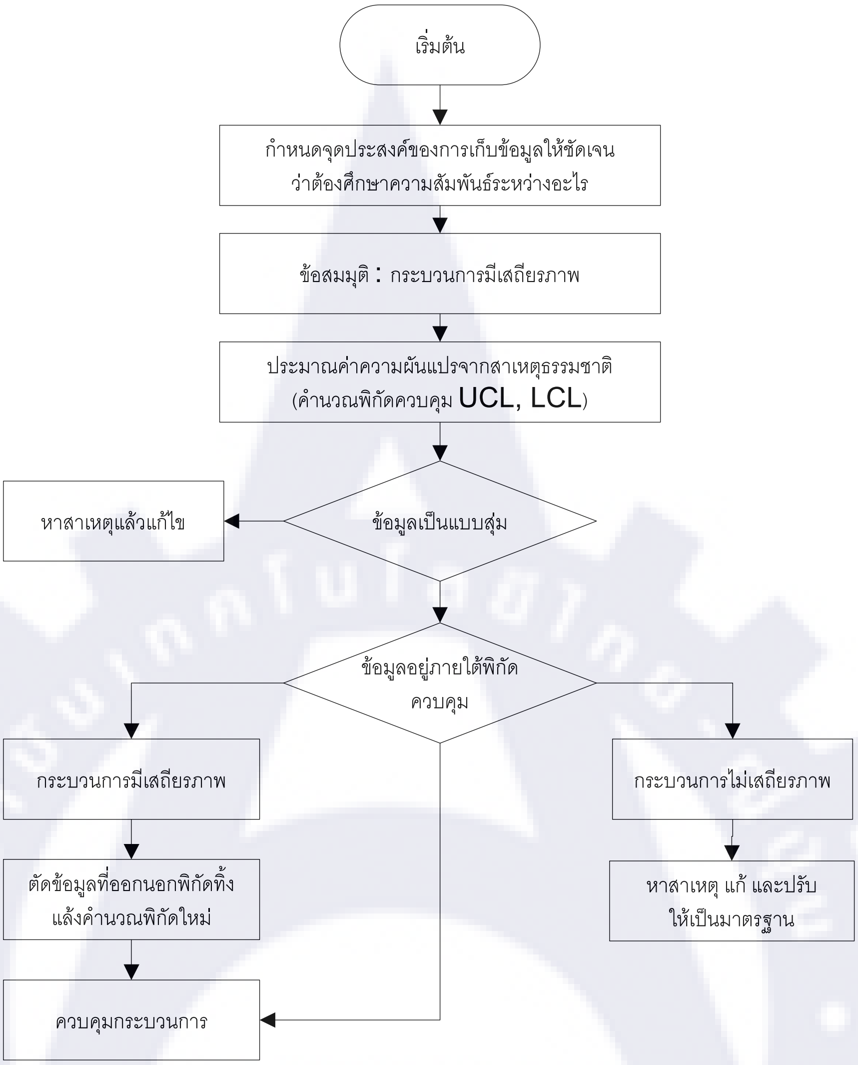
2. หากแผนภูมิควบคุมแสดงภาวะออกนอกพิกัดควบคุมด้านล่าง ต้องพิจารณาถึงประเด็นความผิดปกติของกระบวนการเสมอ โดยความผิดปกติเช่นนี้ จะเป็นการพิจารณาสำหรับการกำหนดมาตรฐานใหม่ของกระบวนการเพื่อแสดงสภาวะดังกล่าว

แผนภูมิควบคุมเป็นเครื่องมือคุณภาพที่รู้จักกันดีและเข้าใจได้ง่ายที่สุดแผนภูมิควบคุมโดยพื้นฐานแล้วเป็นเรื่องของสถิติ โดยมีหลักการในการตรวจสอบความแปรปรวนทางสถิติของกระบวนการ โดยต้องทำการประเมินเพื่อหาระดับของความแปรปรวนของกระบวนการว่าอยู่ในขอบเขตของช่วงที่กำหนดไว้ หรือมีอะไรทำให้กระบวนออกไปนอกการควบคุม (Out-Of-Control) หรือไม่ ตัวอย่างเช่น การผลิตชิ้นส่วนของบ้าน โดยใช้เครื่องกลึงอัตโนมัติ โดยวัดความให้มีขนาดตามที่กำหนด แต่ละชิ้นจะมีความแตกต่างกันเล็กน้อย เราจะรู้ได้อย่างไรว่าความแปรปรวนนั้นเป็นความแปรปรวนภายใน (Inherent Variations) ของกระบวนการเอง หรือเกิดการเปลี่ยนแปลงบางอย่างขึ้นภายในระบบ เช่น เครื่องมือมีความคมลดลง ทำให้ต้องมีการปรับแต่งใหม่ แนวคิดของแผนภูมิควบคุม คือ การวัดความแปรปรวน โดยการวัดตัวอย่างซ้ำ คำนวณค่าของขีดจำกัดบน (Upper Control Limit) และขีดจำกัดล่าง (Lower Control Limit) ถ้ามีข้อมูลตรงจุดใด อยู่เกินระดับของขีดจำกัด แปลว่าต้องนำมาพิจารณา เพื่อหาทางแก้ไข หรืออย่างน้อยก็ควรติดตามตรวจสอบกระบวนการให้ใกล้ชิดยิ่งขึ้น



รูปที่ 16 แสดงแผนภูมิควบคุม (Control Chart)

รูปที่ 16 แสดงตัวอย่างของแผนภูมิควบคุม โดยเป็นกราฟที่มีจำนวนตัวอย่างที่ผลิตเป็นแกนนอน และมีจำนวนของชิ้นงานที่มีตำหนิเป็นแกนตั้ง มีค่าเฉลี่ยของตัวอย่างที่ผลิตแล้วมีตำหนิเป็นแกนอ้างอิง เช่น สุ่มตัวอย่างที่ผลิตในแต่ละวันขึ้นมา 100 ชิ้น นำมาบันทึกลงบนกราฟทุกวันในช่วงเวลาหนึ่ง จะสามารถหาค่าช่วงของความแปรปรวน ของตัวอย่างที่มีตำหนิออกมาได้ นำมาคำนวณทางสถิติ จะสามารถหาค่าขีดจำกัดบน (UCL) และขีดจัดล่าง (LCL) ที่จะใช้ในแผนภูมิ ข้อมูลบนแผนภูมิบางจุด อาจจะมีค่าสูงกว่าหรือต่ำกว่าค่าควบคุม (Control Limit) ซึ่งเป็นค่าที่อยู่นอกการควบคุม (Out-Of-Control) โดยทั่วไป จะเป็นหน้าที่ของผู้จัดการฝ่ายผลิต ที่จะปรับกระบวนการผลิตให้กลับเข้าสู่ระดับเดิม หรือลดจำนวนตัวอย่างที่มีตำหนิลง โดยตรวจสอบสาเหตุที่ทำให้ความแปรปรวนมีค่ามากเกินไป การทดสอบทางสถิติสามารถดูจากลักษณะของแนวโน้มข้อมูลในบางช่วงเวลา ที่อาจมีรูปที่แน่นอนบางอย่าง ที่นำมาประกอบในการปรับปรุงระบบได้ แผนภูมิควบคุมสามารถใช้ ในการติดตามตรวจสอบ เพื่อดูแนวโน้มของระบบ หรือใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงในระยะยาวและรูปที่ 17 แสดงขั้นตอนการสร้างแผนภูมิควบคุม



รูปที่ 17 แสดงขั้นตอนการสร้างแผนภูมิควบคุม

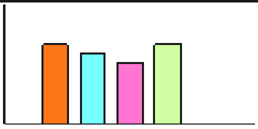
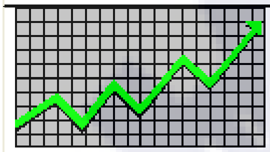
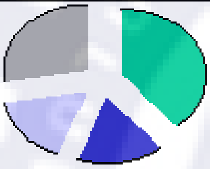
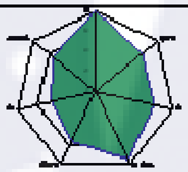
4. กราฟ (Graph) เป็นแผนภาพที่แสดงถึงตัวเลขผลการวิเคราะห์ทางสถิติที่สามารถทำให้ง่ายต่อความเข้าใจโดยอาศัยการพิจารณาด้วยตาเปล่า สามารถทำให้ผู้วิเคราะห์ปัญหามีความเข้าใจถึงความผันแปรที่เกิดขึ้นในภาพรวม (Global) มีอยู่หลายประเภทขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ในการใช้งานและข้อมูลประกอบการวิเคราะห์รูปที่ 18 และรูปที่ 19 แสดงขั้นตอนการสร้างกราฟ (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. 2550)

ข้อดี

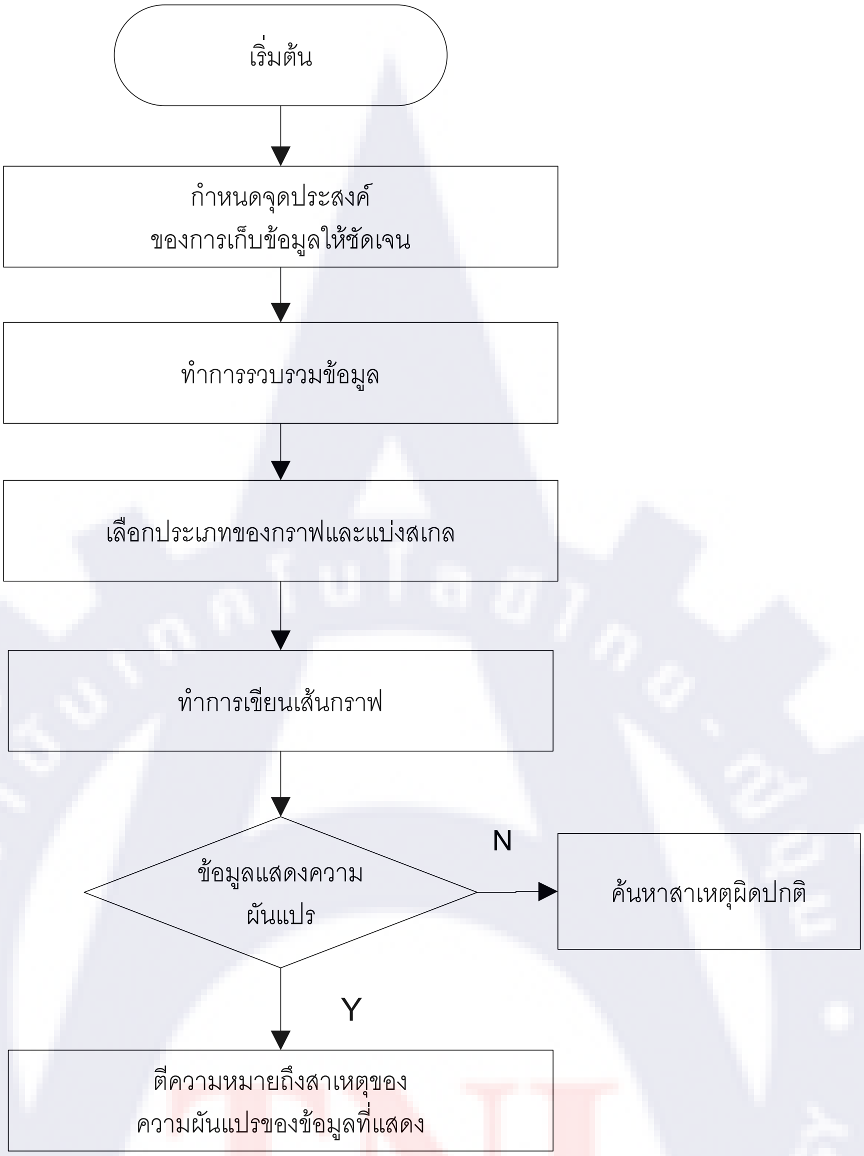
1. ใช้ในการแสดงถึงความผันแปรของข้อมูล
2. ใช้กราฟเพื่อแสดงถึงความแตกต่างเชิงปริมาณของข้อมูล

ข้อควรระวัง

1. ไม่ใช้กราฟในการแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลหรือสรุปผลข้อมูล
2. ไม่ใช้กราฟในการแสดงถึงตัวแบบของข้อมูล

ประเภทของกราฟ	ลักษณะเฉพาะ
 กราฟแท่ง	• ใช้เมื่อมีข้อมูลมากกว่าหรือเท่ากับ 2 ข้อมูล โดยใช้การเปรียบเทียบที่พื้นที่ของกราฟ • ไม่เหมาะสมที่จะใช้ดูแนวโน้มในระยะยาว แต่เหมาะสำหรับข้อมูลในแต่ละช่วงเวลา
 กราฟเส้น	• ใช้สำหรับดูแนวโน้ม การพยากรณ์ในอนาคต หรือทำนายผลจากข้อมูลในอดีตได้ • ใช้ในการควบคุมแผนงานให้ได้ตามเป้าหมายที่ตั้งไว้
 กราฟวงกลม	• พื้นที่ของกราฟเท่ากับ 100% แต่ละส่วนที่แบ่งออกมาจะแสดงให้เห็นถึงอัตราส่วนในแต่ละส่วนประกอบของข้อมูลว่าเป็นกี่ส่วนขององค์ประกอบทั้งหมด
 กราฟใยแมงมุง	• เป็นกราฟรูปหลายเหลี่ยม ซึ่งจะแสดงการเปรียบเทียบปริมาณความมากน้อยของแต่ละส่วน โดยกำหนดตำแหน่งจุดลงในแต่ละเส้นแกนของกราฟ ใช้เปรียบเทียบก่อน-หลังการปรับปรุง หรือเมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป

รูปที่ 18 แสดงประเภทของกราฟ โดยขึ้นกับลักษณะของข้อมูลที่ต้องการวิเคราะห์



รูปที่ 19 แสดงขั้นตอนการสร้างกราฟ

5. ฮีสโตแกรม (Histogram) เป็นกราฟที่ใช้วิเคราะห์ความผันแปรของข้อมูลภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน (Within Condition) แสดงถึง ความผันแปรของข้อมูลที่ได้จากการวัดของการชักตัวอย่างในช่วงเดียวกันโดยมีการพิจารณาตามลำดับถึงรูปทรงการกระจายและแนวโน้มสู่ศูนย์กลาง (บรรจง จันทมาศ. 2546)

ข้อดี

1. ใช้จำแนกกลุ่มของข้อมูล เพื่อควบคุมกระบวนการและความสามารถของกระบวนการ

2. ใช้พิสูจน์สาเหตุของปัญหา โดยจะต้องนิยามจากข้อมูลวัดและจำนวนของข้อมูลที่แต่ละระดับของปัจจัยที่จะพิสูจน์จะต้องไม่ต่ำกว่า 30 ตัว

3. ใช้ศึกษาความสามารถของกระบวนการ เพื่อทำความเข้าใจได้ง่ายถึงการแจกแจงข้อมูล ตำแหน่งของข้อมูลและการกระจายตัวของข้อมูลที่ทำให้เข้าใจกระบวนการและปฏิบัติการแก้ไขได้

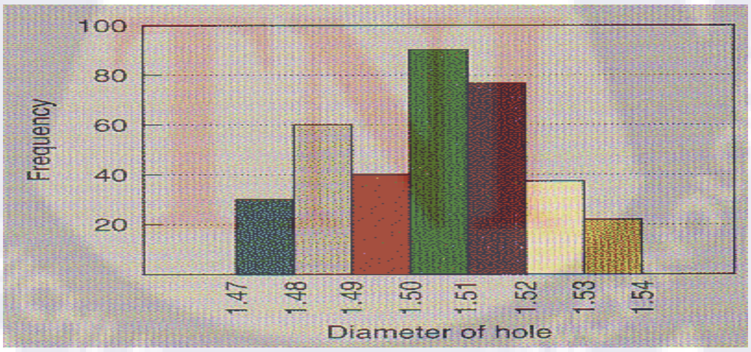
ข้อควรระวัง

1. ไม่ใช้ฮีสโตแกรมกับข้อมูลที่มีการจำแนกประเภท (Stratification)

2. ไม่ใช้ฮีสโตแกรมกับข้อมูลที่มีจำนวนน้อยเกินไป (ไม่ควรเกิน 30 ตัว) เนื่องจากฮีสโตแกรมจะอาศัยการกองตัวของข้อมูล

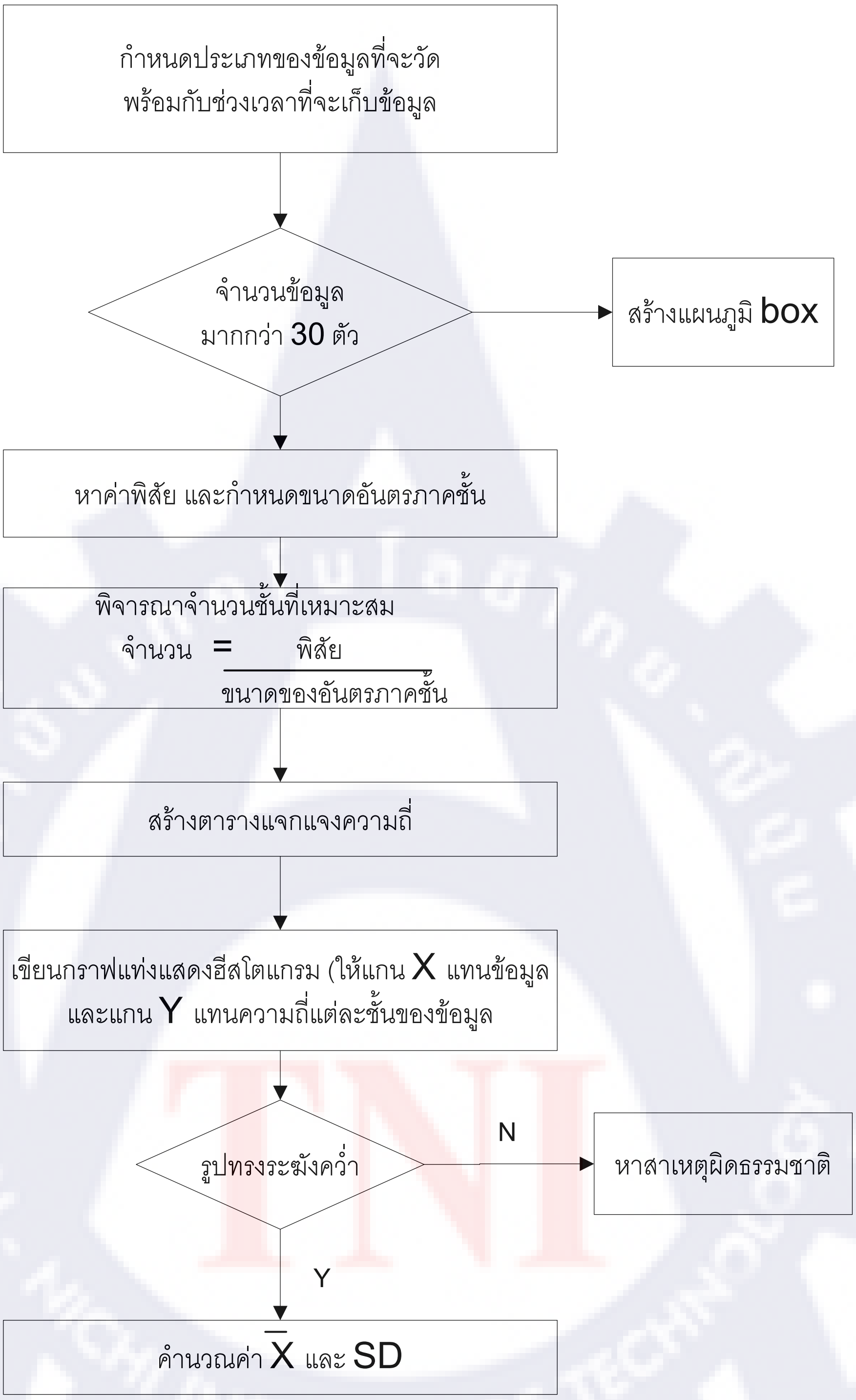
3. ไม่ใช้ฮีสโตแกรมในการแสดงถึงความแตกต่างของข้อมูล

ฮิสโตแกรม กราฟแท่งแบบเฉพาะโดยแกนตั้งจะเป็นตัวเลขแสดง ความถี่ และมีแกนนอนเป็นข้อมูลของคุณสมบัติของสิ่งที่เราสนใจ โดยเรียงลำดับจากน้อย ที่ใช้ดูความแปรปรวนของกระบวนการ โดยการสังเกตรูปร่างของฮิสโตแกรมที่สร้างขึ้นจากข้อมูลที่ได้มาโดยการสุ่มตัวอย่าง ดังรูปที่ 20 และรูปที่ 21 แสดงขั้นตอนการสร้างฮีสโตแกรม



รูปที่ 20 แสดงตัวอย่างฮิสโตแกรมของ Hole Diameters

ที่มา: M. Davis, Nicholas; J. Aquilano; and Richard, B. Chase. (2003).



รูปที่ 21 แสดงขั้นตอนการสร้างฮีสโตแกรม

6. ก้างปลา (Cause and Effect Diagram) คือ ผังหรือแผนภูมิที่ประกอบด้วยเส้นตรงหลายลักษณะประกอบกัน มีรูปร่างคล้ายก้างปลา เพื่อผูกสัมพันธ์อย่างเป็นระบบระหว่างต้นเหตุและผลของต้นเหตุเหล่านั้น ใช้เพื่อการค้นหาสาเหตุหรือต้นเหตุของการเกิดปัญหา ในกระบวนการแก้ไขปัญหา มีความจำเป็นต้องค้นหาถึงสาเหตุรากเหง้าของปัญหาเพื่อป้องกันการเกิดซ้ำของปัญหา โดยสาเหตุรากเหง้าต้องได้จากการสังเกตอาการปัญหาและรับทราบถึงสาเหตุเบื้องต้นเพื่อใช้แนวคิดของความคิดของความผันแปรผ่านวิธีคิดเชิงสถิติ เพื่อกำหนดสมมุติฐานของรากเหง้าสำหรับการดำเนินการพิสูจน์ต่อไป เป็นแผนภาพที่สามารถให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผล สำหรับปัญหาที่ทำการศึกษาแผนภาพนี้มีส่วนช่วยในการวิเคราะห์ปัญหาให้มีความง่ายและเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ (คะทซึยะ โฮโซตานิ. 2550)

ข้อดี

1. ใช้เป็นเครื่องมือในการดึงเอาความคิดเห็นของสมาชิกในกลุ่มให้ได้มากที่สุด เพื่อจะได้ครอบคลุมสาเหตุของการแก้ไขปัญหา

2. สามารถสืบค้นสาเหตุเกี่ยวกับความผันแปรที่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับปัจจัยที่ทำการพิจารณา โดยการสืบค้นจากคำถาม ทำไม? อย่างต่อเนื่อง จนพบสาเหตุรากเหง้า

3. เหมาะสมกับปัญหาที่เป็นแบบเรื้อรัง โดยการวิเคราะห์สาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมดจากสาเหตุด้านระบบ

4. ใช้เป็นเครื่องมือที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาต่างๆ

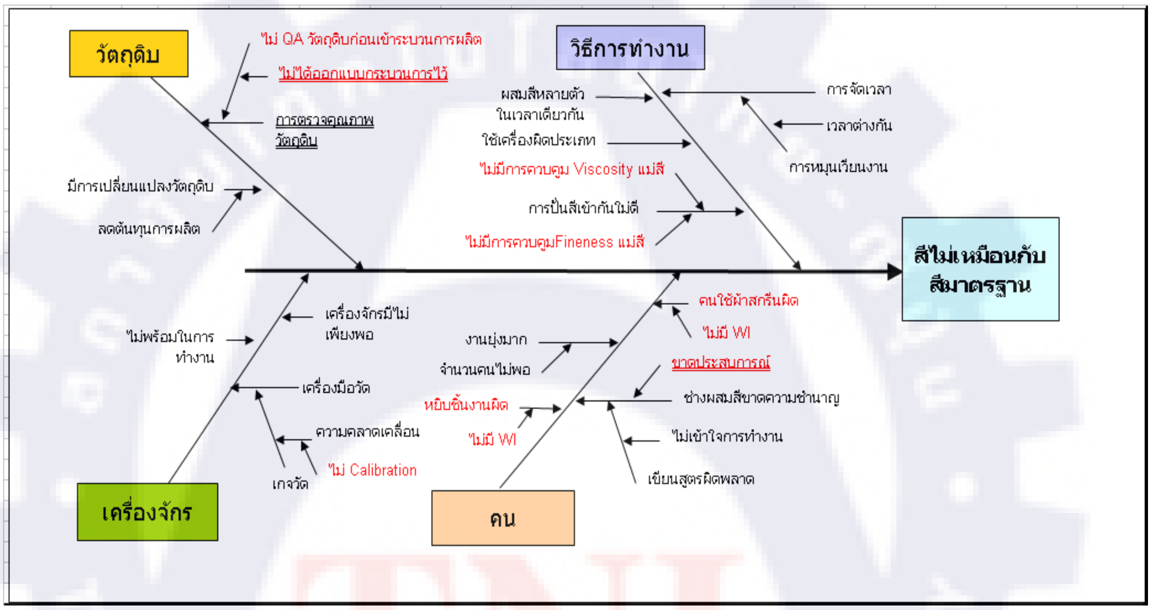
ข้อควรระวัง

1. ไม่ใช้ความต้องการของลูกค้ามาเป็นสาเหตุ เพราะความต้องการของลูกค้า คือจุดประสงค์ของกระบวนการ

2. ไม่ใช้พฤติกรรมของลูกค้ามาเป็นสาเหตุ

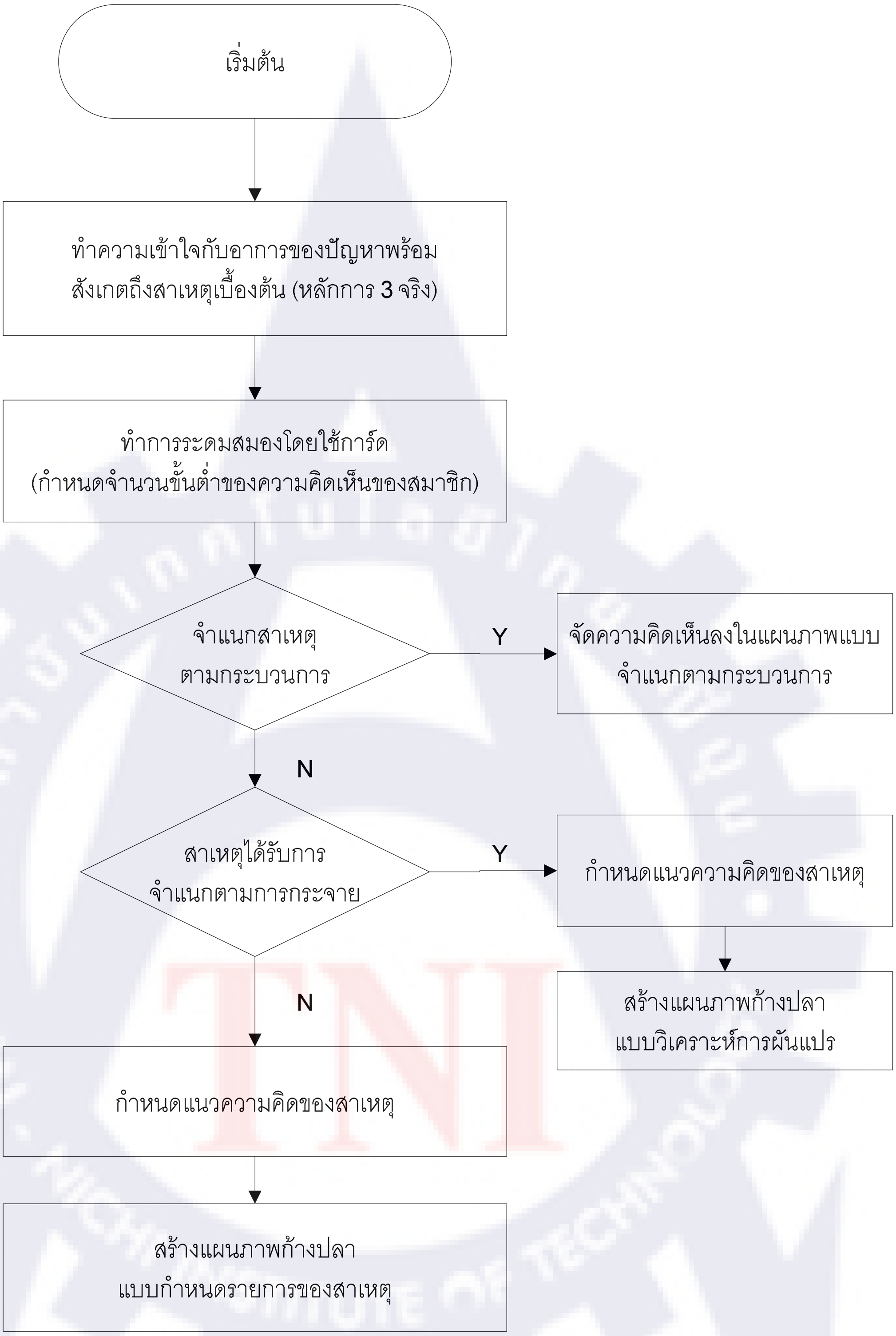
หลักการเบื้องต้นของแผนภูมิก้างปลา (Fishbone Diagram) คือ การใส่ชื่อของปัญหาที่ต้องการวิเคราะห์ ลงทางด้านขวาสุดของแผนภูมิ โดยมีเส้นหลักตามแนวยาวของกระดูกสันหลัง จากนั้นใส่ชื่อของปัญหาย่อย ซึ่งเป็นสาเหตุของปัญหาหลัก 3 - 6 หัวข้อ โดยลากเป็นเส้นก้างปลา (Sub-Bone) ทำมุมเฉียงจากเส้นหลัก เส้นก้างปลาแต่ละเส้นให้ใส่ชื่อของสิ่งที่ทำให้เกิดปัญหานั้นขึ้นมา ระดับของปัญหาสามารถแบ่งย่อยลงไปได้อีก ถ้าปัญหานั้นยังมีสาเหตุที่เป็นองค์ประกอบย่อยลงไปอีก โดยทั่วไปมักจะมีการแบ่งระดับของสาเหตุย่อยลงไปมากที่สุด 4 – 5 ระดับ เมื่อมีข้อมูลในแผนภูมิที่สมบูรณ์แล้ว จะทำให้มองเห็นภาพขององค์ประกอบทั้งหมด

ที่จะเป็นสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น แผนภูมิก้างปลาสามารถนำไปใช้ได้ทั้งในกรณีของบุคคล หรือกลุ่ม งาน การใช้งานโดยทั่วไป ดังรูปที่ 22 หัวหน้าทีมจะเขียนแผนภูมิก้างปลาบนกระดานดำ โดยใส่หัวข้อของปัญหาหลักลงไปก่อน แล้วจึงปรึกษากับทีมงานถึงสาเหตุหลักของปัญหา เพื่อเขียนต่อลงไปจากแนวแกนของปัญหาหลัก ทีมงานจะช่วยกันเสนอปัญหาทั้งหมด และช่วยกันตัดสินในการระบุปัญหาหลัก และอาจจะเขียนวงกลมเพื่อแสดงแต่ละหัวข้อโดยทำเป็นลำดับจนได้แผนภูมิที่ครบถ้วนสมบูรณ์ Ishikawa Diagram เป็นเครื่องมือคุณภาพที่มีการใช้กันมากชนิดหนึ่ง เนื่องจากสามารถมองเห็นภาพได้ง่าย สามารถใช้รวบรวมความคิดเห็นของกลุ่มได้อย่างเป็นระบบ ทำให้มีความเข้าใจ และนำไปใช้วินิจฉัยปัญหาได้ในที่สุด และรูปที่ 23 แสดงขั้นตอนการสร้างแผนภาพก้างปลา



รูปที่ 22 แสดงตัวอย่างผังเหตุและผลคำตำหนิของลูกค้าในร้านอาหาร

ที่มา : M. Davis, Nicholas; J. Aquilano, and Richard, B. Chase. (2003).



รูปที่ 23 แสดงขั้นตอนการสร้างแผนภาพก้างปลา

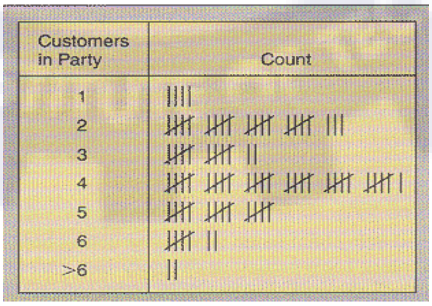
7. แผ่นตรวจสอบ (Check Sheet) แผ่นตรวจสอบเป็นเอกสารที่อยู่ในรูปตาราง แบบฟอร์ม หรือแผ่นภาพ ที่ออกแบบให้มีลักษณะที่ง่ายต่อการจดบันทึกข้อมูล ง่ายต่อการจำแนกข้อมูลและง่ายต่อการวิเคราะห์ผล หรืออาจจะมีลักษณะเป็นตารางแสดงรายละเอียดต่างๆ ที่ต้องการตรวจสอบไว้พร้อมแล้ว สามารถนำไปใช้งานได้โดยไม่ต้องกรอกรายละเอียดใหม่ เพียงแต่กาเครื่องหมายลงไปในช่องที่ตรงกับรายละเอียดที่จัดไว้ เป็นเครื่องมือที่ถูกนำมาใช้เพื่อบันทึกเก็บข้อมูลว่าตรวจสอบแล้วมีจุดบกพร่องเท่าไร หรือเพื่อใช้ตรวจสอบตามหัวข้อที่กำหนดไว้ให้ตรวจล่วงหน้าแล้วตรวจตามลำดับหัวข้อนั้นๆ ดังนั้นจึงควรออกแบบแผ่นตรวจสอบให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของการเก็บรวบรวมข้อมูลและลักษณะของข้อมูลให้ชัดเจน รูปที่ 25 แสดงขั้นตอนการสร้างใบตรวจสอบ ควรลำดับหัวข้อการตรวจให้สอดคล้องกับลำดับการทำงาน โดยสามารถตรวจสอบข้อมูลได้ทันทีและทุกครั้งที่กรอกข้อมูลในแผ่นตรวจสอบ ดังรูปที่ 24 นอกจากนี้ควรระบุที่มาหรือภูมิหลังของข้อมูลในแผ่นตรวจสอบ เช่น ชื่อผลิตภัณฑ์ ชื่อขั้นตอนการผลิต ชื่อผู้ตรวจ และวันที่ตรวจ เป็นต้น (Foster, S. Thomas. 2004)

ข้อดี

1. ใช้ในการแสดงถึงความผันแปรของข้อมูล
2. ใช้ใบตรวจสอบที่มีความเหมาะสมกับข้อมูลที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การตัดสินใจ
3. ใช้ใบตรวจสอบที่ได้รับการออกแบบถึงแหล่งความผันแปรที่ต้องการศึกษา

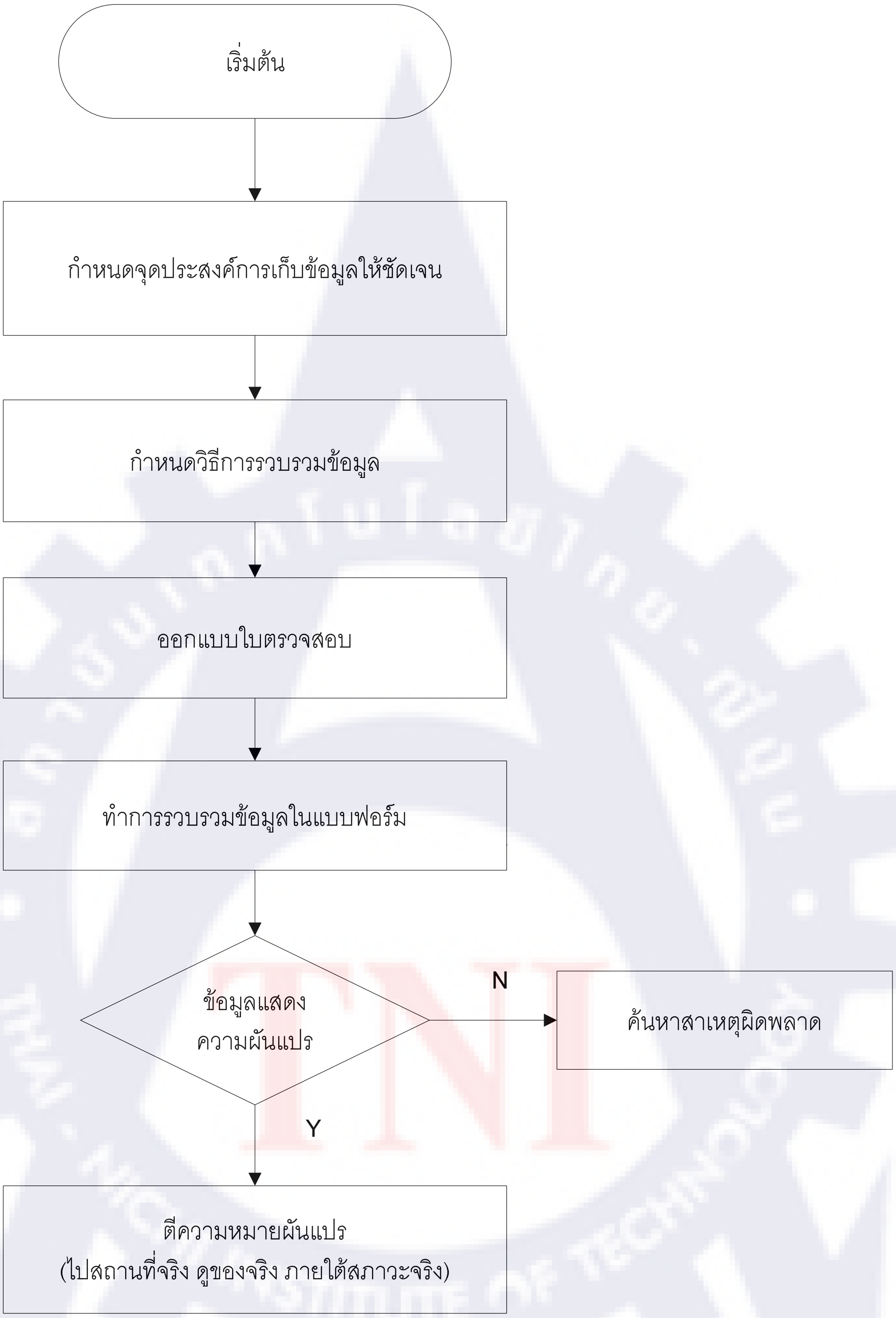
ข้อควรระวัง

1. ไม่ใช้ในการแสดงผลการบันทึกข้อมูลเพียงอย่างเดียว
2. ไม่ใช้ในการอธิบายความผันแปรโดยขาดการกำหนดถึงจุดประสงค์ที่ชัดเจน เพราะจะทำให้ไม่สามารถกำหนดประเภทของข้อมูลสำหรับใบตรวจสอบที่เหมาะสม
3. ไม่ใช้ใบตรวจสอบที่ขาดการออกแบบให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ของการตัดสินใจ เพราะทำให้ตัดสินใจยาก



Customers in Party	Count
1	||||
2	卌 卌 卌 卌 |||
3	卌 卌 ||
4	卌 卌 卌 卌 卌 卌 |
5	卌 卌 卌
6	卌 ||
>6	||

รูปที่ 24 แสดงตัวอย่างใบตรวจสอบสำหรับ Group Size ในภัตตาคาร



รูปที่ 25 แสดงขั้นตอนการสร้างใบตรวจสอบ

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาในหัวข้อ “การศึกษาการลดปริมาณผลิตภัณฑ์บกพร่องในกระบวนการผลิตหมึกพิมพ์ยูวี” เป็นงานศึกษาในโรงงานอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาคุณภาพในกระบวนการการผลิต ซึ่งที่ผ่านมามีงานวิจัยหลายเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการศึกษาในแนวทางนี้ โดยจะมีแนวทางการแก้ไขหรือดำเนินงานที่แตกต่างกันออกไป ดังต่อไปนี้

ธีรเดช เรืองศรี (2550 ได้ทำการศึกษา การพัฒนากระบวนการควบคุมการพิมพ์กล่องบรรจุภัณฑ์ เนื่องจากกระบวนการควบคุมการพิมพ์เดิมไม่มีการกำหนดระดับปัจจัยอย่างชัดเจน ส่งผลให้ปริมาณของเสียเป็นจำนวนมาก นำหลักการควบคุมคุณภาพและการออกแบบมาใช้ในการพัฒนากระบวนการควบคุมการพิมพ์ ส่วนแรกเป็นการพัฒนาประสิทธิภาพกระบวนการควบคุมการพิมพ์เพื่อลดจำนวนของเสีย โดยทำใบตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบและความพร้อมพิมพ์ แบบฟอร์มการบำรุงรักษาเครื่องจักรและขั้นตอนการปฏิบัติงาน ส่วนที่สองเป็นการลดความสูญเปล่าโดยพัฒนาประสิทธิภาพกระบวนการพิมพ์ จากการพัฒนากระบวนการควบคุมการพิมพ์ทั้ง 2 ส่วน ได้นำขั้นตอนการปฏิบัติงานและระดับปัจจัยที่เหมาะสมไปใช้กับกระบวนการพิมพ์จริง พบว่า จำนวนของเสียจากเดิม 8,469 แผ่นต่อเดือน เหลือของเสียเฉลี่ย 5,274 แผ่นต่อเดือน และลดค่าใช้จ่ายจากของเสียลงได้180,198 บาทต่อปี

วุฒิพงษ์ ปะวะสาร (2549) ได้ทำการศึกษา เพื่อลดข้อบกพร่องที่เกิดจากกระบวนการผลิตกางเกงและเสนอวิธีการแก้ปัญหาตามหลักการของคิวซีสตอรี่ รวมทั้งวิธีทางสถิติเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ปัญหา จากการศึกษาพบว่า มีการเกิดอาการตะเข็บไม่แน่น โดยมีปัญหาที่บริเวณตะเข็บข้างมากที่สุดสมควรที่จะได้รับการแก้ไขเป็นอันดับแรก ซึ่งเกิดจากกระบวนการเย็บเข้าข้างตัวกางเกงที่ใช้เครื่องจักรเข็มเดี่ยวชนิดฝีเข็มลูกโซ่ ที่มีระยะฝีเข็มที่ห่างไม่เหมาะสมกับการเย็บ ในตะเข็บข้างและบริเวณที่เป็นผ้าหนา แต่เนื่องจากเป็นความต้องการของลูกค้าจึงไม่สามารถเปลี่ยนชนิดฝีเข็มได้ จากการวิเคราะห์สาเหตุรากเหง้าของปัญหา ทำให้ทราบว่า สาเหตุที่การเกิดข้อบกพร่องนี้มาจากอุปกรณ์ปรับความตึงของด้าย จึงทำการออกแบบและสร้างอุปกรณ์ปรับความตึงของด้ายใหม่ ซึ่งผลที่ได้ คือ สามารถลดข้อบกร่องจากเดิม 1.17 จุดบกพร่องต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ (Defect Per Unit : DPU) ลดลงมาที่ 0.21 DPU โดยเป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนด คือ น้อยกว่า 0.5 DPU และทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงานเพื่อมาซ่อมงานได้ถึง 132,684.13 บาทต่อปี โดยสามารถคืนทุนได้ภายใน 31 วัน รวมทั้งส่งผลให้มีผลผลิตเพิ่มขึ้นอีก 2%

ขราวุธ ภู่เล็ก (2548) ได้ทำการศึกษา การควบคุมคุณภาพเพื่อลดของเสียในโรงงานบรรจุภัณฑ์ พบว่า ปัญหาของเสียที่เกิดขึ้น 5 ปัญหา มาทำการแก้ไข คือ กระบวนการรับวัสดุการผลิต กระบวนการพิมพ์ กระบวนการไดคัท และกระบวนการเซาะร่อง มีเป้าหมายลดของเสีย จากเดิม 20 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้เทคนิค Q.C 7 Tool ผลการศึกษาจากกลุ่มตัวอย่าง

จำนวน 10,000 แผ่นพบของเสีย 522 แผ่น คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของเสียรวมเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นทำการปรับปรุงและเก็บข้อมูล จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 10,000 แผ่น พบของเสีย 244 แผ่นคิดเป็นเปอร์เซ็นต์รวมของเสียรวมลดลง 46.47 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้งบการปรับปรุงทั้งหมด 29,500 บาท และสามารถคืนทุนที่ประมาณ 3.3 เดือน และสามารถลดต้นทุนที่เกิดจากของเสียปีละประมาณ 106,752 บาท/ปี สรุปได้ว่า การดำเนินการตามโครงงานนี้สามารถของเสียรวมในกระบวนการผลิตกล่องกระดาษลงทั้งสิ้น 46.76 เปอร์เซ็นต์ เป็นไปตามเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้

ภิรมย์ ลี้สุวรรณ์ (2548) ได้ทำการศึกษา เพื่อควบคุมคุณภาพบริการงานบริการผู้ป่วยนอกโรงพยาบาลนครชัยศรีโดยประเมินจากความพึงพอใจต่อคุณภาพบริการ กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้รับบริการงานบริการผู้ป่วยนอกจำนวน 264 คน พบว่า ผู้รับบริการมีความพึงพอใจโดยรวมและรายด้านเพิ่มขึ้นหลังควบคุมคุณภาพโดยใช้แผนภูมิควบคุม (Control Chart) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 เมื่อพิจารณาความพึงพอใจก่อนการควบคุมคุณภาพ (X = 3.52, S.D = .45) และหลังการควบคุมคุณภาพ ความพึงพอใจ (X = 3.76, S.D = .40) การนำแผนภูมิควบคุมมาใช้ในการควบคุมคุณภาพงานบริการ เหมาะสำหรับข้อมูลคะแนนการประเมินมาตรฐานที่มีการกำหนดคุณภาพหลายระดับและเป็นข้อมูลต่อเนื่องรูปแบบของข้อมูลที่ได้จากการศึกษาด้วยแผนภูมิควบคุมสามารถนำไปใช้ประกอบการตัดสินใจในการวางแผนและปรับปรุงการดำเนินงานงานบริการผู้ป่วนนอก และในส่วนของการจัดบริการควรมีการจัดเจ้าหน้าที่ให้คำแนะนำขั้นตอนในการรับบริการและเพิ่มการกำหนดช่วงเวลาที่ผู้รับบริการจะได้รับการตรวจเพื่อให้ผู้รับบริการรู้สึกว่าไม่ต้องรอนานและเกิดความพึงพอใจเพิ่มขึ้น

เพียงนภา นวลแพง (2545) ได้ทำการศึกษา การลดของเสียในสายการผลิตแกนกระดาษคราฟท์ โดยพัฒนากระบวนการและเครื่องมือที่ใช้ในการควบคุมการผลิต ให้มีประสิทธิภาพสามารถลดของเสีย พบว่า มีปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต 1.60 และมีปริมาณของเสียจากแกนกระดาษไม่ได้คุณภาพ 44.84 รองลงมา คือ แกน SLIP 36.59 จากของเสียทั้งหมด ซึ่งปัจจัยที่แกนกระดาษไม่ได้คุณภาพ คือ กระดาษที่เป็นวัตถุดิบมีปริมาณความชื้นสูงเกินค่ามาตรฐาน (มอก.) ปัจจัยของเสียที่เกิดจากแกน SLIP คือ การปรับค่าความตึง (Tension) ความเร็ว (Speed) และมุมซ้อนทับของแกนกระดาษของพนักงานที่ปรับแต่งโดยใช้ประสบการณ์ ได้แก้ไขปรับปรุงสำหรับการลดปริมาณของเสีย พบว่า มีปริมาณสัดส่วนของเสียลดลงจาก 1.62 เหลือ 0.67 โดยสามารถลดปริมาณของเสียที่เกิดจากแกนไม่ได้คุณภาพ และแกนล่อนจากเดิม 12,267 กก. และ 248 กก. ลดลงเหลือ 0 กก. คิดเป็นสัดส่วนลดลง 100 ส่วนของเสียที่เกิดจากแกน SLIP และการ Start up ลดลงจากเดิม 10,016 กก. และ 4,846 กก. ลดลงเหลือ 9,872 กก.และ 1,658 กก.

เดชาคม บุญมา (2545) ได้ทำการศึกษาการออกแบบการจัดการข้อร้องเรียนจากลูกค้าของบริษัทแห่งหนึ่งซึ่งทำการผลิตเหล็กแผ่นรีดเย็น เพื่อลดระยะเวลาการดำเนินการข้อร้องเรียน โดยเริ่มตั้งแต่กระบวนการตรวจสอบข้อร้องเรียนของลูกค้าที่เกิดจากผลิตภัณฑ์ที่ไม่ตรงตามคุณภาพ การวิเคราะห์สาเหตุและการแก้ปัญหาเพื่อป้องกันการเกิดซ้ำของผลิตภัณฑ์ที่ไม่ตรงตามคุณภาพ รวมถึงการออกแบบฐานข้อมูลเพื่อช่วยในการวิเคราะห์และป้องกันการเกิดซ้ำของผลิตภัณฑ์ที่ไม่ตรงตามคุณภาพ นำการวิเคราะห์แผนภูมิแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) ใช้เพื่อวิเคราะห์ระบบการจัดการข้อร้องเรียนของลูกค้า และระบุประเด็นหลักโดยอาศัยการวิเคราะห์แบบพาเรโต (Pareto) และการใช้แนวคิดในการกำจัดของเสีย (3M, Muri, Mura, Muda) เพื่อการออกแบบระบบการจัดการข้อร้องเรียนโดยรวม ทำการเปรียบเทียบก่อนและหลังการใช้ระบบการจัดการข้อร้องเรียนที่ถูกออกแบบขึ้น ผลการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่า ลดระยะเวลาโดยเฉลี่ยของการดำเนินการข้อร้องเรียนจากลูกค้าลง 39.7 วันจาก 69.3 วัน หรือ 56.9% นอกจากนี้ยังเกิดผลพลอยได้จากการลดค่าใช้จ่ายในการชดเชยผลิตภัณฑ์ที่ไม่ตรงตามคุณภาพ ลง 3.6 ล้านบาท หรือ 63.46% ในช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษา ข้อสังเกตจากการวิจัยครั้งนี้ คือ ระบบการจัดการข้อร้องเรียนดังกล่าว ยังสามารถที่นำไปประยุกต์ใช้ได้อีกหลายหน่วยงานในอนาคต

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานสารนิพนธ์

ในบทนี้จะกล่าวถึงการแก้ไขปัญหากระบวนผสมหมึกพิมพ์ยูวี โดยคำนึงถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ได้คุณภาพตรงตามมาตรฐาน ทั้งนี้และทั้งนั้นการพัฒนากระบวนการควบคุมการผลิตหมึกพิมพ์เพื่อลดความสูญเสีย ลดค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่เกิดขึ้น ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยลดต้นทุนการผลิตและที่สำคัญอย่างยิ่งและช่วยสร้างความน่าเชื่อถือแก่ลูกค้า อาศัยวิธีทางสถิติเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ปัญหาแบบคิวซีสตอรี่ เพื่อหาแนวทางการแก้ไขปัญหาดังกล่าว พร้อมกับประเมินผลจากการแก้ไขปัญหา

วิธีการดำเนินงานศึกษา

1. ศึกษาสภาพทั่วไปและเก็บรวบรวมข้อมูลเบื้องต้น
2. สำรวจงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
3. ศึกษาการผลิตหมึกสกรีนยูวี ตลอดจนวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพในกระบวนการผลิตหมึกพิมพ์ยูวีในปัจจุบัน โดยหลักการของใช้กราฟ แผนภูมิพาเรโต (Parato Diagram) แสดงปริมาณของเสีย การสำรวจความผันแปรของปัญหาหลักโดยการใช้ Control Chart การสำรวจสภาพปัจจุบัน ใบตรวจสอบ (Check Sheet) เพื่อสำรวจหาความผิดปกติของการผลิต ผังก้างปลา (Cause and Effect Diagram)
4. การเสนอมาตรการแก้ไข
5. วิเคราะห์ ประมวลผล สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ
6. จัดทำรูปเล่มสารนิพนธ์

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

1. กราฟแท่ง (Graph) แสดงปริมาณของเสียที่เกิดจากปัญหาผลิตภัณฑ์ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด
2. แผนภาพพาเรโต (Parato) แสดงการจำแนกประเภทของปัญหา
3. แผนภูมิควบคุม (Control Chart) แสดงข้อมูลมีลักษณะสุ่มและกระจายตัวเป็นรูปทรงปกติ (Normal)
4. ใบตรวจสอบ (Check Sheet) เพื่อสำรวจหาความผิดปกติของการผลิต
5. แผนภาพก้างปลา (Cause and Effect Diagram) แสดงการวิเคราะห์สาเหตุรากเหง้าของปัญหา

วิธีการทดสอบ

การทดสอบหมึกพิมพ์เพื่อลดการบกพร่องของหมึกพิมพ์ยูวี แบ่งออกเป็น 3 ส่วน โดยสุ่มตัวอย่างหมึกพิมพ์ 10 กรัม จาก Lot การผลิต มีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

1. การทดสอบเฉดสีของหมึกพิมพ์ยูวี

ปาดหมึกพิมพ์ยูวี ด้วยยางปาด ความแข็ง 80 Shore ผ่านผ้าสกรีน NO. P-120 ลงบนชิ้นงานกระดาษ ขาว-ดำ ผ่านการแห้งตัวด้วยเครื่องอบยูวี (UV Dryer) เปรียบเทียบเฉดสีกับ Standard Lot ล่าสุดสังเกตหมึกพิมพ์ที่สกรีน

2. การทดสอบความเงาของหมึกพิมพ์ยูวี

ปาดหมึกพิมพ์ยูวี ด้วยยางปาดความแข็ง 80 Shore ผ่านผ้าสกรีน NO. P-120 ลงบนชิ้นงานกระดาษ ขาว-ดำ ผ่าน การแห้งตัวด้วยเครื่องอบยูวี (UV Dryer) วัดค่าความเงาของหมึกพิมพ์บริเวณที่สกรีนโดยใช้เครื่อง Micro-TRI-Gloss

3. การทดสอบความหนืดของหมึกพิมพ์ยูวี

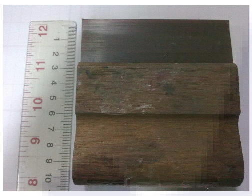
วัดค่าความหนืด โดยนำหมึกพิมพ์ยูวี ใช้เครื่อง Viscometer เปรียบเทียบกับความหนืดของตัวอย่างที่เก็บไว้

วิธีการตรวจสอบ

1. ทดสอบเฉดสีของหมึกพิมพ์ยูวี สังเกตหมึกพิมพ์ที่สกรีน หมึกยูวีมีเฉดสีใกล้เคียงกับ Standard Lot ล่าสุด
2. ทดสอบความเงาของหมึกพิมพ์ยูวี หมึกพิมพ์ยูวีที่มีความเงา เมื่อพิมพ์บนชิ้นงานค่าความเงาอยู่ในช่วงที่กำหนด คือ 70-90 GU
3. ทดสอบความหนืดของหมึกพิมพ์ยูวี หมึกยูวีที่ความหนืดเหมาะสม ค่าความหนืดอยู่ในช่วงที่กำหนด คือ 2500 ± 250 cP

อุปกรณ์ในการทดสอบ

1. ผ้าสกรีน NO. P-120
ขนาด 4 x 6 cm



2. ยางปาด ความแข็ง 80 Shore

3. ชิ้นงานกระดาษ ขาว-ดำ
ขนาด 6 x 7.5 cm

4. เครื่อง Tri Gloss Meter

5. เครื่อง Viscometer (Brookfield & (Haake)

รูปที่ 26 แสดงอุปกรณ์ในการทดสอบ

เครื่องมือสำหรับทดสอบ

ชื่อเครื่องมือ : HAAKE Viscometer

รุ่น : VT 550

ผู้ผลิต : LMS Instrument co.,ltd.

สำหรับ : วัดค่าความหนืด

หน่วยวัด : 1 (mPa.s) = 1 (cP) , 10 mPa.s / Pa.s = 1%

การสอบเทียบ : Standard Oil 4580 mpas และ 41320 mpas

วิธีการ **Calibrate** เครื่อง HAAKE Viscometer

1. Set อุณหภูมิที่เครื่องควบคุมที่อุณหภูมิ 25°C
2. รอจนอุณหภูมิหน้าจอเครื่อง HAAKE Viscometer ปรากฎอุณหภูมิ 25°C
3. ดูด Standard Oil ใส่ Syring ปริมาณ 0.1 ml
4. Set ค่า d = 5

   Ò = 9
5. ฉีด Standard Oil ลงบนแท่นใส่ Sample
6. ยกแท่นวัดขึ้น จนสัมผัสกับหัววัด
7. กดปุ่ม **Start** เพื่อวัดความหนืดในช่วงเวลา 15 วินาที เพื่อหาค่าเฉลี่ย
8. กดปุ่ม **Stop** เพื่อหยุดทำงาน
9. คลายล็อค หมุนแท่นลง ทำความสะอาด
10. ทำการวัดซ้ำ 3 ครั้ง

หมายเหตุ : Standard Oil ที่นำมาวัดต้องมีอุณหภูมิ 25°C

ชื่อเครื่องมือ : Viscometer

รุ่น : LVDV-II+

ผู้ผลิต : Brookfield

สำหรับ : วัดค่าความหนืด

หน่วยวัด : 1 (mPa.s) = 1 (cP)

การสอบเทียบ : Silicone Viscosity Standard

วิธีการ Calibrate เครื่อง Viscometer

1. ปรับระดับลูกน้ำด้านบนของเครื่องให้อยู่ในวงกลม โดยปรับที่ขาตั้ง 3 มุมของฐาน
2. เปิดสวิทซ์ **Power On** ด้านหลังเครื่อง
3. รอจนหน้าจอแสดงผลโชว์ **"REMOVE SPINDLE / PRESS AND KEY"**
4. กดปุ่มใดปุ่มหนึ่งที่หน้าปัทม์ เครื่องจะโชว์ **"Autozeroing Viscometer"** ซึ่งเครื่องจะปรับศูนย์อัตโนมัติ รอประมาณ 15 วินาที จนเครื่องโชว์ **"REMOVE SPINDLE / PRESS AND KEY"** และกดปุ่มใดปุ่มหนึ่งอีกครั้งหนึ่ง
5. ใส่เข็ม (Spindle) เพื่อวัดค่าความหนืดของสารตัวอย่าง

การหาสภาวะที่เหมาะสมในการวัดค่าความหนืด

1. เลือกเข็ม (Spindle) ให้เหมาะสม (เข็มเบอร์ 1 เหมาะกับสารตัวอย่างที่มีความหนืดน้อยๆ และเบอร์มากขึ้นใช้สำหรับสารที่มีความหนืดมากขึ้น)
2. เลือกความเร็ว (Speed) ให้เหมาะสม โดยดูที่เปอร์เซ็นต์เป็นหลัก ให้ค่าที่อ่านได้ใกล้ 100% มากที่สุดหรือค่าเปอร์เซ็นต์สูงที่สุดเท่าที่จะทำได้

หมายเหตุ : ภาชนะใส่สารตัวอย่างใช้บีกเกอร์ทรงเตี้ยขนาด 600 ml และใส่สารตัวอย่าง 500 ml

ชื่อเครื่องมือ : Micro-TRI-Gloss μ with Standard Holder
รุ่น : 4528
ผู้ผลิต : BYK Additive & Instruments
สำหรับ : วัดค่าความเงา
หน่วยวัด : Gloss Unit (GU)
การสอบเทียบ :

Measurement geometry	: 20°	60°	85°
Measurement area	: 9x9	9x18	7x42 mm
Measurement range	: 0-180	0-150	0-120 Gloss Units

วิธีการ Calibrate เครื่อง Micro-TRI-Gloss μ with Standard Holder

1. กดปุ่ม Mode เพื่อเปิดเครื่อง (โดยจะต้องวางเครื่องไว้ในแท่นรองเครื่อง)

2. หน้าจอจะแสดงคำว่า **“Calibration”** จึงกดปุ่ม **“Operate”** จากนั้นเครื่องจะทำการวัดค่าที่องศาต่างๆ คือ 20° 60° และ 80° บันทึกค่าที่ได้

3. หน้าจอจะแสดงผลคำว่า **“Calibration Change Std.”** เพื่อทำการเปลี่ยน Standard

4. ให้นำเครื่องออกจากกรอบแล้ววางไว้บนแผ่นที่มีคำว่า **NFe** ซึ่งหมายถึง Std. ทำการวัดค่าโดยกดปุ่ม **Operate**

5. หน้าจอจะแสดงผลคำว่า **“Infinite Cal. Air”** ให้ยกเครื่องออกจากแผ่น **NFe** แล้ววางไว้บนอากาศ ทำการวัดค่าโดยกดปุ่ม **Operate** เครื่องจะทำการวัดค่าบนอากาศ บันทึกค่าที่ได้

6. เครื่องจะแสดงผลคำว่า **“Calibration Done”** แสดงว่า Calibrate เสร็จเรียบร้อย

หมายเหตุ : Accuracy $\leq$ 1 GU in The Range 0-100 GU

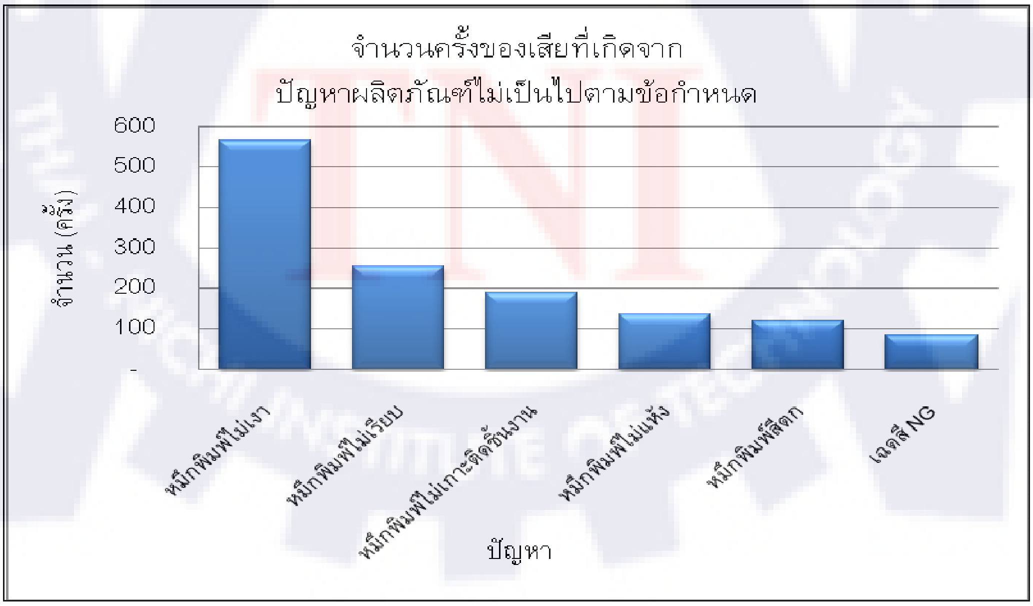
การกำหนดหัวข้อปัญหา

จากความคาดหวังของลูกค้าที่กำหนดเป็นมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ นำมาซึ่งการกำหนดเป็นมาตรฐานสำหรับการผลิต เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ตรงกับความต้องการของลูกค้า และจากการสำรวจสภาพการเกิดปัญหาผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดโดยสำรวจข้อมูลจากการตรวจสอบของแผนก QA ย้อนหลัง 6 เดือน (พฤศจิกายน 2551 ถึง เมษายน 2552) พบจำนวนครั้งของการเกิดปัญหาและปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นจากแต่ละหัวข้อดัง ตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงจำนวนครั้งและปริมาณของเสียที่เกิดจากปัญหาผลิตภัณฑ์ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด (ข้อมูลเฉลี่ยเดือนพฤศจิกายน 2551 ถึง เมษายน 2552)

ลำดับ	ปัญหา	พ.ย-51		ธ.ค-51		ม.ค-52		ก.พ-52		มี.ค-52		เม.ย-52		รวม	
		ครั้ง	(kg)	ครั้ง	(kg)	ครั้ง	(kg)	ครั้ง	(kg)	ครั้ง	(kg)	ครั้ง	(kg)	ครั้ง	(kg)
1	หมึกพิมพ์ไม่เรียบ	-	-	7	140	6	90	1	40	3	30	1	70	15	340
2	เฉดสีไม่เหมือน	-	-	-	-	1	40	-	-	1	30	1	15	3	85
3	หมึกพิมพ์ไม่เงา	4	85		106	5	80	3	110	2	80	3	105	23	566
4	หมึกพิมพ์ไม่ทนสารเคมี	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	หมึกพิมพ์หนืด	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	หมึกพิมพ์สีซีด	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	หมึกพิมพ์สีตก	-	-	1	25	-	-	2	55	1	40	-	-	4	120
8	หมึกพิมพ์ไม่เกาะติดชิ้นงาน	-	-	4	80	3	40	3	110	-	-	-	-	10	230
9	หมึกพิมพ์เป็นเม็ด	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	หมึกพิมพ์ไม่แห้ง	6	110	-	-	-	-	-		2	75	-	-	8	185

จากข้อมูลการสำรวจสภาพปัญหาตามตารางที่ 3 พบว่า ปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง (ปัญหาเรื้อรัง) คือ ปัญหาค่าความเงาของหมึกพิมพ์ต่ำกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ โดยสามารถแสดงข้อมูลตามตารางที่ 3 ในรูปแบบของกราฟได้ดังรูปที่ 27



รูปที่ 27 กราฟแท่งแสดงปริมาณของเสียที่เกิดจากปัญหาผลิตภัณฑ์ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด

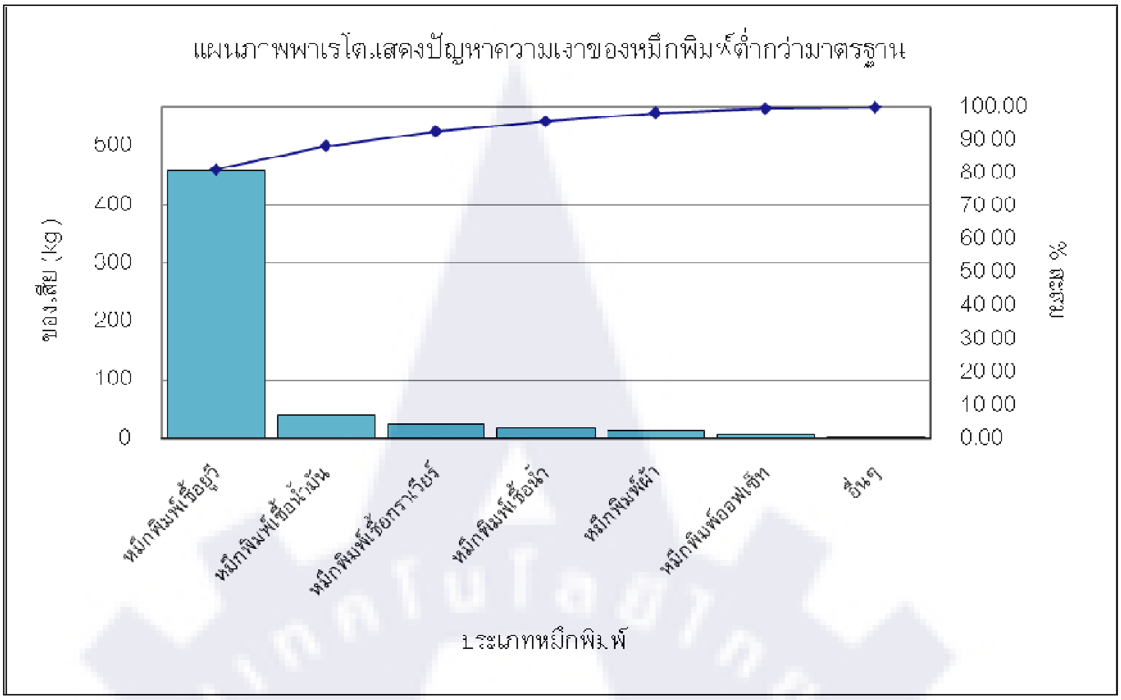
จากรูปที่ 27 แสดงให้เห็นถึงผลกระทบด้านของเสียที่เกิดจากปัญหาความเงาของหมึกพิมพ์ต่ำกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ ทำให้เกิดปริมาณของเสียสูงที่สุดซึ่งจะสะท้อนให้เห็นถึงต้นทุนที่ต้องสูญเปล่าไปกับปัญหาดังกล่าว

การจำแนกประเภทของปัญหา

จากสภาพปัญหาที่เกิดจากการบกพร่องของหมึกพิมพ์ยูวี นำมาซึ่งการสำรวจเพื่อการกำหนดหัวข้อปัญหาความเงาของหมึกพิมพ์ต่ำกว่ามาตรฐาน ในการดำเนินการแก้ไขด้วยกระบวนการ คิวซีสตอรี่ ซึ่งจากข้อมูลในตารางที่ 3 พบว่า ปัญหาความเงาของหมึกพิมพ์ต่ำกว่าค่าที่กำหนด มีความถี่สูงที่สุด คือ 23 ครั้ง ในรอบ 6 เดือน (พฤศจิกายน 2551 ถึง เมษายน 2552) และทำให้เกิดปริมาณของเสียที่สูงถึง 566 kg ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวสามารถแยกพิจารณาตามประเภทของหมึกพิมพ์ชนิดได้ดังตารางที่ 4 และนำเสนอเป็นแผนภาพพาเรโต ได้ดังรูปที่ 28

ตารางที่ 4 แสดงปริมาณของเสียจากความเงาของหมึกพิมพ์ต่ำกว่ามาตรฐานแยกตามประเภทของผลิตภัณฑ์ (ข้อมูลของเสียรวมของเดือนพฤศจิกายน 2551 – เมษายน 2552)

ประเภทหมึกพิมพ์	kg	%	% สะสม
หมึกพิมพ์ยูวี	460	81.27	81.27
หมึกพิมพ์เชื้อน้ำมัน	40	7.07	88.34
หมึกพิมพ์เชื้อกราเวียร์	25	4.42	92.76
หมึกพิมพ์เชื้อน้ำ	17	3.00	95.76
หมึกพิมพ์ผ้า	14	2.47	98.23
หมึกพิมพ์ออฟเซ็ท	8	1.41	99.65
อื่นๆ	2	0.35	100.00
รวม	**566**	**100.00**	

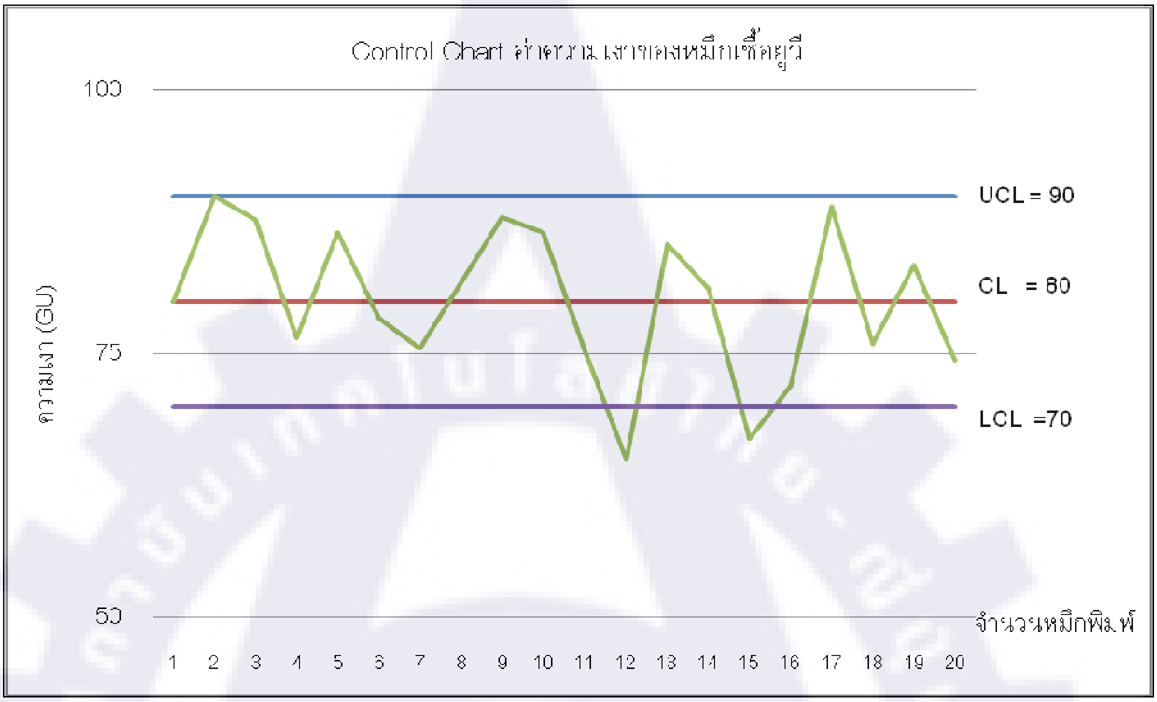


รูปที่ 28 แสดงแผนภาพพาเรโตแสดงปัญหาความเงาของหมึกพิมพ์ต่ำกว่ามาตรฐาน

จากแผนภาพพาเรโต ในรูปที่ 28 พบว่า การจำแนกประเภทของปัญหามีความเหมาะสม เนื่องจากมีความสอดคล้องกับหลักการพาเรโตที่ว่า ประเภทหมึกพิมพ์ที่มีความสำคัญมากมีจำนวนน้อยคือหมึกพิมพ์ยูวี ส่วนหมึกพิมพ์อื่นที่มีความสำคัญเพียงเล็กน้อยมีจำนวนมาก ซึ่งหมึกพิมพ์ทั้งสองกลุ่มมีความแตกต่างในเรื่องขององค์ประกอบของหมึกพิมพ์ คือ Medium ซึ่งหมึกพิมพ์ทั่วไปใช้ Medium ที่ผลิตจาก Resin ซึ่งมีลักษณะเป็นของแข็งเมื่อปั่นรวมกับ Solvent ในการผลิต Medium ในกระบวนการปั่น จะสามารถสังเกตการเข้ากันของสารทั้งสองประเภทได้โดยง่าย คือ ถ้าสารทั้งสองละลายเข้ากันได้ไม่ดีเมื่อนำเหล็กกวนกวนในถังปั่นจะเห็นเป็นลักษณะเป็นเม็ด สามารถสังเกตได้ง่าย ส่วนหมึกพิมพ์ยูวี จะใช้ Medium ที่ผลิตจาก Oligomer ซึ่งมีลักษณะเป็นของเหลวที่มีความข้นสูงเมื่อปั่นรวมกับ Monomer ในการผลิต Medium ในกระบวนการปั่นจะสามารถสังเกตการเข้ากันของสารทั้งสองประเภทได้โดยยาก คือ ถ้าสารทั้งสองละลายเข้ากันได้ไม่ดีเมื่อนำเหล็กกวนกวนในถังปั่นจะไม่เห็นเป็นลักษณะเป็นเม็ด สามารถสังเกตได้ยาก โดยองค์ประกอบดังกล่าวมีผลต่อความเงาของหมึกพิมพ์

การสำรวจความผันแปรของปัญหาหลัก

จากปัญหาหลัก คือ ความเงาของหมึกพิมพ์ต่ำในหมึกยูวี จึงทำการตรวจสอบความผันแปรของปัญหาหลัก โดยการใช้ Control Chart ของค่าความเงาของหมึกพิมพ์



รูปที่ 29 แสดง Control Chart ค่าความเงาของหมึกเชื้อยูวี

จาก Control Chart ในรูปที่ 29 พบว่า ค่าความเงาของหมึกยูวี มีความผันแปรแบบปกติ (ความผันแปรธรรมชาติ) คือ ข้อมูลมีลักษณะสุ่มและกระจายตัวเป็นรูปทรงปกติ (Normal) ดังนั้นในการตีความหมายของแผนภูมิควบคุมจึงต้องมีลำดับการตีความหมาย ดังนี้

1. ข้อมูลมีลักษณะสุ่มหรือไม่ (ตัวแบบจะต้องไม่อยู่ในลักษณะรัน แนวโน้ม หรือวัฏจักร)

2. ข้อมูลมีความสุ่มรอบค่ากลางค่าหนึ่ง (เส้นกลาง CL) ในลักษณะการแจกแจงปกติ

3. ข้อมูลต้องมีความผันแปรภายใต้พิกัดควบคุม คือ LCL และ UCL ดังนั้นจึงเลือกหัวข้อปัญหา **“ลดของเสียจากความเงาของหมึกพิมพ์ต่ำกว่ามาตรฐานในหมึกยูวี”**

การสำรวจสภาพปัจจุบัน

จากการกำหนดหัวข้อปัญหา “**ลดของเสียจากความเงาของหมึกพิมพ์ต่ำกว่ามาตรฐานในหมึกยูวี”** ทางผู้ศึกษาได้ทำการสำรวจสถานการณ์ปัจจุบันเพื่อทำความเข้าใจกับสภาพปัญหาโดยมุ่งเน้นในการหาความผิดปกติที่ส่งผลต่อการเกิดปัญหาดังกล่าว ด้วยหลักการของ 3G “พื้นที่จริง” (GENBA) “ของจริง” (GENBUTSU) “สถานการณ์จริง” (GENBUTSU)

กระบวนการผลิตและวัตถุดิบ

กระบวนการผลิตหมึกพิมพ์ ยูวี จะเหมือนกับการผลิตหมึกพิมพ์ชนิดอื่น ๆ กล่าวคือ จะประกอบด้วยสามกระบวนการหลัก คือ การผลิต Medium การผลิต Concentrate และกระบวนการผลิต Ink ส่วนด้านวัตถุดิบมีความแตกต่างกันในโดยหมึกพิมพ์ยูวี จะใช้ส่วนผสม Medium ที่ผลิตจาก Oligomer (ของเหลวหนืด) ส่วนหมึกพิมพ์ชนิดอื่น ๆ จะใช้ส่วนผสม Medium ที่ผลิตจาก Resin (ของแข็งเป็นเม็ด) ดังที่แสดงในรูปที่ 30

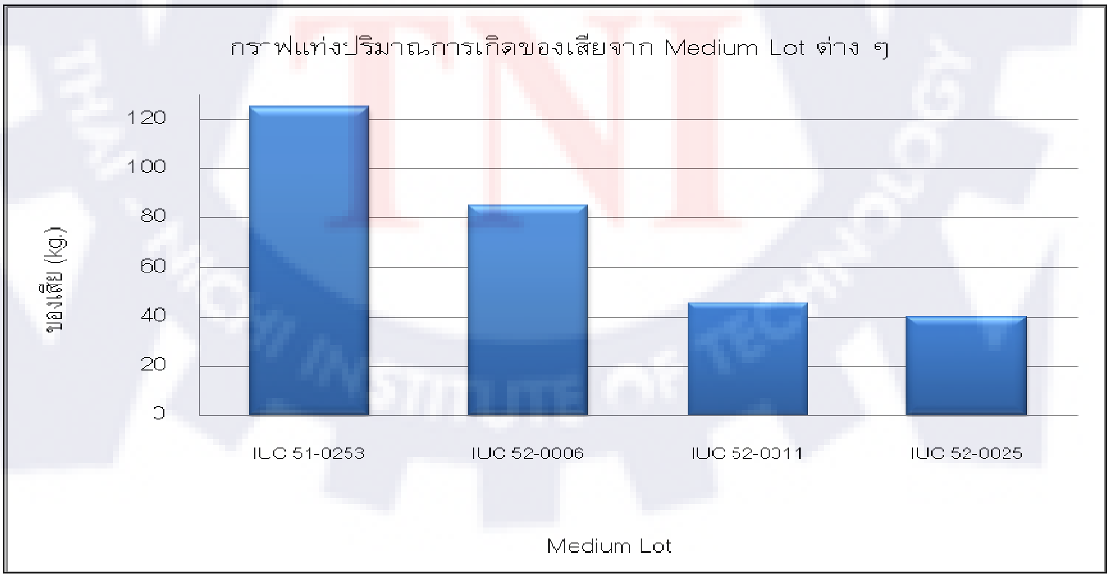
รูปที่ 30 แสดงความแตกต่างของกระบวนการผลิตและวัตถุดิบสำหรับการผลิตหมึกพิมพ์ ชนิดยูวี กับหมึกพิมพ์ชนิดอื่นๆ

จากกระบวนการผลิตในรูปที่ 30 พบว่า กระบวนการผลิตหมึกพิมพ์เป็นกระบวนการแปรรูปที่ใช้การผสมวัตถุดิบหลาย ๆ ตัวเข้าด้วยกันดังนั้นสิ่งที่เป็นตัวแปรหลักในการผลิต คือ วัตถุดิบที่นำมาเป็นส่วนผสมและเงื่อนไขในการผลิต (วิธีการ) ดังนั้นในการสำรวจสำรวจสภาพปัจจุบันจะมุ่งเน้นไปที่การสำรวจถึงความผิดปกติของตัวแปรดังกล่าว โดยจากการตรวจสอบข้อมูลการเกิดของเสียจากหมึกพิมพ์ชนิดยูวี มีค่าความเงาไม่ได้ตามมาตรฐานในช่วง 6 เดือนที่ผ่านมา (พฤศจิกายน 2551 - เมษายน 2552) พบว่า การเกิดของเสียดังกล่าว มีรายละเอียดดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 5 แสดงข้อมูลการเกิดของเสียจากหมึกพิมพ์ชนิดยูวี มีค่าความเงาไม่ได้ตามมาตรฐาน

Medium Lot	Concentrate		Machine Number	ปริมาณ (kg)	ความเงา (GU)
	Medium Lot	Pigment Lot			
IUC 51-0253	IUC 51-0253	70822	2	25	65
IUC 52-0006	IUC 52-0029	50135	5	30	63
IUC 52-0011	IUC 52-0011	20284	11	10	62
IUC 52-0011	IUC 52-0012	30573	9	35	52
IUC 52-0025	IUC 52-0014	90745	7	10	60
IUC 51-0253	IUC 52-0010	40321	1	50	66
IUC 52-0006	IUC 52-0006	30573	12	30	68
IUC 52-0006	IUC 52-0013	70822	3	25	68
IUC 52-0025	IUC 52-0025	50135	8	30	58
IUC 52-0015	IUC 51-0253	10489	15	50	60

จากข้อมูลในตารางที่ 5 พบว่า ของเสียที่เกิดจากค่าความเงาไม่ได้ตามมาตรฐานส่วนใหญ่จะใช้ส่วนประกอบ Medium Lot เดียวกัน โดยสามารถสรุปปริมาณการเกิดของเสียจาก Medium Lot ต่าง ๆ ได้ดังกราฟในรูปที่ 31



รูปที่ 31 กราฟแท่งแสดงปริมาณการเกิดของเสียจาก Medium Lot ต่าง ๆ

รูปที่ 32 แสดงการวัดค่าความหนืดของ Medium

จากข้อมูลที่กล่าวมาในข้างต้น ทำให้สามารถตั้งสมมุติฐานเบื้องต้นได้ว่า ตัวแปรสำคัญที่ทำให้เกิดของเสียในหมึกพิมพ์ชนิดยูวี คือ ส่วนประกอบ Medium ซึ่งต้องดำเนินการสำรวจสภาพปัญหาที่เกิดกับกระบวนการผลิตส่วนประกอบ Medium สำหรับหมึกพิมพ์ชนิดยูวี ซึ่งสิ่งสำคัญที่ต้องควบคุมในการผลิต Medium คือ ความหนืดของ Medium ซึ่งจะวัดเป็นค่าความหนืด (Viscosity) ในรูปที่ 32 แสดงการวัดค่าความหนืดของ Medium ด้วยเครื่อง Viscometer ดังนั้นจึงได้ออกแบบใบตรวจสอบ (Check Sheet) เพื่อสำรวจหาความผิดปกติของการผลิต Medium ที่ใช้ในการผลิตหมึกพิมพ์ยูวี ในรอบเดือนพฤศจิกายน 2551 ถึง เดือนเมษายน 2552 โดยการเปรียบเทียบระหว่าง Medium Lot ที่ไม่เกิดปัญหากับ Medium Lot ที่ทำให้เกิดของเสียดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงใบตรวจสอบค่าความหนืดของ Medium สำหรับหมึกพิมพ์ชนิดยูวี

[redacted]

จากข้อมูลที่ได้จากใบตรวจสอบทำให้พบประเด็นปัญหา 2 ประการ คือ

1. Medium Lot ที่ทำให้เกิดของเสียจะมีค่าความหนืด (Viscosity) สูงกว่าค่าความหนืดของ Lot ที่ไม่เกิดปัญหา

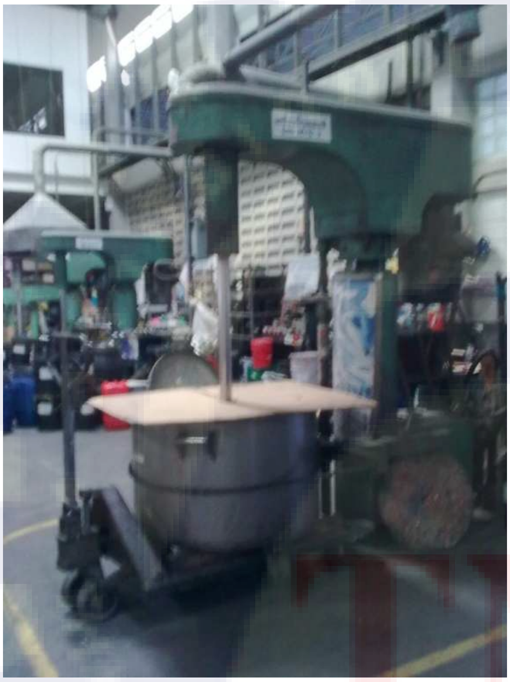
2. การกำหนดค่ามาตรฐานของความหนืดสำหรับ Medium ชนิดนี้ไม่เหมาะสม เนื่องจากผลที่ได้จากใบตรวจสอบ พบว่า ค่าความหนืดของ Lot ที่เกิดปัญหา ถึงแม้ว่าจะมีค่าสูงกว่าปกติแต่ยังอยู่ในค่ามาตรฐาน (ไม่เกินค่า UCL) นั่นหมายความว่า ผลการตรวจสอบค่าความหนืดในการผลิต Medium อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ แต่เมื่อนำไปใช้แล้วทำให้เกิดของเสียในกระบวนการถัดไป

จากประเด็นปัญหาทั้งสองประเด็น ผู้ศึกษาได้ให้ความสนใจกับการวิเคราะห์ถึงหาสาเหตุรากเหง้าของปัญหาในประเด็นที่ 1 ส่วนประเด็นที่ 2 สามารถแก้ปัญหาด้วยการทบทวนการกำหนดมาตรฐานการควบคุมให้เหมาะสมได้โดยไม่ต้องอาศัยการวิเคราะห์หาสาเหตุรากเหง้าของปัญหา

การวิเคราะห์สาเหตุรากเหง้าของปัญหา

จากการตรวจสอบทำให้ทราบว่า ปัญหาเกิดจากค่าความหนืดของ Medium มีค่าสูง ส่งผลทำให้เกิดปัญหาหมึกพิมพ์ชนิดยูวี มีค่าความเงาไม่ตรงตามมาตรฐาน ดังนั้นสิ่งที่ต้องวิเคราะห์ คือ กระบวนการผลิต Medium สำหรับหมึกพิมพ์ชนิดยูวี ซึ่งกระบวนการดังกล่าวมีสิ่งที่ต้องควบคุม คือ

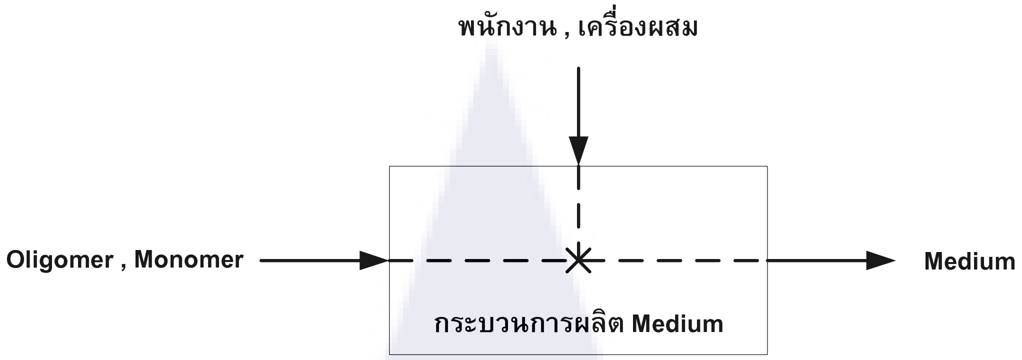
- อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ
- ระยะเวลาในการผสม
- ความเร็วของเครื่องผสม
- อุณหภูมิที่ใช้ในการผสมวัตถุดิบ



รูปที่ 33 แสดงการผลิต Medium

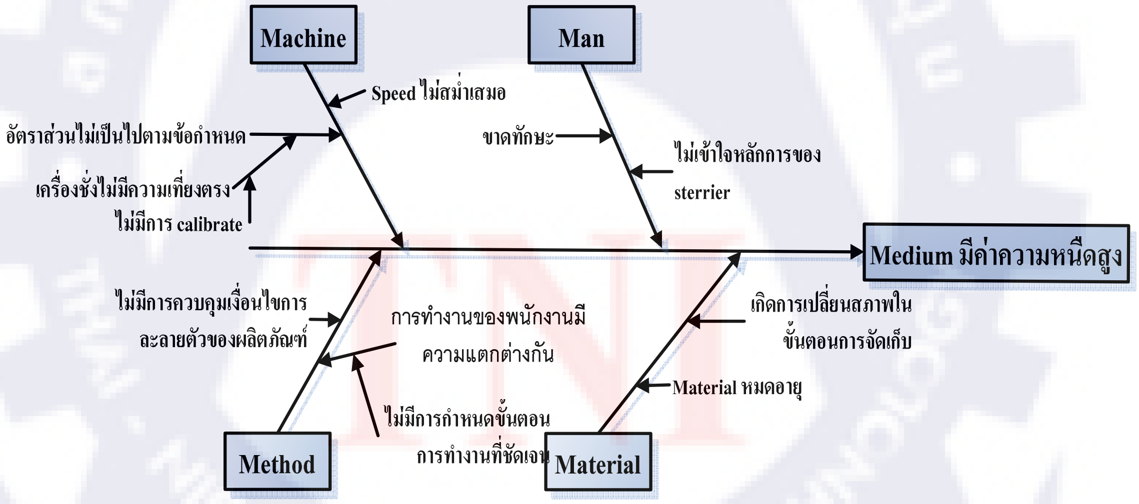
รูปที่ 34 แสดงเครื่อง DisperserในการผลิตMedium

จากสาเหตุดังกล่าวจึงได้วิเคราะห์องค์ประกอบของกระบวนการผลิต Medium สำหรับหมึกพิมพ์ ยูวี ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 35



รูปที่ 35 แสดงองค์ประกอบของกระบวนการผลิต Medium สำหรับหมึกพิมพ์เชื้อยูวี

จากอาการของปัญหาและองค์ประกอบของกระบวนการที่เกิดปัญหาทางกลุ่มได้ดำเนินการวิเคราะห์หาสาเหตุรากเหง้าของปัญหาโดยเลือกใช้การวิเคราะห์ด้วยแผนภาพก้างปลาดังรูปที่ 36



รูปที่ 36 แผนภาพก้างปลาแสดงการวิเคราะห์สาเหตุรากเหง้าของปัญหา

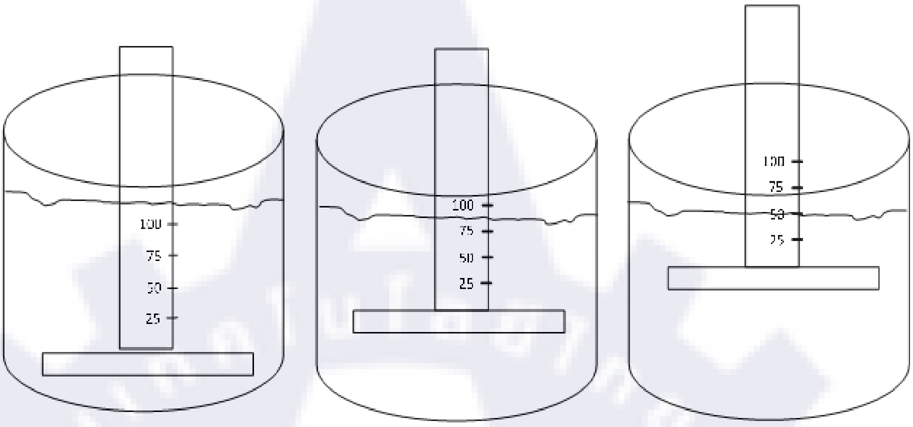
การพิสูจน์สาเหตุของปัญหา

จากแผนภาพก้างปลาในรูปที่ 36 ได้ดำเนินการพิสูจน์สาเหตุของปัญหาด้วยหลักการ 3G ซึ่งผลจากการพิสูจน์สรุปได้ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แสดงการสรุปผลการพิสูจน์สาเหตุจากการวิเคราะห์ด้วยแผนภาพก้างปลา

สาเหตุ	**ผลการพิสูจน์**
Man	
ขาดทักษะ ไม่เข้าใจหลักการของเครื่อง Disperser	การขาดทักษะและการไม่เข้าใจหลักการของเครื่อง Disperser ของพนักงานไม่ส่งผลทำให้ Medium หนืด เนื่องจากมีการ Training พนักงานก่อนเริ่มงานและมีการทดสอบความสามารถในการทำงานทุก 3 เดือน โดยหัวหน้า Production
Machine	
Speed ไม่สม่ำเสมอ	Speed ของเครื่องปั่น Disperser ไม่สม่ำเสมอ ไม่ส่งผลทำให้ Medium หนืด เนื่องจากเครื่องปั่น Disperser มีระบบการควบคุมแรงปั่นที่มีประสิทธิภาพ
ไม่มีการ Calibrate	จากการตรวจสอบ พบว่า ทางโรงงานมีการ Calibrate เครื่องชั่งตามระยะเวลาที่กำหนด
Material	
Material หมดอายุ เกิดการเปลี่ยนสภาพในขั้นตอนการจัดเก็บ	จากการตรวจสอบ Material ยังไม่หมดอายุและไม่เกิดการเปลี่ยนสภาพในขั้นตอนการจัดเก็บเนื่องจาก Material ชนิดเดียวกันมีการนำไปผลิตกับเครื่องจักรเครื่องอื่นแล้วไม่เกิดปัญหาดังกล่าว
Method	
ไม่มีการควบคุมเงื่อนไขการละลายตัวของผลิตภัณฑ์	จากการตรวจสอบ พบว่า ในการปฏิบัติงานไม่มีการควบคุมระดับความลึกของหัวปั่นในการละลายของ Medium จึงทำให้ Oligomer ซึ่งมีลักษณะเป็นของเหลวที่มีความข้นสูงเมื่อปั่นรวมกับ Monomer จึงสังเกตการละลายได้ยาก
ไม่มีการกำหนดขั้นตอนการทำงานที่ชัดเจน	จากการตรวจสอบ พบว่า ในบริเวณสถานที่ปฏิบัติงานมีการติดขั้นการทำงานที่ชัดเจน (WI)

จากการพิสูจน์สาเหตุจากแผนภาพก้างปลา พบว่า สาเหตุที่ส่งผลต่อการเกิดปัญหาความหนืดของ Medium คือ ไม่มีการควบคุมเงื่อนไขการละลายตัวของผลิตภัณฑ์ พบว่า ในการปฏิบัติงานไม่มีการควบคุมระดับความลึกของหัวปั่นในการละลายของ Medium ทำให้เมื่อทำการผลิตระดับความลึกมีผล ดังต่อไปนี้



(A) (B) (C)

(A) ระดับความลึกมากกว่าปกติ (B) ระดับความลึกปานกลาง (C) ระดับความลึกต่ำกว่าปกติ

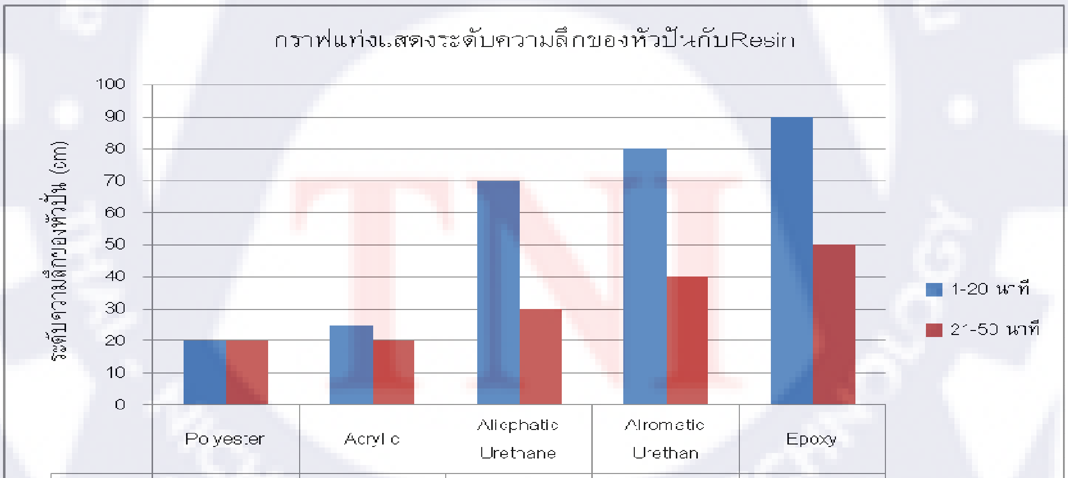
รูปที่ 37 แสดงระดับความลึกของหัวปั่นที่ระดับต่างๆ

จากรูปที่ 37 (A) หัวปั่นระดับความลึกมากเกินไป Oligomer และ Monomer ที่อยู่ด้านบนกระจายตัวได้ไม่ดีส่งผลให้ Medium มีความหนืดสูง (B) หัวปั่นระดับความลึกกึ่งกลางถัง Oligomer และ Monomer มีความเหมาะสมทำให้กระจายตัวได้ดีส่งผลให้ Medium มีความหนืดอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด (C) หัวปั่นระดับความลึกต่ำเกินไป Oligomer และ Monomer ที่อยู่ด้านล่างกระจายตัวได้ไม่ดีส่งผลให้ Medium มีความหนืดสูง

บทที่ 4
สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการศึกษา

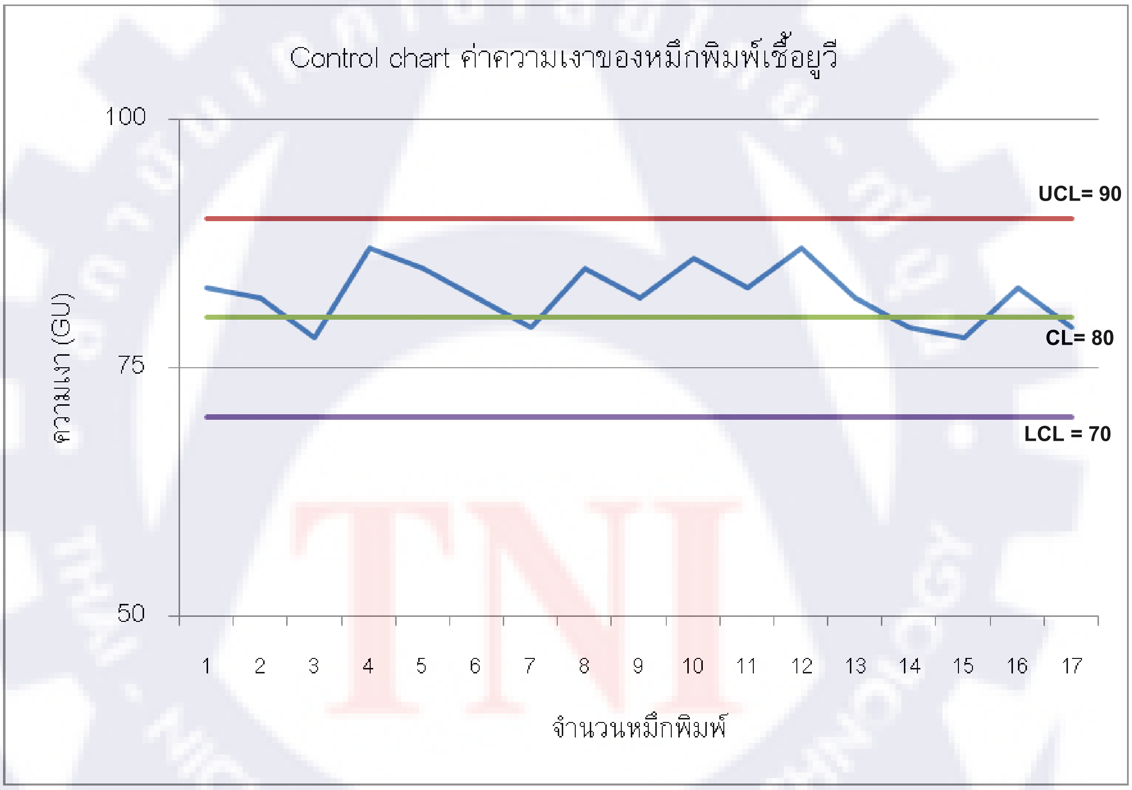
การศึกษาการลดปริมาณผลิตภัณฑ์บกพร่องในกระบวนการผลิตหมึกพิมพ์สกรีน จากการวิเคราะห์ถึงสาเหตุของการเกิดของเสียในกระบวนการผลิตด้วยการประยุกต์ใช้คิวซีสตอรี่ พบว่า ปัญหาหมึกพิมพ์ยูวีมีค่าความเงาต่ำกว่ามาตรฐาน เกิดจากในการปฏิบัติงานไม่มีการควบคุมระดับความลึกของหัวปั่นที่มีประสิทธิภาพเพียงพอ พบว่า จากระดับความลึกของหัวปั่นลึกมากกว่าปกติ และความลึกของหัวปั่นต่ำกว่าปกติ มีผลต่อการละลายตัวของ Medium ดังนั้นจึงเสนอแนวทางการแก้ไขโดยการกำหนดสเกลของหัวปั่นของเครื่อง Disperser เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการปั่น Oligomer และ Monomer ให้ละลายตัวได้ดี ดังรูปที่ 40 และ 41 เพื่อแก้ปัญหาความหนืดของ Medium ซึ่งส่งผลให้เกิดปัญหาค่าความเงาของหมึกพิมพ์ยูวีต่ำกว่ามาตรฐาน จากการศึกษาพบว่า ประเภทของ Oligomer มีผลต่อการละลายตัวของ Medium เนื่องจาก Oligomer แต่ละประเภทมีความหนืด และความสามารถในการละลายตัวใน Monomer ที่แตกต่างกัน ในการทดสอบกำหนดปริมาณ Oligomer 50 กิโลกรัม Monomer 100 กิโลกรัม แรงปั่น 4,800 รอบต่อนาที เวลาในการปั่น 50 นาที Oligomer จึงละลายเข้ากับ Monomer ได้ ดังรูปที่ 38



	Polyester	Acrylic	Aliphatic Urethane	Aromatic Urethan	Epoxy
1-20 นาที	20	25	70	80	90
21-50 นาที	20	20	30	40	50

รูปที่ 38 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับความลึกของหัวปั่นของเครื่อง Disperser กับ Oligomer

จากรูปที่ 38 แสดงระดับความลึกของสเกลของหัวปั่นของเครื่อง Disperser ในการปั่น Medium สำหรับ Oligomer ประเภทต่างๆ โดยกำหนดแรงปั่น 4,800 รอบต่อนาที เวลาในการปั่น 50 นาที โดยในการปั่นจะทำการปั่นแบ่งเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงที่ 1 เริ่มตั้งแต่ 1-20 นาที จะปั่นให้ตัว Oligomer ละลายเข้ากัน Oligomer ที่มีความหนืดสูงส่วนใหญ่จะติดที่บริเวณส่วนก้นของถังปั่น จึงต้องใช้ความลึกของหัวปั่นสูงเมื่อ Oligomer ช่วงแรกในการปั่นเข้ากันได้ดี จึงทำการปรับสเกลให้ลดลงช่วงที่ 2 ตั้งแต่ 21 - 50 นาที เป็นช่วงที่ปั่นให้ Oligomer และ Monomer ละลายเข้ากันได้เป็น Medium ในกระบวนการผลิตหมึกพิมพ์ยูวีที่ก่อให้เกิดปัญหาค่าความเงาต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดเกิดจาก Medium ที่ผลิต โดย Epoxy Resin เป็นส่วนผสมหลัก ก่อนการปรับปรุงกระบวนการผลิต อ้างอิงจากรูปที่ 29 แสดง Control Chart ค่าความเงาของหมึกเชื้อยูวี



รูปที่ 39 แสดง Control Chart ค่าความเงาของหมึกเชื้อยูวีหลังการปรับปรุง

จากรูปที่ 39 แสดง Control Chart ค่าความเงาของหมึกเชื้อยูวีหลังจากปรับปรุงการปรับให้มีสเกลที่หัวปั่นของเครื่อง Disperser พบว่า การปั่น Medium ด้วย Epoxy Resin กับ Monomer สามารถละลายเข้ากันได้ดีขึ้น ส่งผลให้หมึกพิมพ์ยูวีมีค่าความเงาสูงขึ้น ทำให้ของเสียที่เกิดจากปัญหาค่าความเงาต่ำกว่ามาตรฐานลดลง

รูปที่ 40 แสดงหัวปั่นก่อนการปรับปรุง รูปที่ 41 แสดงหัวปั่นหลังปรับปรุง

จากการปรับปรุงหัวปั่นของเครื่อง Disperser พบว่า ปัญหาค่าเงาของหมึกพิมพ์ยูวีต่ำกว่ามาตรฐาน ย้อนหลัง 6 เดือน จากเดิม 23 ครั้ง (พฤศจิกายน 2551 ถึง เมษายน 2552) จำนวน 566 kg เหลือ 5 ครั้ง (พฤษภาคม ถึง ตุลาคม 2552) จำนวน 120 kg ที่ราคาวัตถุดิบผลิตหมึกพิมพ์ยูวี เฉลี่ยกิโลกรัมละ 450 บาท จะสามารถประเมินค่าเป็นยอดเงิน จากปริมาณของเสียได้ดังนี้

ก่อนการปรับปรุง ค่าความสูญเสีย เท่ากับ

$566 \times 450 = 254,700$ บาท

หลังการปรับปรุง ค่าความสูญเสีย เท่ากับ

$120 \times 450 = 54,000$ บาท

ดังนั้นจะประหยัดได้ปีละ เท่ากับ 254,700 – 54,000 = 200,700 บาท

ข้อเสนอแนะและความคิดเห็น

การศึกษาการลดปริมาณผลิตภัณฑ์บกพร่องในกระบวนการผลิตหมึกพิมพ์สกรีน เป็นการศึกษาปรับปรุงโดยอาศัยแนวคิดการแก้ปัญหาแบบคิวซีสตอรี่ โดยอาศัยวิธีการทางสถิติเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขปัญหาในกระบวนการผลิตหมึกพิมพ์สกรีนยูวี โดยปัญหาหมึกพิมพ์ยูวีมีค่าความเงาต่ำกว่ามาตรฐาน เป็นปัญหาหลักจึงเป็นที่มาในการแก้ปัญหา โดยระดับหัวปั่นของเครื่อง Disperser ในการปั่น Medium ซึ่งมักจะเกิดปัญหาในการปั่น Oligomer และ Monomer ละลายเข้ากันได้ไม่ดี จึงต้องมีการกำหนดสเกลของหัวปั่นของเครื่อง Disperser เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการปั่น Oligomer และ Monomer ในการ

ผลิต Medium ซึ่งจากข้อมูล พบว่า ปัญหาหมึกพิมพ์ยูวีมีค่าความเงาต่ำกว่ามาตรฐานลดลงอย่างเห็นได้ชัด แต่ก็มิได้หายไปทั้งหมดและสาเหตุที่เกิดปัญหา Medium หนืด ได้จากใบตรวจสอบ (Check Sheet) ของแผนกควบคุมคุณภาพ กรณีตรวจพบปัญหา Medium หนืดกว่ามาตรฐานที่ได้กำหนดเจ้าหน้าที่ตรวจสอบคุณภาพ จะมาเข้ามาแก้ปัญหาหน้างานจริง เพื่อยืนยันว่าความหนืดของ Medium ได้มาตรฐานตามกำหนดก่อนทำการผลิต Concentrate และหมึกพิมพ์ต่อไป

จากประสบการณ์ที่ได้รับจากการศึกษาโดยอาศัยแนวคิดการแก้ปัญหาแบบคิวซีสตอรี่นั้น ทำให้ทราบว่า หากปราศจากประสบการณ์และความรู้ ด้านเทคโนโลยีเฉพาะด้านแล้วคงไม่สามารถแก้ปัญหาให้สำเร็จลุล่วงไปได้ เนื่องจากแนวคิดการแก้ปัญหาแบบคิวซีสตอรี่ และกลวิธีทางสถิติเป็นเพียงตัวเลขที่ช่วยให้มีวิธีคิดเป็นขั้นตอนในการแก้ปัญหาเท่านั้น

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. (2550). **การแก้ไขปัญหาธุรกิจด้วยวิธีทางสถิติ.** กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. (2550). **หลักการการควบคุมคุณภาพ.** กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

ขราวุธ ภู่เล็ก. (2548). **การประยุกต์ใช้ระบบการควบคุมคุณภาพเพื่อลดของเสียในโรงงานบรรจุภัณฑ์ กรณีศึกษา บริษัทเมืองทองบรรจุภัณฑ์ จำกัด**. วิทยานิพนธ์ บธ.ม. (บริหารธุรกิจ). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต.

คะทซึยะ โฮโซตานิ. (2550). **การแก้ปัญหาแบบ QC.** แปลโดย วีรพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

เดชาคม บุญมา. (2545). **การออกแบบระบบการจัดการข้อร้องเรียนจากลูกค้า : กรณีศึกษาโรงงานผลิตเหล็กกล้า.** วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (การจัดการทางวิศวกรรม). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธีรเดช เรืองศรี. (2550). **การพัฒนากระบวนการควบคุมการพิมพ์กล่องบรรจุภัณฑ์เพื่อลดความสูญเสีย กรณีศึกษา โรงงานผลิตกล่องบรรจุภัณฑ์.** วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหการ). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

บรรจง จันทมาศ. (2546). **การบริหารงานคุณภาพและการเพิ่มผลผลิต.** กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

เพียงนภา นวลแพง. (2545). **การปรับปรุงการควบคุมคุณภาพในสายการผลิตแกนกระดาษ.** วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (การจัดการงานวิศวกรรม). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต.

ภิรมย์ ลี้สุวรรณ์. (2548). **การพัฒนาแผนภูมิควบคุมในการควบคุมคุณภาพบริการ งานบริการผู้ป่วยนอก โรงพยาบาลนครชัยศรี.** วิทยานิพนธ์ วท. ม. (พยาบาลสาธารณสุข). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.

วิเชียร และ นงเยาว์ จิระกรานนท์. (2546). **การพิมพ์สกรีน.** กรุงเทพฯ : อุษาการพิมพ์.

วุฒิพงษ์ ปะวะสาร. (2549). **การลดปริมาณผลิตภัณฑ์บกพร่องในกระบวนการผลิตกางเกง.** วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหการ). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สุปัญญา ไชยชาญ. (2545). **การบริหารการผลิต.** กรุงเทพฯ : พี.เอ.ลีฟวิ่ง.

อดิศักดิ์ พงษ์พูลผลศักดิ์. (2542). **การควบคุมคุณภาพ.** กรุงเทพฯ : ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพฯ.

ฮิโตชิ คุเมะ. (2546). **วิธีทางสถิติเพื่อการพัฒนาคุณภาพ.** แปลโดย วีรพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

ไฮเซอร์ เจย์. (2549). **การจัดการการผลิตและปฏิบัติการ.** แปลโดย จินตนัย ไพรสณฑ์; รชฎ ขำบุญ; ชุติระ ระบอบ; วีรยา ภัทรอาชาชัย; จิราวรรณ สมหวัง; โสมสกาว สนิทวงศ์ ณ อยุธยา. กรุงเทพฯ : เพียร์สัน เอ็ดดูเคชั่น อินโดไชน่า.

Artur Goldschmidt and Hans-Joachim Streitberger. (2007). **Basics of Coating Technology.** Germany : Vincentz.

Brown, Mark G. Baldrige. (2004). **Award Winning Quality.** 13th ed. University Park, IL: Productivity Press.

Fimor. (2007). **High Resistance screen printing blades**. Retrieved July 21, 2007, from http://www.fimor.fr/en/serilor-squeegees/serilor-hr1-hr3-high-resistance.html

Foster, S. Thomas. (2004). **Managing Quality.** 2nd ed. Upper Saddle River. NJ : Prentice Hall.

Giflow, H. S. (2005). **Quality Management**. 3rd ed. New York : McGraw Hill.

Jay Heizer and Barry Render. (2006). **Operations Management**. 8th Upper Saddle River. NJ : Prentice Hall.

Juran, Joseph M. (1995). **Managerial Breakthrogh**. Revised edition. New York : McGraw-Hill.

Mark M. Davis; Nicholas J. Aquilano; and Richard B. Chase. (2003). **Fundamentals of Operations Management**. 4th ed. New York : McGraw-Hill.

Patrick Glockner; Tunja Jung; Susanne Struck; and Katia Studer. (2008). **Radiation Curing Coatings and Printing Inks.** Germany : Vincentz.

Saati. (n.d.). **Saatilene Hitech**. Retrieved October 19, 2005, form http://www.saati.it

Smith, Gerald. (2004). **Statistical Process Control and Process Improvement.** 5th Upper Saddle River. NJ : Prentice Hall.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

การแสดงข้อมูลการวัดค่าความเงา (Gloss)

การแสดงข้อมูลการวัดค่าความเงา (Gloss) ของหมึกพิมพ์ โดยใช้เครื่อง Tri Gloss Meter ทำการวัดค่าที่องศา 60° (ก่อนการปรับปรุง)

จำนวนหมึกพิมพ์(ตัว)	**ค่าความเงา (GU)**			
	ครั้งที่ 1	**ครั้งที่ 2**	**ครั้งที่ 3**	**เฉลี่ย**
1	80	79	81	80
2	92	90	78	90
3	88	88	88	88
4	78	77	76	77
5	86	84	85	85
6	78	79	77	78
7	76	77	75	76
8	81	82	83	82
9	86	88	90	88
10	87	87	87	87
11	75	76	74	75
12	63	65	67	65
13	86	86	86	86
14	80	82	81	81
15	69	65	67	67
16	73	71	72	72
17	89	90	88	89
18	76	77	75	76
19	82	83	84	83
20	74	74	74	74

การแสดงข้อมูลการวัดค่าความเงา (Gloss) ของหมึกพิมพ์ โดยใช้เครื่อง Tri Gloss Meter ทำการวัดค่าที่องศา 60° (หลังการปรับปรุง)

จำนวนหมึกพิมพ์(ตัว)	ค่าความเงา (GU)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
1	82	83	81	82
2	86	85	84	85
3	88	88	88	88
4	87	86	88	87
5	86	84	85	85
6	82	83	81	82
7	81	80	82	81
8	86	85	84	85
9	88	88	88	88
10	87	86	88	87
11	91	89	90	90
12	77	78	79	78
13	86	86	86	86
14	80	82	81	81
15	88	86	87	87
16	83	82	81	82
17	89	90	88	89
18	79	77	78	78
19	82	83	84	83
20	79	79	79	79

ภาคผนวก ข.

การแสดงข้อมูลการวัดค่าความหนืด (Viscosity)

การแสดงข้อมูลการวัดค่าความหนืด (Viscosity) ของ Medium โดยใช้เครื่อง Viscometer (Brookfield) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส หัววัดเบอร์ 1 2.0 RPM 90-100%

Lot Medium	**Viscosity (cp)**
IUV 51-0259	5140
IUV 51-0256	5270
IUV 51-0222	5050
IUV 51-0013	4910
IUV 51-0011	5160
IUV 51-0251	5340
IUV 51-0115	4880
IUV 51-0220	5090
IUV 52-0007	5230
IUV 52-0004	5120
IUV 52-0028	4910
IUV 51-0253	5680
IUV 52-0006	5690
IUV 52-0011	5570
IUV 52-0025	5650