

การวิเคราะห์หาแนวทางแก้ไขปัญหาในกระบวนการฉีดหลอดพลาสติกโดยใช้ทฤษฎีการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านคุณภาพ FMEA

ประสิทธิ์ ไกรลสม*

สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี 321 ถนนนารายณ์มหาราช ตำบลทะเลชุบศร อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี 15000

E-mail: bileys2000@yahoo.com

บทคัดย่อ

กระบวนการฉีดพลาสติก มีขั้นตอนการผลิตโดยเริ่มจาก การรับเม็ดพลาสติก กระบวนเตรียมวัตถุดิบ การอบเม็ดพลาสติก และกระบวนการฉีดเม็ดพลาสติก โดยทางบริษัทได้มีการตรวจสอบและควบคุมคุณภาพหลอดพลาสติก ก่อนส่งมอบให้กับลูกค้า ซึ่งหลอดพลาสติกของบริษัทที่ผลิตออกจำหน่ายมีหลายขนาด จากการศึกษาสภาพปัญหาทั่วไป พบว่าการฉีดหลอดพลาสติก มีปัญหา ครีบ (Flash) ชิ้นงานฉีดขึ้นรูปไม่สมบูรณ์ (Short Shot) จุดดำ (Black Specks) และสีไม่ได้มาตรฐาน เนื่องด้วยปัญหาดังกล่าวมีสาเหตุมาจากหลายปัจจัย ทำให้ต้องมีการวิเคราะห์เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยอาศัยหลักการ การแก้ปัญหาคุณภาพ โดยใช้แผนภาพสาเหตุและผล โดยการระดมสมองเพื่อหาสาเหตุที่ส่งผลกระทบต่อปัญหา ข้อบกพร่องในกระบวนการฉีดหลอดพลาสติกพบว่า การวิเคราะห์ตามกระบวนการฉีดหลอดพลาสติกมีสาเหตุมาจากวัตถุดิบ คน วิธีการ และเครื่องจักร โดยพบว่าสาเหตุของปัญหามี 10 สาเหตุ คือ แรงดันของบีมลม เครื่องจักรขัดข้อง อายุของเครื่องจักร ใช้แรงดันในการฉีดมากเกินไปหรือน้อยเกินไป อบเม็ดพลาสติกนานเกินระยะเวลาที่กำหนด ขาดความชำนาญกับงานและเครื่องจักร ขาดความรับผิดชอบต่อน้ำที่รับผิดชอบ เม็ดพลาสติกมีความชื้นสะสม เม็ดพลาสติกมีการปนเปื้อนจากสิ่งแปลกปลอม และเม็ดพลาสติกสีไม่ตรงตามมาตรฐาน

จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้เก็บรวบรวมข้อมูลของเสียในกระบวนการฉีดหลอดพลาสติกโดยใช้หลักการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบด้านคุณภาพ Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) โดยพิจารณาเลือกข้อบกพร่อง ค่า RPN ที่มากกว่า 100 คะแนน มาทำการแก้ไข พบว่ามีสาเหตุของข้อบกพร่องที่ต้องได้รับการปรับปรุงแก้ไข จำนวน 3 เรื่อง จากจำนวนสาเหตุข้อบกพร่อง 10 เรื่อง คือ หลอดพลาสติกสีไม่ตรงตามมาตรฐานที่กำหนด ระยะในการฉีดพลาสติกไม่เสถียรในการฉีด และแรงดันของลมไม่สม่ำเสมอ ซึ่งได้เสนอแนะแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขปัญหาดังกล่าว คือ การใช้อัตราส่วนอุณหภูมิ 140-185 องศา แรงดัน 33-36 บาร์ โดยใช้การควบคุมการใช้แรงดันในการฉีดหลอดพลาสติก และการควบคุมการจ่ายของแรงดันลม 33-36 บาร์

คำสำคัญ: การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบด้านคุณภาพ, แผนภาพสาเหตุและผล, การตรวจสอบคุณภาพ

* อาจารย์ สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

Analysis of the solution in the plastics injection tube using theoretical analysis of defects and their impact on quality FMEA

Prasit Krailomsom*

Industrial Management, Faculty of Industrial Technology

Thepsatri Rajabhat University, 321 Naraimaharat Road, Muang District, Lopburi, Thailand, 15000

E-mail: bileys2000@yahoo.com

Abstract

Injection molding process with Production process. Start by getting Pre pane Ingredients for a plastic injection molding of plastic tubes from the experimental fact. Bake resins Plastic injection tube quality inspection to be released to the customers who have ordered the production of plastic tubes in various sizes. The study found that most of the problems from the injection tube is not completely trouble-finned specimen spot colors are not standardized. Due to such problems, there is a variety of reasons. It needs to be analyzed in order to fix the problem. The cause and effect diagram this analysis is based on the production of plastic tubes 4M man machine materials and method. The common problem is that all 10 leading causes of air pressure. Equipment failure age of pressure injection of too much or too little. Bake resins longer period. Inexperience with operating machinery. Irresponsible in front of the responsible Plastic moisture accumulation Polymers are contaminated by foreign substances and resin color does not meet standards.

Research study, analyzed hare collected data the defects and their impact on the quality of the injection tube. Considering the shortcomings of the RPN more than 100 points to make corrections. Found that the cause of the defect needs to be revised number 3 cause of defects, including 10 cause didn't tubes did not meet the required standards. Term stability in injection molding is injection and the force of the wind is not uniform. The recommendations to rectify the problem, including the 140-185 degrees, the average temperature is 33-36 bar pressure by controlling the pressure in the injection tube. And control the supply pressure of 33-36 bar.

Keywords: Failure Mode and Effect Analysis, Cause-and - Effect, Quality inspection

* Lecturer, Industrial Management, Faculty of Industrial Technology

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันประเทศไทยมีอัตราการเจริญเติบโตในด้านการเศรษฐกิจอย่างต่อเนื่อง เพื่อเพิ่มความสามารถในการแข่งขันและมีการบริหารจัดการ เชิงกลยุทธ์ในด้านของเทคโนโลยี การลดต้นทุนและการลดของเสีย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและตอบสนองความต้องการของลูกค้า

บริษัทที่กำลังการผลิตขวดพลาสติก 20,000 ตันต่อปี และมีกระบวนการผลิตขวดพลาสติก เริ่มจากการนำเม็ดพลาสติกมาอบให้แห้งที่อุณหภูมิประมาณ 160 ถึง 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 6-8 ชั่วโมง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความชื้นที่มีอยู่ในเม็ดพลาสติกหลังการอบเม็ดพลาสติก ต้องมีความชื้นน้อยกว่า 0.0005 เปอร์เซ็นต์ (Weight) ตามมาตรฐานของโรงงานจะถูกส่งไปยังเครื่องฉีด (Extruder) เพื่อผลิตเป็นหลอดพลาสติก (Preform) ส่งเข้าสู่กระบวนการขึ้นรูป (Blowing Machine) โดยการให้ความร้อน และเข้าสู่แม่พิมพ์ (Mold) และผ่านกระบวนการเป่าขึ้นรูปพลาสติก (Stretch Blow) ด้วยความดันประมาณ 40 บาร์ จากนั้น แม่พิมพ์ถูกทำให้เย็นตัวลงโดยการให้ลมเย็น ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 8 องศาเซลเซียสจนเป็นหลอดพลาสติกสำเร็จรูป

จากปัญหาที่เกิดขึ้นจากการล้าสมัยเม็ดพลาสติก (Chips) ทำให้มีความชื้นสะสมสูงเกินกว่ามาตรฐานโรงงาน หากอบนานเกินไปส่งผลให้ เม็ดพลาสติกไหม้และเปลี่ยนสีไม่ได้มาตรฐานที่ถูกกำหนด โดยส่งผลทำให้เกิดต้นทุนที่เพิ่มขึ้น และทำให้เกิดของเสียบ่อยครั้ง ปัญหาที่พบในการฉีดหลอดพลาสติก มีดังนี้คือ

1. ครีบ (Flash) คือ การเกิดพลาสติกยื่นออกมาบริเวณพื้นที่ผิวตรงเกลียวของหลอดพลาสติก (Preform) ภายในแม่พิมพ์มีความคมและเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค
2. ชิ้นงานฉีดขึ้นรูปไม่สมบูรณ์ (Short Shot) ชิ้นงานไม่สมบูรณ์ทำให้เกิดรอยแหวนบริเวณปากหลอดพลาสติก
3. จุดดำ (Black Specks) คือ หลอดพลาสติกมีการปนเปื้อนบางอย่างในเนื้อพลาสติกที่มีสีดำ
4. มาตรฐานสี คือ สีของหลอดพลาสติกไม่ตรงตามมาตรฐานของโรงงานกำหนด

จากสภาพปัญหาดังกล่าว ส่งผลทำให้เกิดต้นทุน คือ ค่าใช้จ่ายในด้านวัตถุดิบ ค่าแรงพนักงาน ค่าเสียโอกาส ซึ่งงานวิจัยครั้งนี้ ได้อาศัยหลักการ (FMEA) วิเคราะห์การเกิดปัญหาในกระบวนการฉีดหลอดพลาสติกและผลกระทบ

ด้านคุณภาพ (FMEA) ในด้านการแก้ไขปัญหา 3 ด้านคือได้ทราบถึงผลกระทบ โอกาสในการเกิด และมีการพัฒนา ซึ่งทำให้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากลดน้อยลง ทำให้กระบวนการฉีดหลอดพลาสติกมีความเสถียรภาพในการผลิตมากขึ้น

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาสาเหตุของเสียและวิเคราะห์ผลกระทบในกระบวนการฉีดหลอดพลาสติก โดยใช้ทฤษฎีการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านคุณภาพ FMEA

2.2 เพื่อเสนอแนะแนวทางแก้ไขการปรับปรุง

3. ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษาปัญหาและวิเคราะห์ที่ทำให้เกิดของเสียในกระบวนการฉีดหลอดพลาสติกเพื่อเป็นแนวทางการแก้ไขปัญหาและปรับปรุงข้อบกพร่องและผลกระทบด้านคุณภาพในกระบวนการฉีดหลอดพลาสติกระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ตั้งแต่เดือนกันยายน 2560 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2561

4. นิยามศัพท์เฉพาะ

4.1 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) หมายถึง กิจกรรมเชิงระบบที่มีจุดมุ่งหมาย คือ รับรู้และประเมินถึงแนวโน้มของข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์

4.2 กระบวนการฉีดหลอดพลาสติก หมายถึง กระบวนการฉีดพลาสติก โดยเริ่มจากการนำเม็ดพลาสติกมาใส่ในถังใส่เม็ดพลาสติก (Hopper) ใช้ถังอบ (Dryer) ในการดูดเม็ดพลาสติกไปอบไล่ความชื้น จากนั้นจะถูกส่งไปยัง เครื่องฉีดหลอดพลาสติก (Extruder) ทำการฉีดหลอดพลาสติก ตรวจสอบคุณภาพและ ส่งออกจำหน่าย

4.3 ของเสีย หมายถึง ชิ้นงานจากการผลิตที่เกิดปัญหาไม่สามารถแก้ไขได้โดยวิธีใดวิธีหนึ่ง

4.4 ครีบ (Flash) คือ การเกิดพลาสติกบางยื่นออกมาบริเวณพื้นที่ผิวตรงเกลียวของหลอดพลาสติก (Preform) ภายในแม่พิมพ์มีความคมสามารถบาดปากผู้บริโภค

4.5 จุดดำ (Black Specks) คือ หลอดพลาสติกมีการปนเปื้อนในเนื้อพลาสติกที่มีสีดำ

4.6 ชิ้นงานฉีดขึ้นรูปไม่สมบูรณ์ (Short Shot) คือ ชิ้นงานไม่สมบูรณ์ทำให้เกิดรอยแหวนบริเวณปากหลอดพลาสติก

4.7 มาตรฐานสี คือ สีของหลอดพลาสติกไม่ตรงตามมาตรฐานของโรงงานที่กำหนด

4.8 หลอดพลาสติก (Preform) คือ หลอดพลาสติกที่ผ่านกระบวนการขึ้นรูปแล้ว

4.9 แม่พิมพ์ (Mold) คือ แม่พิมพ์ที่ใช้ในการฉีดขึ้นรูปหลอดพลาสติก

4.10 ฮอปเปอร์ (Hopper) คือ ถังขนาดใหญ่รูปทรงสี่เหลี่ยมมีท่อดูดด้านล่างมีหน้าที่ใส่ เม็ดพลาสติกที่ยังไม่ได้ฉีดขึ้นรูป

4.11 ไดรเยอร์ (DRYER) คือ ถังรูปทรงกระบอกมีหน้าที่ดูดเม็ดพลาสติกและอบไล่ความชื้น

4.12 Extruder คือ เครื่องฉีดหลอดพลาสติก

4.13 Blowing Machine คือ กระบวนการเป่าขึ้นรูป

4.14 เม็ด (Chips) คือ เม็ดพลาสติกที่ยังไม่ผ่านกระบวนการขึ้นรูป

5. วิธีดำเนินการวิจัย

เริ่มจาก จากการศึกษาการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สำนวณสภาพปัจจุบัน โดยทำการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของกระบวนการฉีดหลอดพลาสติก รวบรวมข้อมูลของเสียในแต่ละเดือน วิเคราะห์สาเหตุโดยใช้ทฤษฎี FMEA เก็บผลหลังทดลอง แก้ไขปรับปรุง เปรียบเทียบผล

6. ผลการวิจัย

จากสภาพปัญหาส่วนใหญ่ที่พบจากการฉีดหลอดพลาสติก คือ ปัญหา ครีบ ขึ้นงานไม่สมบูรณ์ จุดดำ สีไม่ได้มาตรฐาน เนื่องด้วยปัญหาดังกล่าวมีที่มาหลายสาเหตุ จึงทำให้ต้องมีการวิเคราะห์เพื่อแก้ไขปัญหา โดยใช้แผนภาพสาเหตุและผล ซึ่งวิเคราะห์ตามกระบวนการผลิตหลอดพลาสติก 4M คือ วัสดุดิบ คน วิธีการ และเครื่องจักร พบสาเหตุปัญหาทั้งหมด 10 สาเหตุ ดังนี้ แรงดันของปั๊มลม เครื่องจักรขัดข้อง อายุของเครื่องจักร ใช้แรงดันในการฉีดมากเกินไปหรือน้อยเกินไป อบเม็ดพลาสติกนานเกินระยะเวลาที่กำหนด ขาดความชำนาญกับงานและเครื่องจักร ขาดความรับผิดชอบต่อหน้าที่รับผิดชอบ เม็ดพลาสติกมีความชื้นสะสม เม็ดพลาสติกมีการปนเปื้อนจากสิ่งแปลกปลอม และเม็ดพลาสติกสีไม่ตรงตามมาตรฐาน

ในการศึกษาครั้งนี้ได้พิจารณาเลือกข้อบกพร่อง ค่า RPN ที่มากกว่า 100 คะแนน มาทำการแก้ไข พบว่ามีสาเหตุของข้อบกพร่องที่ต้องได้รับการปรับปรุงแก้ไข จำนวน 3 เรื่อง จากจำนวนสาเหตุข้อบกพร่อง 10 เรื่อง ได้แก่ หลอดพลาสติกสีไม่ตรงตามมาตรฐานที่กำหนด ระยะเวลาในการฉีดพลาสติกไม่เสถียรในการฉีด และแรงดันของลมไม่สม่ำเสมอ ซึ่งผลจากการวิเคราะห์และดำเนินการปรับปรุง สรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แนวทางการดำเนินการปรับปรุงข้อบกพร่องปัญหาการฉีดหลอดพลาสติก

ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น (Potential Failure Mode)	สาเหตุที่เป็นไปได้ (Potential Cause Mechanism of Failure)	แนวทางการปรับปรุงแก้ไข (Recommend Action)
หลอดพลาสติกสีไม่ตรงตามมาตรฐานที่กำหนด	ตรวจสอบการอบไล่ความชื้น	ควบคุมการอบไล่ความชื้น อุณหภูมิ 140-160 องศา แรงดัน 35 บาร์
ระยะในการฉีดพลาสติกไม่เสถียรในการฉีด	ขึ้นงานเสียหาย	ควบคุมการใช้แรงดันในการฉีดหลอดพลาสติก
แรงดันของลมไม่สม่ำเสมอ	แรงดันลมไม่สม่ำเสมอ	ควบคุมการจ่ายของแรงดันลม 35 บาร์

7. อภิปรายผล

จากการศึกษาของเสียในกระบวนการฉีดหล่อพลาสติก และวิเคราะห์ผลกระทบ ผู้วิจัยจึงขออภิปรายผลตามวัตถุประสงค์การวิจัย ดังนี้

สาเหตุของเสียในกระบวนการฉีดหล่อพลาสติก

จากการศึกษาการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา โดยใช้แผนภาพสาเหตุและผลพบสาเหตุ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาการลดของเสียในกระบวนการฉีดหล่อพลาสติกด้วยเทคนิค FMEA กรณีศึกษา บริษัทไทยสแตนเลสสตีล จำกัด โดยทำการเก็บสถิติของเสีย พบว่าขั้นตอนที่เกิดของเสียมากที่สุดคือ ขั้นตอนปั๊มขึ้นรูป ส่งผลให้เกิดปัญหาการแตกหักของชิ้นงานหลังผ่านการขึ้นรูป การฉีกขาดที่บริเวณขอบของชิ้นงาน และอื่น การศึกษานี้ นำเอาเครื่องมือการแก้ปัญหา 7 อย่าง (7 QC Tools) เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์และนำเสนอแนวทางในการแก้ไขปัญหาเพื่อลดของเสียผลจากการศึกษาได้เสนอแนวทางในการลดปริมาณของเสีย 3 แนวทางคือ การเพิ่มขั้นตอนการอบอ่อนสำหรับตัวเหยือกน้ำแปซิฟิก ขนาด 11 เซนติเมตรและหม้อต้ม ขนาด 18 เซนติเมตร การเพิ่มจำนวนครั้งในขั้นตอนการปั๊มขึ้นรูปสำหรับกระป๋องน้ำ 7 เซนติเมตรและ การเพิ่มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของก้านนกหวีด ขนาด 2.5 ลิตร วิวัฒน์ วงศ์วิวัฒน์ (2550) มีความสอดคล้องกับการศึกษาการลดของเสียฉีดหล่อพลาสติก ธนภุช ชุ่มแข่ง (2558) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดของเสียประเภทจุดดำที่เกิดขึ้นในกระบวนการฉีดพลาสติก โดยใช้เครื่องมือควบคุมคุณภาพ (7 QC Tools) ในการค้นหาสาเหตุและเพื่อการปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการผลิตตั้งแต่ เดือนเมษายน 2556 ถึง เดือนมิถุนายน 2556 ซึ่งงานวิจัยครั้งนี้ได้ใช้ใบตรวจสอบ (Check Sheet) ที่ใช้ในกระบวนการผลิตทำการตรวจสอบของเสียและ เก็บรวบรวมข้อมูลจำนวนของเสียจากกระบวนการผลิตเพื่อแจกแจงปัญหาด้วยแผนภูมิพาเรโต (Pareto-Diagram) และแสดงความถี่ของปัญหา เพื่อแยกความสำคัญตามลำดับ ด้วยกฎพาเรโต 80:20 ในการเลือกแก้ไขส่วนที่มีของเสียมากที่สุด นำมาวิเคราะห์ปัญหาด้วยแผนภูมิแก๊งปลา (Fish-Bone Diagram) เพื่อวางมาตรการแก้ไขผลการดำเนินการปรับปรุงสามารถลดการเกิดของเสียประเภทจุดดำจากเดิมร้อยละ 0.23 ลดลงเป็นร้อยละ 0.07 ลดลงจากเดิมร้อยละ 69.56 และคิดเป็นมูลค่าที่ลดได้ 1,175,906.16 บาทต่อปี และสอดคล้องกับการศึกษาการลดของเสียในกระบวนการฉีดพลาสติก : กรณีศึกษา

ธนกร มาณะวิท (2553) การศึกษาวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตขวดพลาสติกชนิดเป่าขึ้นรูป โดยใช้การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านคุณภาพ (Failure Mode and Effects Analysis : FMEA) มาใช้ในโรงงานตัวอย่าง การศึกษาเริ่มจากการพิจารณากระบวนการผลิตขวดพลาสติกทั้งสายการผลิตเป่าขึ้นรูปแบบเอ็กซ์ทรูด (Extrusion Blow Molding) เป่าขึ้นรูปแบบฉีดเป่า (Injection Blow Molding) และการติดฉลากในโรงงานตัวอย่าง โดยอาศัยการระดมสมอง การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบด้านคุณภาพสำหรับกระบวนการผลิต (FMEA) จากนั้นประเมินค่าความรุนแรงของข้อบกพร่อง ค่าโอกาสการเกิดข้อบกพร่องและ ค่าความสามารถในการตรวจพบข้อบกพร่องในกระบวนการผลิต

8. ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะต่อสถานประกอบการ คือ การควบคุมการรับและจัดเก็บเม็ดพลาสติกเพื่อลดปัญหาสิ่งเจือปนก่อนเข้าไปทำการผลิต ตรวจสอบและให้การสนับสนุนเครื่องมือเครื่องจักรที่ใช้ให้อยู่สภาพที่ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพเหมาะสมกับงาน

ข้อเสนอแนะงานวิจัยครั้งต่อไป ควรศึกษาวิเคราะห์ปัญหาการฉีดหล่อพลาสติกแต่ละปัญหาแยกปัญหาให้ชัดเจน คือการศึกษาเกี่ยวกับการฉีดหล่อพลาสติกแบบมาตรฐาน ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบการลดของเสียในช่วงเวลาเดียวกัน ก่อนและหลังการปรับปรุงแก้ไขปัญหามันทุกครั้งที่ทำการแก้ไขปัญหาดังๆ

9. เอกสารอ้างอิง

1. กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. 2551. การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ FMEA กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.
2. กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. 2556. การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ FMEA. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.
3. กุสุมา จีรวรงค์สวัสดิ์ จงประสิทธิ์พร และวิชัย รุ่งเรืองอนันต์. 2550. การประยุกต์ใช้ FMEA และ AHP เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตพริต กรณีศึกษา: ในงานผลิตสารเคลือบเซรามิกส์. การประชุมวิชาการเครือข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม 24-26 ตุลาคม 2550.

4. ชนกร มาณะวิท และประเสริฐ อัครประมพงค์. 2553. การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและ ผลกระทบ ด้านคุณภาพ (Failure Mode and Effects Analysis : FMEA) มาใช้ในโรงงาน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

5. ธเนตร รัตนเรืองยศ และปารเมศ ชูติมา. 2557. การลดของเสียสำหรับกระบวนการฉีดท่อพลาสติก. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

6. ธนกฤษ ชื่นแข่ง และศุภรัชชัย วรรัตน์. 2558. เครื่องมือควบคุมคุณภาพ (QC Tool) ในการค้นหาสาเหตุ และเพื่อการปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการผลิต. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการการผลิตและเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.

7. นพดล พึ่งสุนทร. 2554. การลดของเสียในกระบวนการฉีดหน้าปิดแผงควบคุมในชิ้นส่วนรถยนต์โดยใช้ไฟไนต์เอลิเมนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิศวกรรมเครื่องมือและวัสดุ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

8. ปุณวัชร แก่นแก้ว. 2553. การวิเคราะห์ข้อบกพร่อง และผลกระทบ กรณีศึกษากระบวนการผลิตรางสไลด์เบานั่งรถยนต์ (Slide Adjuster) ในโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์. ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

9. รัฐพงษ์ ละเลิศ. 2557. รูปแบบการลดของเสียในกระบวนการหล่อขึ้นรูปล้ออัลลอย โดยใช้กิจกรรมกลุ่มคุณภาพ : กรณีศึกษา บริษัท ยาซีโยตาอัลลอยวีล จำกัด. วิทยานิพนธ์ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต. สาขาการจัดการทั่วไป. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

10. วีระเทพ ไตรรงค์รัตน์. 2557. การลดของเสียในกระบวนการพ่นสีเหล็กด้วยเทคนิคเอฟเอ็มอีเอ กรณีศึกษา บริษัท โกลด์เพรสอินดัสตรี จำกัด. ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต. วิชาเอกการจัดการวิศวกรรมธุรกิจ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

11. ศุภสิทธิ์ สมสาย. 2553. การแก้ปัญหาการเกิดครีปในชิ้นงานฝาหลังโทรทัศน์รุ่น 21FX. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิศวกรรมเครื่องมือและวัสดุ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

12. วิวัฒน์ วงศ์วิวัฒน์ และละอณัฐนารี สุขเสกสรร. 2550. ศึกษาแนวทางในการลดของเสียในกระบวนการปั๊มขึ้นรูป. วิทยานิพนธ์ปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชา วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

13. วันเฉลิม วรรณสถิตย์. เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด (Qc 7 tools). สืบค้นเมื่อ 23 ตุลาคม 2560 จากเว็บไซต์ : <http://www.tpif.or.th/WebDev/index.php>

14. สมชาย ห่านตระกูลและ ยุทธชัย บันเทิงจิตร์. 2550. การลดของเสียจากเครื่องฉีด PVC กรณีศึกษา บริษัท Jas Foot Wear จำกัด. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชา วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.