

### บทที่ 3

#### วิธีดำเนินการวิจัย

#### 3.1 ศึกษากระบวนการผลิตผงคาร์บอนแบล็ค

คาร์บอนแบล็คเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทปิโตรเคมี (Petrochemical Product) เกิดจากการเผาไหม้ของสารไฮโดรคาร์บอนในอุณหภูมิที่กำหนด ประโยชน์ของคาร์บอนแบล็ค มีมากมาย เช่น ใช้เป็นหมึกพิมพ์สำหรับพิมพ์หนังสือ สื่อสิ่งพิมพ์ต่างๆ ใช้ผสมกับพลาสติกบางชนิด เครื่องเคลือบ หรือใช้เป็นตัวนำไฟฟ้าในผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมหลายประเภท นอกจากนั้น ยังเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของอุตสาหกรรมยางหลายประเภท เช่น ยางรถยนต์ ยางเครื่องบิน ท่อยาง สายพานยาง สายพานลำเลียง ฉนวนเคเบิล พื้นรองเท้า ฯลฯ เหตุที่ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวต้องใช้คาร์บอนแบล็ค เป็นส่วนผสมก็เพื่อให้ยางมีคุณสมบัติเหนียวแน่น ทนทานต่อการสึกหรอและมีความยืดหยุ่น

##### 3.1.1 กระบวนการผลิตผงคาร์บอนแบล็ค

ในกระบวนการผลิต มีเตาเผา 2 ชนิด คือ

1. Hard Black Reactor (HB Rx)
2. Soft Black Reactor (SB Rx)

Hard Black Reactor ประกอบไปด้วย

1. ตัวเตาเผา (Reactor) หรือ HB Rx.
2. ตัวแลกเปลี่ยนความร้อนกับลม (Air Preheated) หรือ APH
3. หม้อไอน้ำ (Reactor Boiler)
4. ตัวแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำมัน (Oil Preheated)

Soft Black Reactor ประกอบไปด้วย

1. ตัวเตาเผา (Reactor) หรือ SB Rx.
2. ตัวแลกเปลี่ยนความร้อนกับลม (Air Preheated) หรือ APH
3. ตัวแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำมัน (Oil Preheated)

### 3.1.1.1 การผลิตผงคาร์บอนแบล็ค ชนิด Hard Black

เริ่มต้นจากใช้น้ำมันเตาเข้าไปเผาไหม้กับอากาศในเตาเผาให้ได้ความร้อนประมาณ 1800 °C แล้วจึงฉีดน้ำมัน Feedstock oil ซึ่งมีความร้อนประมาณ 200 °C เข้าไปเผาไหม้ให้เกิดการแตกตัวของคาร์บอนในน้ำมัน Feedstock และฉีดน้ำเข้าไปหยุดปฏิกิริยาการแตกตัวจะได้ Smoke ที่มีองค์ประกอบของผงคาร์บอนแบล็ค และก๊าซต่างๆ หลายชนิด เช่น CO, NO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, H<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> เป็นต้น ซึ่งมีความร้อนเหลือประมาณ 950 °C ผ่านไปยังตัวแลกเปลี่ยนความร้อนกับลม (APH) ซึ่งลมเข้า 80 °C ผ่าน APH แลกเปลี่ยนความร้อนกับ smoke จะได้ลมร้อน 800 °C ออกจาก APH เข้าไปเผาไหม้กับน้ำมันในเตาเผา ความร้อนของ Smoke จะลดลงเหลือประมาณ 600 °C และผ่านไปยังหม้อต้มน้ำ (Reactor Boiler) ไอน้ำที่ได้จะส่งไปขายกับบริษัทในเครือ Smoke จะผ่านไปยังตัวแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำมัน (Oil Pre-heater) ซึ่งน้ำมันร้อนที่ได้จะเข้าไปเผาไหม้กับลมร้อนในเตาเผา (Reactor) ความร้อนของคาร์บอนแบล็คและก๊าซต่างๆ จะลดลงเหลือประมาณ 400 °C ซึ่งจะผ่านเข้าไปยังหอลดความร้อน (Quench Tower) ซึ่งใช้น้ำฉีดเข้าไปเพื่อลดความร้อนให้เหลือประมาณ 300 °C ก่อนที่จะเข้าไปในห้องแยกก๊าซ และคาร์บอนแบล็ค (Bag Filter)

ในห้อง Bag Filter จะประกอบไปด้วยห้องทั้งหมด 7 ห้อง แต่ละห้องจะมีถุงกรองอยู่ ประมาณ 4000 ใบ คาร์บอนแบล็ค จะถูกกรองอยู่ในถุงกรอง ก๊าซจะถูกแยกผ่านถุงกรองออกไปและนำไปเผาไหม้ในหม้อไอน้ำ (Boiler) ซึ่งมีทั้งหมด 5 ลูก ไอน้ำที่ได้จะนำไปผลิตกระแสไฟฟ้าใช้ในโรงงานทั้งหมด และยังส่งกลับไปขายให้กับบริษัทในเครือและการไฟฟ้าฝ่ายผลิต (EGAT) ด้วย และก๊าซบางส่วนจะถูกส่งไปเผาไหม้ในเตาเผาเครื่องอบแห้ง (Dryer Combustor) ซึ่งความร้อนที่ได้ใช้ ในเครื่องอบแห้ง (Dryer) ส่วนคาร์บอนแบล็คในถุงกรอง จะถูกลำเลียงไปยังท่อสูงเพื่อเข้าสู่การทำเม็ด โดยผ่าน Screw Conveyor, Pneumatic Blower และ Cyclone จะทำหน้าที่แยกก๊าซบางส่วนและคาร์บอนแบล็คออกจากกัน ก๊าซบางส่วนและคาร์บอนแบล็คที่แยกได้ จะถูกส่งกลับไปที่หอลดความร้อน (Quench Tower) อีกครั้งหนึ่ง ส่วนผงคาร์บอนแบล็คที่ได้ ก็จะถูกเก็บไว้ในถังพัก (Surge Tank) และผ่านไปยังเครื่องผสมอัดเม็ด (Mixer) ซึ่งจะผสมกับกากน้ำตาล (Molasses) และน้ำที่ทำให้เป็นเม็ด เพื่อเพิ่มความหนาแน่นของผงคาร์บอนแบล็ค มีความชื้นประมาณ 50% และถูกส่งไปยังเครื่องอบแห้ง (Dryer) โดยเครื่องลำเลียงแบบเกลียว (Screw Feeder) เพื่อไล่ความชื้นให้เหลือน้อยกว่า 1% ส่วนไอน้ำที่ได้และฝุ่นของผงคาร์บอนแบล็ค ที่ผสมไม่หมดใน Mixer ก็จะถูกพัดลมดูดแก๊ส (Purge gas Blower) ดูดขึ้นไปยังหอกรองฝุ่น (Purge gas Filter) ซึ่งจะมีถุงกรองเช่นเดียวกับกับ Bag Filter ไอน้ำก็จะถูกปล่อยออก

บรรยากาศ ส่วนผงคาร์บอนแบล็คจะถูกกรองในถุงกรองและจะถูกลำเลียงไปเก็บไว้ในถังพัก (Surge Tank) ผ่านไปยัง Mixer ผสมให้เป็นเม็ดอีกครั้งหนึ่ง คาร์บอนแบล็คที่ผ่านเครื่องอบแห้งแล้วก็จะถูกลำเลียงไปเก็บไว้ใน Silo เพื่อรอบรรจุถุงส่งลูกค้าต่อไป

### 3.1.1.2 การผลิตผงคาร์บอนแบล็ค ชนิด Soft Black

ขบวนการผลิตจะต่างจาก Hard Black ที่เตาเผาเท่านั้น ในการผลิตชนิด Soft Black ใช้น้ำมันก๊าด (Kerosene) เข้าไปเผาในเตาเผา จะได้ความร้อนประมาณ  $1200^{\circ}\text{C}$  แล้วจึงฉีดน้ำมัน Feed Stock oil ที่มีความร้อน  $200^{\circ}\text{C}$  เข้าไปเผาไหม้แทนน้ำมันก๊าด (Kerosene) เกิดการแตกตัวของคาร์บอนไม่สมบูรณ์ โดยฉีดน้ำเข้าไปหยุดปฏิกิริยาการแตกตัว จะได้ผงคาร์บอนแบล็ค และก๊าซต่าง ๆ หลายชนิด ผ่านขบวนการต่างๆ เหมือนกับ Hard Black

จากกระบวนการผลิตคาร์บอนแบล็คและการผลิตกระแสไฟฟ้า ของบริษัท เป็นการใช้พลังงานจากน้ำมันวัตถุดิบ (Carbon Black Feedstock Oil) อย่างคุ้มค่า คือ ได้คาร์บอนแบล็คเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบการผลิตยางในรูปแบบต่างๆ และยังได้ไอน้ำ (Steam) และไฟฟ้าเป็นผลพลอยได้ ทำให้ประหยัดการใช้น้ำมันเตาได้ปีละหลายล้านลิตรโดยลดการนำเข้าน้ำมันได้

การผลิตไอน้ำเพื่อใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า เพื่อใช้ในโรงงานเองและขายให้หน่วยงานภายนอก เป็นการอนุรักษ์พลังงาน โดยการนำพลังงานที่ต้องปล่อยทิ้งกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด และเป็นการลดมลภาวะทางอากาศของประเทศไทยด้วย



### 3.2 ศึกษาปัญหาของกระบวนการผลิตผงคาร์บอนแบล็คในสายการผลิตที่ 5

จากกรณีศึกษาโรงงานผู้ผลิตของคาร์บอนแบล็ค ระหว่างมกราคม 2552 – กรกฎาคม 2552 พบว่า ที่กระบวนการผลิตผงคาร์บอนแบล็คนั้นมีปัญหาของค่าความพร้อมใช้งานของเครื่องจักร (Machine Availability) นั้นค่อนข้างต่ำกว่าเป้าหมายโดยที่เป้าหมายของบริษัทนั้นเฉลี่ยอยู่ที่ 98% /เดือน แต่ปัจจุบันค่าความพร้อมใช้งานของเครื่องจักร (Machine Availability) อยู่ที่ 93.37% /เดือน เพราะเกิดจากการขัดข้องของเครื่องจักรบ่อยครั้ง

#### 3.2.1 มูลค่าการสูญเสียรวมคำนวณได้จาก

= \* มูลค่าการสูญเสียโอกาสในการผลิต + ค่าซ่อมเครื่องจักร + (จำนวนคน x ค่าแรงในการซ่อม)

\* มูลค่าการสูญเสียโอกาสในการผลิต = สูญเสียการผลิตผงคาร์บอนแบล็ค 5,000 กิโลกรัม ต่อ ชั่วโมง คิดเป็นเงิน 250,000 บาทต่อชั่วโมง

#### 3.2.2 ต้นทุนในการบำรุงรักษาคำนวณได้จาก

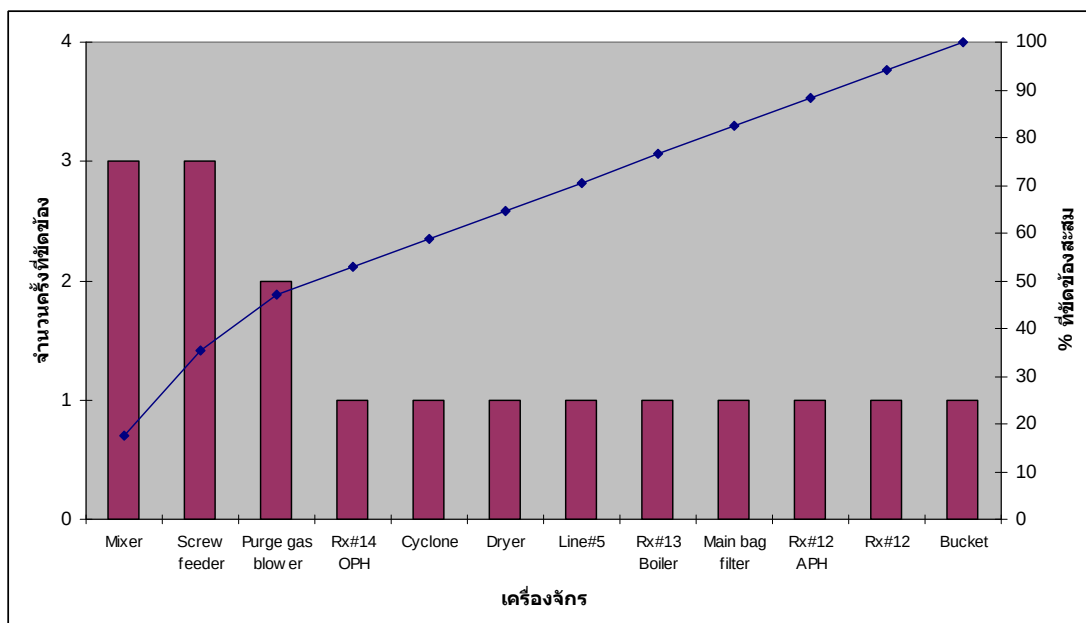
= ค่าสารหล่อลื่น + (จำนวนคน x ค่าแรงในการเติมสารหล่อลื่น) + ค่าแรงในตรวจวัดความสั่นสะเทือน

= 750 + (2x150) + 600 = 1,650 บาท/เดือน

| เดือน      | จำนวนครั้งที่ขัดข้อง | MTTR (Hrs.) | MTBF (Hrs.) | ค่าความพร้อมใช้งานเครื่องจักร (%) | มูลค่าการสูญเสียรวม (บาท) | ต้นทุนในการบำรุงรักษา (บาท) |
|------------|----------------------|-------------|-------------|-----------------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| มกราคม     | 3                    | 14.25       | 233.75      | 94.25                             | 10,360,050                | 1,650                       |
| กุมภาพันธ์ | 1                    | 52.50       | 619.50      | 92.19                             | 7,543,750                 | 1,650                       |
| มีนาคม     | 3                    | 12.72       | 235.28      | 94.87                             | 9,048,010                 | 1,650                       |
| เมษายน     | 1                    | 52.50       | 667.50      | 92.71                             | 8,159,438                 | 1,650                       |
| พฤษภาคม    | 3                    | 19.08       | 696.00      | 92.31                             | 9,716,661                 | 1,650                       |
| มิถุนายน   | 3                    | 14.17       | 225.83      | 94.10                             | 10,466,348                | 1,650                       |
| กรกฎาคม    | 3                    | 16.92       | 231.08      | 93.18                             | 12,026,170                | 1,650                       |
| เฉลี่ย     | 2.43                 | 26.02       | 415.56      | 93.37                             | 9,617,204                 | 1,650                       |

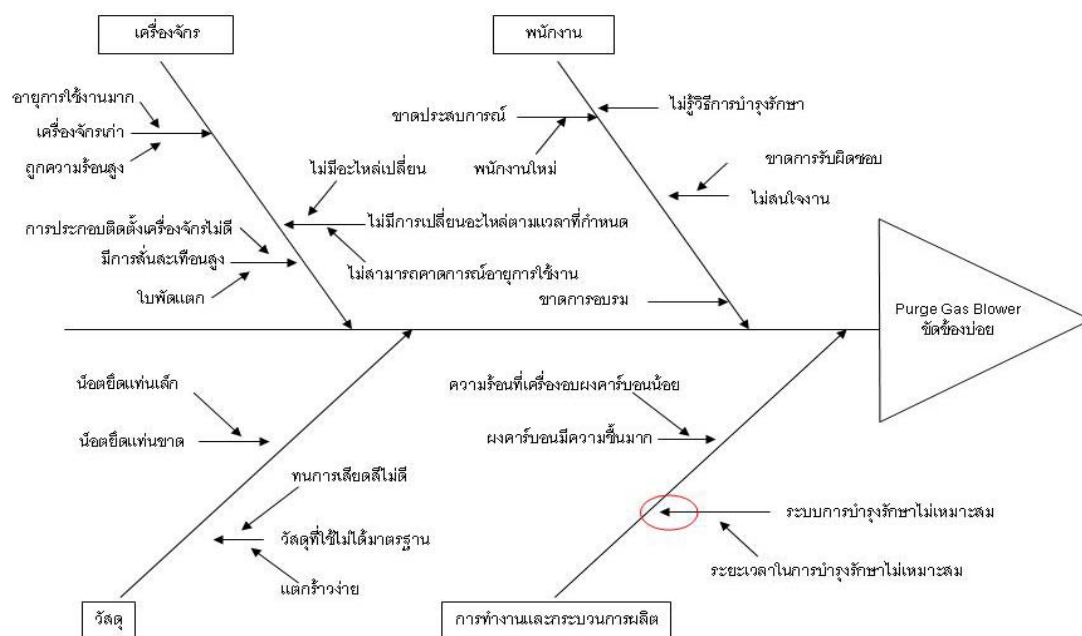
### 3.3 การวิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุ

| เครื่องจักร      | จำนวนครั้งที่ขัดข้อง | % ที่ขัดข้อง | จำนวนครั้งที่ขัดข้องสะสม | % ที่ขัดข้องสะสม |
|------------------|----------------------|--------------|--------------------------|------------------|
| Mixer            | 3                    | 17.65        | 3                        | 17.65            |
| Screw feeder     | 3                    | 17.65        | 6                        | 35.30            |
| Purge gas blower | 2                    | 11.76        | 8                        | 47.06            |
| Rx#14 OPH        | 1                    | 5.88         | 9                        | 52.94            |
| Cyclone          | 1                    | 5.88         | 10                       | 58.83            |
| Dryer            | 1                    | 5.88         | 11                       | 64.71            |
| Line#5           | 1                    | 5.88         | 12                       | 70.59            |
| Rx#13 Boiler     | 1                    | 5.88         | 13                       | 76.47            |
| Main bag filter  | 1                    | 5.88         | 14                       | 82.36            |
| Rx#12 APH        | 1                    | 5.88         | 15                       | 88.24            |
| Rx#12            | 1                    | 5.88         | 16                       | 94.12            |
| Bucket           | 1                    | 5.88         | 17                       | 100.00           |
| รวม              | 17                   | 100          | 17                       | 100              |



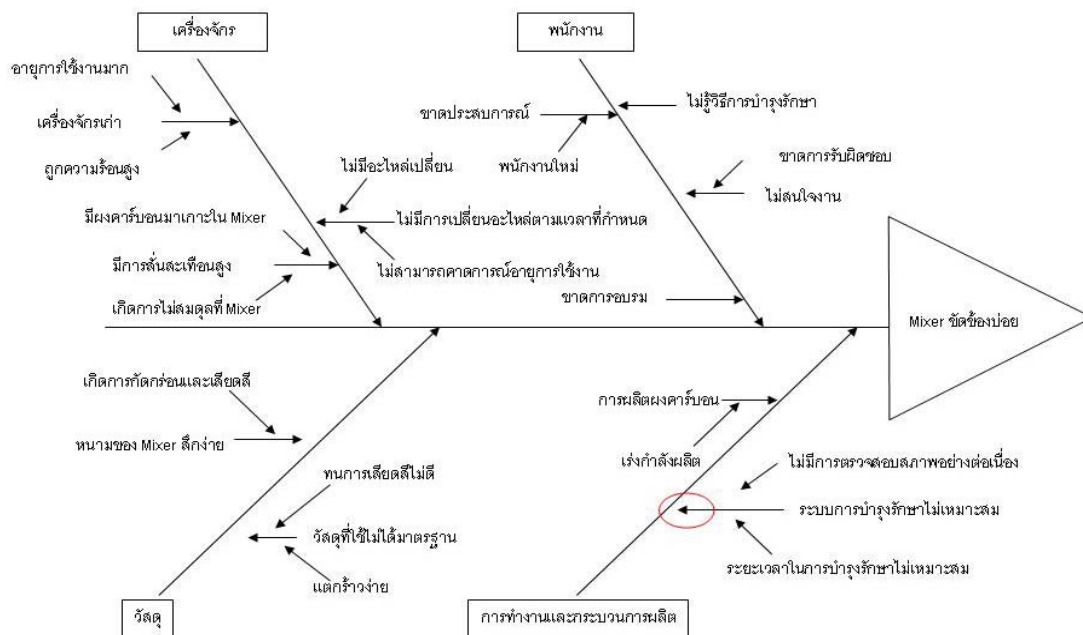
ภาพที่ 3.2

แผนภูมิพาเรโตแสดงการชำรุดของเครื่องจักร ระหว่างมกราคม 2552 – กรกฎาคม 2552



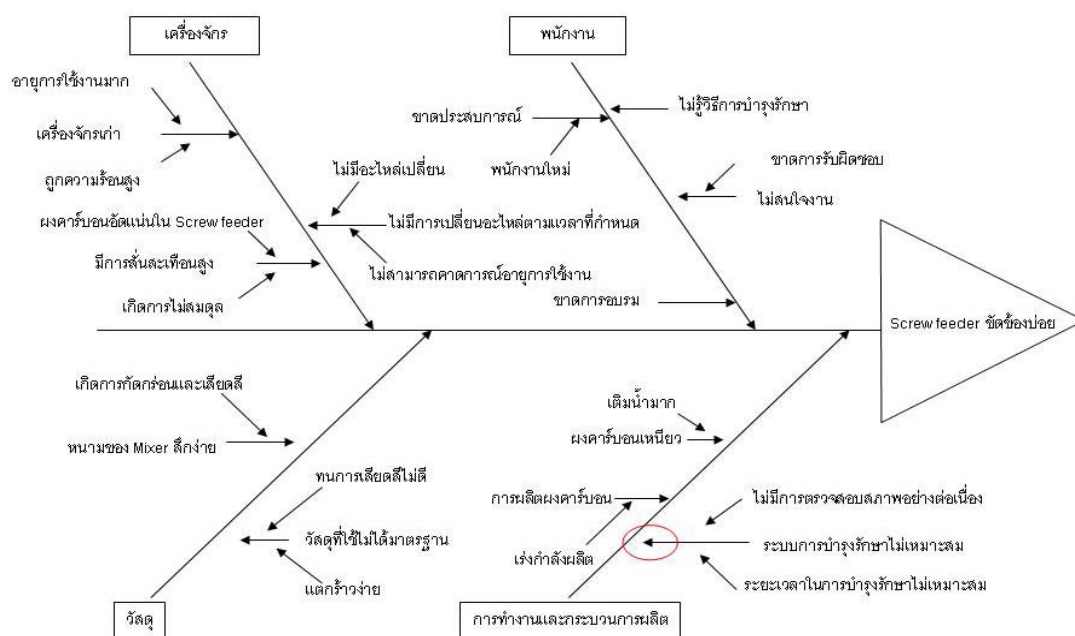
ภาพที่ 3.3

แผนภูมิแก๊งปลาแสดงสาเหตุของ Purge Gas Blower ชำรุดบ่อย



ภาพที่ 3.4

แผนภูมิแก๊งปลาแสดงสาเหตุของ Mixer ชัดชึ่งบ่อย



ภาพที่ 3.5

แผนภูมิแก๊งปลาแสดงสาเหตุของ Screw Feeder ชัดชึ่งบ่อย



จากการวิเคราะห์ข้อมูลของรายงานการขัดข้องของเครื่องจักร ระหว่างมกราคม 2552 – กรกฎาคม 2552 โดยใช้แผนภูมิพาเรโตพบว่า ปัญหาหลักที่ทำให้กระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์คาร์บอนแบล็คในสายการผลิตที่ 5 มีความพร้อมใช้งาน (Machine Availability) ต่ำนั้นเกิดจากการขัดข้องของเครื่องจักร 3 ชนิด คือ เครื่องผสมอัดเม็ด (Mixer) ซึ่งมีเวลารวมในการขัดข้องของเครื่องจักร 51 ชั่วโมง ทำให้เกิดมูลค่าการสูญเสียรวมเป็นจำนวนเงิน 12,750,000 บาท, เครื่องลำเลียงแบบเกลียว (Screw Feeder) ซึ่งมีเวลารวมในการขัดข้องของเครื่องจักร 34 ชั่วโมง ทำให้มูลค่าการสูญเสียรวมเป็นจำนวนเงิน 8,500,000 บาท และพัดลมดูดแก๊ส (Purge gas Blower) ซึ่งมีเวลารวมในการขัดข้องของเครื่องจักร 16.5 ชั่วโมง ทำให้เกิดมูลค่าการสูญเสียรวมเป็นจำนวนเงิน 4,125,000 บาท จากการขัดข้องของเครื่องจักร 3 ชนิด ทำให้เกิดมูลค่าการสูญเสียรวมเป็นจำนวนเงิน 25,375,000 บาท เป็นจำนวนเงินที่สูงและควรที่จะต้องหามาตรการแก้ไข ซึ่งสาเหตุหลักของการขัดข้องบ่อยของเครื่องจักรทั้ง 3 ชนิด นี้มาจากการที่มีการเลือกระบบการบำรุงรักษาที่ไม่ค่อยเหมาะสม

### 3.4 กำหนดมาตรการแก้ไข

เลือกใช้การบำรุงรักษา เนื่องจากวิธีการบำรุงรักษาในปัจจุบันที่ทางโรงงานดำเนินการอยู่ประกอบด้วย การบำรุงรักษาหลัก 2 ประเภท ได้แก่ การบำรุงรักษาตามคาบเวลา และการบำรุงรักษาตามสภาพ จากการตรวจสอบสายการผลิตที่ 5 พบว่า ไม่มีการประยุกต์การบำรุงรักษาตามสภาพในเครื่องจักรที่มีปัญหาการขัดข้องบ่อยครั้ง สำหรับเครื่อง Purge Gas Blower นั้นมีการตรวจวัดการสั่นสะเทือนอยู่แล้วแต่ความถี่ในการตรวจอาจยังไม่เหมาะสมทำให้ยังมีการขัดข้องของเครื่องจักรอยู่ในอัตราสูง ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้ การบำรุงรักษาตามสภาพ เพื่อเป็นตัวชี้วัดสภาพของเครื่องจักรในขณะทำงานซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการวัดและวิเคราะห์การสั่นสะเทือนในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ เครื่องวัดความสั่นสะเทือนยี่ห้อ SPM รุ่น Leo nova Infinity ซึ่งวัดค่าความสั่นสะเทือนในรูปของ Velocity ซึ่งมีหน่วยเป็น mm/s ซึ่งจะทำให้เราสามารถวางแผนการซ่อมบำรุงหรือแก้ไขล่วงหน้าได้อย่างเหมาะสมโดยงานวิจัยจะได้ดำเนินการประยุกต์ใช้ CBM โดยการวัดและวิเคราะห์ค่าความสั่นสะเทือนของเครื่อง Mixer เครื่อง Screw Feeder และเครื่อง Purge Gas Blower

โดยความถี่ที่เหมาะสมในการวัดการสั่นสะเทือนผู้วิจัยจะทำการทดลองวัดค่าความสั่นสะเทือนเพื่อหาความถี่ในการตรวจวัดที่เหมาะสมโดยทำการทดลอง 3 วิธี ดังต่อไปนี้

1. ทำการตรวจวันเว้นวัน
2. ทำการตรวจเช็ค 2 วันครั้ง
3. ทำการตรวจเช็ค 3 วันครั้ง

การทดลองดังกล่าวเพื่อดูแนวโน้มค่าความสั่นสะเทือนที่ทำการตรวจวัดของเครื่องจักรและสรุปความถี่ที่เหมาะสมที่ใช้ในการตรวจวัดเพื่อทำให้สามารถวางแผนป้องกันสาเหตุการขัดข้องและแก้ไขได้อย่างทันท่วงทีก่อนที่เครื่องจักรจะเสีย จากนั้น จะได้นำค่าความพร้อมการใช้งานเครื่องจักร (Machine Availability), MTTR, MTBF และมูลค่าการสูญเสียรวมมาเปรียบเทียบก่อนดำเนินการและหลังดำเนินการเพื่อตรวจสอบความพร้อมการใช้งานเครื่องจักร (Machine Availability) ของกระบวนการผลิตผงคาร์บอนแบล็ค เพื่อแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับปรุง