

## การลดของเสียในกระบวนการผลิตสว่านทั้งสแตนคาร์ไบด์ความเที่ยงสูง Reducing waste in the manufacturing process of high precision tungsten carbide drills.

พิมพ์ลดดา นามสมบุรณ์<sup>1\*</sup>, วีรญา กรทิพย์<sup>1</sup>, สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ<sup>2</sup>, ธัชพล เขาวนพานิช<sup>3</sup>

<sup>1</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ pimlada31634@gmail.com.

<sup>2</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหการเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรวิทยาดอนเมือง

<sup>3</sup> บริษัท ทูลิ่ง เอ็กเช็กต์ จำกัด.

### บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการลดของเสียในกระบวนการผลิตสว่านทั้งสแตนคาร์ไบด์ความเที่ยงตรงสูง จากการศึกษาพบของเสียในกระบวนการผลิต ความสูญเสียต้นทุนและเวลาในการผลิต จึงใช้เครื่องมือควบคุมคุณภาพ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ แผนภูมิพาเรโตเพื่อจัดกลุ่มปัญหาด้วยหลักการ 80:20 จากนั้นวิเคราะห์หาสาเหตุด้วยแผนภูมิเหตุและผล พบสาเหตุของปัญหาประกอบด้วย การตรวจสอบในระหว่างการทำงานไม่เป็นไปตามมาตรฐาน ปัญหาเครื่องจักรในการผลิต การจัดการข้อมูลและโปรแกรมการทำงานไม่เป็นไปตามมาตรฐาน โดยการพัฒนาวีธีการและทำมาตรฐานในการใช้งานของเครื่องจักร พัฒนาคู่มือการปฏิบัติงานและปรับปรุงบันทึกผลการทำงาน จากนั้นเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุง พบว่าสามารถลดของเสียประเภทคมตัดด้านข้างไม่ตรงตามแบบสั่งผลิต จากเดิม 646 ชิ้น ลดลงเป็น 302 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 46.75

**คำสำคัญ :** การลดของเสีย, คัดตั้งทูล, ความเที่ยงตรงสูง, สเตปดริล, ทั้งสแตนคาร์ไบด์

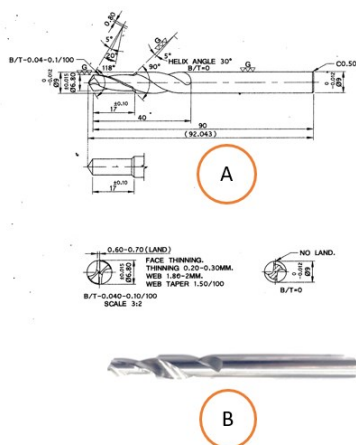
## Abstract

This paper presents the reduction of waste in the manufacturing of high-precision tungsten carbide drills. From the education found waste in the production process. Loss of cost and production time therefore use quality control tools analyze statistical data Pareto chart to group problems with the 80:20 principle. Then analyze the cause with a cause-and-effect chart. The cause of the problem was found. Inspections during work are not standardized production machinery problems data management and work programs are not in accordance with the standards by developing methods and standardizing the use of machines develop operational manuals and improve performance records. The results were then compared before and after the improvement. It was found that the waste of the side cutting edge that did not match the production order was reduced from the fore 646 pieces, reduced to 302 pieces, or 46.75 percent.

**Keywords:** Waste Reduction, Cutting Tool, High-Precision, Tungsten Carbide Step Drill

### 1. บทนำ (Introduction)

การผลิตสว่านทั้งสเตนคาร์ไบด์ความเที่ยงตรงสูงมีความสำคัญ โดยการสั่งผลิตในปี 2564 จำนวน 38,126 ชิ้น คัดตั้งทูลประเภทสเตปดริล (Step Drill) สั่งผลิต 16,437 ชิ้น ต่อปี คิดเป็น 53.03 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะของสเตปดริลมีไดมิเตอร์ 2 ขนาด จากภาพที่ 1 A คือแบบสั่งผลิตสเตปดริลมีรายละเอียดขนาดไดมิเตอร์สองขนาด ความยาวสเตป ความยาวชิ้นงาน องศาหน้าคมตัด องศาสเตป องศาฮีลิกซ์ พิกัดความคลาดเคลื่อน (Tolerance) เป็นต้น B คือสเตปดริลที่ทำการผลิตสำเร็จแล้ว



ภาพที่ 1 สเตปดริลทั้งสเตนคาร์ไบด์

จากการศึกษาขั้นตอนการผลิตทั้งหมดพบของเสียที่เกิดขึ้นลักษณะ คมตัดด้านข้างไม่ตรงตามแบบสั่งผลิต ร่องคายเศษไม่ตรงตามแบบสั่งผลิต ร่องคายเศษมีรอยไม้เครื่องจักรขัดข้อง เป็นต้น

ซึ่งจากการศึกษาการลดของเสียโดยวิธีการวิเคราะห์ทางสถิติ การเลือกปัญหาโดยใช้พาเรโต (Pareto Chart) เพื่อเลือกปัญหาที่เหมาะสมมาทำการวิเคราะห์หาสาเหตุด้วยแผนภูมิเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) เพื่อให้รู้ถึงสาเหตุที่แท้จริง จากนั้นทำการออกแบบและพัฒนาทำให้ของเสียลดลง 5 เปอร์เซ็นต์ [1] ใช้พาเรโตไดอะแกรม แผนภูมิเหตุและผลเพื่อแก้ปัญหาทำให้ของเสียลดลง[2]-[6] ดังนั้นการแก้ไขปัญหากระบวนการผลิตสว่านทั้งสเตนคาร์ไบด์ โดยใช้พาเรโตไดอะแกรม แผนภูมิเหตุและผล เพื่อให้ของเสียในกระบวนการผลิตลดลงเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำการพัฒนาเพื่อให้กระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

โครงการวิจัยนี้มีเป้าหมายทำการศึกษาระบวนการผลิตสว่านทั้งสเตนคาร์ไบด์เพื่อทำข้อมูลทางสถิติ เลือกสถิติเกี่ยวกับของเสีย เลือกปัญหาของเสียโดยใช้พาเรโตไดอะแกรม วิเคราะห์หาสาเหตุโดยใช้แผนภูมิเหตุและผลให้รู้สาเหตุของปัญหาของเสียเหล่านั้น จากนั้นทำการออกแบบวิธีการทำงานใหม่เพื่อให้มีอัตราของเสียลดลงโดยการนำ

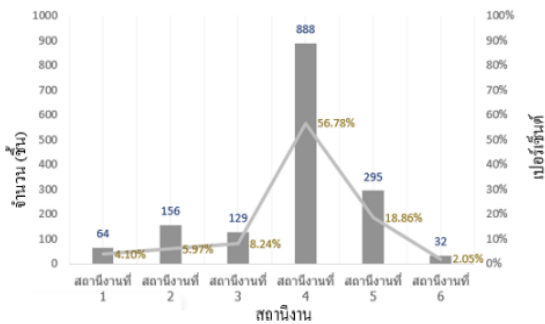
แผนการที่พัฒนาขึ้นไปทำการปรับกระบวนการผลิตเพื่อให้ของลดลงตามเป้าหมายตามวัตถุประสงค์

## 2. วิธีการวิจัย (Methodology)

การดำเนินโครงการเพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิต ส่วน ได้มีการประยุกต์ใช้เครื่องคุณภาพ ในการแก้ไขปัญหา ซึ่งมีวิธีการดำเนินโครงการดังนี้

### 2.1 การกำหนดปัญหา

การกำหนดปัญหาในกระบวนการผลิตส่วนทั้งทั้งสแตนคาร์ไบด์ สถานีงานที่ 1 ถึง สถานีงานที่ 6 มีงานเสียในกระบวนการผลิต จำนวน 1,564 ชิ้น แสดงตามภาพที่ 2 โดยสถานีงานที่ 1 มีของเสีย 64 ชิ้น สถานีงานที่ 2 มีของเสีย 156 ชิ้น สถานีงานที่ 3 มีของเสีย 129 ชิ้น สถานีงานที่ 4 มีของเสีย 888 ชิ้น สถานีงานที่ 5 มีของเสีย 295 ชิ้น สถานีงานที่ 6 มีของเสีย 32 ชิ้น มีอัตราร้อยละของเสีย 4.10, 5.97, 8.24, 56.78, 18.86, 2.05 ตามลำดับ

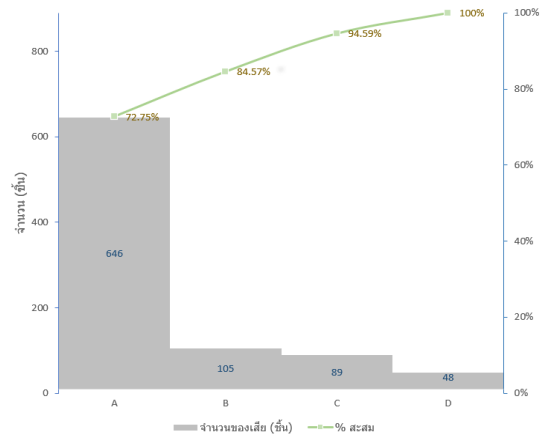


ภาพที่ 2 อัตรางานเสียของแต่ละสถานีงาน

จากภาพที่ 2 แสดงถึงอัตราของเสียตั้งแต่ สถานีงานที่ 1 ถึง สถานีงาน 6 พบว่าสถานีงานที่ 4 มีอัตราของเสียสูง 56.78 เปอร์เซ็นต์

### 2.2 การจำแนกลักษณะของของเสีย

การจำแนกปัญหาหลักของของเสียโดยใช้แผนภูมิพาเรโต ไดอะแกรมเพื่อจัดกลุ่มปัญหาด้วยหลักการ 80:20 พบปัญหาการเกิดของเสียที่จำเป็นต้องแก้ไขคือ ประเภท A สัดส่วนของเสียเท่ากับร้อยละ 72.75 คิดเป็นของเสียมากในสถานีงานที่ 4 จึงกำหนดเป็นปัญหาสำคัญที่จะนำมาวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุ



ภาพที่ 3 พาเรโตแสดงลักษณะของเสีย

ภาพที่ 3 อธิบายลักษณะของเสีย A คือ ของเสียจากคมตัดด้านข้างไม่ตรงตามแบบสั่งผลิต B คือ ของเสียจากร่องคายนูนไม่ตรงตามแบบสั่งผลิต C คือ ร่องคายนูนมีรอยไหม้ D คือ เครื่องจักรเกิดการขัดข้อง

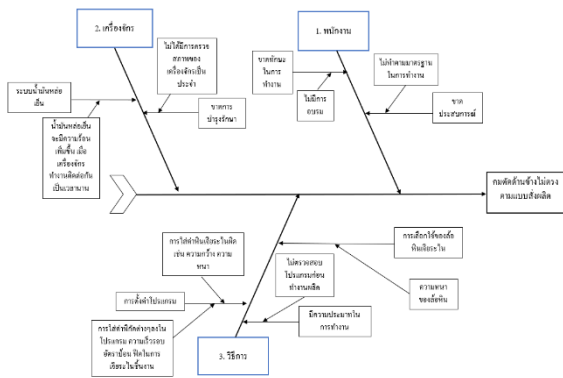
ตารางที่ 1 ปริมาณและร้อยละของของเสียแยกตามประเภทปัญหา

ลักษณะอาการของเสีย	จำนวน	%ของเสีย	%สะสม
คมตัดด้านข้างไม่ตรงตามแบบสั่งผลิต	646	72.75%	72.75%
ร่องคายนูนไม่ตรงตามแบบสั่งผลิต	105	11.82%	84.57%
ร่องคายนูนมีรอยไหม้	89	10.02%	94.59%
เครื่องจักรเกิดการขัดข้อง	48	5.41%	100%
รวม	888	100	

ตารางที่ 1 ปริมาณของเสียจำนวน 888 ชิ้น ลักษณะอาการเสียมีอยู่ 4 ประเภทคือ คนตัดด้านข้างไม่ตรงตามแบบสั่งผลิต จำนวน 646 ชิ้น คิดเป็น 72.75 เปอร์เซ็นต์ ร่องคายนูนไม่ตรงตามแบบสั่งผลิต จำนวน 105 ชิ้น คิดเป็น 11.82 เปอร์เซ็นต์ ร่องคายนูนมีรอยไหม้ จำนวน 89 ชิ้น คิดเป็น 10.02 เปอร์เซ็นต์ เครื่องจักรเกิดการขัดข้อง จำนวน 48 ชิ้น คิดเป็น 5.41 เปอร์เซ็นต์

### 2.3 วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

จากภาพที่ 4 วิเคราะห์ปัญหาจากสาเหตุและผล พบปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดปัญหาคมตัดด้านข้างไม่ตรงตามแบบสิ่งผลิตทั้งหมด 8 ปัจจัย



ภาพที่ 4 การวิเคราะห์ปัญหาด้วยแผนภูมิสาเหตุและผล

จากการพิจารณาถึงร้อยละของของเสียแต่ละปัญหาที่เกิดขึ้นในตารางที่ 1 กับสาเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหาที่วิเคราะห์ได้จากแผนภูมิเหตุและผลในภาพที่ 4 อธิบายรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาทางด้านบุคลากร
  - 1.1 ขาดประสบการณ์ในการทำงานบุคลากรที่ทำหน้าที่ในขั้นตอนการเจียรไนชิ้นรูปคมตัดยังขาด ประสบการณ์ในการทำงาน ขาดทักษะ ยังไม่มีความเชี่ยวชาญ
  - 1.2 บุคลากรขาดความละเอียด รอบคอบ ไม่ใส่ใจในขั้นตอนการเจียรไนชิ้นรูปคมตัด
  - 1.3 บุคลากรขาดการอบรมในการควบคุมเครื่องจักรไม่มีการอบรมการใช้เครื่องจักรก่อนการปฏิบัติงาน
2. การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาทางด้านเครื่องจักร
  - 2.1 ขาดรักษาเครื่องจักร ไม่มีการตรวจสอบสภาพเครื่องจักรก่อนการทำงาน
  - 2.2 ระบบน้ำมันหล่อเย็น น้ำมันหล่อเย็นจะมีความร้อนเพิ่มขึ้นเมื่อเครื่องจักรทำงานติดต่อกันเป็นเวลานาน
3. การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาด้านวิธีการทำงาน
  - 3.1 มีความประมาทในการทำงานไม่ตรวจสอบโปรแกรมในการทำงานก่อนทำการผลิต

3.2 การเลือกใช้ล้อยินเจียรไนในการผลิต ความหนาของล้อยินเจียรไน

3.3 การตั้งค่าโปรแกรม การป้อนค่าพารามิเตอร์ ในโปรแกรม เช่น ความเร็วรอบ อัตราป้อน พัดในการเจียรไนในงาน การใส่ค่าหิน

### 2.4 แนวทางการแก้ไขปัญหา

จากการวิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุของปัญหาข้างต้น จึงได้มีแนวทางในการแก้ไขปัญหาดังต่อไปนี้

#### 1. ปัญหาเกิดจากผู้ปฏิบัติงาน

ทักษะการทำงานและประสบการณ์เป็นสาเหตุที่สำคัญต่อการผลิต ผู้ปฏิบัติงานแต่ละคนมีความชำนาญและประสบการณ์ต่างกันทำให้การผลิตบกพร่อง

##### 1.1 แนวทางการแก้ไขปรับปรุง

แก้ไขปัญหาด้านความรู้พื้นฐานด้านการทำงานทักษะการทำงานและประสบการณ์ของพนักงาน ควรมีการจัดอบรมก่อนเข้างานเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการทำงาน ที่ใกล้เคียงกัน จัดอบรมให้ความรู้เพิ่มเติม เพื่อให้ พนักงานมีประสบการณ์และได้ความรู้ใหม่ในการนำมาใช้ในการปฏิบัติงาน นอกจากนี้ควรมีการทดสอบ พนักงาน เพื่อเป็นการประเมินการปฏิบัติงานของพนักงาน

#### 2. ปัญหาเกิดจากเครื่องจักร

เครื่องเจียรไนชิ้นรูปคมตัด เป็นสาเหตุหลัก เนื่องจากขาดการบำรุงรักษาอย่างต่อเนื่องทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรไม่คงที่

##### 2.1 แนวทางการแก้ไขปรับปรุง

ควรมีการตรวจสอบเครื่องจักร ทุกครั้งก่อนและหลังปฏิบัติงาน ทำการซ่อมบำรุงเครื่องจักรทุกๆ 3 เดือน และทำความสะอาดเครื่องจักรทุกสัปดาห์เพื่อคงประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักร

#### 3. ปัญหาเกิดจากวิธีการทำงาน

ปัญหาที่บกพร่องเกิดจากสาเหตุ จากผู้ปฏิบัติงานไม่ปฏิบัติตามขั้นตอนการทำงานและไม่มีการกำหนดการตรวจสอบและไม่มีการทำบันทึกปัญหา ความผิดพลาดในกระบวนการผลิตทำให้การผลิตเกิดข้อบกพร่อง

### 3.1 แนวทางการแก้ไขปรับปรุง

ทำคู่มือปฏิบัติงานให้กับพนักงานทุกคน นอกจากนี้ควรมีการตรวจสอบเครื่องจักรทุกวัน เพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีอุปกรณ์ใดภายในเครื่องจักรเสียหาย และออกกฎให้พนักงานมีความมุ่งมั่นถึงการทำความสะอาดในพื้นที่ปฏิบัติงานของตน

จากภาพที่ 5 เป็นการแสดงข้อมูลของเสียที่เกิดขึ้นหลังการปรับปรุงขึ้นมาแสดงเป็นแผนผังพารेटโดอะแกรมและได้นำข้อมูลเปรียบเทียบผลก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงได้ตามตารางที่ 3

### ตารางที่ 3 สัดส่วนของเสียก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

ลักษณะอาการของเสีย	สัดส่วนของเสีย	
	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
คมตัดด้านข้างไม่ตรงตามแบบสั่งผลิต	72.75%	66.37%
ร่องคายเศษไม่ตรงตามแบบสั่งผลิต	11.82%	17.80%
ร่องคายเศษมีรอยไหม้	10.02%	12.31%
เครื่องจักรเกิดการขัดข้อง	5.41%	3.52%
รวม	888	455

## 3. ผลการวิจัย (Results)

จากการปรับปรุงปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตตามแนวทางและทำการเก็บข้อมูลการผลิตหลังจากการปรับปรุงได้ผลหลังการปรับปรุงดังตารางที่ 2 ดังนี้

ตารางที่ 2 ปริมาณและร้อยละของของเสียแยกตามประเภทปัญหาหลังทำการปรับปรุง

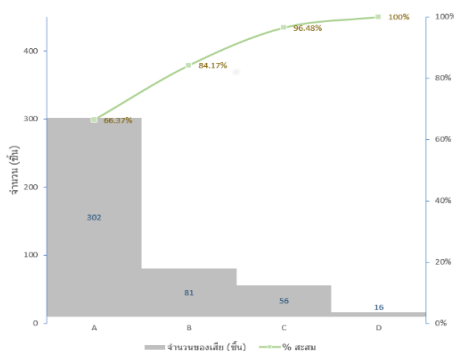
ลักษณะอาการของเสีย	จำนวน	%ของเสีย	%สะสม
คมตัดด้านข้างไม่ตรงตามแบบสั่งผลิต	302	66.37%	66.37%
ร่องคายเศษไม่ตรงตามแบบสั่งผลิต	81	17.80%	84.17%
ร่องคายเศษมีรอยไหม้	56	12.31%	96.48%
เครื่องจักรเกิดการขัดข้อง	16	3.52%	100%
รวม	455		

จากตารางที่ 3 อธิบายถึงอัตราของเสียก่อนและหลังการปรับปรุงซึ่งจากการปรับปรุงลักษณะของเสียประเภทคมตัดด้านข้างไม่ตรงตามแบบสั่งผลิต จากร้อยละ 75.72 ของอัตราของเสีย ลดลง ร้อยละ 66.37 ของอัตราของเสีย

## 4. การอภิปราย (Discussion)

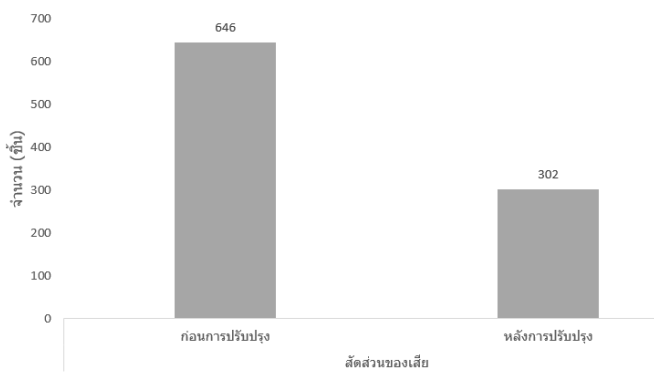
การดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ ได้ใช้เทคนิคการควบคุมคุณภาพทางสถิติเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตของสถานีงานที่ 4 หลังการแก้ไขปัญหาลดของเสียในกระบวนการผลิตส่วนทั้งสแตนคาร์ไบด์ ซึ่งได้เปรียบเทียบข้อมูลก่อนทำการปรับปรุงและหลังทำการปรับปรุงผลการดำเนินงานพบว่าสามารถลดของเสียประเภทคมตัดด้านข้างไม่ตรงตามแบบสั่งผลิตได้ จากเดิม 646 ชิ้น หรือร้อยละ 72.75 ของอัตราของเสีย ลดลง 302 ชิ้น หรือร้อยละ 66.37 ของอัตราของเสีย แสดงตามภาพที่ 6 [7] การลดของเสียในการกระบวนการผลิตอีฐบล็อก ซึ่งการดำเนินงานจะเริ่มจากการสำรวจปัญหาที่เกิดขึ้นโดยการ

จากข้อมูลตามตารางที่ 2 นำไปไปแสดงเป็นแผนผังพารेटโดได้ตามภาพที่ 5



ภาพที่ 5 พารेटโดแสดงลักษณะของเสียหลังการปรับปรุง

วิเคราะห์หาสาเหตุด้วยแผนภูมิแก๊งปลา พบว่ามีขั้นตอนการผลิตหลายขั้นตอน มีการเกิดของเสียหรือ ข้อบกพร่องจากการที่ปูนเข้าไปเป็นส่วนผสมน้อย อิฐบล็อกขนาดไม่เท่ากัน และอิฐบล็อกนั้นทะลุ ได้ดำเนินการแก้ไข้ปัญหาการลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตอิฐบล็อกโดยเสนอการฝึกอบรมพนักงานและติดตามกระบวนการปฏิบัติงานของพนักงานผลที่ได้รับจากการปรับปรุง กระบวนการพบว่าความถี่ของของเสียจากเดิม 705 ชิ้น ลดลง 564 ชิ้น



ภาพที่ 6 จำนวนของเสียก่อนปรับปรุงและหลังการปรับปรุง

## 5. สรุปผล (Conclusion)

ในการศึกษากระบวนการผลิตส่วนทั้งสแตนคาร์ไบด์ครั้งนี้เกิดจากปัญหาปริมาณของเสียในกระบวนการผลิต ซึ่งการดำเนินงานได้ศึกษาข้อมูลของเสียนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุการเกิดของเสียด้วยเครื่องมือคุณภาพทางสถิติ แผนภูมิแสดงเหตุและผลและออกแบบแนวทางในการแก้ไข้ปรับปรุงผลจากการดำเนินงานสามารถลดปริมาณของเสียประเภทคมตัดด้านข้างไม่ตรงตามแบบสั่งผลิตจากเดิมของเสียที่เกิดขึ้นก่อนการปรับปรุง จากเดิม 646 ชิ้น หรือร้อยละ 72.75 ของอัตราของเสีย ลดลง 302 ชิ้น หรือร้อยละ 66.37 ของอัตราของเสีย และสามารถลดของเสียในสถานีงานที่ 4 จากเดิม 888 ชิ้น ลดลง 455 ชิ้น

## 6. กิติกรรมประกาศ (Acknowledgements)

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต คณะอาจารย์

ที่ให้คำปรึกษา ซึ่งสำคัญอย่างยิ่งต่อการทำโครงการและขอบคุณบริษัททูลิ่งเอ็กแซ็กท์จำกัด ซึ่งเป็นบริษัทกรณีศึกษาที่ให้โอกาสในการทำโครงการรวมทั้งให้การสนับสนุนในการเก็บข้อมูลและทดลองใช้วิธีการที่ได้จัดทำขึ้นสำหรับกรณีวิจัยในครั้งนี้ จึงทำให้การวิจัยนี้สำเร็จลุล่วง

## 7. เอกสารอ้างอิง (References)

- [1] เกรียงไกร ศรีลิขิต. (2558). การลดของเสียการป้อนชิ้นงานในกระบวนการชุบแข็ง : กรณีศึกษา บริษัทชุบแข็งตัวอย่าง. วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการเตรียมศึกษาหลักสูตร ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- [2] ปิยมน โกศลชัย. (2559). การลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุน: กรณีศึกษา บริษัท ผู้ผลิตถุงบรรจุนม จำกัด. งานนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน, คณะโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- [3] ปิยะพร บุปผาชาติ. (2559). การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มผลผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมประเภทอิเล็กทรอนิกส์. งานนิพนธ์หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, วิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- [4] ธนิชญา มีชำนาญ. (2563). การลดของเสียประเภทมีจุดดำๆในกระบวนการผลิตไม้แขวนพลาสติก: กรณีศึกษา บริษัท พลาสติกเวิลด์ จำกัด. รายงานการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อม), คณะบริหารการพัฒนาสิ่งแวดล้อม, สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.
- [5] ธนภุช ชุ่นเซ่ง. (2557). การลดของเสียในกระบวนการฉีดพลาสติก กรณีศึกษา : ของเสียประเภทจุดดำ. วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.

- [6] ไพฑูรย์ ปะการะพัง. (2555). ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตด้วยเทคนิคของลีน : กรณีศึกษากระบวนการผลิตอิฐบล็อกหรือคอนกรีตบล็อก. ปรินญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต วิชาเอกการจัดการวิศวกรรมธุรกิจ, คณะบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- [7] พิพัฒพงศ์ ศรีชนะ, พรประเสริฐ ขวาลำธาร. (2555). การลดของเสียในกระบวนการผลิตอิฐบล็อก : กรณีศึกษา บริษัท มหาอาณาจักร จำกัด. บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม, คณะเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.
- [8] ศิริพงษ์ ตั้งยั้งยืน. (2557). การลดของเสียในโรงงานผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว กรณีศึกษา. สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิตบัณฑิตวิทยาลัย, สาขาการจัดการอุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น.
- [9] วมใจ อึ้งไพบเราะ. (2564). การลดของเสียและเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต กรณีศึกษาโรงงานอุตสาหกรรม. การประชุมนำเสนอผลงานวิจัยบัณฑิตศึกษาระดับชาติ ครั้งที่ 16 ปีการศึกษา 2564, หน้า 609 – 620.