



## การลดปริมาณของเสียในกระบวนการพิมพ์โค้ดแบบหมึกลงบนผลิตภัณฑ์กระป๋อง DEFECTIVE REDUCTION IN INKJET CODING PROCESS ON CAN PRODUCT

สิทธิกร เลิศอริยสกุล<sup>1\*</sup> และวิภาวี ธรรมภรณ์พิลาส<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<sup>2</sup>รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

\*Corresponding author: sitthikorn.lert@gmail.com

### บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ในการลดของเสียจากกระบวนการพิมพ์โค้ดแบบหมึกลงบนผลิตภัณฑ์กระป๋อง ซึ่งมีของเสียเกิดขึ้นใน 2 รูปแบบ คือ โค้ดลบและโค้ดขาด วิธีการที่ใช้ลดของเสียเนื่องจากโค้ดลบคือการให้ความร้อนบนผิวกระป๋องก่อนเข้าสู่กระบวนการพิมพ์ และวิธีการที่ใช้ลดของเสียจากโค้ดขาดคือการปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาเครื่องพิมพ์ จากผลการวิเคราะห์พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการให้ความร้อนผิวกระป๋องคือ อุณหภูมิ แรงลม และระยะเวลาในการให้ความร้อน จากการออกแบบการทดลองโดยวิธี Box Behnken และหาค่าที่เหมาะสมโดยวิธีพื้นผิวตอบสนองพบว่าอุณหภูมิ 512 องศาเซลเซียส แรงลมระดับ 3 และระยะเวลาในการให้ความร้อน 0.66 วินาที เป็นค่าที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย ผลลัพธ์จากการแก้ไขโดยการให้ความร้อนผิวกระป๋องทำให้สามารถลดของเสียเนื่องจากโค้ดลบลงเหลือเพียง 0.014 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการปรับปรุงแผนการบำรุงรักษาเครื่องพิมพ์ดำเนินการโดยการเพิ่มรอบการทำความสะอาดหัวพิมพ์ เพิ่มรอบการทำความสะอาดระบบผสมน้ำหมึก และปรับปรุงแผนการตรวจเช็คอุปกรณ์ต่าง ๆ ของเครื่อง ทำให้สามารถลดของเสียเนื่องจากโค้ดขาดลงเหลือเพียง 0.006 เปอร์เซ็นต์ ในการดำเนินการทั้งหมดส่งผลให้ของเสียโดยรวมจากสายการผลิตที่ 1 ลดลงจาก 0.2 เปอร์เซ็นต์ เหลือเพียง 0.02 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งได้ตามเป้าหมายที่โรงงานกำหนดไว้

**คำสำคัญ:** การวิเคราะห์ปัจจัย, อุณหภูมิ, ระดับแรงลม, ระยะเวลา

### ABSTRACT

This paper focuses on reducing defectives in an inkjet coding process of a can product. The two main defectives are code removing and code shear problems. The approach used to solve code removing problem is heating can surface before printing and preventive maintenance of coding machine is used to solve code shear problem. From an analysis, three factors including temperature, air flow level, and heating time must be considered in a surface preparing process. Box Behnken is used in experimental design and response surface is then applied to find proper levels of these factors. The most appropriate conditions are temperature 512 °C, Air flow level 3, and heating time 0.66 second. The result shows that the can surface preparation reduces code removing problem to 0.014 percent remaining. The preventive maintenance plan is adjusted by increasing cleaning cycle of printing head, increasing

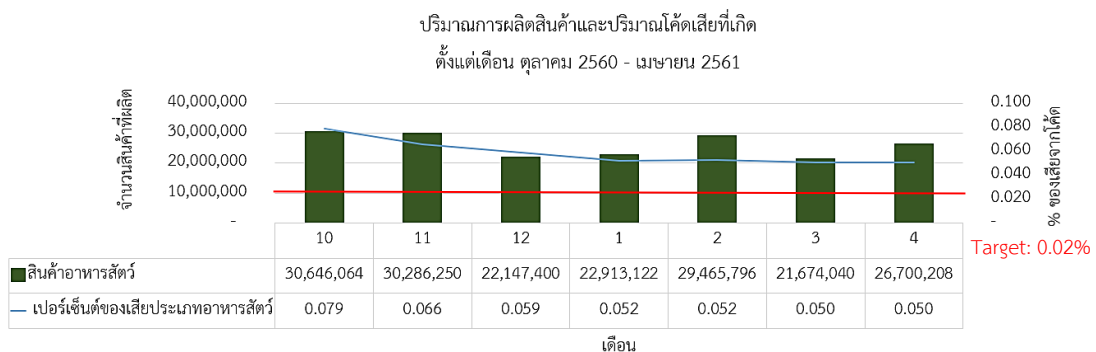
cycle of ink mixing system and make instrument checking plan. It reduces code shear problem to 0.006 percent remaining. Overall defective reduction in production line 1 reduces from 0.2 percent to 0.02 percent.

**KEYWORD:** Factor Analysis, Temperature, Air Level, Time

## 1. บทนำ

สินค้าแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความต้องการและมีความนิยมแพร่หลายของผู้บริโภคทั่วโลก โดยบนบรรจุภัณฑ์ของสินค้าจะมีการระบุข้อมูลต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ให้แก่ผู้บริโภคทราบ ดังเช่น วันที่ผลิตและวันที่หมดอายุที่พิมพ์บนสินค้าเพื่อให้ผู้บริโภคทราบถึงระยะเวลาในการจัดเก็บสินค้า การพิมพ์ข้อมูลวันหมดอายุและวันที่ผลิตลงบนบรรจุภัณฑ์ให้ชัดเจน เป็นสิ่งที่ผู้ผลิตควรให้ความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากความผิดพลาดและความไม่ชัดเจนของการพิมพ์ข้อมูลอาจจะทำให้เกิดผลกระทบต่อผู้บริโภค ทำให้ได้รับข้อมูลที่ผิดพลาด เช่น ตัวเลขของวันหมดอายุที่ไม่ชัดเจนทำให้ผู้บริโภคได้รับประทานสินค้าที่หมดอายุ ทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพและร่างกายของผู้บริโภค อีกทั้งยังส่งผลกระทบต่อความเชื่อมั่นของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ ฉะนั้น จึงต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องและชัดเจนของโค้ดที่พิมพ์ลงบนบรรจุภัณฑ์ก่อนนำไปจำหน่ายเพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบดังกล่าว

จากโรงงานกรณีศึกษาพบว่าในการผลิตอาหารสัตว์ ความถูกต้องและชัดเจนของการพิมพ์โค้ดวันหมดอายุและวันที่ผลิตของสินค้าลงบนบรรจุภัณฑ์ เป็นสิ่งสำคัญที่ทางโรงงานตระหนัก สินค้าทุกชิ้นจะต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องและความชัดเจนของโค้ดเพื่อให้ผู้บริโภคมั่นใจว่าได้รับสินค้าที่มีคุณภาพและปลอดภัยต่อการบริโภค แต่ปัจจุบันพบว่าการพิมพ์โค้ดลงบนบรรจุภัณฑ์มีความผิดพลาด ดังรูปที่ 1



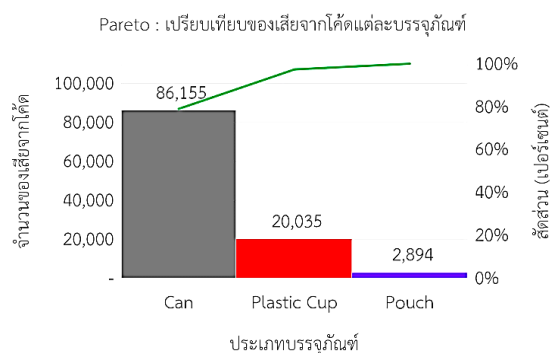
รูปที่ 1 ปริมาณการผลิตสินค้าและปริมาณโค้ดเสียที่เกิดขึ้นในเดือน ตุลาคม 2560 - เมษายน 2561 โดยรวมของบริษัท

จากรูปที่ 1 พบว่าในช่วงเดือน ตุลาคม 2560 - เมษายน 2561 มีปริมาณโค้ดเสียสูงกว่าเป้าหมายที่ 0.02 เปอร์เซ็นต์ โดยในเดือน ตุลาคม - ธันวาคม 2560 ทางบริษัทได้ทำการปรับปรุงกระบวนการ โดยติดตั้งชุดเครื่องเป่าลมร้อน เพื่อใช้ในการเตรียมผิวกระป๋องก่อนทำการพิมพ์โค้ด แต่หลังจากการปรับปรุงจำนวนเปอร์เซ็นต์ของเสียจากโค้ดยังลดลงไม่ได้ตามเป้าหมายที่กำหนด เป็นเหตุให้ต้องทำการศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาดังกล่าวเพื่อดำเนินการแก้ไขให้ปริมาณโค้ดเสียต่ำกว่าเป้าหมายที่กำหนดไว้ ซึ่งในกลุ่มสินค้าผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์ทางโรงงานมีบรรจุภัณฑ์อยู่ 3 ประเภทได้แก่ กระป๋อง (Can) ถุง (Pouch) และถ้วยพลาสติก (Plastic cup)



รูปที่ 2 บรรจุภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ (ที่มา : [www.thaiunion.com](http://www.thaiunion.com))

เมื่อมาพิจารณาของเสียจากโค้ด พบว่าบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิดก็จะมีปริมาณการเกิดของเสียที่แตกต่างกันออกไปในรูปที่ 3 แสดงถึงปริมาณการพบบรรจุภัณฑ์ที่มีปัญหาเรื่องการพิมพ์โค้ดที่ผิดพลาดในเดือน ตุลาคม 2560 - เมษายน 2561 จะเห็นว่าจำนวนของเสียจากการพิมพ์โค้ดที่เกิดขึ้นพบว่าในบรรจุภัณฑ์ที่เป็นกระป๋องมีจำนวนมาก คิดเป็นร้อยละ 71.5 ของจำนวนของเสียโค้ดที่พบทั้งหมด ดังนั้นจึงเลือกวิเคราะห์ปัญหาโค้ดบนบรรจุภัณฑ์กระป๋อง ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้



รูปที่ 3 เทียบสัดส่วนของเสียโค้ดแต่ละบรรจุภัณฑ์ในช่วงเดือน ตุลาคม 2560 - เมษายน 2561



รูปที่ 4 เทียบปริมาณลักษณะของโค้ดเสียที่พบบนบรรจุภัณฑ์กระป๋อง ในช่วงเดือน ตุลาคม 2560 - เมษายน 2561

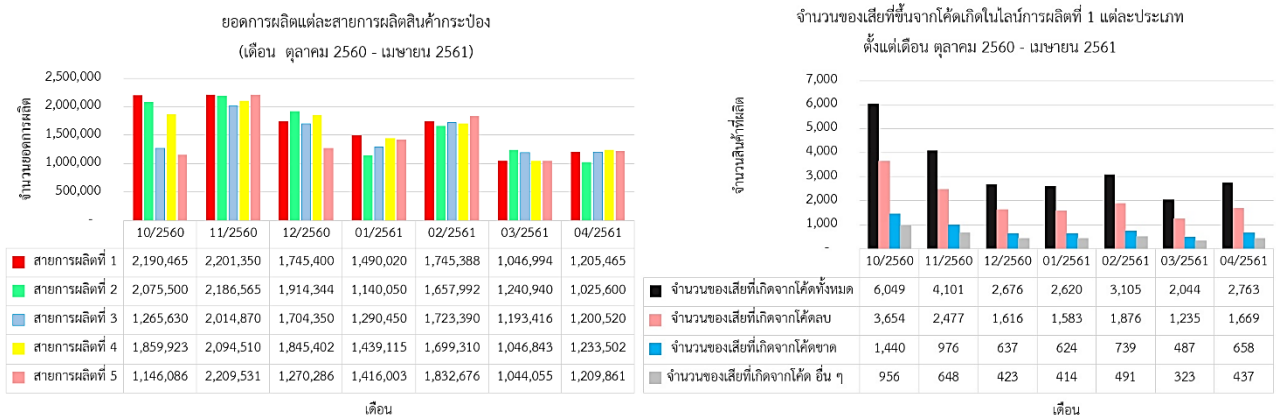
จากรูปที่ 4 ทำการรวบรวมข้อมูลตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2560 - เมษายน 2561 ลักษณะความผิดพลาดและความไม่ชัดเจนของโค้ดในแต่ละประเภทที่ระดับพาริได้ 80 เปอร์เซนต์ พบว่ามีลักษณะของปัญหาอยู่ 2 ลักษณะ คือ โค้ดลบมีจำนวน 52,105 กระป๋อง คิดเป็น 60.4 เปอร์เซนต์ และโค้ดขาดจำนวน 20,583 กระป๋อง คิดเป็น 23.8 เปอร์เซนต์ ดังนั้นจึงเลือกวิเคราะห์ปัญหาความผิดพลาดและความไม่ชัดเจนของโค้ด ในลักษณะโค้ดลบ และโค้ดขาด มาศึกษาในการวิจัยเพื่อหาสาเหตุและวิธีการแก้ไขปัญหาค้างนี้

## 2. ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการพิมพ์โค้ดแบบหมึกมีการนำไปใช้อย่างแพร่หลายหลากหลายในอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมผลิตเครื่องอุปโภคบริโภค อุตสาหกรรมชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ อุตสาหกรรมผลิตท่อร้อยสายไฟ หรือผลิตสายไฟ เป็นต้น และในอุตสาหกรรมอาหารส่วนใหญ่นิยมใช้เครื่องพิมพ์โค้ดชนิดระบบต่อเนื่อง หรือที่เรียกว่า ระบบ CIJ (Continuous Ink Jet Printer) เนื่องจากใช้งานง่าย ความเร็วในการพิมพ์สูง และควบคุมตัวอักษรพิมพ์ได้ดี โดยหลักการทำงานของเครื่องพิมพ์จะทำงานโดยการใช้ลมส่งผ่านน้ำหมึกไปยังหัวฉีด และใช้สัญญาณขายน้ในการควบคุมสภาพของน้ำหมึกให้กลายเป็นหยดหมึกจากนั้นส่งผ่านหยดหมึกเข้าอุโมงค์ชาร์จประจุไฟฟ้า ใช้ประจุไฟฟ้าในการควบคุมทิศทางของหยดหมึกไปในทิศทางที่ต้องการลงพื้นผิววัสดุที่พิมพ์ให้เกิดเป็นตัวอักษรตามที่ต้องการ [1, 2, 3] และเพื่อให้การพิมพ์เกิดประสิทธิภาพต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องพิมพ์ การควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพ [4, 5, 6] คำนึงถึงโครงสร้างพื้นผิวของวัสดุที่พิมพ์ ความเป็นรูพรุนของตัวเนื้อวัสดุ เมื่อหมึกเริ่มสัมผัสลงบนพื้นผิว หมึกจะมีการแทรกซึมเข้าไปในโครงสร้างของพื้นผิว โดยแทรกซึมเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับ ขนาดของรูพรุน ความชื้น และอุณหภูมิของพื้นผิว [7] สัดส่วนความเข้มข้นของการผสมน้ำหมึกซึ่งมีผลต่อการแทรกซึมเข้าไปในโครงสร้างของพื้นผิว มีการตรวจสอบขั้นตอนวิธีการทำงานของเครื่องและพนักงานควบคุมกันไป [8] รวมไปถึงการปฏิบัติตามแผนซ่อมบำรุงรักษาเครื่องพิมพ์ก็เป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยให้เครื่องพิมพ์อยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งานอยู่เสมอ [9, 10] และด้วยการศึกษาวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการพิมพ์โค้ดแบบหมึกที่กล่าวในข้างต้นนั้น ได้นำมาประยุกต์ใช้ในการดำเนินการวิจัยซึ่งจะแสดงไว้ตามหัวข้อถัดจากนี้

## 3. แนวทางในการดำเนินงานและแนวทางดำเนินการแก้ไข

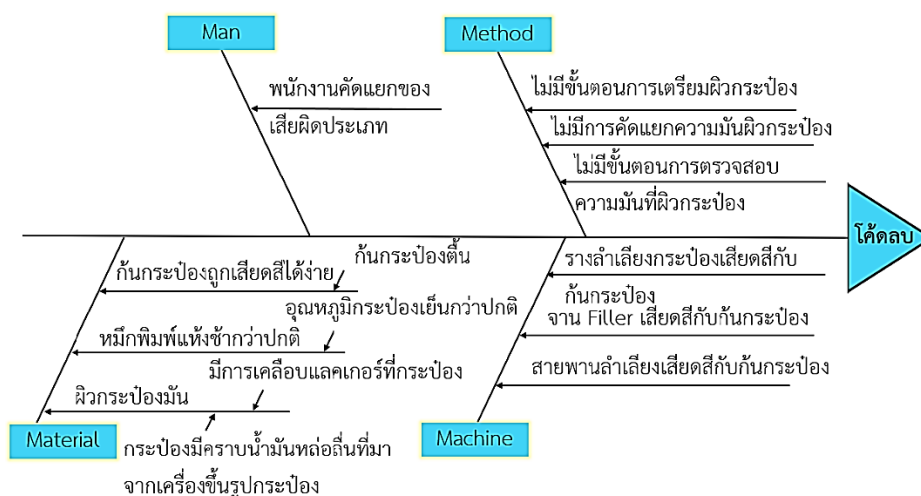
ในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดขอบเขตในการวิเคราะห์ เนื่องด้วยระยะเวลาในการวิจัยมีจำกัดจึงเลือกสายการผลิตที่ 1 มาวิเคราะห์เหตุผลเพราะมีกำลังการผลิตที่มากที่สุดเมื่อเทียบกับสายการผลิตทั้งหมด ดังรูปที่ 5 โดยทำการวิเคราะห์หาปัจจัยใดที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพในการพิมพ์โค้ด และหาค่าพารามิเตอร์ของปัจจัยที่ดีที่สุดนำไปใช้ในกระบวนการพิมพ์โค้ด ซึ่งมีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้



รูปที่ 5 ปริมาณการผลิตกระป๋องแต่ละสายการผลิตของโรงงานและจำนวนของเสียจากโค้ดที่พบในสายการผลิตที่ 1

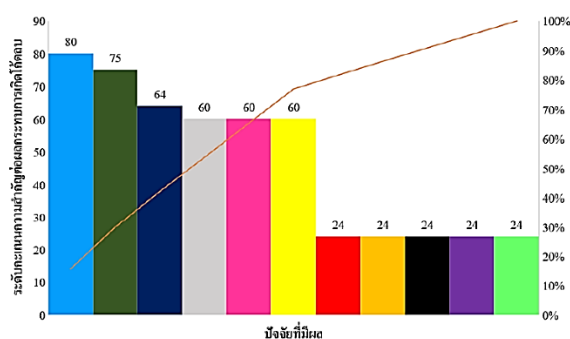
### 3.1 ปัญหาที่ลดลง

จากผลการปรับปรุงในการดำเนินงานในเดือนตุลาคม - ธันวาคม 2560 ที่ทางโรงงานได้กำหนดกระบวนการเตรียมผิวกระป๋องก่อนทำการพิมพ์โค้ดขึ้นทางโรงงานได้ใช้หลักการแผนภูมิแก๊งปลา พร้อมประเมินตัวเลขความเสี่ยงขึ้น (Risk Priority Number : RPN) และเลือกสาเหตุของปัญหาด้วยกราฟพาเรโต เพื่อนำไปวิเคราะห์ถึงสาเหตุของปัญหา พร้อมกำหนดมาตรการแก้ไข โดยมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้



| ลำดับ | จำแนกตามสาเหตุ | ปัจจัยที่มีผล                                                               | S | O | D | Result |
|-------|----------------|-----------------------------------------------------------------------------|---|---|---|--------|
| 1     | Man            | พนักงานคัดแยกของเสียผิดพลาด                                                 | 4 | 3 | 2 | 24     |
| 2     | Method         | ไม่มีขั้นตอนการเตรียมผิวกระป๋อง                                             | 5 | 4 | 4 | 80     |
| 3     |                | ไม่มีการคัดแยกความมันผิวกระป๋อง                                             | 4 | 2 | 3 | 24     |
| 4     |                | ไม่มีขั้นตอนการตรวจสอบความมันที่ผิวกระป๋อง                                  | 4 | 2 | 3 | 24     |
| 5     | Machine        | รังสีความร้อนกระป๋องเสียดสีกับกันกระป๋อง                                    | 5 | 4 | 3 | 60     |
| 6     |                | งาน Filler เสียดสีกับกันกระป๋อง                                             | 4 | 2 | 3 | 24     |
| 7     |                | สายพานลำเลียงเสียดสีกับกันกระป๋อง                                           | 4 | 2 | 3 | 24     |
| 8     | Material       | กันกระป๋องตัน เกิดการเสียดสีได้ง่าย                                         | 5 | 4 | 3 | 60     |
| 9     |                | มีการเคลือบแลคเกอร์ที่กระป๋อง ทำให้ผิวกระป๋องมัน                            | 5 | 5 | 3 | 75     |
| 10    |                | กระป๋องมีคราบน้ำมันหล่อลื่นที่มาจากเครื่องขึ้นรูปกระป๋อง ทำให้ผิวกระป๋องมัน | 5 | 4 | 3 | 60     |
| 11    |                | อลูมิเนียมของกระป๋องเย็นกว่าปกติทำให้หมึกพิมพ์แห้งช้า                       | 4 | 4 | 4 | 64     |

PARETO : ผลกระทบจากการเกิดโค้ดลบ



รูปที่ 6 แผนภูมิแก๊งปลา และคะแนนจากการประเมินสาเหตุที่ส่งผลกระทบต่ออาการเกิดโค้ดลบ (1)

จากการให้คะแนนความสำคัญต่อผลกระทบการเกิดไค้ดลบนรูปที่ 6 ในระดับที่ 80 เปอร์เซนต์ของกราฟพาราโด พบว่ามีสาเหตุหลักทั้งหมด 6 สาเหตุที่ส่งผลให้เกิดไค้ดลบน จึงได้นำปัจจัยดังกล่าวไปพิสูจน์สาเหตุด้วยหลักการ SWIH เพื่อหาสาเหตุของปัญหาและมาตรการการแก้ไขต่อไป โดยมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

จากการดำเนินงานได้ข้อสรุปในการดำเนินการแก้ไขในตารางที่ 1 สำหรับข้อที่ 1 และข้อที่ 6 จะนำเครื่องเป่าลมร้อนมาดำเนินการติดตั้งเพื่อลดจำนวนของเสียจากไค้ดลบน โดยได้นำเครื่องเป่าลมร้อนมาติดตั้งไว้ที่สายการพิมพ์ไค้ดก่อนเข้าเครื่องพิมพ์ไค้ด ดังรูปที่ 7

ผลสรุปจากการดำเนินการของทางโรงงานที่นำเครื่องเป่าลมร้อนมาติดตั้งที่สายการพิมพ์ไค้ดลงบนกระป๋อง แต่ยังไม่สามารถลดจำนวนของเสียที่เกิดจากไค้ดทั้งหมดได้ตามเป้าหมายของทางโรงงานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้จึงได้ดำเนินการวิจัยหาสาเหตุของปัญหาต่อเพื่อให้สามารถลดจำนวนของเสียให้ได้ตามเป้า โดยได้ใช้หลักการแผนภูมิแก๊งปลา พร้อมประเมินตัวเลขความเสี่ยงชี้้นำ (Risk Priority Number : RPN) [11] และเลือกสาเหตุของปัญหาด้วยกราฟพาราโด เพื่อนำไปวิเคราะห์ถึงสาเหตุของปัญหา พร้อมกำหนดมาตรการแก้ไข โดยมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา/พิสูจน์สาเหตุ และกำหนดมาตรการแก้ไข

| ลำดับ | หัวข้อพิสูจน์                         | เหตุผลการพิสูจน์                                                                                           | วิธีการพิสูจน์                                                                                                                                                                                                                                 | สรุปผลการพิสูจน์                                                                                                                                        | แนวทางการแก้ไข                                                                                                   |
|-------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | ไม่มีชั้นคอนการเตรียมผิวกระป๋อง       | การที่มีพื้นผิวที่ไม่สะอาด เช่น คราบฝุ่น คราบน้ำมัน จากเครื่องขึ้นรูปกระป๋อง เป็นต้น ส่งผลกระทบต่อการพิมพ์ | จัดเตรียมกระป๋องปกติที่ไม่มีการทำความสะอาดผิว และกระป๋องที่มีการทำความสะอาดผิว จำนวนอย่างละ 100 ใบ มาทำการพิมพ์ไค้ด และทิ้งไว้ 15 วินาที (เวลาขีดตามที่ผู้ผลิตแนะนำในอุณหภูมิปกติ) จากนั้นใช้สาลีเช็ดที่หมึกพิมพ์ สังเกตการหลุดลอกของหมึกพิมพ์ | กระป๋องที่ไม่มีการทำความสะอาดพบจำนวนไค้ดลบน = 25 กระป๋อง กระป๋องที่มีการทำความสะอาดพบจำนวนไค้ดลบน = 15 กระป๋อง สรุป สามารถลดจำนวนของเสียจากไค้ดลบนลงได้ | การเตรียมผิวโดยใช้พนักงานมาทำความสะอาดเป็นไปได้อย่างจึงเสนอเป็นใช้ลมในการทำความสะอาดผิวกระป๋องก่อนทำการพิมพ์ไค้ด |
| 2     | รางลำเลียงกระป๋องเสียดสีกับกันกระป๋อง | เมื่อกระป๋องกระทบกับรางจะเกิดการเสียดสีในจุดที่กระป๋องสัมผัส                                               | ตรวจเช็คตามจุดต่าง ๆ ของรางลำเลียงกระป๋อง โดยการนำสาลีชุบน้ำยาลบไค้ดมาเช็ดตามจุดต่าง ๆ ของรางลำเลียง พร้อมบันทึกผลว่าพบที่จุดใดบ้าง                                                                                                            | ตรวจพบคราบหมึกพิมพ์ตามจุดต่าง ๆ ของรางลำเลียง บ่งบอกว่ามีการเสียดระหว่างกระป๋องกับรางลำเลียง จนทำให้หมึกพิมพ์หลุดลอกได้                                 | ทำการหุ้มรางลำเลียงด้วยพลาสติกเพื่อป้องกันการเสียดสีระหว่างกระป๋องกับรางลำเลียง                                  |

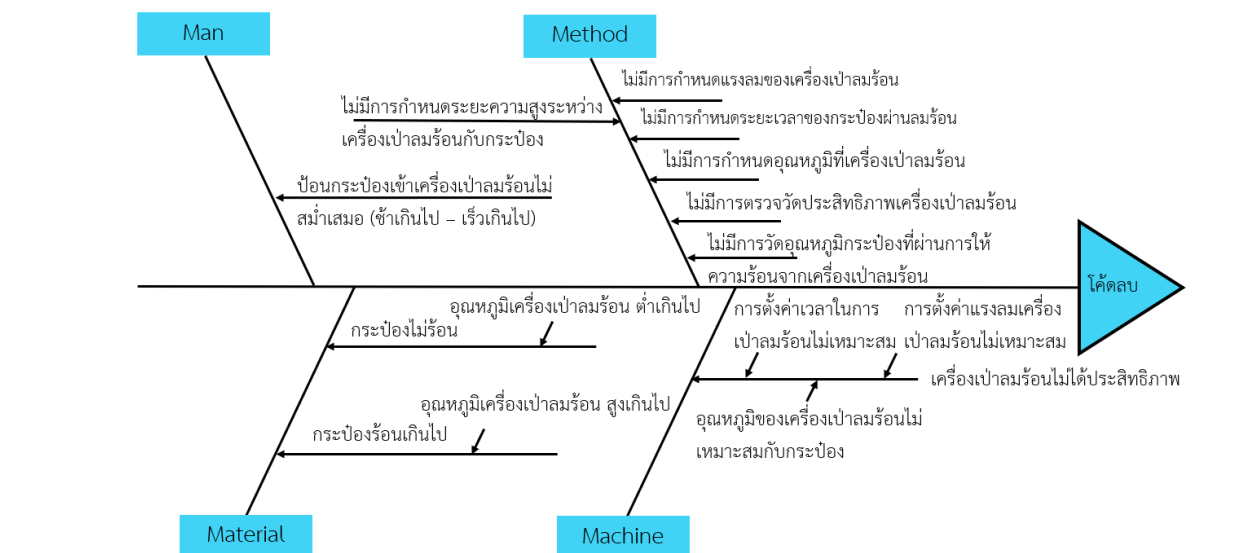
| ลำดับ | หัวข้อพิสูจน์                                                       | เหตุผลการพิสูจน์                                                                             | วิธีการพิสูจน์                                                                                                                                                                                                                                                                                     | สรุปผลการพิสูจน์                                                                                                                                                                                                                                                 | แนวทางการแก้ไข                                                                                                      |
|-------|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3     | กันกระป๋อง<br>ต้นเกิดการ<br>เสียคลัสได้ง่าย                         | กันกระป๋องที่ต้น<br>มีความเสี่ยงที่กัน<br>กระป๋องถูกเสียคลัส<br>ทำให้ไค้ดที่พิมพ์<br>หลุดลอก | ตรวจเช็คตามจุดต่าง ๆ ที่มีการ<br>ลำเลียงกระป๋องที่พิมพ์ไค้ดแล้ว<br>โดยการนำสำลิจำนวนน้ำยาเคลือบ มา<br>เช็คตามจุดต่าง ๆ พร้อมบันทึกผล<br>ว่าพบที่จุดใดบ้าง                                                                                                                                          | ตรวจพบครบหมึกพิมพ์ที่ร่าง<br>ลำเลียง บ่งบอกว่ามีการเสียคลัสที่<br>บริเวณกันกระป๋องที่มีการพิมพ์<br>ไค้ด                                                                                                                                                          | ไม่สามารถดำเนินการ<br>แก้ไขได้ เนื่องจาก<br>กระป๋องออกแบบจาก<br>ทางลูกค้า                                           |
| 4     | ความมันจาก<br>การเคลือบ<br>แลกเกอร์บน<br>ผิวกระป๋อง                 | แลกเกอร์ที่เคลือบ<br>ไว้ที่ผิวกระป๋อง มี<br>ความมันวาวส่งผล<br>ต่อการยึดเกาะของ<br>หมึกพิมพ์ | จัดเตรียมกระป๋องปกติที่มีการ<br>เคลือบแลกเกอร์บนผิวกระป๋อง<br>และกระป๋องที่ไม่มีการเคลือบแลก<br>เกอร์บนผิวกระป๋อง จำนวนอย่างละ<br>100 ใบ มาทำการพิมพ์ไค้ด และทิ้ง<br>ไว้ 15 วินาที (เวลาเช็คตามผู้ผลิต<br>แนะนำ ในอุณหภูมิปกติ) จากนั้น<br>ใช้สำลิจัดที่หมึกพิมพ์ สังเกตการ<br>หลุดลอกของหมึกพิมพ์ | กระป๋องที่มีการเคลือบแลกเกอร์<br>บนผิวกระป๋อง พบจำนวนไค้ดลบ<br>= 30 กระป๋อง กระป๋องที่ไม่มีการ<br>เคลือบแลกเกอร์บนผิวกระป๋อง<br>พบจำนวนไค้ดลบ = 1 กระป๋อง<br>สรุป สามารถลดจำนวนของเสีย<br>จากไค้ดลบลงได้                                                         | ไม่สามารถเอาแลก<br>เกอร์ออกจากผิว<br>กระป๋องได้ เพราะ<br>แลกเกอร์มีคุณสมบัติ<br>ป้องกันการเกิดสนิมที่<br>ผิวกระป๋อง |
| 5     | น้ำมันจาก<br>เครื่องขึ้นรูป<br>กระป๋อง<br>ทำให้ผิว<br>กระป๋องมัน    | น้ำมันที่มาจาก<br>เครื่องขึ้นรูป<br>กระป๋อง มีความ<br>มันส่งผลต่อการยึด<br>เกาะของหมึกพิมพ์  | จัดเตรียมกระป๋องปกติที่มีน้ำมันบน<br>ผิวกระป๋อง และ กระป๋องที่ไม่มี<br>น้ำมันบนผิวกระป๋อง จำนวนอย่าง<br>ละ 100 ใบ มาทำการพิมพ์ไค้ด และ<br>ทิ้งไว้ 15 วินาที จากนั้นใช้สำลิจัดที่<br>หมึกพิมพ์ สังเกตการหลุดลอกของ<br>หมึกพิมพ์ที่สำลิจัด พร้อมนับจำนวน<br>ของเสีย                                  | กระป๋องที่มีน้ำมันบนผิวกระป๋อง<br>พบจำนวนไค้ดเสีย = 27 กระป๋อง<br>กระป๋องที่ไม่มีน้ำมันบนผิว<br>กระป๋อง พบจำนวนไค้ดเสีย = 18<br>กระป๋อง สรุป สามารถลดจำนวน<br>ของเสียจากไค้ดลบลงได้                                                                              | ไม่สามารถดำเนินการ<br>แก้ไขได้ เนื่องจาก<br>กระป๋องดังกล่าว<br>สั่งซื้อจากผู้ผลิต<br>ภายนอก จึงควบคุม<br>ได้ยาก     |
| 6     | อุณหภูมิของ<br>กระป๋องเย็น<br>กว่าปกติทำ<br>ให้หมึกพิมพ์<br>แห้งช้า | อุณหภูมิของ<br>กระป๋องส่ง<br>ผลกระทบต่อ<br>ประสิทธิภาพใน<br>การเซทตัวของ<br>หมึกพิมพ์        | จัดเตรียมกระป๋องที่มีอุณหภูมิที่<br>แตกต่างกัน 3 แบบ คือ อุณหภูมิที่<br>20, 35 และ 50 อย่างละ 100 ใบ มา<br>ทำการพิมพ์ไค้ดแล้วพักไว้เป็นเวลา<br>15 วินาที (เวลาเช็คตามผู้ผลิต<br>แนะนำในอุณหภูมิปกติ) จากนั้น<br>ทำการใช้สำลิจัดที่หมึกพิมพ์<br>สังเกตการหลุดลอกของหมึกพิมพ์                        | อุณหภูมิที่ 20 องศา พบจำนวน<br>ไค้ดเสีย = 60 กระป๋อง อุณหภูมิที่<br>35 องศา พบจำนวนไค้ดเสีย = 30<br>กระป๋อง อุณหภูมิที่ 50 องศา พบ<br>จำนวนไค้ดเสีย = 10 กระป๋อง<br>สรุป กระป๋องเมื่อมีอุณหภูมิสูงขึ้น<br>จากอุณหภูมิปกติ สามารถลด<br>จำนวนของเสียจากไค้ดลบลงได้ | ใช้เครื่องเป่าลมร้อน<br>ในการเพิ่มอุณหภูมิที่<br>ผิวกระป๋องให้สูงขึ้น                                               |



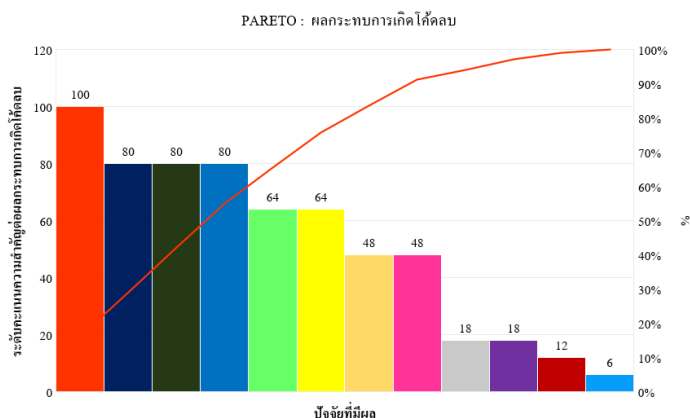
รูปที่ 7 ตำแหน่งติดตั้งชุดเครื่องเป่าลมร้อนบนผิวกระป๋อง

จากการให้คะแนนความสำคัญต่อผลกระทบการเกิดไคดลบนรูปที่ 8 ในระดับที่ 80 เปอร์เซนต์ของกราฟฟารได้ พบว่าสาเหตุหลักมีทั้งหมด 8 สาเหตุที่ส่งผลให้เกิดไคดลบ และเมื่อพิจารณาจะพบว่า 3 ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการเกิดไคดลบคือ อุณหภูมิของเครื่องเป่าลมร้อน แรงลมของเครื่องเป่าลมร้อน และระยะเวลาของกระป๋องที่ผ่านเครื่องเป่าลมร้อน ทั้งนี้เพื่อให้การวิเคราะห์หาผลลัพธ์ของค่าแต่ละปัจจัยให้มีความเหมาะสมมากที่สุดเพื่อลดจำนวนของเสียจากไคดลบ จึงใช้หลักการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) [12, 13] มาวิเคราะห์

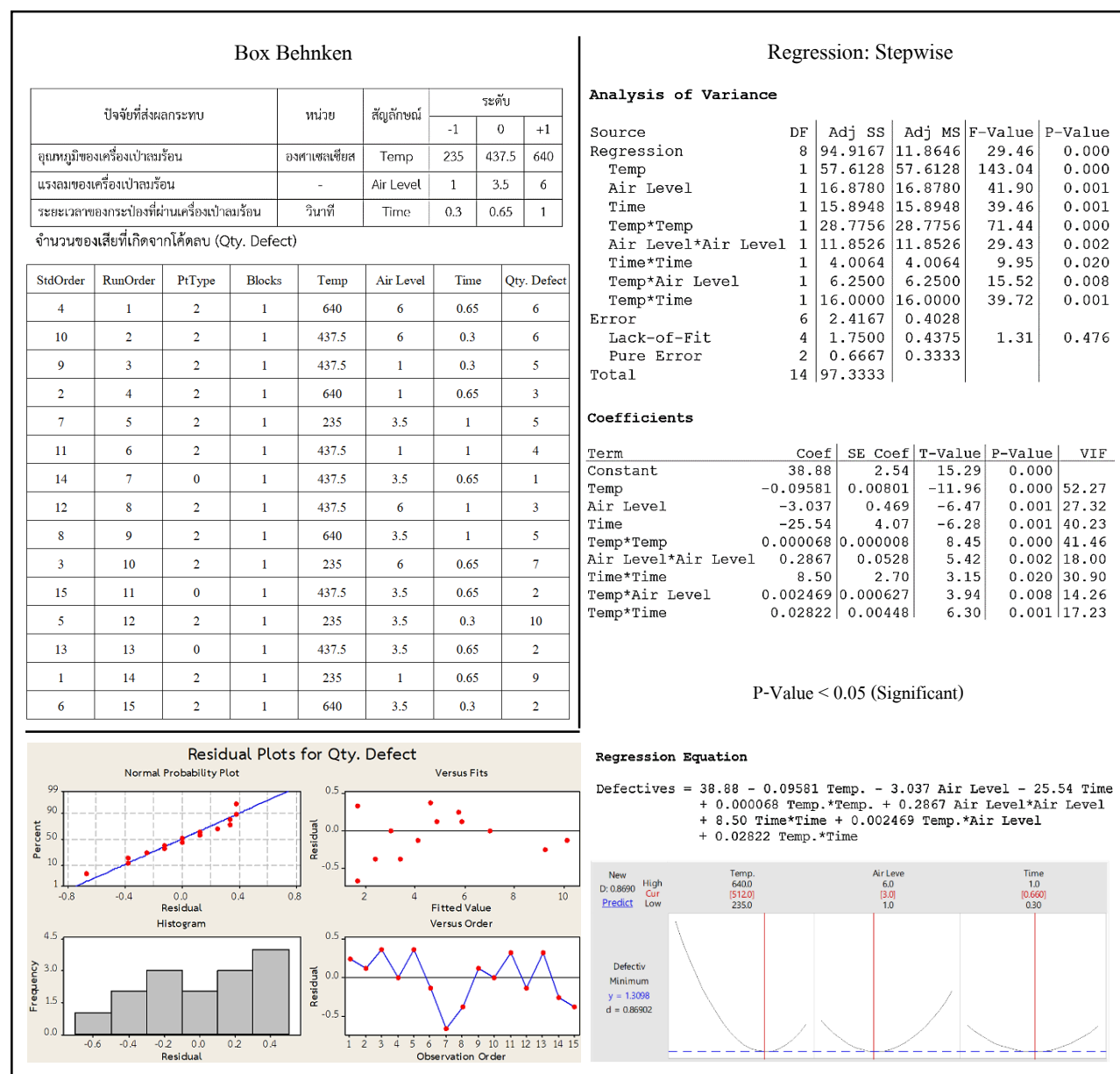
ปัจจัยที่จะทำการวิเคราะห์มีด้วยกัน 3 ปัจจัย ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้วิธี Box Behnken มาวิเคราะห์ เหตุเพราะในรูปแบบที่ 3 ปัจจัย วิธีการแบบ Box Behnken สามารถกำหนดรูปแบบการทดลองที่ได้ผลลัพธ์ที่แม่นยำและใช้จำนวนการทดลองน้อยกว่ารูปแบบอื่น [14] เมื่อทำการทดลองด้วยวิธี Box Behnken เรียบร้อยแล้ว ทำการวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ของแต่ละปัจจัยด้วยการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (Stepwise Regression) ได้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจปรับแต่ง ( $R^2_{adj}$ ) 94.21 เปอร์เซนต์ จะได้ว่าค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของการเตรียมผิวกระป๋องจะต้องผ่านเครื่องเป่าลมร้อนที่มีอุณหภูมิ 512 องศาเซลเซียส ความแรงลมระดับ 3 ระยะเวลา 0.66 วินาที ดังรูปที่ 9



| ลำดับ | จำแนกตามสาเหตุ | ปัจจัยที่มีผล                                                                           | S | O | D | Result |
|-------|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|--------|
| 1     | Man            | ป้อนกระป๋องเข้าเครื่องเป่าลมร้อนไม่สม่ำเสมอ                                             | 3 | 2 | 2 | 12     |
| 2     | Method         | ไม่มีการกำหนดแรงลมของเครื่องเป่าลมร้อน                                                  | 4 | 3 | 4 | 48     |
| 3     |                | ไม่มีการกำหนดระยะเวลาของกระป๋องผ่านลมร้อน                                               | 4 | 4 | 5 | 80     |
| 4     |                | ไม่มีการกำหนดอุณหภูมิที่เครื่องเป่าลมร้อน                                               | 5 | 5 | 4 | 100    |
| 5     |                | ไม่มีการตรวจวัดประสิทธิภาพเครื่องเป่าลมร้อน                                             | 3 | 2 | 3 | 18     |
| 6     |                | ไม่มีการกำหนดระยะความสูงระหว่างเครื่องเป่าลมร้อนกับกระป๋อง                              | 3 | 2 | 1 | 6      |
| 7     | Machine        | ไม่มีการวัดอุณหภูมิกระป๋องที่ผ่านการให้ความร้อนจากเครื่องเป่าลมร้อน                     | 3 | 2 | 3 | 18     |
| 8     |                | การตั้งค่าเวลาในการเป่าลมร้อนไม่เหมาะสมทำให้เครื่องเป่าลมร้อนไม่ได้ประสิทธิภาพ          | 4 | 4 | 4 | 64     |
| 9     |                | การตั้งค่าแรงลมเครื่องเป่าลมร้อนไม่เหมาะสมทำให้เครื่องเป่าลมร้อนไม่ได้ประสิทธิภาพ       | 4 | 3 | 4 | 48     |
| 10    | Material       | อุณหภูมิของเครื่องเป่าลมร้อนไม่เหมาะสมกับกระป๋องทำให้เครื่องเป่าลมร้อนไม่ได้ประสิทธิภาพ | 5 | 4 | 4 | 80     |
| 11    |                | อุณหภูมิเครื่องเป่าลมร้อนต่ำเกินไปทำให้กระป๋องไม่ร้อนส่งผลให้หมึกพิมพ์แห้งช้า           | 4 | 4 | 4 | 64     |
| 12    |                | อุณหภูมิเครื่องเป่าลมร้อนสูงเกินไปทำให้กระป๋องร้อนเกินไปส่งผลให้หมึกพิมพ์แห้งช้า        | 5 | 4 | 4 | 80     |



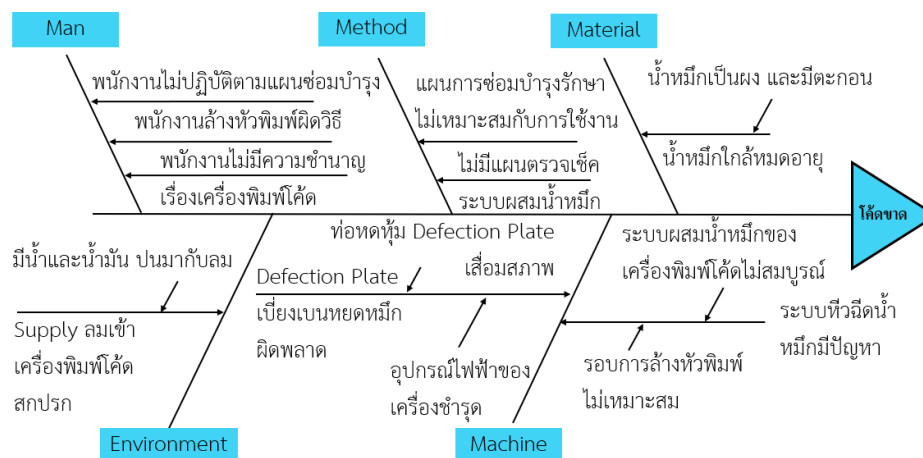
รูปที่ 8 แผนภูมิแก๊งปลา และคะแนนจากการประเมินสาเหตุที่ส่งผลกระทบต่อ การเกิดได้ผล (2)



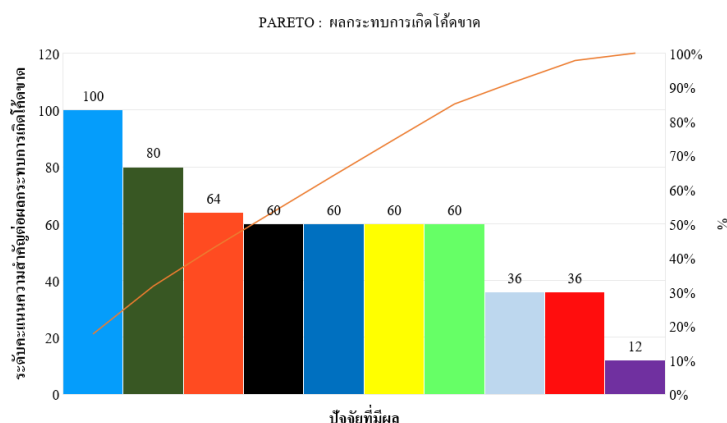
รูปที่ 9 ภาพรวมการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย ด้วย Minitab

### 3.2 ปัญหาโค้ดขาด

เพื่อวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น จึงได้ทำการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาโดยใช้หลักการแผนภูมิแก๊งปลา พร้อมประเมินตัวเลขความเสี่ยงขึ้น (Risk Priority Number : RPN) และเลือกสาเหตุของปัญหาคด้วยกราฟพาเรโต เพื่อนำไปวิเคราะห์ถึงสาเหตุของปัญหา พร้อมกำหนดมาตรการแก้ไข โดยมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้



| ลำดับ | จำแนกตามสาเหตุ | ปัจจัยที่มีผล                                                                        | S | O | D | Result |
|-------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|--------|
| 1     | Man            | พนักงานไม่ปฏิบัติตามแผนซ่อมบำรุง                                                     | 3 | 2 | 2 | 12     |
| 2     |                | พนักงานล้างหัวพิมพ์ผิดวิธี                                                           | 4 | 3 | 3 | 36     |
| 3     |                | พนักงานไม่มีความชำนาญ เรื่องเครื่องพิมพ์โค้ด                                         | 4 | 3 | 3 | 36     |
| 4     | Method         | แผนการซ่อมบำรุงรักษาไม่เหมาะสมกับการใช้งาน                                           | 5 | 5 | 4 | 100    |
| 5     | Material       | น้ำหมึกที่ใกล้หมดอายุทำให้น้ำหมึกเป็นผงและมีตะกอน                                    | 4 | 4 | 4 | 64     |
| 6     | Environment    | มีน้ำและน้ำมัน ปนมากับลม ทำให้ลม Supply เข้าเครื่องพิมพ์โค้ดสกปรก                    | 5 | 4 | 3 | 60     |
| 7     | Machine        | อุปกรณ์ไฟฟ้าของเครื่องชำรุด ทำให้ Defection Plate เปียงเบนหยดหมึกฉีดพลาด             | 5 | 4 | 3 | 60     |
| 8     |                | ท่อหดหุ้ม Defection Plate เสื่อมสภาพ ทำให้ Defection Plate เปียงเบนหยดน้ำหมึกฉีดพลาด | 5 | 4 | 3 | 60     |
| 9     |                | ระบบผสมน้ำหมึกของเครื่องพิมพ์โค้ดไม่สมบูรณ์ ทำให้ระบบหัวฉีดน้ำหมึกมีปัญหา            | 5 | 3 | 4 | 60     |
| 10    |                | รอบการล้างหัวพิมพ์ที่ไม่เหมาะสม ทำให้ระบบหัวฉีดน้ำหมึกมีปัญหา                        | 5 | 4 | 4 | 80     |



รูปที่ 10 แผนภูมิแก๊งปลา และกราฟแสดงระดับการให้คะแนนความสำคัญต่อผลกระทบการเกิดได้ขาด

จากการให้คะแนนความสำคัญต่อผลกระทบการเกิดได้ขาดในรูปที่ 10 ในระดับที่ 80 เปอร์เซนต์ของกราฟพาร์โต้ พบว่าสาเหตุหลักมีทั้งหมด 7 สาเหตุที่ส่งผลให้เกิดได้ขาด เมื่อพิจารณาจะพบว่าสาเหตุมาจากการบำรุงรักษาเครื่องจักร ทั้งนี้จึงทำการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา/พิสูจน์สาเหตุ และปรับปรุงแผนซ่อมบำรุงรักษาเครื่องพิมพ์ใหม่โดยมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา/พิสูจน์สาเหตุ และกำหนดมาตรการแก้ไข

| ลำดับ | หัวข้อพิสูจน์                                                                      | วิธีการพิสูจน์                                                                                                                                                                           | สรุปผลการพิสูจน์                                                                                                                                     | ก่อนปรับปรุง                      | แนวทางดำเนินการแก้ไข                                                      |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 1     | ท่อหุ้ม Defection Plate เสื่อมสภาพ ทำให้การเบี่ยงเบนหยดน้ำหมึกผิดพลาด              | เปรียบเทียบท่อหุ้ม Defection Plate ที่อยู่ในสภาพดี และไม่ดี จากนั้นดูผลลัพธ์ที่ได้จากการพิมพ์โค้ดบนกระป๋อง                                                                               | ท่อหุ้มที่เริ่มชำรุดเมื่อพิมพ์โค้ดแล้วมีอาการโค้ดขาด และเมื่อทำการเปลี่ยนท่อหุ้มใหม่ พบว่าสามารถแก้ไขอาการโค้ดขาดได้                                 | ไม่มีการกำหนดแผน                  | กำหนดแผนตรวจเช็คสภาพท่อหุ้ม Defection Plate ทุกครั้งหลังทำการล้างหัวพิมพ์ |
| 2     | รอบการล้างหัวพิมพ์ที่ไม่เหมาะสม ทำให้ระบบหัวฉีดน้ำหมึกมีปัญหา                      | ระหว่างวันทำการถอดหัวพิมพ์ ตรวจเช็คสภาพความสกปรกของหัวพิมพ์ อยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งานหรือไม่ ที่สามารถพิมพ์โค้ดได้ถูกต้อง                                                                 | ระหว่างวันได้ทำการถอดหัวพิมพ์โค้ดออกมาตรวจเช็ค พบว่า หัวพิมพ์มีความสกปรก และระหว่างวันมีปัญหาโค้ดขาด                                                 | กำหนดการล้างหัวพิมพ์ 1 ครั้ง/กะ   | เพิ่มความถี่การล้างหัวพิมพ์ เป็น 2 ครั้ง/กะ                               |
| 3     | ระบบผสมน้ำหมึกของเครื่องพิมพ์โค้ดไม่สมบูรณ์ ทำให้ระบบหัวฉีดน้ำหมึกมีปัญหา          | เตรียมตัวอย่างน้ำหมึกที่เหลวและที่หนืด จากนั้นนำไปทดสอบกับเครื่องพิมพ์โค้ด และดูลักษณะของโค้ดที่พิมพ์บนกระป๋อง                                                                           | น้ำหมึกที่เหลว และหนืด ส่งผลให้เกิดโค้ดขาดจริง และมีผลทำให้ Defection Plate สกปรกตามมา                                                               | ถอดล้างระบบผสมน้ำหมึก ทุก 1 เดือน | เพิ่มความถี่ถอดล้างระบบผสมน้ำหมึกทุก 2 สัปดาห์                            |
| 4     | อุปกรณ์ไฟฟ้าของเครื่องชำรุด ทำให้ Defection Plate เบี่ยงเบนหยดน้ำหมึกผิดพลาด       | ทำการคลายสกรูยึดสายไฟที่ Defection Plate และดูลักษณะของโค้ดที่พิมพ์บนกระป๋อง                                                                                                             | เมื่อทำการคลายสกรูที่ Defection Plate แล้วส่งผลทำให้เกิดโค้ดขาดจริง                                                                                  | ไม่มีการกำหนดแผน                  | กำหนดแผนตรวจเช็คทุกครั้งหลังทำการล้างหัวพิมพ์                             |
| 5     | แรงดันลมต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ทำให้ลมที่ใช้งานกับเครื่องพิมพ์ไม่เพียงพอต่อการใช้งาน | ค่อยๆ ลด Pressure ของลมที่ Supply เข้าเครื่อง ให้ต่ำกว่าปกติที่ใช้งาน จากนั้นดูผลลัพธ์ที่ได้จากการพิมพ์                                                                                  | เมื่อลด Pressure ลมที่ Supply เข้าเครื่อง พบว่าเมื่อต่ำกว่า 5 bar โค้ดที่พิมพ์เริ่มมีอาการโค้ดขาดเกิดขึ้น                                            | ดำเนินการตรวจเช็คลม ทุกสัปดาห์    | เพิ่มความถี่ตรวจเช็คลมทุกวัน ก่อนเริ่มไลน์การผลิต                         |
| 6     | น้ำหมึกที่ใกล้หมดอายุจะมีน้ำหมึกที่เป็นผงและมีตะกอน                                | เปรียบเทียบการใช้น้ำหมึกที่มีอายุของการจัดเก็บที่ไม่เท่ากัน โดยวัดผลจากการซ่อมเครื่อง (กำหนดใช้น้ำหมึกที่คงเหลืออายุการจัดเก็บที่ 2 เดือน เทียบกับ 7 เดือน เก็บผลเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์) | พบว่าน้ำหมึกที่คงเหลืออายุการใช้งาน 2 เดือน มีการซ่อมเครื่อง Inkjet ไป 9 ครั้ง ส่วนน้ำหมึกที่คงเหลืออายุการใช้งาน 7 เดือน มีการซ่อมเครื่องไป 2 ครั้ง | ไม่มีการตรวจสอบ                   | กำหนดแผนการจัดเก็บน้ำหมึก ควบคุมการจัดเก็บไม่เกิน 1 ปี ตามที่ผู้ผลิตแนะนำ |
| 7     | แผนการซ่อมบำรุงรักษาไม่เหมาะสมกับการใช้งาน                                         | ตรวจสอบแผนซ่อมบำรุงในปัจจุบัน สอดคล้องกับการแก้ไขปัญหในปัจจุบันหรือไม่                                                                                                                   | แผนการซ่อมบำรุงในปัจจุบันยังไม่ครบถ้วน บางปัญหาไม่ได้มีการวางแผนในการซ่อมบำรุง                                                                       | แผนการซ่อมบำรุงปัจจุบันไม่ครบถ้วน | ดำเนินการจัดทำแผนซ่อมบำรุงเครื่องพิมพ์ใหม่                                |

#### 4. สรุปผลการดำเนินงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษากระบวนการผลิตสินค้าอาหารสัตว์กระป๋องเพื่อทำการลดของเสียในกระบวนการพิมพ์โค้ดแบบหมึกลงบนผลิตภัณฑ์กระป๋อง มีลักษณะโค้ดที่มีปัญหาของอยู่ 2 ปัญหาด้วยกันคือ โค้ดลบ และ โค้ดขาด ซึ่งการลดจำนวนของเสียที่เกิดจาก

โค้ดคลบได้กำหนดวิธีการเตรียมผิวกระป๋องด้วยเครื่องเป่าลมร้อนที่มี 3 ปัจจัยสำคัญได้แก่ อุณหภูมิ ระดับความแรงลม ระยะเวลาในการให้ความร้อน โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ของแต่ละปัจจัยอยู่ที่ 512 องศาเซลเซียส ความแรงลมระดับ 3 ระยะเวลา 3 วินาที และการลดจำนวนของเสียที่เกิดจากโค้ดขาดด้วยการปรับปรุงแผนการซ่อมบำรุงเครื่องพิมพ์ ทั้ง 2 วิธีการนี้ได้เก็บผลจากการดำเนินการเป็นระยะเวลา 3 เดือน ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2561 จนถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2562 ผลลัพธ์ที่ได้มีการเปลี่ยนแปลงจำนวนของเสียลดลงอย่างเห็นได้ชัด โดยของเสียที่เกิดขึ้นในสายการผลิตที่ 1 สามารถลดของเสียเนื่องจากโค้ดคลบลงเหลือเพียง 0.014 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดของเสียเนื่องจากโค้ดขาดลงเหลือเพียง 0.006 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งส่งผลให้ค่าเฉลี่ยจำนวนของเสียจากการพิมพ์โค้ดจากเดิมอยู่ที่ 0.20 เปอร์เซ็นต์ ต่อเดือน ลดลงเหลือเพียง 0.02 เปอร์เซ็นต์ ต่อเดือน

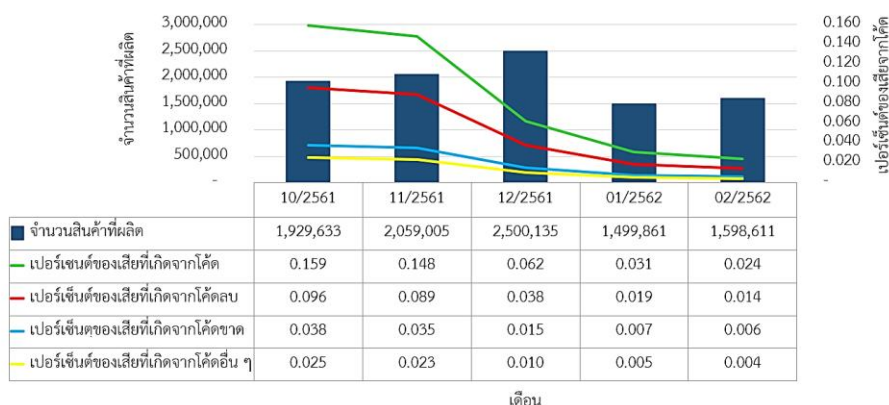
อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ได้ทำการปรับปรุงกระบวนการพิมพ์โค้ดแบบหมึกลงบนผลิตภัณฑ์กระป๋องเพียงแค่ 1 สายการผลิตเพียงเท่านั้น เพื่อให้เป้าหมายโดยรวมของจำนวนของเสียที่เกิดจากการพิมพ์โค้ดของบริษัทได้ตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ จำเป็นต้องขยายผลในทุกสายการผลิตต่อไป

สำหรับงานวิจัยนี้เป็นการปรับปรุงกระบวนการพิมพ์โค้ดแบบหมึกลงบนผลิตภัณฑ์กระป๋องซึ่งผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยนี้จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับโรงงานผลิตสินค้าประเภทกระป๋องต่าง ๆ ได้ต่อไป

ปริมาณการผลิตสินค้าและปริมาณโค้ดเสียที่เกิดขึ้นในสายการผลิตที่ 1 (ก่อนปรับปรุง)



ปริมาณการผลิตสินค้าและปริมาณโค้ดเสียที่เกิดขึ้นในสายการผลิตที่ 1 (หลังการปรับปรุง)



รูปที่ 11 จำนวนของเสียจากการพิมพ์โค้ดในสายการผลิตที่ 1 (ก่อนและหลังปรับปรุง)

เอกสารอ้างอิง

- [1] ลิจิต วรรณนท์ และเอกชัย ไกรธรรม ,การควบคุมหัวพิมพ์เครื่องพิมพ์อิงค์เจ็ท ระบบต่อเนื่อง (CIJ), สมองไฮเทค, 2015, 21(3), pp. 29-30.
- [2] Kim, H., & Choi, W.-S. (2017). Controlled Zr doping for inkjet-printed ZTO TFTs. *Ceramics International*, 43(6), 4775-4779. DOI: 10.1016/j.ceramint.2016.11.165.
- [3] Wijshoff, H. (2018). Drop dynamics in the inkjet printing process. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 36, pp. 20-27. DOI:10.1016/j.cocis.2017.11.004.
- [4] Sombat, P. TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE FOR OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS IMPROVEMENT A CASE STUDY OF FLOUR MILL, The Degree of Master of Engineering Program in Engineering Technology, Thai-Nichi Institute of Technology, 2015.
- [5] Salakjitt, B. CYCLE TIME REDUCTION IN BALL BEARING PRODUCTION PROCESS The Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering Department of Industrial Engineering, Chulalongkorn University, 2013.
- [6] Anon, P. IMPROVEMENT OF THE OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS FOR SOLDER PRINT MACHINES IN A FLEXIBLE PRINT, The Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering Department of Industrial Engineering, Chulalongkorn University, 2009.
- [7] Kettle, J., Lamminmäki, T., & Gane, P. (2010). A review of modified surfaces for high speed inkjet coating. *Surface and Coatings Technology*, 204(12-13), pp. 2103-2109. DOI:10.1016/j.surfcoat.2009.10.035.
- [8] วิลาวัลย์ อินทร์รัตน์. INK PRINTING PROCESS IMPROVEMENT FOR PRODUCT CODE DATE ON CONSUMER PACKAGING BY QCC TOOLS THROUGH QC STORY. The Degree of Master of Marketing International Program, Thai-Nichi Institute of Technology, 2012.
- [9] Narupon, K. DESIGN & SET-UP OF TECHNICAL DATA BASE SYSTEM OF CONTINUOUS INKJET FOR THE BUSINESS OF INKJET DISTRIBUTOR. The Degree of Master of Science, Thammasat University, 2007.
- [10] Kusuma, S. DEVELOPMENT OF A MAINTENANCE MANAGEMENT SYSTEM FOR PETROCHEMICAL INDUSTRY. The Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering Department of Industrial Engineering, Chulalongkorn University, 2003.
- [11] Kraikul, L. DEFECT ANALYSIS AND LOSS REDUCTION IN CORRUGATED PAPER BOX BOARD PROCESS. The Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering Department of Industrial Engineering, Chulalongkorn University, 2007.
- [12] ปารเมศ ชูติมา. การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.
- [13] Jitralada, L. and Nantachai, K. PACKAGING WASTE REDUCTION BY DESIGN OF EXPERIMENTS. *KKU Res J*, 2014, 19(6), pp. 886-899.
- [14] Usanee, T. DEFECTIVE REDUCTION IN CAN PRODUCTION PROCESS BY APPLYING SIX SIGMA APPROACH The Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering Department of Industrial Engineering, Chulalongkorn University, 2002.