



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การออกแบบและปรับปรุงเครื่องตัดหน้ายาง KM และหน้ายาง BDR
Design and improvement KM tread and BDR tread cutter machine

นาย ธนภัทร ชัยลักษณ์ชัยกุล

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การออกแบบและปรับปรุงเครื่องตัดหน้ายาง KM และหน้ายาง BDR
Design and improvement KM tread and BDR tread cutter machine

นาย ธนภัทร รัชฎ์ลักษณะชัยกุล

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|--------------------------|---|
| ชื่อโครงการสหกิจศึกษา | การออกแบบและปรับปรุงเครื่องตัดหน้ายาง KM และหน้ายาง BDR |
| ชื่อ – สกุลนักศึกษา | นายธนภัทร รัชฎักษณ์ชัยกุล |
| คณะ วิศวกรรมศาสตร์ | สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล |
| ชื่อ – สกุล อาจารย์นิเทศ | ผศ.ดร.ณัฐวุฒิ เดไปวา |
| ชื่อ – สกุล ผู้นิเทศงาน | ผศ.ดร.ณัฐวุฒิ เดไปวา |
| ชื่อสถานประกอบการ | บริษัท สยามมิชลิน จำกัด (หนองแค) |

บทคัดย่อ

รายงานสหกิจเล่มนี้นำเสนอการออกแบบและปรับปรุงเครื่องตัดหน้ายาง KM และ BDR ที่ใช้ทำหน้าตัดหน้ายางแทนเครื่อง DHT ซึ่งเป็นเครื่องจักรและตัดยางชั่วคราว โดยมีวัตถุประสงค์คือ 1. สร้างเครื่องจักรที่สามารถตัดหน้ายาง KM และ BDR 2. เครื่องจักรสามารถตัดยางได้ตามความยาวที่กำหนดโดยมีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน บวก/ลบ 10 มิลลิเมตร 3. เครื่องจักรสามารถตัดยางได้รอยตัดที่ดีตามมาตรฐาน 4. ทำการประกอบและติดตั้งเครื่องจักรให้เป็นไปตามแบบ โดยเริ่มจากการศึกษาความต้องการจากโรงงานการศึกษาแนวคิดที่ตอบโจทย์นั้นคือนำเครื่องจักร PKM จากคลังเก็บของมารวมกับ Cutting Conveyor ซึ่งต้องสร้างขึ้นมาใหม่ในระยะที่ 1 (Phase 1) จากนั้นประกอบเข้ากับ Weight Scale Conveyor และ Booking Conveyor ในระยะที่ 2 (Phase 2) เป็นเครื่องตัดหน้ายาง KM และ BDR จากนั้นศึกษาการทำงานของเครื่องจักรที่เกี่ยวข้องหลังจากนั้นออกแบบและปรับปรุงคอนเวเยอร์เก่า (Conveyor) ให้เป็น Cutting Conveyor และปรับแบบลมใหม่ (Pneumatic Diagram) ที่จะใช้ในการทำงานของเครื่องจักร เมื่อออกแบบเสร็จจึงส่งให้ผู้รับเหมาสร้างเครื่องทำการสร้างเครื่องและติดตั้งยังจุดที่จัดสรรเอาไว้ในโรงงานตามแบบ(Layout)ที่ออกแบบไว้จากนั้นจึงทำการทดสอบและผลที่ได้จากการทดสอบในระยะที่ 1 คือ 1. เครื่องจักรติดตั้งได้ตามแบบ(Layout)ที่วางเอาไว้ 2. Cutting Conveyor รูปร่างต่างจากที่ออกแบบแต่ความยาวและการทำงานยังคงเดิม 3. ความยาวของ KM หรือ BDR ที่ตัดไม่เป็นไปตามที่ต้องการและไม่สม่ำเสมอเนื่องจากยางถูกยึดบนสายพานจึงแก้ปัญหาโดยเปลี่ยน Cutting Conveyor เป็นรูปแบบลูกกลิ้งแทน 4. รอยตัดไม่ได้ตามมาตรฐานจึงต้องทำการปรับใบมีดเพื่อให้ได้รอยตัดที่ดี

คำสำคัญ : KM, BDR, เครื่องตัดหน้ายาง

Cooperative Title: Design and improvement KM tread and BDR tread cutter machine
Student intern name: Mr. Thanapat Thunyalukchaikul
Faculty: Engineering **Department:** Mechanical Engineering
Advisor name: Asst. Prof. Dr. Nutthawut Depaiwa
Mentor name: Asst. Prof. Dr. Nutthawut Depaiwa
Company: Michelin Siam Co., LTD. (NKE)

ABSTRACT

This project is present design and improvement machine use to cut a tread of tire replace DHT machine which an extruder machine temporary. The objective is consist of 1.Build the machine which it able to cut KM and BDR tread products. 2.The machine able to cut the product which the product length is defined with tolerance plus/minus 10 millimeter. 3.The machine able to cut the product with quality of cut is good or acceptable. 4.Fabrication and Installation according to machine layout. Start from study the requirement from factory and study the solution concept. therefore the solution is bring PKM machine form warehouse to integrate with cutting conveyor which it need to build in phase 1 after that integrate with weight scale conveyor and booking conveyor in phase 2 become to KM and BDR cutter machine. After study machines involved this solution then design and deployment the old conveyor to the cutting conveyor and adjust the pneumatic diagram to use in the machine. Later send layout and information to supplier to fabricate and install the machine. After that test machine and the result that received in phase 1 include 1.The machine install according to the machine layout. 2.Cutting Conveyor is different model but length and function of conveyor is the same with designed. 3.The product length which it cutted by this machine is unstable and not according to the defined due to product stretch on belt. Therefore the solution is change the cutting conveyor from belt to free roller conveyor. 4.The quality of cut is not good therefore have to adjust the cutter for good quality.

Keywords : KM, BDR, tread cutter machine

กิตติกรรมประกาศ

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์ฉบับนี้ล่องลอยดี เนื่องด้วยความอนุเคราะห์จากบริษัท สยามมิชลิน จำกัด ที่ให้โอกาสในโครงการสหกิจศึกษา อีกทั้งคุณผู้นิเทศงานคุณอัมรินทร์ บัวเจริญ ผู้ดูแล คุณภาวนีย์ เนียมวงศ์ และพนักงานบริษัททุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือตลอดระยะเวลาสี่เดือน

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ณัฐวุฒิ เตไปวา ที่ได้ให้คำแนะนำและช่วยเหลือผู้จัดทำมาตลอด ขอขอบคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลทุกท่านที่ได้สอนและให้ความรู้อันเป็นประโยชน์ในการฝึกสหกิจในครั้งนี้หรือการทำงานในอนาคต

ผู้จัดทำรายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์ ขอขอบพระคุณทุกท่านอย่างสูงที่ให้ การสนับสนุน เอื้อเฟื้อและให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือ และประโยชน์อันพึงมีจากรายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์ฉบับนี้ ผู้จัดทำขอขอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ธนภัทร ธัญลักษณ์ชัยกุล

สารบัญ

| | หน้า |
|--|------|
| บทคัดย่อ..... | I |
| ABSTRACT | II |
| กิตติกรรมประกาศ..... | III |
| สารบัญ | IV |
| สารบัญภาพ..... | VII |
| สารบัญตาราง..... | XI |
| บทที่ 1 บทนำ..... | 1 |
| รายละเอียดเกี่ยวกับองค์กร..... | 1 |
| แผนกที่ฝึกงานสหกิจ (Department)..... | 2 |
| แผนปฏิบัติงาน (Planning)..... | 2 |
| ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... | 2 |
| บทที่ 2 แนวคิดและข้อมูลโครงการ..... | 3 |
| ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ..... | 3 |
| วัตถุประสงค์ของโครงการ..... | 3 |
| ขอบเขตของโครงการ..... | 4 |
| ช่วงศึกษาโครงการ (Study Phase)..... | 4 |
| คำย่อและคำจำกัดความ (Definition and Abbreviations)..... | 4 |
| พื้นฐานการผลิตยาง (Tire Foundamantal Manufacturing)..... | 5 |
| โครงสร้างของยางล้อ..... | 17 |

| | |
|--|-----------|
| เครื่องมือ (Handing)..... | 19 |
| ส่วนประกอบของเครื่องจักร (Machine Component)..... | 20 |
| ผลิตภัณฑ์ที่เข้าและออกจากเครื่องจักร Product Incoming/Outcoming..... | 29 |
| เงื่อนไขและข้อจำกัด | 29 |
| แนวคิดโครงการงาน (Concept Solution Proposal)..... | 30 |
| บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน..... | 34 |
| ศึกษาการทำงานของ Let off Bobbin และ PKM (Study Machine) | 34 |
| การดัดแปลงเครื่องจักร (Modify)..... | 35 |
| Cutting Conveyor..... | 35 |
| ระบบนิวเมติกส์ (Pneumatic Diagram) | 49 |
| การประกอบเครื่องและการติดตั้ง (Fabrication and Installation)..... | 59 |
| ช่วงเริ่มต้นการทำงาน (Start Up)..... | 64 |
| บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน | 66 |
| Cutting Conveyor..... | 66 |
| Machine Layout..... | 67 |
| ความยาวของการตัด KM หรือ BDR..... | 69 |
| รอยตัดของยาง..... | 75 |
| บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ | 77 |
| สรุปผล | 77 |
| ปัญหาและการแก้ปัญหา..... | 77 |
| ข้อเสนอแนะ..... | 84 |



สารบัญภาพ

| ภาพที่ | หน้า |
|---|------|
| ภาพที่ 2.1 แสดงกระบวนการผลิตยางล้อ | 5 |
| ภาพที่ 2.2 ขั้นตอนการฉาบยางกับเส้นลวด..... | 6 |
| ภาพที่ 2.3 ขั้นตอนการสร้างลวด Bead | 7 |
| ภาพที่ 2.4 เครื่องผสมยาง Banbury | 7 |
| ภาพที่ 2.5 เครื่อง Two Roll Mill | 8 |
| ภาพที่ 2.6 ขั้นตอนการผสมยาง..... | 10 |
| ภาพที่ 2.7 ขั้นตอนการ Extrusion | 12 |
| ภาพที่ 2.8 Type Building Machine from VMI | 13 |
| ภาพที่ 2.9 แสดงรูป Green Tire | 14 |
| ภาพที่ 2.10 แสดงภาพก่อนและหลังการเกิดปฏิกิริยาคิวตคาโนเซชันในระดับโมเลกุล | 14 |
| ภาพที่ 2.11 แสดงภาพแบบหล่อ(Mold)ยาง (ซ้าย) และเครื่องอบยาง (ขวา)..... | 15 |
| ภาพที่ 2.12 แสดงแผนภาพขั้นตอนการตรวจสอบยางล้อ | 16 |
| ภาพที่ 2.13 ภาพโครงสร้างยาง | 17 |
| ภาพที่ 2.14 Bobbin..... | 19 |
| ภาพที่ 2.15 Pin Truck..... | 19 |
| ภาพที่ 2.16 Tray Truck 25 KM (ซ้าย) และ Tray Truck 75 KM (ขวา)..... | 20 |
| ภาพที่ 2.17 Weight Scale Conveyor..... | 20 |
| ภาพที่ 2.18 KM Booking Conveyor..... | 21 |
| ภาพที่ 2.19 PR Cutter Conveyor | 21 |
| ภาพที่ 2.20 BDR Wind-up | 22 |
| ภาพที่ 2.21 PKM | 22 |
| ภาพที่ 2.22 Let off Bobbin | 23 |
| ภาพที่ 2.23 Encoder..... | 25 |

สารบัญภาพ(ต่อ)

| ภาพที่ | หน้า |
|--|------|
| ภาพที่ 2.24 Photosensor ประเภท Thru Beam | 26 |
| ภาพที่ 2.25 Photosensor ประเภท Retro Reflective..... | 26 |
| ภาพที่ 2.26 Photosensor ประเภท Diffuse Reflective..... | 27 |
| ภาพที่ 2.27 Reed Switch..... | 27 |
| ภาพที่ 2.28 แนวคิดของ The Cutter Machine..... | 31 |
| ภาพที่ 2.29 แนวคิดการทำงานแต่ละขั้นตอนของแต่ละเครื่องจักร | 33 |
| ภาพที่ 3.1 แสดงการวัดความตึงของ Liner | 34 |
| ภาพที่ 3.2 แนวคิดการทำงานของ Cutting Conveyor | 36 |
| ภาพที่ 3.3 แสดงภาพจุดเสียงของ Cutting Conveyor ที่จะก่อให้เกิดอันตราย..... | 43 |
| ภาพที่ 3.4 ความเค้นที่เกิดจากการพับ โลหะ..... | 44 |
| ภาพที่ 3.5 แสดงภาพขนาดของการพับเหล็ก | 45 |
| ภาพที่ 3.6 แสดงภาพการพับ โลหะเป็นการป้องกัน(Guard)..... | 47 |
| ภาพที่ 3.7 แสดงภาพของการป้องกันจุดหนีบข้าง Cutting Conveyor | 48 |
| ภาพที่ 3.8 Pnuematic Diagram No.1 | 49 |
| ภาพที่ 3.9 Pnuematic Diagram No.2 | 50 |
| ภาพที่ 3.10 Pnuematic Diagram No.3 | 51 |
| ภาพที่ 3.11 Pnuematic Diagram No.4..... | 52 |
| ภาพที่ 3.12 Pnuematic Diagram No.5 | 53 |
| ภาพที่ 3.13 Pnuematic Diagram No.6 | 54 |
| ภาพที่ 3.14 Pnuematic Diagram No.7 | 56 |
| ภาพที่ 3.15 Pnuematic Diagram No.8 | 57 |
| ภาพที่ 3.16 Pnuematic Diagram No.9 | 58 |

สารบัญภาพ(ต่อ)

| ภาพที่ | หน้า |
|---|------|
| ภาพที่ 3.17 แสดงภาพ Cutting Conveyor ระหว่างการประกอบเครื่อง | 59 |
| ภาพที่ 3.18 แสดงภาพ Cutting Conveyor , PKM และ Let off | 60 |
| ภาพที่ 3.19 แสดงภาพชุดตัด(Cutter)ที่เตรียมติดตั้งเข้ากับเครื่อง PKM | 60 |
| ภาพที่ 3.20 แสดงภาพการประกอบตู้ลม(CP PKM) ซ้าย และตู้ไฟฟ้าหลัก(AG) ขวา..... | 61 |
| ภาพที่ 3.21 แสดงภาพการวางสายและโปรแกรมลงในกล่อง PU PKM (ซ้าย) และ Panelview (ขวา)... | 61 |
| ภาพที่ 3.22 แสดงภาพเตรียมการติดตั้ง | 62 |
| ภาพที่ 3.23 การวาง PKM ตามแนว Centerline..... | 62 |
| ภาพที่ 3.24 การวาง Let off ตามแนว Centerline | 63 |
| ภาพที่ 3.25 การต่อสายลมกับอุปกรณ์ | 63 |
| ภาพที่ 3.26 แสดงช่วง Functional Test With Product..... | 65 |
| ภาพที่ 3.27 แสดงช่วง Start up | 65 |
| ภาพที่ 4.1 แสดงภาพเปรียบเทียบของ Cutting Conveyor ระหว่างที่ออกแบบและที่สร้างจริง | 66 |
| ภาพที่ 4.2 แสดง Machine Layout ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องจักร | 67 |
| ภาพที่ 4.3 แสดงตำแหน่งติดตั้งเครื่องจักรในพื้นที่จริง (ด้านหน้า) | 67 |
| ภาพที่ 4.4 แสดงตำแหน่งติดตั้งเครื่องจักรในพื้นที่จริง (ด้านหลัง) | 68 |
| ภาพที่ 4.5 แสดงค่าความยาวของ KM ที่ตัดจาก KM and BDR Cutter | 69 |
| ภาพที่ 4.6 แสดงค่าความยาวของ KM ที่ตัดจาก KM and BDR Cutter | 70 |
| ภาพที่ 4.7 กราฟแสดงค่าความยาวของการทดลองประจำวัน ที่ 16/10/2561 เวลา 14.00 นาฬิกา | 73 |
| ภาพที่ 4.8 แสดงภาพรอยตัด 1 | 75 |
| ภาพที่ 4.9 แสดงภาพรอยตัด 2 | 75 |
| ภาพที่ 4.10 แสดงภาพรอยตัด 3 | 76 |
| ภาพที่ 5.1 กราฟแสดงค่าความยาวของการทดลองประจำวัน ที่ 25/10/2561 | 80 |
| ภาพที่ 5.2 Cutting Conveyor ใหม่ (Free Roller Conveyor) | 81 |

สารบัญภาพ(ต่อ)

| ภาพที่ | หน้า |
|--|------|
| ภาพที่ 5.3 Cutting Conveyor ที่ติดตั้งตามตำแหน่ง | 81 |
| ภาพที่ 5.4 แสดงภาพ Shock Absorbers ของชุดตัด..... | 82 |
| ภาพที่ 5.5 แสดงภาพตัวหยุด(Stopper)ของชุดตัด | 83 |



สารบัญตาราง

| ตารางที่ | หน้า |
|--|------|
| ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน | 2 |
| ตารางที่ 2.1 ตาราง Specification ของผลิตภัณฑ์ | 29 |
| ตารางที่ 3.1 แสดงการหาความยาวของ Cutting Conveyor ที่สัมพันธ์กับเวลาโดยใช้ line speed สูงสุด | 36 |
| ตารางที่ 3.2 แสดงการหาความยาวของ Cutting Conveyor ที่สัมพันธ์กับเวลาโดยใช้ line speed ต่ำสุด | 37 |
| ตารางที่ 3.3 แสดงค่าข้อมูลพื้นฐานในการคำนวณ | 39 |
| ตารางที่ 3.4 แสดงข้อมูลที่ใช้ในการเลือกมอเตอร์ | 40 |
| ตารางที่ 3.5 แสดงค่าการหารัศมีพับที่เล็กที่สุดของวัสดุต่างๆ | 45 |
| ตารางที่ 3.6 แสดงเงื่อนไขการหาค่าระยะจากผิวด้านในถึงเส้นกลาง(C)..... | 47 |
| ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลองประจำวันที่ 16/10/2561 เวลา 14.00 นาฬิกา | 72 |
| ตารางที่ 4.2 แสดงค่าทางสถิติจากผลการทดลองประจำวันที่ 16/10/2561 เวลา 14.00 นาฬิกา | 72 |
| ตารางที่ 5.1 ผลการทดลองหลังจากเปลี่ยน Conveyor เป็นแบบลูกกลิ้ง ประจำวันที่ 25/10/2561 | 79 |
| ตารางที่ 5.2 แสดงค่าทางสถิติผลการทดลองประจำวันที่ 25/10/2561 | 79 |

บทที่ 1

บทนำ

รายละเอียดเกี่ยวกับองค์กร

บริษัทมิชลิน (Michelin) เป็นบริษัทผลิตรายเพื่อยานพาหนะชนิดต่างๆสัญชาติฝรั่งเศส มีสำนักงานใหญ่อยู่ที่เมือง Clermont-Ferrand ประเทศฝรั่งเศส นอกจากแบรนด์มิชลินแล้วยังมียางแบรนด์อื่นที่เป็นของมิชลินภายใต้ชื่อแบรนด์ BF Goodrich, Kleber, Tiger, Riken, Kormoran และ Uniroyal (ในทวีปอเมริกาเหนือ) นอกจากนี้มิชลินยังจัดทำ Green Travel Guides ซึ่งเป็นหนังสือจัดอันดับโรงแรมในสถานที่ท่องเที่ยวและ Red Travel Guides หรือที่เรารู้จักกันในรูปแบบของ Michelin-Star ซึ่งเป็นการจัดอันดับร้านอาหารที่ดูดีอาหารอร่อย โดยจะแบ่งเป็น 3 ระดับตามจำนวนดาว และมาศคอสมของมิชลินคือ Bibendum หรือในชื่อปัจจุบันคือ Michelinman

บริษัทมิชลินเริ่มก่อตั้งในปี ค.ศ.1889 จาก 2 พี่น้องชาวฝรั่งเศสตระกูลมิชลิน คือ เอ็ดูอาร์และอังเดร มิชลิน (Édouard Michelin and André Michelin) โดยเริ่มก่อตั้งโรงงานที่เมือง Clermont-Ferrand ในปี ค.ศ.1891 มิชลินประสบความสำเร็จในการทำยางลมรถจักรยานแบบถอดออกได้ครั้งแรก ต่อจากนั้นในปี ค.ศ.1934 มิชลินได้นำเสนออย่างประเทหนึ่งซึ่งเมื่อถูกเจาะก็ยังสามารถที่จะวิ่งต่อไปได้เป็นที่รู้จักกันในปัจจุบันคือยาง “Run-Flat-Tyre” ปี ค.ศ.1946 มิชลินสามารถคิดค้นและสร้างยาง Radial ได้สำเร็จจึงก้าวไปสู่การเป็นผู้นำอุตสาหกรรมด้านการผลิตรายของโลกและมีชื่อทางการตลาดครั้งแรกว่า “X tyre” ในปัจจุบันบริษัทมิชลินผลิตรายเพื่อพาหนะทุกชนิดตั้งแต่รถยนต์ไปจนถึงยางสำหรับกระสวยอวกาศมีโรงงานผลิตรายกว่า 69 แห่งทั่วโลก(ในประเทศไทยมี 6 แห่ง) ได้แก่ ฝรั่งเศส, โปแลนด์, สเปน, เยอรมนี, สหรัฐอเมริกา, สหราชอาณาจักร, บราซิล, ไทย และประเทศอื่นๆ

ในปีพ.ศ. 2530 มิชลินได้ขยายธุรกิจเข้าสู่ตลาดประเทศไทย โดยจับมือร่วมธุรกิจกับบริษัทยางสยามในเครือซีเมนต์ไทยจัดตั้งเป็น “บริษัท สยามมิชลิน จำกัด” เพื่อผลิตรายรถ จัดจำหน่ายทั้งภายในประเทศและเพื่อส่งออก และก่อตั้งโรงงานผลิตรายรถยนต์ 3 แห่งโดยเริ่มที่พระประแดง, แหลมฉบัง, หนองแค และโรงงานผลิตรายรถบรรทุก 1 แห่งที่จังหวัดระยอง และก่อตั้งโรงงานเพิ่มอีก 2 แห่งในเวลาต่อมา ภายใต้การดูแลบริหารงานของบริษัท สยามมิชลิน จำกัด ซึ่งมีพนักงานรวมทั้งสิ้นกว่า

6,700 คน และบริษัทสยามมิชลิน จำกัด ยังเป็นศูนย์กลางของการดูแลในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และโอเชียเนีย โดยมีสำนักงานใหญ่ตั้งอยู่ที่ The 9th Tower A พระราม 9 กรุงเทพมหานคร หน่วยงานของมิชลินในประเทศไทยต่างยึดมั่นและให้ความสำคัญกับการส่งเสริมการสัญจรอย่างยั่งยืน ซึ่งเป็นเจตนารมย์อันแน่วแน่ของมิชลินทั่วโลก และเชื่อมั่นในความเป็นเลิศของผลิตภัณฑ์ยางมิชลินซึ่งมุ่งเน้นคุณสมบัติหลัก 3 ประการอย่างเท่าเทียมกัน นั่นคือ ความปลอดภัย การประหยัดน้ำมัน และอายุการใช้งานที่ยาวนาน เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ยางรถยนต์ที่มีคุณสมบัติครบถ้วนและมีสมรรถนะสูงสุด

แผนกที่ฝึกงานสหกิจ (Department)

แผนก DOMF ที่โรงงานสยามมิชลิน หนองแค (NKE) ซึ่งโรงงานแห่งนี้เป็นโรงงานที่เกี่ยวข้องกับการผลิตยางสำหรับรถบรรทุกและยางสำหรับเครื่องบิน ซึ่งแผนก DOMF ทำหน้าที่ออกแบบและสร้างเครื่องจักรสำหรับการผลิตยางรถบรรทุกและเครื่องบินเพื่อส่งให้กับ โรงงานประกอบรถบรรทุก, โรงงานประกอบเครื่องบิน (ตลาด OE) และร้านค้าที่จำหน่ายยาง (ตลาด RT)

แผนปฏิบัติงาน (Planning)

| Activity | Jun | Jul | Aug | Sep | Oct | Nov |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Study tire manufacturing in factory | ↔ | | | | | |
| Study project and solution detail | ↔ | | | | | |
| Study and design machine function follow requirement | ↔ | → | | | | |
| Follow up fabricate machine at shop supplier | | ← | → | | | |
| Platform Test at shop supplier | | | | ◊ | | |
| Follow up Installation and start up | | | | ◊ | | |
| Support to verify result and adjust machine | | | | ← | → | → |
| Report and presentation | | | | | | ↔ |

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) ได้เรียนรู้และฝึกการออกแบบเครื่องจักร
- 2) การติดต่อประสานงานในการทำงานกับผู้ที่เกี่ยวข้อง
- 3) ฝึกกระบวนการคิดและแก้ปัญหาในการทำงาน

บทที่ 2

แนวคิดและข้อมูลโครงการ

ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

เนื่องจากเครื่อง DHT จะหยุดการผลิตเพื่อทำการพัฒนาและปรับปรุงเครื่องในปี 2561 เป็นผลทำให้ไม่สามารถที่จะผลิตยาง KM (หน้ายาง) ที่จะนำส่งต่อไปยังส่วนของ TBM (เครื่องสร้างยาง) และยาง BDR (หน้ายางหล่อดอก) ซึ่งจะนำไปหล่อดอกกับยางเก่า จึงจำเป็นต้องมีเครื่องจักรที่จะใช้ทำการตัดยาง KM และ BDR แทนเครื่อง DHT ช่วงคราเวลระหว่างที่กำลังทำการปรับปรุงเพื่อให้กำลังการผลิตของยางของโรงงานไม่ลดลงจากเดิม โดยมีคุณสมบัติของเครื่องจักรที่ทางโรงงานต้องการต้องการดังนี้

1. สามารถตัดยาง KM ได้ 560 เส้นต่อวัน
2. สามารถตัดยาง BDR ได้ 350 เส้นต่อวัน
3. TRSP = 67 % (ประสิทธิภาพของการใช้งานเครื่องจักร)
4. Breakdown 5 % สำหรับช่วง Start Up และ 2 % สำหรับช่วง Ramp Up
5. Cutting time ไม่เกิน 54 วินาทีต่อยาง 1 เส้น

วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1) การออกแบบและดัดแปลงเครื่องจักรให้มีหลักของความปลอดภัยและสะดวกต่อการใช้งานของพนักงานปฏิบัติงาน (Operator)
- 2) สร้างเครื่องจักรเพื่อใช้ในการตัดยาง KM และ BDR
- 3) เครื่องจักรสามารถตัดยางได้ตามความยาวที่กำหนด
- 4) เครื่องจักรสามารถตัดยางโดยมีรอยตัดที่ดีตามมาตรฐานคุณภาพของมิชลิน
- 5) ทำการประกอบและติดตั้งเครื่องจักรให้เป็นไปตามแบบ

ขอบเขตของโครงการ

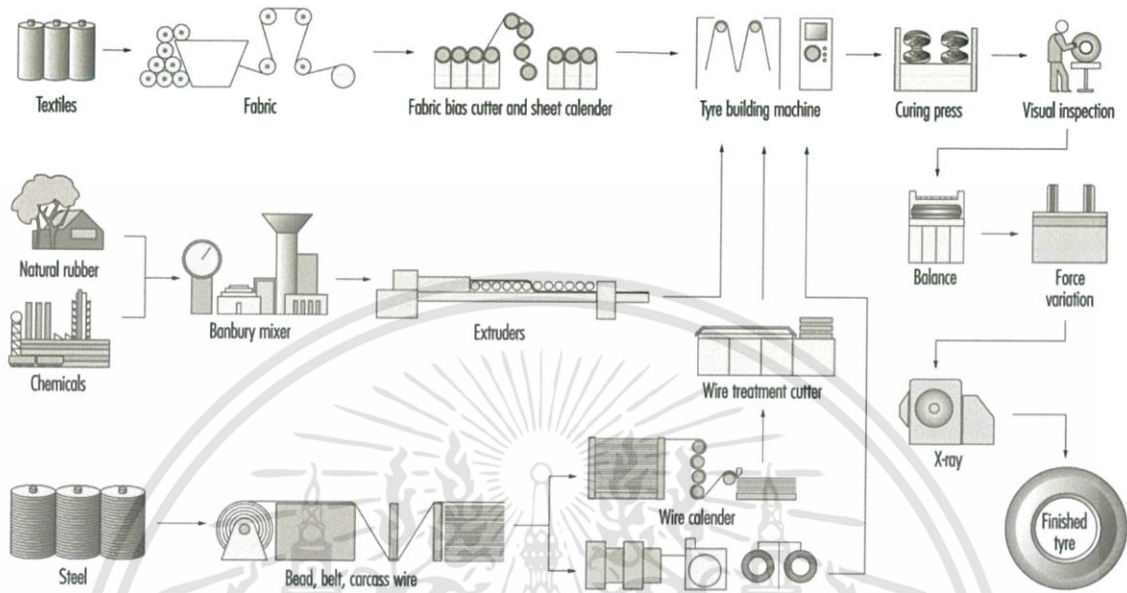
ขอบเขตของโครงการเริ่มต้นที่การศึกษากระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ต้นทางจนจบกระบวนการ จากนั้นจึงทำการศึกษาลักษณะการทำงานของพนักงานปฏิบัติการ (Operator) และทำการหาข้อมูลความต้องการของโรงงานรวมทั้งขนาดและน้ำหนักของสิ่งต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการโครงการเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบ เมื่อทำการออกแบบเสร็จจึงนำแบบไปให้หัวหน้าโรงงานได้ตรวจสอบเพื่อทำการอนุมัติให้ดำเนินการต่อไป โดยหลังจากการสั่งของและได้ผู้รับเหมาในการสร้างเครื่องจักรแล้ว จำเป็นจะต้องทำการติดตามกระบวนการทำงานประกอบเครื่อง (Fabrication) ของผู้รับเหมา ตรวจสอบขนาด, ชิ้นส่วนและฟังก์ชันการทำงานจากนั้นทำการทดสอบเครื่องจักรที่โรงงานของผู้รับเหมาเพื่อตรวจสอบว่าเป็นไปตามความต้องการ เมื่อเครื่องจักรถูกส่งมายังโรงงานแล้วสิ่งที่ต้องทำคือการเป็นผู้ดูแลผู้รับเหมาในการติดตั้งเครื่องและตรวจสอบให้เครื่องจักรติดตั้งได้ตามแบบ (Machines Layouts) ที่ได้ออกแบบเอาไว้และให้ตรงกับอาคารสถานที่ตั้งที่ได้รับการจัดสรรจากทางโรงงาน ตรวจสอบระบบ Pneumatic Diagram และ Pneumatic cabinet Layout ให้เป็นไปตามที่ได้ทำการออกแบบ ขอบเขตของงานยังรวมถึงการ Start Up เครื่องจักรให้ดำเนินไปจนถึงเป้าหมายที่ได้ตั้งเอาไว้

ช่วงศึกษาโครงการ (Study Phase)

คำย่อและคำจำกัดความ (Definition and Abbreviations)

- TRSP ประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องจักร
- Breakdown เวลาที่เครื่องจักรไม่สามารถทำการผลิตได้
- Start up ช่วงเวลาที่เครื่องจักรเริ่มต้นการผลิต
- Ramp up ช่วงเวลาที่เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของเครื่องจักร
- Unit time เวลาในการทำงาน 1 รอบของการทำงานขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่ง
- KM หน้ายาง
- BDR หน้ายางหล่อดอก
- TBM เครื่องสร้างยาง (Tire Building Machine)

พื้นฐานการผลิตยาง (Tire Foundamental Manufacturing)



ภาพที่ 2.1 แสดงกระบวนการผลิตยางล้อ

โรงงานนี้อยู่ในช่วงหลัง Extruders ตัดหน้ายางส่งให้เครื่องสร้างยาง(Tire Building Machine) สำหรับกระบวนการผลิตยางขั้นพื้นฐานนั้นจะมี ขั้นตอนหลักๆดังนี้

ขั้นตอนการเตรียมส่วนผสมวัตถุดิบ

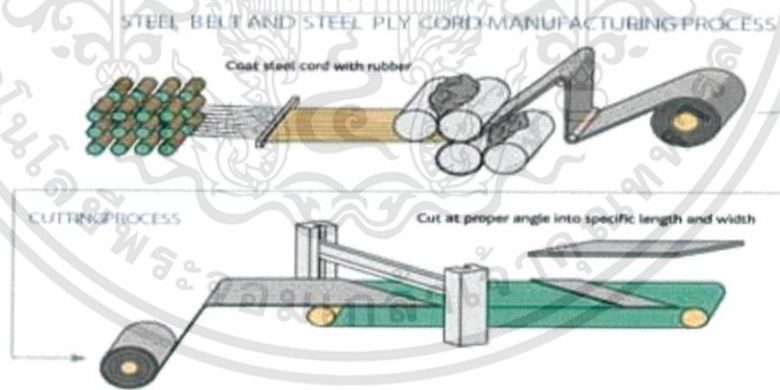
ยางเส้นหนึ่งมีส่วนผสมมากกว่า 200 ชนิด ส่วนผสมต่างๆทำให้คุณสมบัติของยางที่ได้เปลี่ยนแปลงไปตามที่ออกแบบและสมรรถนะการใช้งานเช่นความปลอดภัย การประหยัดน้ำมัน การลดความต้านทานการหมุน และความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยส่วนประกอบเหล่านี้แบ่งได้ 5 กลุ่มหลักๆ คือ

- ยางธรรมชาติ (ยางพารา) ส่วนประกอบหลักของชั้นหน้ายาง
- ยางสังเคราะห์ ส่วนหนึ่งของดอกยางรถยนต์ รถตู้ และยาง 4x4
- คาร์บอนสีดำและซิลิกา ใช้เป็นตัวเสริมเพื่อเพิ่มความทนทาน
- เมทัลลิกและเคเบิลเสริมเส้นใย โครงสร้างของยางที่ขึ้นรูปเป็นทรงเรขาคณิต และให้ความแข็งแรง

- สารเคมีอื่นๆ เพื่อคุณสมบัติที่โดดเด่นต่างๆ เช่น แรงต้านทานการหมุนต่ำ หรือการยึดเกาะที่สูงเป็นพิเศษ

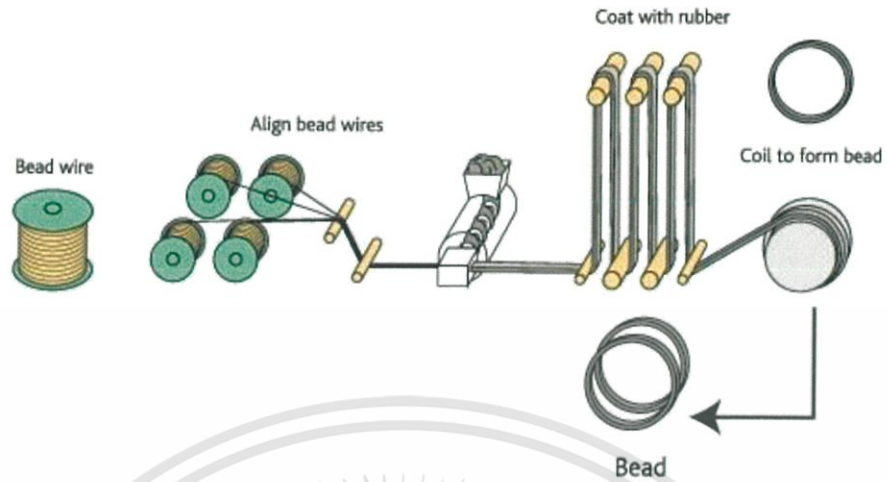
ขั้นตอนนี้ยังรวมถึงการทำเส้นลวดที่จะใช้เสริมความแข็งแรงของยาง โดยเริ่มจากการนำลวดเหล็กมาขัดทำความสะอาดและเคลือบบอแรกซ์(เพื่อช่วยในการยึดเกาะกับผงสบู่ในขั้นตอนการดึงแบบแห้ง)จากนั้นจึงดึงลดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแบบแห้งจากขนาด 5.5 มิลลิเมตร ให้เหลือ 1.75 มิลลิเมตร จากนั้นจะทำการปรับ โครงสร้างของลวดเพื่อลด Stress ของลวดที่ผ่านการดึงแบบแห้งและปรับเพื่อให้ได้โครงสร้าง Pearlite ต่อจากนั้นลวดจะผ่าน ไปชุบทองเหลืองเพื่อที่จะใช้ทองเหลืองเป็นตัวยึดเกาะระหว่างเนื้อยางกับเส้นลวดและส่ง ไปรีดแบบเปียกในขั้นตอนสุดท้ายเพื่อลดขนาดของลวดจาก 1.75 ไปเป็น 0.35 มิลลิเมตร สาเหตุที่ต้องทำการชุบทองเหลืองก่อนรีดเพราะจะได้กำหนดขนาดของลวดในขั้นตอนสุดท้ายได้แม่นยำเมื่อเสร็จขั้นตอนแล้วมีวนลวดที่ได้เก็บ ไว้เพื่อรอการส่งไปทำการผลิตในขั้นตอนต่อไป โดยจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนที่จะนำไปผลิตต่อดังนี้

1. ลวดส่วนที่นำไป Calendering คือการนำยางที่ผสมแล้วมาลากับลวดที่ได้



ภาพที่ 2.2 ขั้นตอนการลากับยางกับเส้นลวด

2. ลวดส่วนที่นำไปทำวงขอบยางใน คือการนำลวดมาพันตีเป็นเกลียวและเคลือบด้วยยางเพื่อที่จะเพิ่ม Yield Stress ให้มากขึ้นกว่าเดิมสามารถรองรับแรงกระแทกได้มากขึ้น



ภาพที่ 2.3 ขั้นตอนการสร้างลวด Bead

ขั้นตอนการ Mixing

สำหรับขั้นตอนนี้เป็นกระบวนการผสมยางกับสารเคมีเพื่อให้ยางมีคุณสมบัติได้ตามที่ต้องการและออกแบบไว้ ในวงอุตสาหกรรมยางเรียกว่า “การตียาง” โดยขั้นตอนนี้จะใช้เครื่องบดยางเข้ามาช่วย แบ่งเป็น 2 ระบบ คือ เครื่องบดระบบปิด (Internal Mixer) ซึ่งมักจะเรียกตามชื่อยี่ห้อเครื่อง เช่น Banbury, Shew Intermix และ Kneader ระบบที่ 2 ที่ใช้บดยางคือ เครื่องบดระบบเปิด (Open Mill) หรือที่เรียกตามลักษณะของเครื่องว่า Two Roll Mill หรือเครื่องบด 2 ลูกกลิ้ง



ภาพที่ 2.4 เครื่องผสมยาง Banbury



ภาพที่ 2.5 เครื่อง Two Roll Mill

ขั้นตอนแรกของการ Mixing จะเป็นการบดขย้างให้หืนม โดยเป็นการบดขย้างธรรมชาติและไมผสมกับสารเคมีใดๆ เพื่อลดความหนืดของขย้างหรือลดความหยุ่นตัวของขย้าง ทำใหขย้างสามารถรับเข้กับสารเคมีต่างๆ ได้และเกิดการกระจายเป็นเนื้อเดียว นอกจากนั้นยังทำให้ได้ขย้างที่มีสภาวะความเป็นพลาสติก (Plastic) มากขึ้น ทำให้สะดวกในการขึ้นรูปโดยกรรมวิธีต่างๆ เช่น การรีดเรียบ (Calendering) การอ้ขย้าง (Extrusion) เป็นต้น ช่วงการบดต้องการใหขย้างมีความหนืดน้อย เพื่อให้เกิดการตัดเลือนขย้างได้ง่ายและป้องกันการเสื่อมสภาพเนื่องจากความร้อน

เมื่อทำการบดขย้างจนได้ขนาดแล้วขั้นตอนต่อไปคือการบดผสมโดยการเติมสารเคมีลงไปผสมกับขย้างที่บดแล้วภายในเครื่อง Mixing มีพารามิเตอร์ที่ต้องควบคุมคือ

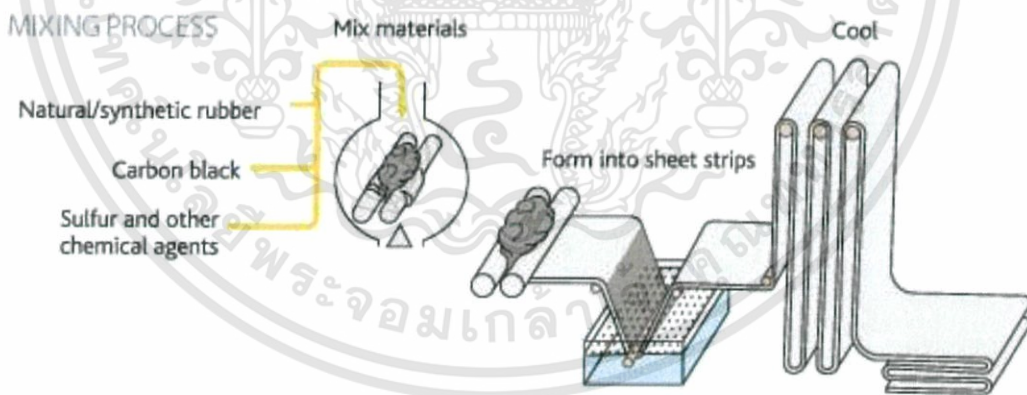
- น้ำหนักของการบดแต่ละครั้ง (Batch Size)
- ขนาดและการกระจายตัวของอนุหภูมิที่เกิดขึ้นเนื่องจากความร้อน (Heat Built-up)
- แรงกดใหส่วนผสมแนบกับลูกบด
- การกระจายตัวของส่วนผสม (Ingredient Dispersion)

เมื่อแยกประเภทของสารเคมีที่ใช้ผสมในยางจะได้ 8 ประเภทดังนี้

1. สารวัลคาไนซ์ (Vulcanizing agents, Curatives) – เป็นสารเคมีที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาการเชื่อมโยงระหว่างสายโซ่โม่เลกุล (Crosslinking) ของยางเรียกว่ากระบวนการ Vulcanization
2. สารตัวเร่ง (Accelerators) – สารที่ช่วยลดระยะเวลาการวัลคาไนซ์ โดยการเพิ่มความเร็วยางวัลคาไนซ์
3. สารกระตุ้น (Activators) และสารหน่วง (Retarders) – สารกระตุ้น คือ สารที่ช่วยกระตุ้นสารตัวเร่งและเสริมให้สารตัวเร่งสามารถทำงานอย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น สารหน่วงเป็นสารที่ช่วยลดหรือชะลอความว่องไวของการวัลคาไนซ์ก่อนกำหนด (Scorch Time) ยาวขึ้น แต่ Cure Time เท่าเดิม และไม่มีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของยางมากนัก
4. สารป้องกันความเสื่อม (Antidegradants) – เป็นสารที่ช่วยลดหรือหน่วงการเสื่อมของยางที่อาจจะเป็นผลมาจากออกซิเจน โอโซน ความร้อน แสง โลหะและการหักงอ
5. สารช่วยในการแปรรูป (Processing Aids) – สารที่ใส่เข้าไปในยางเพื่อช่วยให้กระบวนการแปรรูปยาง ดำเนินการด้วยความสะดวก ง่าย ปลอดภัยมากขึ้น ต้นทุนลดลง รวมทั้งสมบัติของยางจะดีขึ้น
6. สารตัวเติม (Fillers) – เช่น เขม่าดำ (Carbon Black) ช่วยในการเสริมแรงให้มีสมบัติทางกลดีขึ้นหรือซิลิกา (Silica) เพื่อให้ลดการปล่อยความร้อนน้อยช่วยลดความต้านทานการหมุนของยาง
7. พลาสติกไซเซอร์ สารทำให้นิ่ม สารเพิ่มความเหนียวติด (Plasticizers, Softeners, Tackifiers)
8. สี (Color pigments) และ สารอื่นๆ (Special Purpose Materials)

การเติมสารเคมีเข้าไปผสมกับยางต้องทำตามหลักการดังนี้

- สารที่มีปริมาณน้อย ควรใส่เริ่มต้นของการผสมหรือใช้ในรูปของ Masterbatch ซึ่งเป็นการป้องกันการขังผิดพลาด การปลิดหาย ติดข้างเครื่อง เป็นต้น
- สารเคมีใดที่กระจายยากจะต้องผสมก่อน เพราะในช่วงต้น ยางยังคงมีความหนืดสูงจะเกิดแรงเฉือนสูง ให้สารเคมีกระจายได้ดี เช่น ZnO หรือสารตัวเติมที่มีขนาดอนุภาคเล็ก เช่น เขม่าดำ และซิลิกาชนิดตกตะกอน
- สารเคมี ที่เป็นกรด และด่าง ควรจะใส่แยกจากกัน ไม่ควรจะใส่ตามกัน เพราะกรดกับด่าง จะทำปฏิกิริยากัน ทำให้เป็นก้อน Cake ซึ่งจะกระจายตัวในยางได้ยากขึ้น
- สารวัลคาไนซ์ ซึ่งหมายถึง กำมะถันและสารตัวเร่งให้แยกกันใส่ ปกติจะใส่สารตัวเร่งก่อน (เพราะสารตัวเร่งใช้น้อย) แล้วใส่กำมะถันในขั้นสุดท้าย แต่ในกรณีที่กำมะถันกระจายในยางได้ยาก เช่นกับ ยางไนไตรล์ จะใส่กำมะถันก่อน แล้วจึงใส่สารตัวเร่งในขั้นตอนสุดท้าย



ภาพที่ 2.6 ขั้นตอนการผสมยาง

ขั้นตอนการ Extrusion

การ Extrusion เป็นหัวใจหลักในการขึ้นรูปทั้งหน้ายาง (KM) แก้มยาง (FE) และยางชั้นใน (GI) ซึ่งทำหน้าที่ปกป้อง โครงสร้างผ้าใบและลวดเหล็กค้ำใน สาเหตุที่ต้องใช้การ Extrusion มีดังนี้

- ยางชั้นใน (GI) บางมากเกินไปจึงต้องใช้การ Extrusion
- สามารถขึ้นรูปหน้ายางได้
- Masterbatch หรือ Finalmixed มาจากหลายที่ซึ่งอาจมีส่วนผสมมีคลาดเคลื่อนจากกันจึงต้องนำมาอัดผสมกัน เพื่อให้ยางมีส่วนผสมที่ตรงกัน

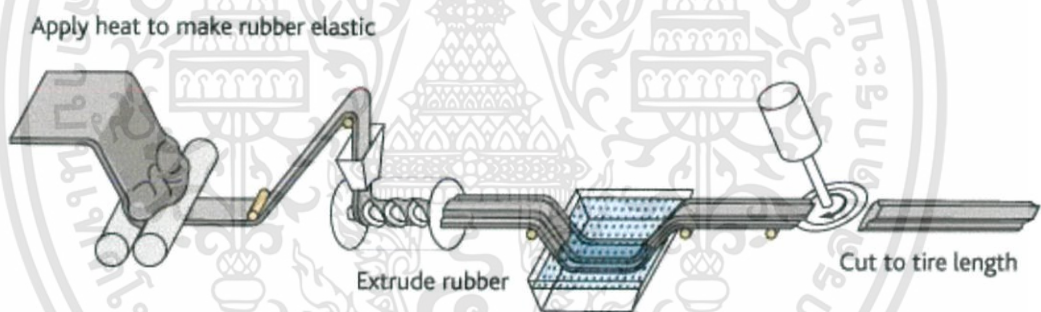
เครื่อง Extrusion แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. เครื่องอัดรีดที่ป้อนด้วยยางร้อน (Hot Feed Extruder) ซึ่งจะมีขนาดความยาวต่อขนาดสกรู (Screw) อัดรีดที่ต่ำลงและต้องมีการเตรียมยางด้วยเครื่องบดยางสองลูกกลิ้ง (Two-roll mill) ให้มีอุณหภูมิสูง (ประมาณ 70-90°C) ก่อนเข้าฮอปเปอร์ (Hopper) ของเครื่องอัดรีด ข้อดีคือสามารถเดินสายการผลิต (Line Speed) ได้สูงขึ้นและยางเป็นเนื้อเดียวกัน แต่ข้อเสียคือเปลืองพื้นที่ พลังงาน และค่าใช้จ่าย
2. เครื่องอัดรีดที่ป้อนด้วยยางเย็น (Cold Feed Extruder) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่นิยมใช้ในการผลิตยางรถยนต์ในปัจจุบันเนื่องจากไม่ต้องเตรียมยางก่อนเข้าเครื่อง ข้อดีคือประหยัดพื้นที่และขั้นตอนไม่ซับซ้อน ส่วนข้อเสียคือความเร็วสายการผลิต (Line speed) ไม่สูงเท่า Hot Feed และ เวลาของการสุกตัวของยาง ต่ำลง

การทำงานแบ่งเป็น 4 ขั้นตอน คือ

1. การใส่ยาง (Feeding) ขั้นตอนการลำเลียงยางจากฮอปเปอร์ (Hopper)
2. การหลอม (Melt) ยางคอมปาวด์ (Compound) ทั้งหมดจะถูกหลอมเหลวในกระบอกหลอมเหลว (Barrel) ที่ควบคุมอุณหภูมิผ่านการหมุนของสกรู (Screw) เกิดการผสมให้ยางเป็นเนื้อเดียวกันมากขึ้น

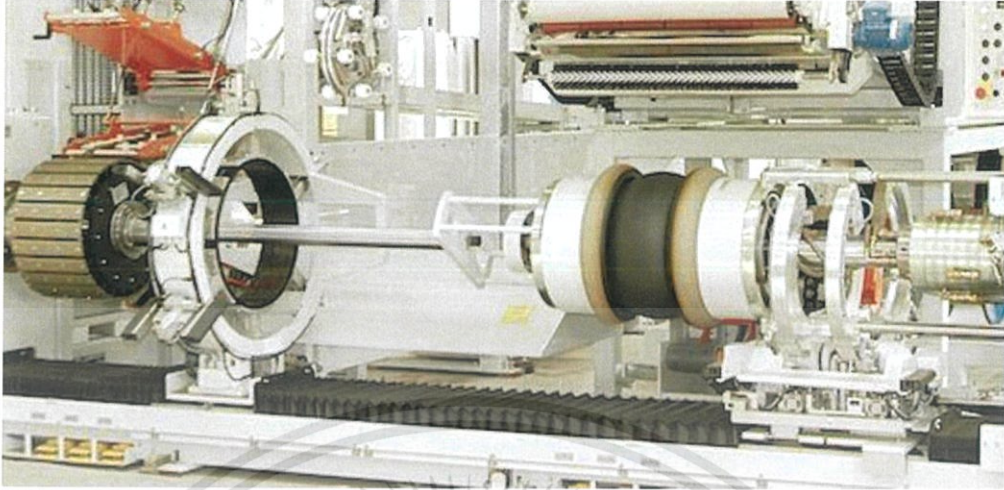
3. การอัด (Compress) ขั้นตอนของการบดอัดผสมยางที่เกิดจากสกรู(Screw) ที่หมุนอัดภายในกระบอกลูกสูบ(Barrel) เพื่อส่งยางไปยังหัวอัดรีด (Die)
4. การปล่อยออก (Feed) การปล่อยยางที่ผ่านการอัดออกไปจากเครื่อง Extrusion มี 4 ส่วนในขั้นตอนนี้ คือ
 - 4.1.ช่องทางการไหล(Insert) ทำหน้าที่ควบคุมการไหลก่อนเข้า Die
 - 4.2.พรีฟอร์มเมอร์ (Preformer) เป็น ชิ้น ส่วน ที่เป็น ช่องผ่าน ยาง คอมปาวด์(Compound) เพื่อกำหนดตำแหน่งการไหลของการอัดรีดร่วม(Co-Extrusion) เพื่อให้ได้รูปทรงของชิ้นงานสำเร็จตามที่ต้องการ
 - 4.3.คาสเซต(Cassette) มีหน้าที่เป็นตัวประคองช่องทางการไหล
 - 4.4.หัวตาย(Die) เป็นส่วนที่ยึดติดกับส่วนปลายสุดของการอัดรีด มีหน้าที่ในการสร้างรูปร่างภายนอกของหน้ายางตามลักษณะของของ Die



ภาพที่ 2.7 ขั้นตอนการ Extrusion

ขั้นตอนการประกอบชิ้นส่วนและขึ้นโครงยาง (TBM)

หลังจากเตรียมส่วนของวัตถุดิบต่างๆแล้ว จึงนำยางวัตถุดิบส่วนต่างๆมาประกอบกันที่เครื่องสร้างยาง (Type Building Machine : TBM) เพื่อขึ้นรูปเป็นยางล้อที่เป็น Green tyre จากนั้นส่งต่อไปยังกระบวนการอบยาง(Curing Process) ต่อไป



ภาพที่ 2.8 Type Building Machine from VMI

ขั้นตอนการประกอบยางล้อสามารถลำดับได้ 2 ขั้นตอนคือ

1. ขั้นตอนประกอบยางล้อระดับที่หนึ่ง เป็นขั้นตอนสร้างยางในลักษณะแผ่นเรียบ
2. ขั้นตอนประกอบยางล้อระดับที่สอง เป็นขั้นตอนสร้างยางในลักษณะขึ้นรูปยาง

ขั้นตอนประกอบยางล้อระดับที่หนึ่ง (First Stage Tire Building) สร้างยางแผ่นเรียบประกอบด้วย 5 ขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นตอนวางแผ่นยางใน (Innerliner)
2. ขั้นตอนวางแผ่นผ้าใบโครงยาง (Carcasses)
3. ขั้นตอนวาง Apex และ ขดลวดบีท(Bead) บริเวณขอบทั้ง 2 ข้างลึกเข้ามาเล็กน้อยของยางแผ่นเรียบ จากนั้นมีวง โครงยางมาทับขดลวดบีท(Bead)
4. ขั้นตอนวางส่วนเสริมบนโครงยางตรงไหล่ยางและChafer (วางทับตรงขดลวดที่พับ)
5. ขั้นตอนวางแก้มยาง

ขั้นตอนประกอบยางระดับที่สอง (Second Stage Tire Building) เป็นขั้นตอนสร้างยางในลักษณะขึ้นรูปเป็นโดนัท เพราะต้องการให้บริเวณที่วางเข็มขัดรัดหน้ายางเรียบที่สุดและกำหนดรูปร่างได้ง่าย เนื่องจากเข็มขัดรัดหน้ายางจะแข็งมากถ้าวางก่อนทำเป็นรูปโดนัทจะควบคุมรูปร่างได้ยาก มี 2 ขั้นตอนต่อจากขั้นตอนประกอบยางล้อระดับที่หนึ่ง (First Stage Tire Building) ดังนี้

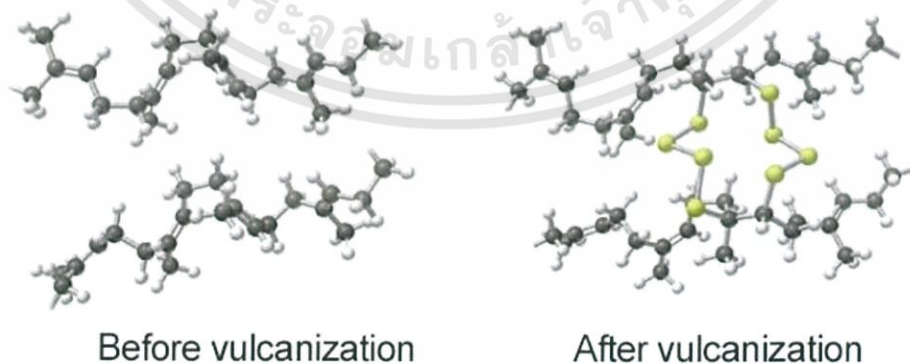
6. ขั้นตอนวางเข็มขัดรัดหน้ายาง (NST) วางซ้อนทับกับ 2 รอบ ให้ขัดกันเป็นรูปตารางเฉียง
7. ขั้นตอนวางหน้ายาง หลังจากขั้นตอนนี้จะได้ลักษณะออกมาเป็นยางล้อที่เรียกว่า “Green Tire”



ภาพที่ 2.9 แสดงรูป Green Tire

ขั้นตอนกระบวนการอบยาง (Curing Process)

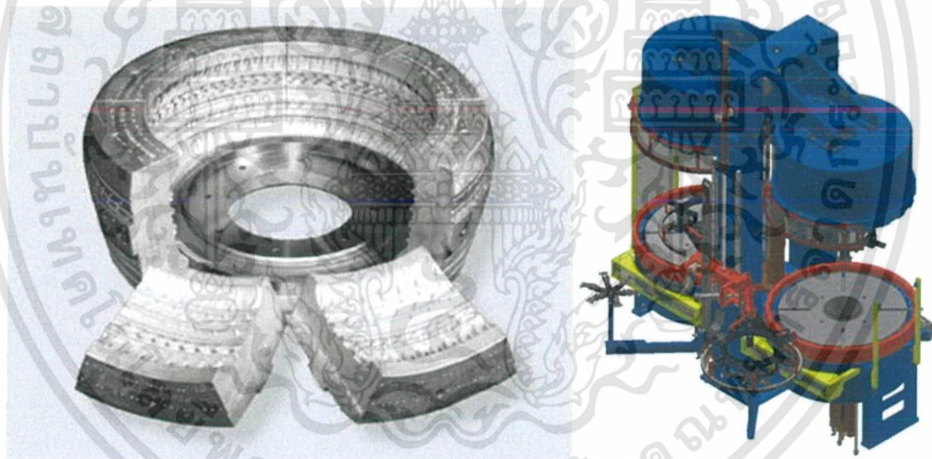
กระบวนการอบยางหรือ Curing Process เป็นกระบวนการที่ส่งความร้อนและความดันเข้าไปสู่ Green Tire ภายในแบบหล่อ (Mold) เพื่อให้ยางสุกและได้รูปร่างเป็นยางล้อที่แข็งแรงเนื่องจากเกิดปฏิกิริยาวัลคาไนเซชัน (Vulcanization) ระหว่างยางและซัลเฟอร์ (Sulfur) ระยะเวลาที่ใช้ในการอบก็จะขึ้นอยู่กับขนาดของยางที่ผลิตภายในโรงงานสยามมิชลินหนองแคที่ผลิตยางรถบรรทุกจะใช้เวลาในการอบประมาณ 57 นาทีต่อยาง 1 เส้น ลวดลายและตัวอักษรทั้งหมดที่อยู่บนยางจะเกิดขึ้นจากแบบหล่อยาง (Mold) ในขั้นตอนนี้



ภาพที่ 2.10 แสดงภาพก่อนและหลังการเกิดปฏิกิริยาวัลคาไนเซชันในระดับโมเลกุล

องค์ประกอบที่สำคัญของเครื่องอบ(Curing Machine) คือ

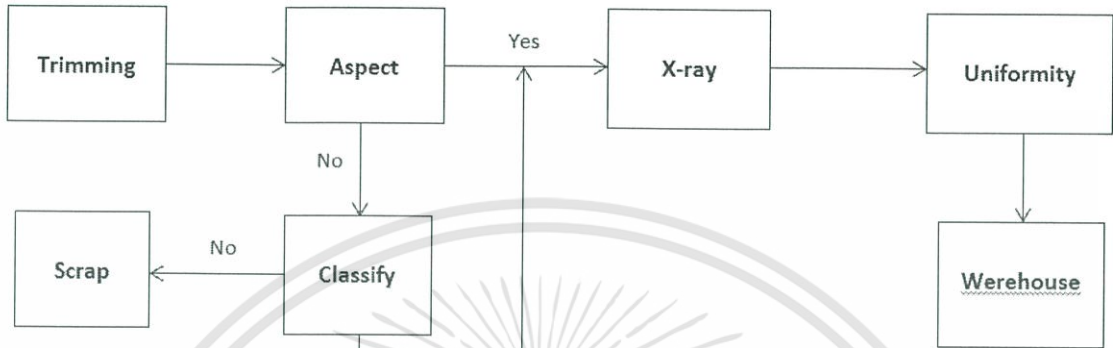
- แบบหล่อ(Mold) เป็นเสมือนกำแพง ที่คอยต้านแรงดันจากภายใน ทำการถ่ายเทความร้อนไปยัง Green Tire (Bandage) และทำให้เกิดการขึ้นรูปของยาง โดยวัสดุที่นำมาใช้ทำแบบหล่อจะเป็น อลูมิเนียม(Al) เนื่องจากนำความร้อนได้ดีและสามารถขึ้นรูปที่มีลวดลายมากได้ด้วยวิธีการหล่อ ซึ่งอลูมิเนียมสามารถหล่อได้ง่ายกว่าเหล็ก
- ถุงน้ำร้อน (Bladder) เป็นตัวกลางระหว่างของเหลวภายในกับตัวยาง ทำการถ่ายเทความร้อน และสร้างแรงดันจากภายในของยาง Green Tire (Internal Heating) ทำให้เกิดการขึ้นรูปของยาง ตามแบบหล่อ(Mold)
- เครื่องกด(Press) หรือ Paten ทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ภายใน (Bladder,Mold) กดให้แบบหล่อ(Mold)ปิดอยู่ตลอดเวลาในระหว่างที่มีแรงดันกระทำอยู่ ถ่ายเทความร้อน บริเวณด้านนอกให้กับ Mold (External Heating) รองรับของเหลวภายใน



ภาพที่ 2.11 แสดงภาพแบบหล่อ(Mold)ยาง (ซ้าย) และเครื่องอบยาง (ขวา)

ขั้นตอนการตรวจสอบ (Final Inspection Product)

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการผลิตยาง โดยมีผังการดำเนินงาน ดังต่อไปนี้

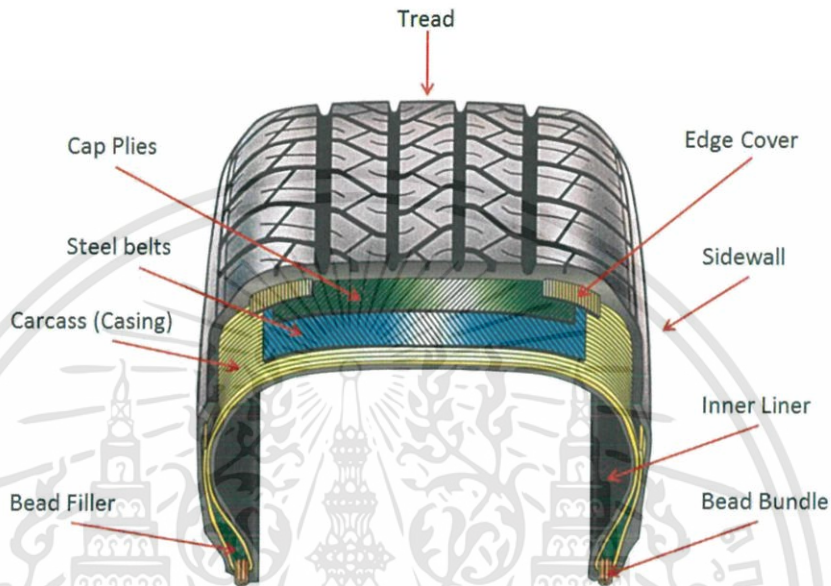


ภาพที่ 2.12 แสดงแผนภาพขั้นตอนการตรวจสอบยางล้อ

ยางที่ผ่านกระบวนการอบยาง (Curing Process) และเคลื่อนที่ผ่านแนวสายพานลำเลียง (Conveyor) จนเย็นตัวแล้ว จะเคลื่อนที่มายังขั้นตอนการตรวจสอบยางขั้นสุดท้ายที่แผนก QGTV เริ่มจากการตัดหน้ายางหรือ “Trimming” เพื่อตัดหน้าและยางส่วนที่เกินออกมา จากนั้นจึงส่งไปตรวจสอบลักษณะ (Aspect) ของยางเพื่อแยกยางที่ผ่านคุณภาพและไม่ผ่านคุณภาพ ยางที่ไม่ผ่านคุณภาพจะถูกส่งไปจำแนกประเภท (Classify) หากยางที่ได้มาไม่ได้คุณภาพเกินตามข้อกำหนดจะจำเป็นจะต้องทิ้ง (Scrap) เพื่อทำลายยางเส้นนั้น แต่ถ้าหากยังอยู่ในคุณภาพระดับที่ยังซ่อมแซมได้จะนำไปซ่อมเฉพาะจุด (Repair) ยังแผนกซ่อมยาง เช่น การอบยางเฉพาะจุด จากนั้นยางที่ผ่านการซ่อมบำรุงแล้วและยางที่ผ่านตั้งแต่ขั้นตอน Aspect จะถูกส่งไปยังขั้นตอนการเอกซเรย์ (X-ray) เพื่อตรวจสอบการวางเส้นลวดภายในยางแต่ละเส้นว่ามีระยะห่างที่เท่ากันพอดีทุกเส้นหรือไม่ เมื่อผ่านแล้วจึงส่งต่อไปยังเครื่อง Uniformity เพื่อทดสอบจุดศูนย์กลาง, รูปร่าง, น้ำหนักและความสมดุลของยาง ยางที่ผ่านการตรวจสอบทั้งหมดแล้วจะส่งไปเก็บไว้ยังคลังสินค้า (Warehouse) เพื่อรอส่งให้ลูกค้าต่อไป

โครงสร้างของยางล้อ

ยางเป็นสิ่งเดียวที่รถใช้ยึดเกาะกับถนน ปัจจุบันยางที่ใช้โดยมากเป็นยางประเภทยางเรเดียล (Radius) และโครงสร้างของยางล้อมีดังนี้



ภาพที่ 2.13 ภาพโครงสร้างยาง

1. ชั้นในของยาง (Inner Liner)

ชั้นยางในของยางสังเคราะห์ผลึกไม่ให้อากาศเข้า ชั้นยางดังกล่าวมักประกอบไปด้วยบิวทิล ยางสังเคราะห์ หน้าที่หลักของยางชั้นนี้ คือ การรักษาลมที่มีความดันสูงเอาไว้ภายใน

2. แผ่นใยเสริม โครงยาง (Carcass Ply)

เป็นชั้นที่อยู่เหนือชั้นในของยางประกอบด้วยเส้นใยบางๆ (หรือเคเบิล) ที่นำมาตีเกลียวและเชื่อมติดเข้าไปในวัสดุยาง เคเบิลเหล่านี้คือตัวบ่งชี้ความแข็งแรงของยาง และช่วยต้านทานแรงกด ยางมาตรฐานมีเส้นใยประมาณ 1400 เส้นซึ่งแต่ละเส้นสามารถต้านแรงได้ 15 กิโลกรัม

3. ส่วนขอบยางด้านล่าง (Lower bead area)

ยางส่วนที่จับกับขอบโลหะของชั้นแผ่นใยเสริมโลหะ กำลึงจากเครื่องยนต์ และการเบรกจะถูกล่งมาจากกระทะยางส่งไปยังบริเวณที่สัมผัสกับพื้นถนน

4. วงขอบยางใน (Bead)

ส่วนนี้จะยึดกับกระทะล้ออย่างแน่นหนา เพื่อให้มั่นใจว่าลมจะไม่สามารถออกมาได้ และปิดขอบยางได้อย่างสนิท แต่ละเส้นสามารถรับน้ำหนักได้มากถึง 1800 กิโลกรัม โดยไม่มีความเสี่ยงที่จะแตก ซึ่งมีทั้งหมด 8 จุด บนรถ (2 จุดต่อยาง 1 เส้น) นั่นเป็นความแข็งแรงอย่างมากในการต้านทานต่อน้ำหนัก 14400 กิโลกรัม

5. แก้มยาง (Sidewall)

มีหน้าที่ปกป้องด้านข้างของยางจากการกระแทกขอบยางกับพื้นถนน นอกจากนี้รายละเอียดที่สำคัญเกี่ยวกับยางถูกเขียนไว้บนแก้มยาง เช่น ความกว้างของยาง และอัตราความเร็วสูงสุดที่ยางรองรับได้

6. ผ้าใบเสริมหน้ายาง (Crown piles)

เป็นตัวชี้วัดสำคัญของความแข็งแรงของยาง เพราะทำขึ้นจากเส้นใยเหล็กละเอียด คงทน ที่ติดเข้าไปในเนื้อยาง ซึ่งหมายถึงยางสามารถทนต่อแรงกดจากการเสียด และไม่ขยายตัวเนื่องจากการสลับยาง แอมยังมีความยืดหยุ่นมากพอที่จะรับการบิดรูปที่เกิดจากเนิน หลุมและสิ่งกีดขวางอื่นๆบนถนน

7. ชั้นรองหน้ายาง หรือสายพาน “ศูนย์องศา” (Cap ply)

เป็นชั้นที่มีความสำคัญต่อความปลอดภัย เพราะลดความร้อนจากการเสียดสี และช่วยรักษารูปร่างของยางเมื่อขับขี่ด้วยความเร็ว ป้องกันการยึดตัวออกจากศูนย์กลางของยาง เส้นใยไนลอน (Nylon) ถูกนำเข้ามาแทรกเข้าไปในชั้นของวัสดุยางและทั่วทั้งบริเวณรอบๆขอบยาง

8. เส้นลวดฉาบยาง (หรือสายพาน)

มีหน้าที่ให้ความแข็งแรงกับดอกยาง

9. หน้ายาง (Tread)

หน้ายางมีหน้าที่สร้างแรงยึดเกาะและการยึดเกาะในขณะที่ขับขี่ให้แกยาง และได้รับการออกแบบมาเพื่อให้ทนต่อการสึกหรอ การถลอกและความร้อน

เครื่องมือ (Handing)

- Bobbin – เป็น โครงเหล็กที่มีแกนเหล็กทรงกระบอกกลางตรงกลางเพื่อใช้เป็นที่ ยาง KM, BDR หรือชั้นยางที่เป็นชั้นส่วนประกอบต่างๆพันรอบแกนนั้น โดย Bobbin ที่ใช้ใน โรงงานมีหลายขนาดแต่ขนาดที่จะใช้สำหรับโครงการนี้ คือ Bobbin ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก/ภายใน (OD/ID) เท่ากับ 1600/800 มิลลิเมตร หน้ากว้าง 500 มิลลิเมตร



ภาพที่ 2.14 Bobbin

- Pin Truck - ชุดลากเลื่อนที่ใช้บรรทุกสำหรับผลิตภัณฑ์ยาง BDR มีลักษณะเป็น แท่งเหล็กเล็กยื่นออกมาเป็นซี่ เพื่อใช้สำหรับสอดรับแกนท่อ PVC ที่ใช้ม้วนยาง สามารถบรรทุกได้ 80 ม้วน BDR ต่อ 1 Pin Truck



ภาพที่ 2.15 Pin Truck

- Tray Truck – ชุดลากเลื่อนที่ใช้บรรทุกผลิตภัณฑ์ยาง KM มีลักษณะเป็นแท่นวางเรียบๆ เรียงกันเป็นชั้นในแนวตั้ง เพื่อใช้วางยาง KM ที่ตัดแล้วบนแท่นซ้อนทับกันไปเป็นชั้น มี 2 ชนิดคือ Tray Truck 25 KM และ Tray Truck 75 KM ทั้ง 2 แบบแตกต่างกันที่จำนวนที่บรรทุกได้คือ Tray Truck 25 KM บรรทุก KM ได้ 25 เส้น และ Tray Truck 75 KM บรรทุกได้ 75 เส้น โดยวางชั้นละ 3 เส้นข้างกัน



ภาพที่ 2.16 Tray Truck 25 KM (ซ้าย) และ Tray Truck 75 KM (ขวา)

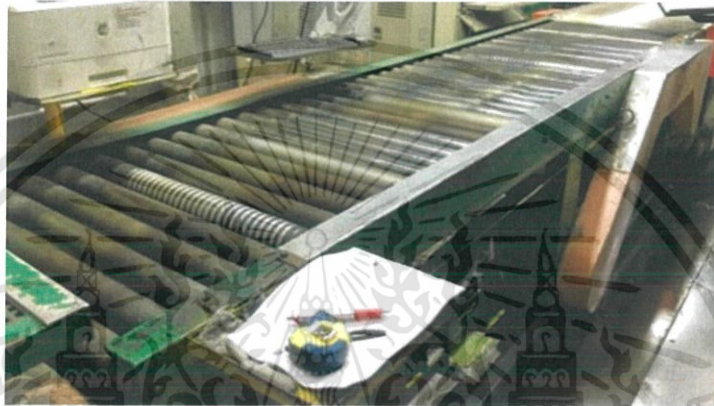
ส่วนประกอบของเครื่องจักร (Machine Component)

- Weight Scale Conveyor – เป็นสายพานลำเลียงแบบผ้า (Belt Conveyor) ยาว 4.3 เมตร สูงจากพื้นถึงผ้าใบ(Belt) 1.06 เมตร และกว้าง 1 เมตร ติดตั้ง Load Cell ไว้เพื่อทำการชั่งน้ำหนักของยางที่เคลื่อนที่ผ่านสายพาน(Belt)



ภาพที่ 2.17 Weight Scale Conveyor

- KM Booking Conveyor – คือสายพานลำเลียงแบบลูกกลิ้ง (Roller Conveyor) ยาว 3.6 เมตร ใช้เป็นสายพานสำหรับให้พนักงานปฏิบัติการ (Operator) หยิบจับยกของ KM ไปไว้ใน Tray Truck



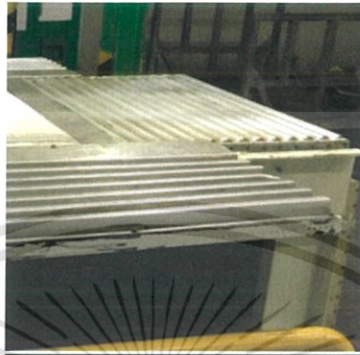
ภาพที่ 2.18 KM Booking Conveyor

- PR Cutter Conveyor – สายพานลำเลียงแบบผ้า (Belt Conveyor) ยาว 4.9 เมตร ติดตั้งชุดตัด (Cutter) ไว้ด้านบนของสายพาน ซึ่งจะตัดทำลายเฉพาะยางที่ไม่ได้ขนาดตามที่ต้องการ



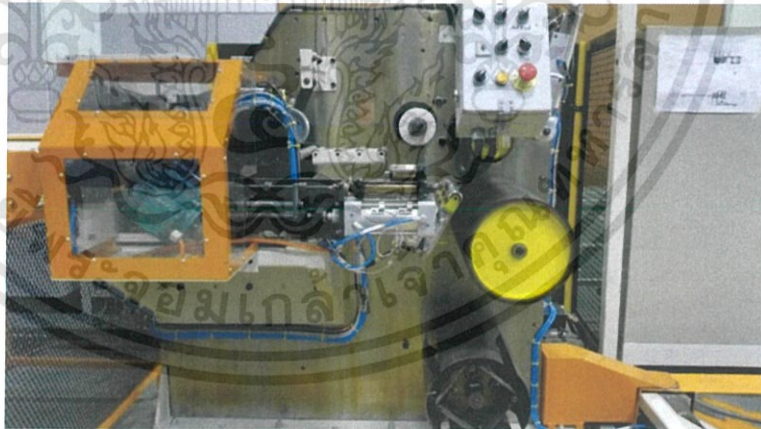
ภาพที่ 2.19 PR Cutter Conveyor

- BDR Wind-up – ชุดอุปกรณ์ที่ประกอบไปด้วย Free Roller เรียงชิดกันเพื่อให้พนักงานปฏิบัติการ (Operator) ได้นำแกนท่อ PVC มาม้วนยาง BDR ไปเก็บไว้ที่ Pin Truck



ภาพที่ 2.20 BDR Wind-up

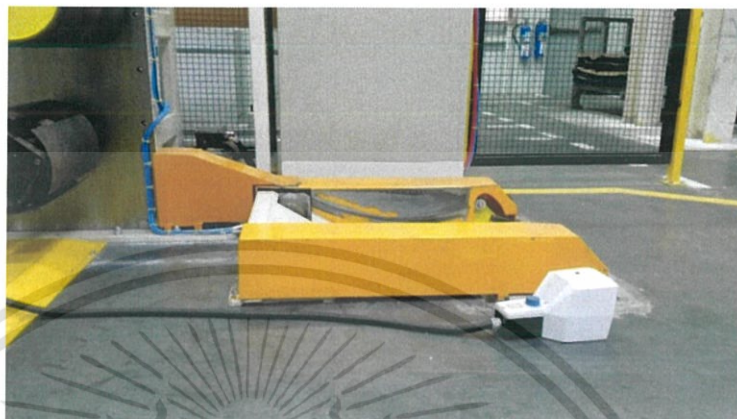
- PKM – เป็นเครื่องจักรที่รับยางที่ออกมาจาก Bobbin เพื่อทำการตัดยาง เครื่อง PKM มีอุปกรณ์ที่สำคัญคือ Encoder ซึ่งเป็นเซนเซอร์ที่ส่งสัญญาณป้อนกลับเพื่อทำการวัดระยะความยาวของผลิตภัณฑ์ยางที่เข้ามาสู่เครื่อง และชุดตัด (Cutter) ที่ติดตั้งท่ามุม 33 องศา กับแนวราบพื้น ตัดเฉียงแบบสไลด์ในแนวนอน



ภาพที่ 2.21 PKM

- Let off Bobbin – เป็นเครื่องที่ทำการยก Bobbin ขึ้นเพื่อหมุนให้ส่งยางไปยังเครื่อง PKM โดยใช้กระบอกลม (Pneumatic Cylinder) ทั้ง 2 ข้างยก Bobbin และหมุน

โดยใช้มอเตอร์ (Motor) นอกจากนี้ยังมีเบรก (Brake) สำหรับหยุดหรือชะลอการหมุนของ Bobbin



ภาพที่ 2.22 Let off Bobbin

- CP PKM – คือตู้สำหรับเก็บอุปกรณ์ควบคุมระบบลม(Pneumatic) ที่จะใช้ควบคุมการทำงานของเครื่อง PKM และ Let off Bobbin ภายในตู้จะบรรจุวาล์วควบคุมแบบโซลินอยด์(Solenoid Valve), เกจวัดความดัน(Pressure Gauge), ตัวปรับความดัน(Pressure Regulator), Soft Start และชุดกรองอากาศ(Air Filter) ตู้ CP PKM มีขนาดกว้าง 1000 มิลลิเมตร ยาว 600 มิลลิเมตร และสูง 1200 มิลลิเมตร
- CF PKM – ตู้สำหรับติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมทางไฟฟ้าสำหรับเครื่อง PKM และ Let off โดยจะส่งสัญญาณไฟฟ้าไปทางควบคุมโซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve) ให้ทำงานตามลำดับขั้นตอน ตู้ CF PKM มีขนาดกว้าง 600 มิลลิเมตร ยาว 300 มิลลิเมตร และสูง 1200 มิลลิเมตร
- PU PKM – เป็นชุดกล่องสวิตช์ควบคุมการทำงานของเครื่อง PKM และ Let off Bobbin ด้วยมือหรือระบบ Manual ซึ่งพนักงานปฏิบัติการ(Operator) จะใช้งานในขณะที่ทำการเปลี่ยน Bobbin เก่าออกไปและนำ Bobbin ใหม่เข้ามา มีขนาดกว้าง 200 มิลลิเมตร ยาว 155 มิลลิเมตร และสูง 300 มิลลิเมตร ติดตั้งอยู่กับเครื่อง PKM
- AG PKM – เป็นตู้ไฟฟ้าหลักสำหรับควบคุมการทำงานของเครื่องจักรชุดนั้น ภายในติดตั้งอุปกรณ์ ไดรฟ์มอเตอร์(Motor Drive), หม้อแปลงไฟฟ้า(Tranformer),

เบรกเกอร์ (Braker), Contact Magnetic, Point I/O, PLC, Terminals, Sockets, พัดลมระบายความร้อน

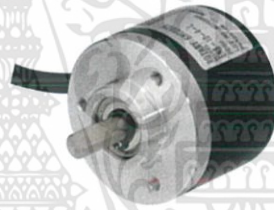
Tool Pneumatic

- วาล์วควบคุมโซลินอยด์ (Solenoid Valve) – วาล์วควบคุมทิศทางโดยใช้ขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า (Solenoid) ประกอบด้วยแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับทำหน้าที่ปิด-เปิดวาล์ว เมื่อกระแสไหลผ่านขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจะดูดเดือยวาล์วเพื่อเปิดวาล์ว และเมื่อตัดกระแสไฟฟ้าเดือยวาล์วจะกลับสู่ตำแหน่งเดิมโดยน้ำหนักของตัวเองเพื่อปิดวาล์ว Solenoid Valve ที่ใช้มีประเภท 3/2, 5/2 และ 5/3
- ชุดกรองลม (Filter) – เป็นอุปกรณ์ที่ใช้กรองสิ่งสกปรกที่ปนเปื้อนอยู่ในอากาศที่อัด ไม่ว่าจะเป็นความชื้น ละอองน้ำ รวมถึงฝุ่นละออง
- กระบอกลม (Pneumatic Cylinder) – หรืออีกชื่อว่า Actuator เป็นกระบอกสูบที่ใช้ลม (Pneumatic) ในการดันก้านสูบให้เคลื่อนที่เข้าหรือออก เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานในรูปแบบความดันลมให้กลายเป็นพลังงานกล
- Soft Start – เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความเสียหายจากการความดันสูงกระทันหัน อุปกรณ์ที่จะใช้งานในขณะเริ่มต้นการทำงาน
- อุปกรณ์ควบคุมแรงดันลม (Pressure Regulator) – หน้าที่ของอุปกรณ์ควบคุมแรงดันลมคือการรักษานาอดแรงดันใช้งานที่ต้องการให้คงที่โดยไม่เปลี่ยนแปลงไปตามแรงดันจากแหล่งที่ผลิต และรักษาปริมาณอากาศในการใช้งานให้คงที่
- อุปกรณ์เก็บเสียง (Silencer pneumatic) – เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดเสียงดังขณะที่ลมถูกปล่อย (Drain) ออกมาจากเครื่อง
- Flow controller pneumatic cylinder – เป็นพลาสติกที่ใช้ควบคุมลมที่เข้า-ออกจากอุปกรณ์ใช้งาน สามารถปรับให้ความเร็วก้านสูบของกระบอกลม (Pneumatic Cylinder) เคลื่อนที่เข้าหรือเร็วได้ตามความต้องการ

- สวิตช์ควบคุมความดัน (Pressure switch) - ทำหน้าที่ในตัดและต่อวงจรไฟฟ้าเมื่อความดันถึงจุดที่กำหนดไว้ ในการทำงานจะมีสัญญาณส่งออก(Output) เป็น Contact On/Off ใช้เพื่อตัดระบบเพียงเท่านั้น

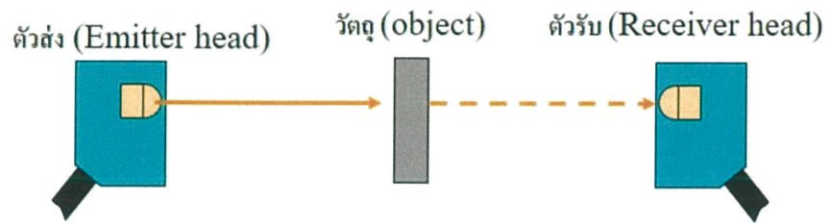
อุปกรณ์ทางไฟฟ้าและเซนเซอร์

- Encoder – เป็นอุปกรณ์เซนเซอร์(Sensor)ที่ทำหน้าที่ในการเข้ารหัสจากระยะทางจากการหมุนรอบตัวเองและแปลงเป็นรหัสในรูปของสัญญาณไฟฟ้าหลังจากนั้นจะนำรหัสนั้นมาแปลงกลับเพื่อหาค่าต่างๆ เช่นๆ ระยะทางการหมุน, องศาการเคลื่อนที่, ความเร็วรอบ ซึ่งในที่นี้เราจะใช้ในการหาความยาวของยาง KM หรือ BDR



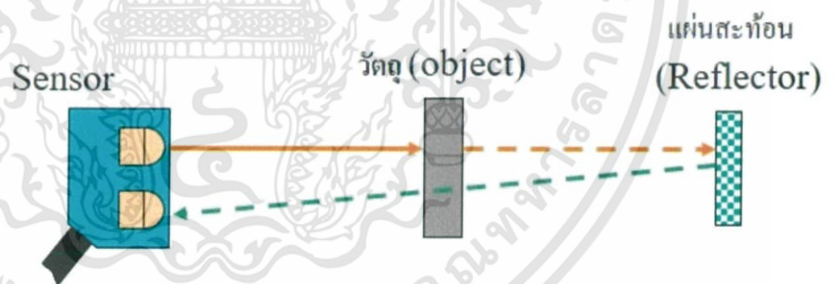
ภาพที่ 2.23 Encoder

- Photoelectric sensor – คืออุปกรณ์เซนเซอร์(Sensor)รูปแบบหนึ่งที่ใช้แสงในการตรวจจับวัตถุที่เคลื่อนที่ตัดผ่านลำแสง มีอยู่ 3 ประเภท คือ
 1. Thru Beam หรือ ชนิดตัวรับ(Receiver Head) – ตัวส่ง(Emitter Head) คือตัวส่งจะส่งแสงไปยังตัวรับ เมื่อมีวัตถุตัดผ่านตรงกลางระหว่างเซนเซอร์ทั้ง 2 ตัว ทำให้ตัวรับแสงไม่สามารถรับแสงได้หรือที่เรียกว่า “Dark On” จึงมีการส่งสัญญาณ Output ไปยังตัวควบคุม(Controller) เพื่อให้ทราบว่ามีวัตถุเคลื่อนที่ผ่าน ข้อดีคือ สามารถตรวจจับวัตถุได้ในระยะที่ไกล พื้นผิวและสีของวัตถุไม่มีผลต่อการตรวจจับ



ภาพที่ 2.24 Photosensor ประเภท Thru Beam

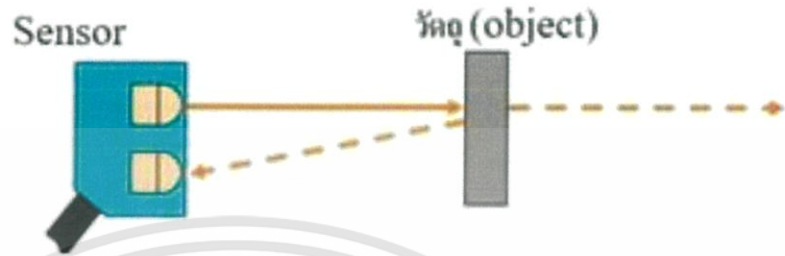
2. Retro Reflective หรือ ชนิดแผ่นสะท้อน – Photoelectric Sensor ชนิดนี้มีตัวรับ(Receiver)และตัวส่ง(Emitter)อยู่ในตัวเดียวกัน การตรวจจับนี้จะอาศัยแผ่นสะท้อนเป็นตัวสะท้อนแสงกลับมายังตัวรับ(Receiver) ที่อยู่ในตัวเอง เมื่อมีวัตถุเคลื่อนที่ผ่านตัดกลางระหว่างเซนเซอร์และแผ่นสะท้อน ทำให้ตัวรับแสงไม่ได้รับแสงจะเกิด Dark On และส่งสัญญาณ Output ไปยังส่วนควบคุม(Controller) ข้อดีคือ Photoelectric Sensor ชนิดนี้ติดตั้งง่าย เนื่องจากเดินสายไฟเพียงด้านเดียวส่วนอีกด้านสามารถติดตั้งแผ่นสะท้อนได้โดยทันที พื้นผิวและสีของวัตถุไม่มีผลต่อการตรวจจับ



ภาพที่ 2.25 Photosensor ประเภท Retro Reflective

3. Diffuse Reflective หรือ ชนิดสะท้อนวัตถุโดยตรง - Photoelectric Sensor ชนิดนี้มีตัวรับ(Receiver)และตัวส่ง(Emitter)อยู่ในตัวเดียวกัน การตรวจวัตถุอาศัยการสะท้อนกับวัตถุโดยตรงกลับมายังตัวรับที่อยู่ในตัวเอง เมื่อมีวัตถุตัดผ่านด้านหน้าของเซนเซอร์ ลำแสงจะตกกระทบกับวัตถุและสะท้อนกลับมายังตัวรับ(Receiver) ที่อยู่ในตัวรับแสงและเกิด Light

On จากนั้นจึงส่งสัญญาณ Output ไปยังส่วนควบคุม(Controller) เพื่อให้ทราบว่ามีวัตถุเคลื่อนที่ผ่าน



ภาพที่ 2.26 Photosensor ประเภท Diffuse Reflective

- Reed Switch** – คือแม่เหล็กเซ็นเซอร์ (Magnetic Sensor) ที่มีลักษณะเป็นแบบหน้าสัมผัสซึ่งโดยปกติแล้ว จะเป็นหน้าสัมผัสแบบปกติเปิด (Normally Open) ทำงานโดยอาศัยสนามแม่เหล็ก ซึ่งอาจจะเป็นแม่เหล็กถาวรหรือแม่เหล็กไฟฟ้าก็ได้ แผ่นหน้าสัมผัสจะทำมาจากสารที่มีผลต่อสนามแม่เหล็ก (Ferromagnetic) และติดตั้งอยู่ในกระเปาะแก้วเล็กๆมีก๊าซเฉื่อย เพื่อทำให้เกิดการส่งกระแสไฟฟ้าได้เร็วมากขึ้น



ภาพที่ 2.27 Reed Switch

- มอเตอร์ (Motor)** – มอเตอร์คือเครื่องกลไฟฟ้า ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้า (Electrical Energy) ไปเป็นพลังงานกล (Mechanical Energy) มอเตอร์ไฟฟ้ามีส่วนประกอบหลัก 4 ส่วน คือ โรเตอร์, ขดลวดสนามแม่เหล็ก, ขั้วต่อสาย และโครงมอเตอร์ สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้าแบ่งเป็น 5 ประเภท คือ

1. AC Motor มีทั้งหมด 3 ประเภทคือ

- มอเตอร์เหนี่ยวนำ (Induction Motor)

- ซิงโครนัสมอเตอร์(Synchronous Motor) มอเตอร์ที่หมุนด้วยอัตราคงที่เนื่องจากใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC)
 - มอเตอร์อุตสาหกรรม(Industrial Motor) เป็นมอเตอร์ที่ใช้กับงานที่ต้องใช้กำลังมาก เช่น สายพานลำเลียง เครื่องเป่าลม
2. เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) เป็นมอเตอร์ที่ได้รับความนิยมในตลาดและใช้สำหรับการควบคุมตำแหน่งแต่ไม่ต้องการความแม่นยำสูง ประกอบด้วย มอเตอร์ (Motor), Potentiometer(เป็นทรานสดิวเซอร์วัดตำแหน่งและระยะทางชนิดเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทาน) และวงจรควบคุมผ่าน Pulse Width Modulation (PWM) ผ่านการส่ง Pulse ทางไฟฟ้าไปยังสายควบคุม
3. DC Motor แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ
- แบบมีแปรงถ่าน(Brushed) มีแรงบิด(Torque)ที่ดีในช่วงความเร็วรอบต่ำ
 - แบบไม่มีแปรงถ่าน(Brush Less) มอเตอร์ชนิดนี้มีประสิทธิภาพสูง เสียรบกวนต่ำ และให้กำลังที่มากกว่ามอเตอร์แบบมีแปรงถ่าน แต่มีข้อเสียคือ การควบคุมความเร็วรอบที่ยากและแรงบิด(Torque)ไม่สูงมากในช่วงเริ่มต้น
4. มอเตอร์แบบสั่น (Vibration Motor) ใช้สำหรับทำให้เกิดการสั่นสะเทือนเนื่องจากความไม่สมดุล
5. สเตปปิงมอเตอร์ (Stepping Motor) เป็นมอเตอร์ที่ความแม่นยำสูง การควบคุมมอเตอร์ชนิดนี้จะใช้สัญญาณ Pulse ในการควบคุมเพื่อให้ตัวขับ(Driver) ส่งแรงดันไฟฟ้าตามสัดส่วนไปยังมอเตอร์ ซึ่งควบคุมค่อนข้างง่ายแต่จะใช้กระแสสูง สามารถใช้ได้กับโหลดสูงๆ
- ตัวขับ (Electrical Drive) – เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมทางอุตสาหกรรมและระบบอัตโนมัติทั่วไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อต้องการควบคุมความเร็ว ตำแหน่ง แรงบิดในภาระ(Load)ที่ต่างกันของมอเตอร์อย่างแม่นยำ

ผลิตภัณฑ์ที่เข้าและออกจากเครื่องจักร Product Incoming/Outcoming

ผลิตภัณฑ์ที่เข้าสู่เครื่องจักร (Incoming Product)

1. BDR จากเครื่อง NAR650 ออกจาก Bobbin ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน/ภายนอก 800/1600 มิลลิเมตร กว้าง 360 มิลลิเมตร น้ำหนักรวม 320 กิโลกรัม เป็นยางส่วนหน้าสุดที่จะนำไปทำการห่อดอกยาง(Retreading) ที่จะใช้ไปติดกับยางเก่าที่สึก และเพื่อให้สะดวกต่อการจัดเก็บสำรองจึงต้องม้วนไว้
2. KM จากเครื่อง Berstorff ออกจาก Bobbin ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน/ภายนอก 800/1600 มิลลิเมตร กว้าง 360 มิลลิเมตร น้ำหนักรวม 390 กิโลกรัม เป็นยางส่วนหน้า ยางชั้นนอกสุดของล้อยาง ทำการเก็บโดยวางไว้บน Tray Truck

ผลิตภัณฑ์ที่ออกจากเครื่องจักร (Outcoming Product)

เส้นยาง BDR และ KM ที่ถูกตัด โดยจะมีขอบเขตของขนาดยางตามตารางที่แสดงด้านล่าง

| Machine | Product | Width (mm.) | | Weight/Tire (kg) | | Thickness (mm.) | | Length (mm.) | |
|-----------|---------|-------------|-----|------------------|-------|-----------------|------|--------------|------|
| | | Min | Max | Min | Max | Min | Max | Min | Max |
| Nar650 | BDR | 170 | 340 | 6.25 | 18.58 | 12.1 | 22.5 | 2634 | 3518 |
| Berstorff | KM | 261 | 296 | 12.1 | 13.37 | 18.3 | 24 | 2190 | 3260 |

ตารางที่ 2.1 ตาราง Specification ของผลิตภัณฑ์

เงื่อนไขและข้อจำกัด

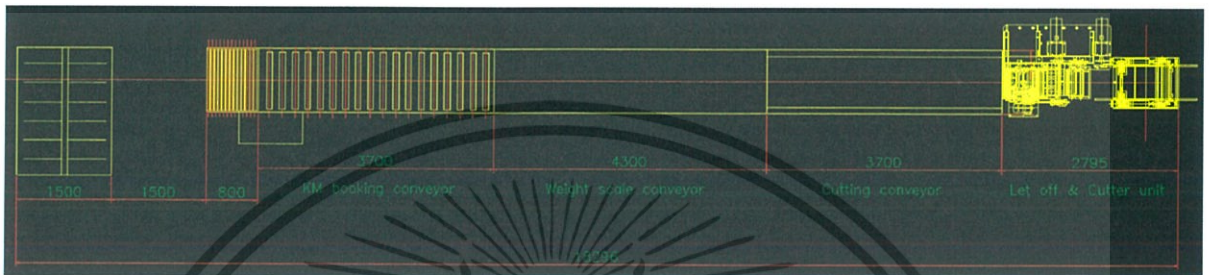
- ไม่สร้างความเสียหายที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์
- ไม่สร้างความเสียหายที่มีผลกระทบต่อความปลอดภัยและการยศาสตร์(Ergonomic)
- ต้องทำการศึกษาพื้นที่สำหรับจัดวาง Tray Truck และ Pin Truck บริเวณท้ายเครื่อง
- ใช้เครื่องจักรและเครื่องมือที่มีอยู่ เนื่องจากเวลาที่จำกัดและรีบเร่ง
- ต้องการใช้นักงานปฏิบัติงาน(Operator) 2 คน ประจำเครื่อง ยกเว้นพนักงานขนส่ง (Transporter)

แนวคิดโครงการ (Concept Solution Proposal)

เครื่อง DHT ที่ทำงานในปัจจุบันเป็นเครื่องที่ต่อมาจากเครื่อง Extrusion โดยเครื่องนี้จะทำงานอย่างต่อเนื่องทำให้ยางที่ออกมาเคลื่อนที่เป็นเส้นยาว ชุดเครื่อง DHT ประกอบด้วย Conveyor 3 ประเภท โดยติดตั้งเรียงต่อกัน คือ Weight Scale Conveyor, KM Booking Conveyor, PR Cutter Conveyor เครื่อง DHT ถูกใช้ในการตัดเส้นยาง KM และ BDR โดยที่ยางจะถูกตัดจากชุด Cutter และยางที่ถูกตัดจะเคลื่อนที่ต่อไปยัง Weight Scale Conveyor เพื่อทำการชั่งน้ำหนักของเส้นยางที่ได้ ในกรณีที่เครื่องตัดยาง BDR เมื่อได้ขนาดของน้ำหนักที่ต้องการยางก็จะเคลื่อนที่ผ่านไปยัง BDR Wind Up ซึ่งติดตั้งไว้ที่ปลายทางของ PR Cutting Conveyor เพื่อให้พนักงานปฏิบัติการ (Operator) ทำการม้วนยาง BDR เข้ากับแกนท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 140 มิลลิเมตร แล้วจึงนำ PVC ที่ม้วน BDR ไปเก็บที่ Pin Truck และสำหรับกรณีที่เครื่องตัดยาง KM ยางที่ได้จะถูกส่งไปยัง KM Booking Conveyor ที่ติดตั้งต่อกับ Weight Scale Conveyor เพื่อให้พนักงานปฏิบัติการ (Operator) ยกไปวางไว้ที่ Tray Truck จอดไว้ข้างๆ แต่ถ้าหากยางที่ตัดมาน้ำหนักไม่ได้ตามที่ต้องการ ยางเส้นนั้นจะถูกส่งไปยังเครื่อง PR Cutter Conveyor เพื่อใช้ในการตัดทำลายยางเส้นนั้น

สำหรับแนวคิดของ The Cutter Machine ที่จะถูกติดตั้งและใช้งานชั่วคราวแทนเครื่อง DHT จะนำแนวคิดการทำงานของเครื่อง DHT มาทำการคิดแปลง โดยชุดตัดยาง Cutter จะใช้เครื่อง PKM ซึ่งจะต้องใช้คู่กับ Let Off ที่นำมาจากคลังเก็บของที่บ้านลาด เพื่อใช้ในการป้อนยางจาก Bobbin เข้าไปยัง PKM ดังนั้นจะต้องออกแบบระบบ Pneumatic ที่ใช้สำหรับเครื่อง PKM และ Let Off ใหม่ เนื่องจากเครื่อง PKM เป็นเครื่องที่ไม่มีสิ่งใดมารับเส้นยางที่ออกมาเพื่อทำการตัดยาง ดังนั้นจึงต้องการ Conveyor อีก 1 เครื่อง เพื่อที่จะเป็นที่รองรับเส้นยางที่ออกมาจากเครื่อง PKM ที่จะทำการตัด เราจึงเรียก Conveyor เครื่องนั้นว่า “Cutting Conveyor” จากนั้นเมื่อเครื่อง DHT ถูกทำการรื้อถอนประมาณต้นเดือนตุลาคม จะทำการเคลื่อนย้าย Weight Scale Conveyor (เนื่องจากทางโรงงานมีการกำหนดขนาดน้ำหนักของผลิตภัณฑ์จึงต้องมีสายพานลำเลียงเพื่อทำการชั่งน้ำหนัก) และ KM Booking Conveyor (เพื่อใช้เป็น Conveyor สำหรับให้พนักงานปฏิบัติการนำยาง KM ที่ตัดแล้วไปเก็บไว้ที่ Tray Truck) มาติดตั้งต่อกับ Cutting Conveyor ตามลำดับ โดยที่จะทำการตัด PR Cutter Conveyor ออกไป เนื่องจากต้องการที่จะลดต้นทุนของเครื่องและ PR Cutter Conveyor เมื่อนำมารวมกับเครื่องอื่นจะทำให้เครื่องมีความยาวรวมมากเกินไปพื้นที่ที่จะทำการติดตั้ง เมื่อพิจารณาแล้วพบว่า PR Cutter Conveyor

สามารถตัดทิ้งได้เพราะไม่ได้รวมในส่วนที่โรงงานต้องการ ในส่วนของ KM Booking Conveyor จะทำการปรับปรุงเครื่องและเปลี่ยนมอเตอร์ใหม่จาก DC ไปเป็น AC มอเตอร์ ดังนั้นรูปแบบของ The Cutter Machine ที่ได้เรียงจากต้นทางไปยังปลายทาง คือ Let off & PKM unit, Cutting Conveyor, Weight Scale Conveyor, KM Booking Conveyor, BDR Wind-up



ภาพที่ 2.28 แนวคิดของ The Cutter Machine

ความเร็วของสายการผลิต (Line Speed) ของเครื่องจำกัดสูงสุดไม่เกิน 15 เมตรต่อนาที เนื่องจากหากความเร็วของสายการผลิตมากกว่านี้จะไม่เป็นไปตามมาตรฐานความปลอดภัยของมิชลิน และเป็นความเร็วที่ทำให้การทำงานกับเครื่องจักรด้วยมือเปล่ามีความเสี่ยงที่จะเกิดอันตรายขึ้น สำหรับชุดเครื่อง The Cutter Machine จะประกอบด้วยเครื่องจักร 5 ส่วนที่ทำหน้าที่แตกต่างกันไป ประกอบด้วย

1. Let off Bobbin จะทำหน้าที่ยกโครง Bobbin ขึ้นเพื่อหมุนส่งยางเข้าไปยังเครื่อง PKM โดยต้องเปลี่ยนจากความเร็วเชิงมุมเป็นความเร็วเชิงเส้นจากสมการ

$$V = N \times (\pi D)$$

โดย V คือ ความเร็วเชิงเส้น (m/min)

N คือ จำนวนรอบต่อนาที (RPM)

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของม้วนยางที่พันรอบ Bobbin

สังเกตได้ว่า ความเร็วเชิงเส้นที่จะเป็นความเร็วของสายการผลิตจะมีค่าแปรผันตรงกับเส้นผ่านศูนย์กลางของม้วนยางที่พันรอบ Bobbin และจำนวนรอบต่อนาที ในขณะที่ปฏิบัติงานจริง

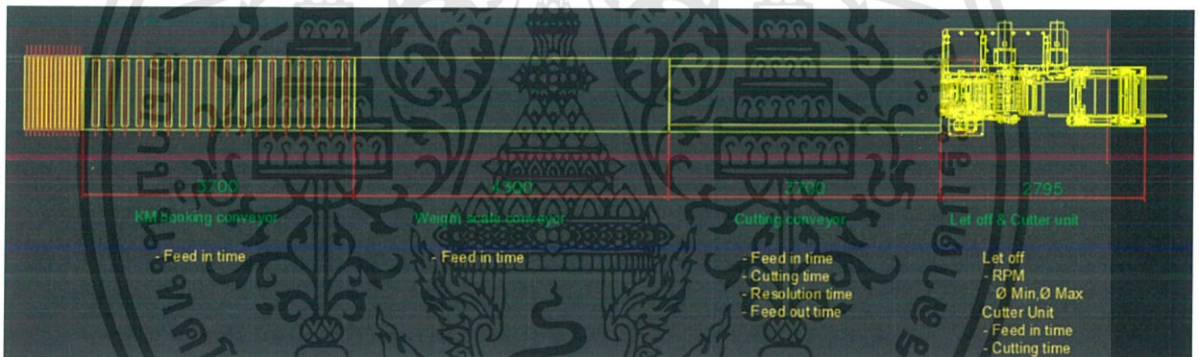
ต้องการค่าที่คงของความเร็วของสายการผลิต (Line Speed) แต่อย่างที่พันรอบ Bobbin จะลดลงเรื่อยๆจากการป้อนยางเข้าเครื่อง PKM ตรวจจับได้จาก Sensor วัดระยะ ทำให้จำเป็นต้องเพิ่มความเร็วยกต่อหน้าที่ (RPM) ของการหมุน Bobbin

1. PKM มีหน้าที่ในการดึงสายเส้นยางจาก Bobbin โดยดึงแผ่นไมลา (แผ่นพลาสติกที่ติดได้ยากเพื่อกันไม่ให้ยางติดกันระหว่างม้วน) ให้ดึงเพื่อจะให้เกิดแรงดึง (Tension) ในการดึงสายยางเข้าไปยังชุดตัด (Cutter) ของเครื่องเพื่อทำการตัดยาง การทำงานของเครื่อง PKM จะเริ่มจากยางที่เข้ามาสู่เครื่อง เมื่อยางเครื่องที่ผ่านจนถึงช่วง Free Roller ขนาดเล็กภายในเครื่อง Encoder Sensor ที่ติดอยู่บน Free Roller จะเริ่มทำการตรวจวัดความยาวของยาง ยางจะผ่านชุดตัด (Cutter) และออกจากเครื่อง PKM ไปพักยัง Cutting Conveyor เมื่อ Encoder Sensor ตรวจวัดระยะของยางได้ตามที่ต้องการแล้ว เครื่องจะหยุดการส่งยางจากนั้นชุดตัด (Cutter) จะทำการตัดยางแล้วจึงปล่อยให้ยางเคลื่อนที่ออกไปรอสัญญาณให้ส่งยางใหม่เข้ามา วนลักษณะการทำงานเช่นนี้แบบต่อเนื่อง
2. Cutting Conveyor ทำหน้าที่เป็น Conveyor เพื่อรองรับยาง KM หรือ BDR ที่ถูกปล่อยออกมาจากเครื่อง PKM เพื่อรอการตัด เมื่อตัดยางเสร็จยางที่ถูกตัดจะเคลื่อนที่ไปตาม Cutting Conveyor จนถึงปลายของ Conveyor (ในระหว่างนี้จะไม่มีการส่งยางใหม่เข้ามา) ที่ปลายของ Cutting Conveyor จะติดตั้ง Photo Sensor เมื่อยางผ่านมาถึงเซนเซอร์จะตรวจจับยางและส่งสัญญาณให้เครื่อง PKM และ Let Off Bobbin ส่งยางเข้ามาใหม่ (ในขั้นตอนนี้แบ่งเป็น 2 กรณี คือ กรณีแรกเมื่อยางเคลื่อนมาถึงจะทำการส่งยางเข้ามาใหม่โดยทันที หรือกรณีที่ 2 จะเป็นการรอจนยางเคลื่อนผ่านเซนเซอร์จนหมดแล้วจึงทำการส่งยางเข้ามาใหม่) ดังนั้นที่ความเร็วสายการผลิต (Line Speed) ที่เท่ากันทำให้ยางเส้นที่ถูกตัดแล้วถูกส่งออกจาก Cutting Conveyor ไปยัง Weight Scale Conveyor ในเวลาเดียวกับยางใหม่ที่เข้ามาพร้อมที่จะทำการตัดพอดี
3. Weight Scale Conveyor ทำหน้าที่รับยาง KM และ BDR ที่ส่งมาจาก Cutting Conveyor เพื่อชั่งน้ำหนักของยางที่ได้ โดยจะมีเซนเซอร์ติดที่ปลายทั้ง 2 ด้านของ Conveyor เมื่อยางเข้ามาภายใน Conveyor จนหมดแล้ว น้ำหนักของยางจะกดทับลงบน Load Cell ที่ติดตั้งอยู่ใต้สายพาน (Belt) และจะทำการจับน้ำหนักสุดท้ายที่สูงสุดของยางไว้ส่งไปแสดงผลที่จอภาพ

กระบวนการทั้งหมดจะไม่มีการหยุดสายพาน(Belt) คือปล่อยให้ยางเคลื่อนผ่าน Conveyor ไปโดยไม่หยุด ในกรณีที่น้ำหนักของยางเกินกว่าหรือน้อยกว่าที่ต้องการ ไฟเตือนที่ติดบน Conveyor จะสว่างแจ้งเตือนพนักงานปฏิบัติการ (Operator) ได้ทราบและนำไปเก็บแยกไว้

4. KM Booking Conveyor เป็น Roller Conveyor ส่วนที่รับยางต่อมาจาก Weight Scale Conveyor สำหรับยาง KM จะให้พนักงานปฏิบัติการ (Operator) หยิบจับจาก Conveyor นี้ไปวางไว้ที่ Tray Truck ข้างพื้นที่ทำงาน ส่วนยาง BDR จะเคลื่อนที่ผ่านไปยัง BDR Wind-up ที่ติดตั้งอยู่ที่ปลายท้ายเครื่องของ Conveyor เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงาน(Operator) สามารถนำแกน PVC ไปม้วนยาง BDR ได้ง่ายและสะดวกมากขึ้น

โดยเวลาที่ใช้ในขั้นตอนทั้งหมดของแต่ละช่วง คือ 54 วินาทีต่อการตัด 1 ครั้ง ซึ่งเป็นเวลาที่ทางโรงงานได้จัดสรรมาให้



ภาพที่ 2.29 แนวคิดการทำงานแต่ละขั้นตอนของแต่ละเครื่องจักร

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

ศึกษาการทำงานของ Let off Bobbin และ PKM (Study Machine)

เครื่อง PKM เป็นเครื่องที่ใช้ตัดยางโดยทำงานร่วม Let Bobbin ที่เป็นเครื่องหมุน Bobbin เพื่อกลายผลิตภัณฑ์ออกจาก Bobbin ซึ่งหมุนโดยใช้มอเตอร์เป็นต้นกำลัง การป้อนผลิตภัณฑ์เข้าไปเพื่อตัดเริ่มจากการนำแผ่นสายพลาสติกที่กั้นระหว่างชั้นยางรอบ Bobbin ซึ่งเรียกว่า “ไลเนอร์ (Liner)” ดึงออกมาจาก Bobbin นำไปอ้อมลูกกลิ้งแยกยาง (Separate Roller) ไปพันรอบ Expansion Drum ซึ่งเป็นโรลเลอร์ที่ขยายเส้นผ่านศูนย์กลางได้ ที่เครื่อง PKM จากนั้น Expansion Drum จะขยายออกโดยอัดลมเข้าไปในถุงลม (Air Bag) และหมุน Drum โดยใช้มอเตอร์หมุนเกิดแรงบิด (Torque) ไปดึงไลเนอร์ (Liner) ด้วยความตึง (Tension) ขนาด 71 นิวตัน ทำให้ยาง KM หรือ BDR ที่ติดอยู่กับไลเนอร์ (Liner) ถูกดึงป้อนเข้าสู่เครื่องเพื่อทำการตัด และในส่วนของเครื่องตัดยาง เมื่อความยาวของยางถึงตามที่กำหนดแล้ว เครื่องจะทำการตัดยางโดยทันที มีการทำงาน คือ Anti-Jam Roller ซึ่งปกติจะทำหน้าที่เป็นสะพานให้ยางที่จะตัดข้ามผ่านไปยัง Cutting Conveyor จะเคลื่อนที่ลงเพื่อหลีกเลี่ยงให้กับเส้นทางเคลื่อนที่ของชุดตัด (Cutter) จากนั้นตัวหนีบ (Clamp) จะเคลื่อนที่ขึ้นไปหนีบยางกับตัวรองตัด (Rubber Sheet) จากนั้นชุดตัด (Cutter) จะทำการตัดในรูปแบบตัดเฉียงและเคลื่อนที่ขึ้นตาม Linear Guide โดยใช้กระบอกลม (Pneumatic Cylinder) ดันชุดตัดเมื่อตัดเสร็จอุปกรณ์ทั้ง 3 ชั้นจะเคลื่อนที่กลับสู่ตำแหน่งเดิม



ภาพที่ 30 แสดงการวัดความตึงของ Liner

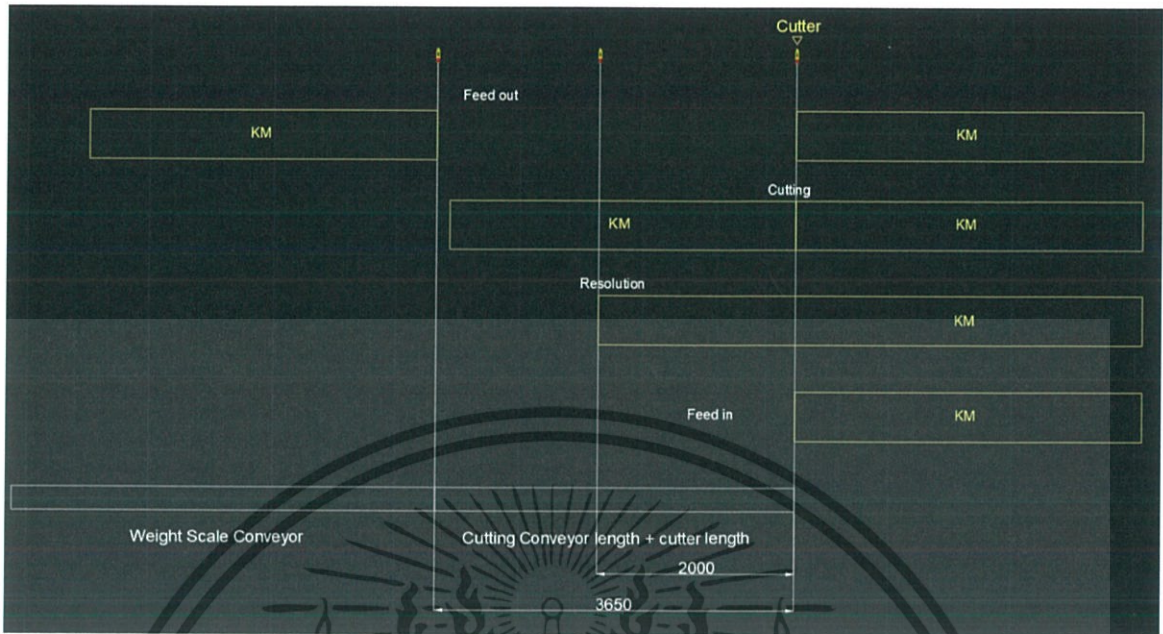
การดัดแปลงเครื่องจักร (Modify)

Cutting Conveyor

Cutting Conveyor เป็นสายพานลำเลียง (Conveyor) ที่ใช้สำหรับรองรับยางที่ถูกส่งเข้ามาเพื่อทำการตัดและส่งต่อไปยัง Weight Scale Conveyor โดยจะการนำสายพานลำเลียง (Conveyor) ที่ใช้สำหรับตัดยางเครื่องเก่าจากเครื่อง Dobleuse หมายเลข 2 (DB2) มาทำการดัดแปลงให้เป็น Cutting Conveyor ตามเงื่อนไขที่ให้นำเครื่องจักรเก่ามาดัดแปลงและใช้งานสำหรับโครงการนี้ ขอบเขตการออกแบบของสายพานลำเลียงชนิดนี้ คือ การหาความยาวของสายพานลำเลียง (Length of Conveyor), การเปลี่ยนมอเตอร์ (Motor) ใหม่ให้เป็นต้นกำลังสามารถขับสายพาน (Belt) ให้เคลื่อนที่สำหรับขนส่งยาง KM หรือ BDR ได้ และการทำกรัดป้องกัน (Machine Guard) มาติดตั้งกับเครื่องเพื่อป้องกันอันตรายบริเวณจุดเสี่ยงที่จะเกิดการหนีบหรือ Pin Point ต่อผู้ทำงานหรือเข้าใกล้เครื่องจักร

การหาความยาวของ Cutting Conveyor

Cutting Conveyor จะติดตั้ง Photoelectric Sensor ประเภทแผ่นสะท้อน หรือ Retro Reflective เนื่องจากยางเป็นวัสดุที่ไม่สะท้อนแสงและเพื่อให้ง่ายต่อการติดตั้งเซนเซอร์เพียงด้านเดียวบน Conveyor โดยจะติดตั้งไว้ 3 ตำแหน่ง คือ ต้น กลาง และท้าย แนวคิดการทำงานของ Cutting Conveyor จะเริ่มจากการรับยาง KM (หรือ BDR) มาจากเครื่อง PKM เมื่อยางเคลื่อนที่เข้ามาที่หัวของ Cutting Conveyor ซึ่งติดตั้ง Photoelectric Sensor ไว้ จะสั่งให้มอเตอร์ (Motor) ทำงานเพื่อให้ยาง KM (หรือ BDR) เคลื่อนที่ไปบนสายพาน (Belt) ต่อเนื่องไปจนกระทั่งได้ถึงระยะที่ติดตั้งเซนเซอร์ตรงกลาง ระยะห่างจากชุดตัด 2000 มิลลิเมตร ความเร็วสายพาน (Belt) จะเคลื่อนที่ช้าลงเพื่อต้องการให้ Encoder วัดความยาวได้ละเอียดแม่นยำมากขึ้น เมื่อได้ความยาวที่ต้องการแล้วสายพานจะหยุดเพื่อทำการตัด จากนั้นเมื่อยางตัดเสร็จแล้วมอเตอร์จะทำงานเพื่อส่งเส้นยางที่ตัดแล้วเคลื่อนที่ออกจากสายพาน (Feed out) และที่บริเวณท้ายของ Cutting Conveyor จะทำการติดตั้ง Photoelectric Sensor ไว้อีกชุดเพื่อตรวจจับยาง โดยเมื่อยาง KM (หรือ BDR) ที่ถูกตัดแล้วเคลื่อนที่จนพ้นผ่านเซนเซอร์ทั้งเส้นแล้ว จึงจะสั่งให้ทำการป้อนยางชุดใหม่เข้ามาเพื่อทำการตัด วนลักษณะการทำงานเช่นนี้ไปเรื่อยๆ



ภาพที่ 31 แนวคิดการทำงานของ Cutting Conveyor

การออกแบบหาความยาว (Length) ของสายพานลำเลียง (Conveyor) จะคิดวิเคราะห์ถึง 4 ช่วงเวลา นั่นคือ เวลาการป้อนเข้า (Feed in Time), เวลาแยกยางออก (Precision Time), เวลาตัดยาง (Cutting Time), เวลานำยางออก (Feed out Time) โดยได้ใช้โปรแกรม Microsoft Excel ทำการคำนวณ

| conveyor length (mm.) | KM(BDR) length (mm.) | sensor position (mm.) | speed (m/min) | precision speed (m/min) | feed in time (sec) | precision time (sec) | Cut time (sec) | feed out time (sec) | total time (sec/cut) |
|-----------------------|----------------------|-----------------------|---------------|-------------------------|--------------------|----------------------|----------------|---------------------|----------------------|
| 3400 | 3518 | 2000 | 15 | 3 | 8 | 30.36 | 15 | 0.53 | 53.89 |
| 3400 | 2190 | 2000 | 15 | 3 | 8 | 3.8 | 15 | 5.84 | 32.64 |
| 3500 | 3518 | 2000 | 15 | 3 | 8 | 30.36 | 15 | 0.93 | 54.29 |
| 3500 | 2190 | 2000 | 15 | 3 | 8 | 3.8 | 15 | 6.24 | 33.04 |
| 3600 | 3518 | 2000 | 15 | 3 | 8 | 30.36 | 15 | 1.33 | 54.69 |
| 3600 | 2190 | 2000 | 15 | 3 | 8 | 3.8 | 15 | 6.64 | 33.44 |
| 3700 | 3518 | 2000 | 15 | 3 | 8 | 30.36 | 15 | 1.73 | 55.09 |
| 3700 | 2190 | 2000 | 15 | 3 | 8 | 3.8 | 15 | 7.04 | 33.84 |

ตารางที่ 3.1 แสดงการหาความยาวของ Cutting Conveyor ที่สัมพันธ์กับเวลาโดยใช้ line speed สูงสุด

| conveyor length (mm.) | KM(BDR) length (mm.) | sensor position (mm.) | speed (m/min) | precision speed (m/min) | feed in time (sec) | precision time (sec) | Cut time (sec) | feed out time (sec) | total time (sec/cut) |
|-----------------------|----------------------|-----------------------|---------------|-------------------------|--------------------|----------------------|----------------|---------------------|----------------------|
| 3400 | 3518 | 2000 | 10 | 3 | 12 | 30.36 | 15 | 0.79 | 58.15 |
| 3400 | 2190 | 2000 | 10 | 3 | 12 | 3.8 | 15 | 8.76 | 39.56 |
| 3500 | 3518 | 2000 | 10 | 3 | 12 | 30.36 | 15 | 1.39 | 58.75 |
| 3500 | 2190 | 2000 | 10 | 3 | 12 | 3.8 | 15 | 9.36 | 40.16 |
| 3600 | 3518 | 2000 | 10 | 3 | 12 | 30.36 | 15 | 1.99 | 59.35 |
| 3600 | 2190 | 2000 | 10 | 3 | 12 | 3.8 | 15 | 9.96 | 40.76 |
| 3700 | 3518 | 2000 | 10 | 3 | 12 | 30.36 | 15 | 2.59 | 59.95 |
| 3700 | 2190 | 2000 | 10 | 3 | 12 | 3.8 | 15 | 10.56 | 41.36 |

ตารางที่ 3.2 แสดงการหาความยาวของ Cutting Conveyor ที่สัมพันธ์กับเวลาโดยใช้ line speed ต่ำสุด

จากตารางสามารถอธิบายได้ดังนี้

- Conveyor Length คือ ความยาวสายพาน(Belt) ของ Cutting Conveyor
- KM (BDR) Length คือ ความยาวของยาง KM หรือ BDR ที่จะนำมาตัด โดยความยาวที่ยาวที่สุดเท่ากับ 3518 มิลลิเมตร และความยาวที่สั้นที่สุดเท่ากับ 2634 มิลลิเมตร
- Speed คือ ความเร็วคงที่ของสายพานที่ใช้ทำงานมีหน่วยเป็น เมตรต่อนาที (m/min) และสมมติค่าไว้ที่ 10 ถึง 15 เมตรต่อวินาที เนื่องจากเป็นความเร็วที่น้อยที่สุดและมากที่สุดของเครื่อง DHT ขณะใช้ทำงาน
- Precision Speed คือ ความเร็วที่ช้าลงจากความเร็วของ Line Speed เพื่อให้ Encoder สามารถวัดความยาวของยางได้แม่นยำมากขึ้น
- Feed in time คือ เวลาที่ยางถูกป้อนเข้ามาภายในเครื่อง โดยเวลาที่ได้มาจากความเร็วคงที่

$$t = \frac{S \times 60}{V \times 1000}$$

โดย t คือ เวลาป้อนยางหรือ Feed in time (sec)

S คือ ระยะจากชุดตัด(Cutter)ถึงเซนเซอร์วัดความละเอียด (mm)

V คือ ความเร็วคงที่ของสายพานหรือ Speed (m/min)

- Precision time คือ เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่จาก Photosensor (กลาง Cutting Conveyor) จนถึงความยาวที่เหลือที่ต้องการ คำนวณจากสมการดังนี้

$$t = \frac{(L - S) \times 60}{V_p \times 1000}$$

โดย t คือ เวลาที่ใช้แยกยางที่ตัดแล้วออกมา (sec)

L คือ ความยาวของยาง KM (BDR) Length (mm)

S คือ ระยะจากชุดตัด(Cutter)ถึงเซนเซอร์วัดความละเอียด (mm)

V_p คือ ความเร็วคงที่ของสายพานช่วงที่วัดความยาวอย่างละเอียด (m/min)

- Cutting time คือ เวลาที่ใช้ในการตัดยาง เวลาที่ตัดยางส่วนหนึ่งจะขึ้นอยู่กับความคมของใบมีด ถ้าหากใบมีดคมจะตัดยางขาดโดยใช้เวลาเฉลี่ยอยู่ที่ 9.31 วินาที (เวลาที่ได้มาจากการจับเวลาโดยตรง) ดังนั้นจึงทำการเผื่อเวลาไว้ที่ 15 วินาที ถ้าหากใช้เวลาตัดมากกว่านี้จำเป็นจะต้องเปลี่ยนใบมีดหรือนำไปลับใบมีดใหม่
- Feed out time คือ เวลาที่ยาง KM หรือ BDR เคลื่อนที่ออกจาก Cutting Conveyor ไปสู่ Weight Scale Conveyor ด้วยความเร็วคงที่

$$t = \frac{(L_c + 250 - L) \times 60}{V \times 1000}$$

โดย t คือ เวลาส่งออกยางหรือ Feed out time (second : sec)

L_c คือ ความยาวของ Cutting Conveyor (mm.)

L คือ ความยาวของยาง KM (BDR) Length (millimeter : mm.)

V คือ ความเร็วคงที่ของสายพานหรือ Speed (meter per minute : m/min)

สังเกตว่า $L_c + 250$ เนื่องจากชุดใบมีดตัด(Cutter) อยู่ลึกเข้าไปใน PKM 250 มิลลิเมตร จากปลายเปิดที่ต่อกับ Cutting Conveyor ซึ่ง encoder จะเริ่มนับความยาวของยางที่

จุดตัดยางจึงจำเป็นต้องเพิ่มระยะความยาวของ Cutting Conveyor กับระยะของชุดใบมีดตัด (Cutter)กับท้ายเครื่อง PKM

- Total time/cut คือ เวลารวมทั้งหมดของ Cutting Conveyor ที่ใช้ในการตัดยาง KM หรือ BDR ออกมา 1 เส้น ซึ่งเวลานี้ต้องไม่เกิน 54 วินาที

เมื่อทำการวิเคราะห์จากตารางจะพบว่าความยาวของ Cutting conveyor ที่ใช้เวลาทั้งหมด(Total time/cut)ไม่เกิน 54 วินาที คือ 3400 และ 3500 มิลลิเมตร และความยาวของยาง KM (หรือ BDR) ที่ยาวที่สุดและสั้นที่สุดจะใช้เวลาทั้งหมด(Total time/cut)ในเวลาเท่ากัน ดังนั้นจึงเลือกใช้ความยาวของ Cutting Conveyor ที่ 3400 มิลลิเมตร เนื่องจากมีระยะเวลาเผื่อที่มากกว่าความยาวที่ 3500 มิลลิเมตร ซึ่งในอนาคตอาจจะมี การเพิ่มจำนวนการผลิตเป็นเหตุให้ต้องเพิ่มจำนวนยางที่ตัดมากกว่าเดิมหรือการลดความเร็วของสายพาน(Speed) เพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้ทำงาน(Operator)มากขึ้น และยังเป็นระยะที่เหลื่อพอจะให้ยาง KM(หรือ BDR)ที่ยาวที่สุดวางพักเพื่อทำการตัดได้

การหาขนาดของเกียร์มอเตอร์(Gear Motor) ที่ใช้กับ Cutting Conveyor

Cutting Conveyor ได้ทำการออกแบบเป็นสายพานแบบผ้าหรือ Belt Conveyor ซึ่งสายพานแบบผ้าใบนี้จะมีมู่เลย์ขับ(Driving Pulley) และมู่เลย์ตาม(Driven Pulley) อยู่ที่หัวและท้ายของสายพานลำเลียง(Conveyor)ตามลำดับ มู่เลย์ขับจะมีเพลลาที่เชื่อมต่อเข้าไปยังเกียร์มอเตอร์(Gear Motor)เพื่อทำการหมุนดึงให้เกิดทอร์ก (Torque) ทำให้สายพาน(Belt)เกิดการเคลื่อนที่ การคำนวณหาขนาดของมอเตอร์ทำดังนี้

| Mass (adapt) | Velocity (m/min) | Diameter (m) | External Force (N) | friction coefficient | Max.speed motor (RPM) | Motor Efficiency |
|--------------|------------------|--------------|--------------------|----------------------|-----------------------|------------------|
| 101.47 | 16 | 0.11 | 50 | 1 | 1500 | 0.8 |

ตารางที่ 3.3 แสดงค่าข้อมูลพื้นฐานในการคำนวณ

จากตารางอธิบายได้ว่า

- มวลหรือ Mass (Adapt) มาจากผลรวมของน้ำหนักยางและน้ำหนักของสายพาน(Belt) โดยที่น้ำหนักยางมาจากข้อมูลผลิตภัณฑ์ยาง KM หรือ BDR ที่จะเข้ามา ยางที่มีน้ำหนักมากที่สุดมีขนาด 18.58 กิโลกรัม ดังนั้นจึงเผื่อน้ำหนักของยางเป็น 20 กิโลกรัม และน้ำหนักของสายพานคิดจากน้ำหนักต่อพื้นที่ของสายพาน(Belt) เท่ากับ 8 กิโลกรัม/ตารางเมตร เมื่อคูณกับพื้นที่ของสายพานเท่ากับ 5.96 ตารางเมตร จึงได้ค่าน้ำหนักของสายพาน(Belt Mass) มีค่าเท่ากับ 47.64 กิโลกรัม นำค่าน้ำหนักของสายพานคูณกับค่า Service Factor ที่ทำงานแบบเคลื่อน-หยุดซึ่งมีค่า 1.5 ทำให้ได้ค่ามวลที่ปรับปรุงหรือ Mass Adapt เท่ากับ 101.47 กิโลกรัม
- Speed หรือ ความเร็วของสายพาน เป็นความเร็วเชิงเส้นที่มอเตอร์(motor)ทำให้กับสายพานลำเลียง(Conveyor) โดยค่า 16 เมตรต่อนาที มาจากค่าความเร็วสูงสุดที่ผู้ปฏิบัติงาน(Operator)สามารถทำงานกับเครื่องได้โดยตรง คือ 15 เมตรต่อนาที เพื่อให้เครื่องยังสามารถทำงานได้ในกรณีที่ต้องการความเร็วสายพานเพิ่มขึ้นจึงเลือกความเร็วเพิ่มขึ้นเป็น 16 เมตรต่อนาที
- เส้นผ่านศูนย์กลางของมู่เกิ้ล (Pulley Diameter) เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางของมู่เกิ้ล(Pulley)ที่จะใช้ในดึงขับเคลื่อนสายพาน (Belt) ซึ่งมู่เกิ้ลของสายพานลำเลียง(Conveyor)เก่าของเครื่อง Doubleuse หมายเลข 2 ที่จะนำมาดัดแปลงมีค่าเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 110 มิลลิเมตร

| Speed (RPM) | i | Load Torque (N-m) | Motor Torque (N-m) | Motor Power (kw) |
|-------------|-------|-------------------|--------------------|------------------|
| 46.30 | 32.40 | 86.24 | 107.81 | 0.52 |

ตารางที่ 3.4 แสดงข้อมูลที่ใช้ในการเลือกมอเตอร์

ข้อมูลจากตารางที่ ... นำมาใช้ในการคำนวณเพื่อเลือกขนาดของมอเตอร์ดังที่แสดงในตาราง สิ่งที่ต้องดูในการเลือกคือ ความเร็วรอบ(RPM), อัตราส่วนทดรอบ(i), ทอร์กของมอเตอร์(Motor Torque) และกำลังของมอเตอร์

ความเร็วรอบ(RPM) คือ ความเร็วรอบที่มู่เกิ้ลขับ (Driving Pulley) ตามความเร็วเชิงเส้นที่กำหนด โดยเพลา(Shaft)ของมู่เกิ้ลจะเชื่อมต่อกับเกียร์มอเตอร์ (Gear Motor) ที่ใช้เป็นต้นกำลังในการหมุนขับให้สายพาน (Belt) เคลื่อนที่ ใช้สมการดังนี้

$$n = \frac{V}{\pi \times D}$$

โดย n คือ ความเร็วรอบของมู่เลย์ (RPM)

V คือ ความเร็วของสายพาน Cutting Conveyor (meter per minute : m/min)

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของมู่เลย์ขับ(Driving Pulley) (meter : m)

เมื่อคำนวณตามสมการโดยใช้ความเร็วของสายพานที่ 16 เมตรต่อนาที และเส้นผ่านศูนย์กลางของมู่เลย์ขับ(Driving Pulley) 0.11 เมตร จะได้ความเร็วรอบ(RPM) คือ 46.30 รอบต่อนาที

อัตราทดรอบ(i) คือ อัตราส่วนความเร็วรอบของมอเตอร์หารด้วยความเร็วรอบที่ใช้งานผ่านชุดเฟืองทด(Gear Box) และจากข้อมูลที่ได้ในตารางที่ ... มาจากความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ 1500 รอบต่อนาที หารด้วยความเร็วรอบของมู่เลย์ที่ 46.30 รอบต่อนาที จึงได้ค่าอัตราทดเป็น 32.40

ภาระแรงบิด(Load Torque) คือ ทอร์กที่เกิดจากการภาระ(Load)ที่กระทำต่อมู่เลย์ขับ(Driving Pulley) ประกอบด้วยน้ำหนักของยาง KM (หรือ BDR), น้ำหนักของสายพานผ้าใบ(Belt) และแรงภายนอก โดยใช้สมการในการคำนวณคือ

$$T = \frac{1}{2} D(F + \mu Wg)$$

โดย T คือ แรงบิด(Torque) (N-m)

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของมู่เลย์ขับ(Driving Pulley) (meter : m)

F คือ แรงภายนอก(External Force) (N)

μ คือ สัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน

W คือ น้ำหนักของยางและสายพานผ้าใบ (kg)

g คือ ความเร่งโน้มถ่วง มีค่าเท่ากับ 9.81 m/s^2

เมื่อทำการแทนค่าตัวแปรต่างๆจากตารางที่ 3.4 ลงไปคำนวณในสมการจะได้ค่าทอร์ก(Torque)เท่ากับ 86.24 นิวตัน-เมตร

แรงบิดมอเตอร์ (Motor Torque) คือ แรงบิดที่เกิดจากมอเตอร์ส่งต่อไปยังเพลา (Shaft) ทำให้เกิดแรงบิดที่มู่เลย์ขับ (Driving Pulley) โดยแรงบิดที่เกิดจากมอเตอร์ (Motor Torque) จะมีขนาดมากกว่าแรงบิดที่ขับมู่เลย์ สาเหตุอาจเพราะเกิดการสูญเสียพลังงาน (loss) เนื่องจากความเสียดทานระหว่างชิ้นส่วนภายในอุปกรณ์ ดังนั้นค่าแรงบิดมอเตอร์ (Motor Torque) เกิดจากภาระแรงบิด (Load Torque) หารด้วยประสิทธิภาพของมอเตอร์ (Efficiency)

กำลังของมอเตอร์ (Motor Power) คือ ขนาดกำลังทางไฟฟ้าของมอเตอร์ที่ใช้ในการขับเคลื่อนสายพานลำเลียง (Conveyor) คำนวณโดยใช้สมการดังนี้

$$P = \frac{2\pi \times T \times \left(\frac{n}{60}\right)}{1000}$$

โดย P คือ กำลังของมอเตอร์ (Motor Power) (kw)

T คือ แรงบิดของมอเตอร์ (Motor Torque) (N-m)

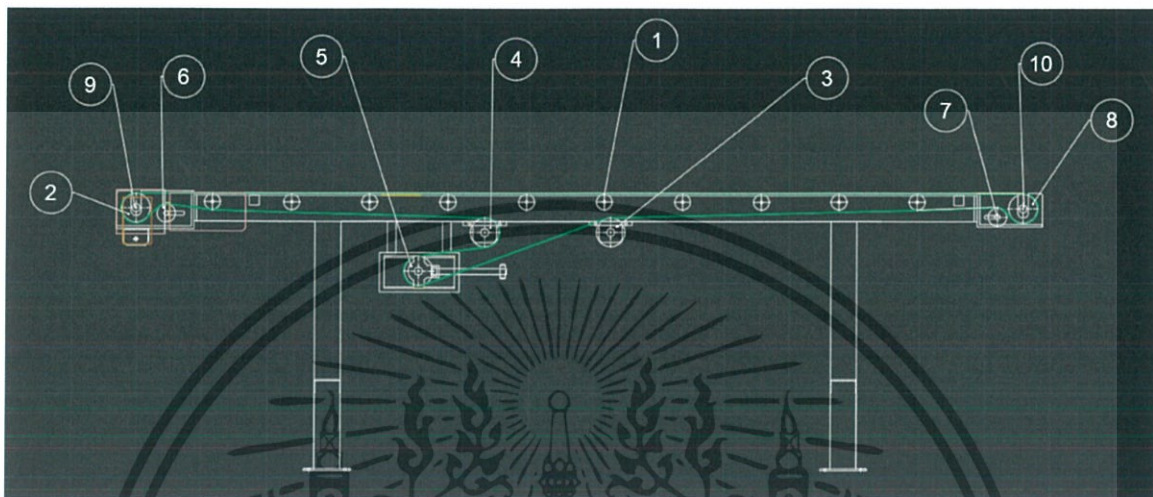
n คือ ความเร็วรอบของมู่เลย์ขับ (Driving Pulley) (RPM)

เมื่อทำการคำนวณ โดยใช้ค่าแรงบิดของมอเตอร์ (Motor Torque) 107.81 นิวตัน-เมตร และความเร็วรอบของมู่เลย์ขับที่ 46.30 รอบต่อนาที จึงได้ค่ากำลังของมอเตอร์ (Motor Power) เท่ากับ 0.52 กิโลวัตต์

เมื่อได้ค่าความเร็วรอบ (RPM) ของมู่เลย์ขับ, แรงบิดของมอเตอร์ และกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์แล้ว สามารถค้นหามอเตอร์ที่จะใช้งานได้จากแคตตาล็อกสินค้า (Catalog) โดยควรเลือกค่าที่มากกว่าตัวแปรดังกล่าวเล็กน้อย เพื่อให้ได้มอเตอร์ที่เหมาะสมกับราคา

การออกแบบการ์ดป้องกัน(Machine Guard)ของ Cutting Conveyor

การ์ดป้องกัน (Machine Guard) เป็นส่วนป้องกันและปกปิดจุดที่จะก่อให้เกิดอันตรายของเครื่องจักรต่อผู้ปฏิบัติงาน (Operator)



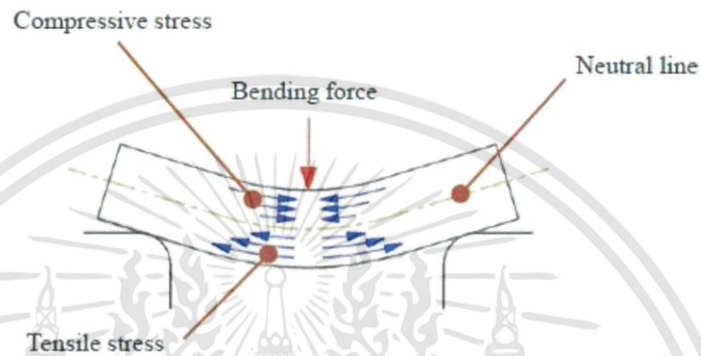
ภาพที่ 32 แสดงภาพจุดเสี่ยงของ Cutting Conveyor ที่จะก่อให้เกิดอันตราย

จากรูปที่ ... แสดงให้เห็นจุดที่จะก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อผู้ปฏิบัติงาน(Operator) ซึ่งมีดังนี้

- จุดที่ 1 มีความเสี่ยงที่จะเป็นจุดหนีบ(Pinch Point) บริเวณ Free Roller กับสายพาน(Belt)
- จุดที่ 2 และ 8 มีความเสี่ยงจะเป็นจุดหนีบ(Pinch Point) บริเวณมู่เลย์(Pulley)กับสายพาน(Belt)
- จุดที่ 3,4 และ 5 มีความเสี่ยงที่จะเป็นจุดหนีบ(Pinch Point) บริเวณโรลเลอร์(Roller)ปรับความตึงของสายพาน(Belt)
- จุดที่ 6 และ 7 มีความเสี่ยงที่จะเป็นจุดหนีบ(Pinch Point) บริเวณโรลเลอร์เพิ่มมุมโอบกับสายพาน(Belt)
- จุดที่ 9 และ 10 มีความเสี่ยงที่จะเป็นจุดหมุนที่เกิดจากเพลลา(Shaft)ของมู่เลย์

แนวทางการป้องกันจุดเสี่ยงคือ บริเวณ 3,4 และ 5 จะทำการัดเป็นตะแกรงป้องกันติดตั้งกับขาของ Cutting Conveyor เพื่อกันไม่ให้ผู้ปฏิบัติงาน(Operator)ยื่นแขนหรือขาเข้าไปถึงบริเวณจุดหนีบ(Pinch Point)ทั้งที่ตั้งใจหรือไม่ตั้งใจก็ตาม และสาเหตุที่ทำให้เป็นตะแกรงเพื่อให้สังเกตเห็นระยะการปรับความตึงสายพาน และบริเวณจุดที่ 1,2,6,7,8,9 และ 10 จะทำการัดการ์ดป้องกัน(Guard) มาปิดบังจุดหนีบ(Pinch Point)และจุดหมุนติดตั้งที่ขอบของ Cutting Conveyor

การทำการ์ดป้องกัน(Guard)จึงออกแบบโดยใช้เหล็กแผ่นหนา 2 มิลลิเมตร นำมาพับ(Bending Process) โดยการพับโลหะจะเกิดความเค้นแบบดึง(Tensile Stress)บริเวณมุมพับด้านนอกและเกิดความเค้นแบบกด(Compressive Stress)บริเวณมุมพับด้านใน



ภาพที่ 33 ความเค้นที่เกิดจากการพับโลหะ

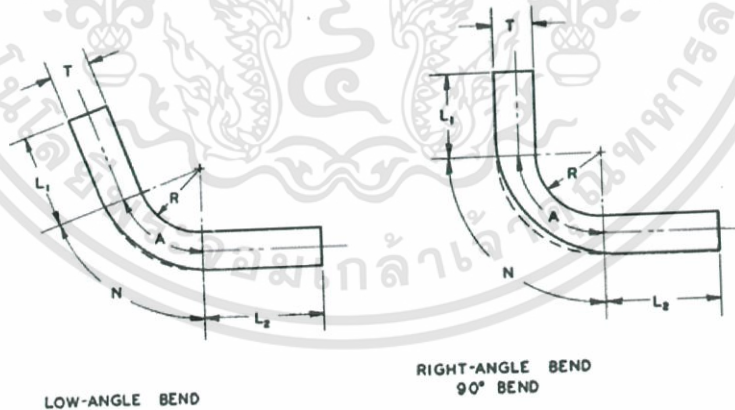
สิ่งที่ต้องคำนึงคือรัศมีของการพับ เพราะโลหะแต่ละชนิดมีค่าจำกัดของรัศมีของการพับที่น้อยที่สุดต่างกัน หากไม่คำนึงถึงค่าเหล่านี้แล้วอาจทำให้เกิดปัญหาในการพับโลหะได้ รัศมีของการพับนี้จะบอกเป็นรัศมีทางด้านในของส่วนโค้ง โดยทั่วไป รัศมีของการพับ(r/t) ไม่ควรต่ำกว่า 1 เท่าของความหนาของโลหะที่จะพับ ปัจจัยของรัศมีพับที่เล็กที่สุดของโลหะขึ้นอยู่กับ 4 ปัจจัย คือ มุมที่พับ (Bending Angle), ความหนาของโลหะแผ่น (Thickness), วัสดุ (Materials) และทิศทางของการพับ (Direction of Bend)

Minimum bend radius

| วัสดุ | สภาวะการใช้งาน | |
|--------------------------------|----------------|------|
| | อบอ่อน | แข็ง |
| Aluminum alloys | 0 | 6T |
| Beryllium copper | 0 | 4T |
| Brass, low-leaded | 0 | 2T |
| Magnesium | 5T | 13T |
| Steels | | |
| Austenitic stainless | 0.5T | 6T |
| Low-carbon, low-alloy and HSLA | 0.5T | 4T |
| Titanium | 0.7T | 3T |
| Titanium alloys | 2.6T | 4T |

Ref: S.Kalpakjian and S.R.Schmid, "Manufacturing Engineering and Technology 4th edition", Prentice hall, 2001.

ตารางที่ 3.5 แสดงค่าการหารัศมีพับที่เล็กที่สุดของวัสดุต่างๆ



ภาพที่ 34 แสดงภาพขนาดของการพับเหล็ก

การหาความยาวของเหล็กก่อนจะทำการพับ(Bendin process) จะต้องทำการเผื่อระยะความยาวของเหล็กที่จะทำการพับตามภาพหน้าตัดที่แสดงในรูปที่ 3.5 เพื่อใช้ในการพับ(Bending Process) โดยใช้สมการในคำนวณดังนี้

$$L = L_1 + A + L_2$$

โดย L คือ ความกว้างของแผ่นเหล็ก
 L_1 คือ ความกว้างของเหล็กด้านที่ 1
 L_2 คือ ความกว้างของเหล็กด้านที่ 2
A คือ ความกว้างเผื่อระยะ(Bend Allowance)

การหาความกว้างเผื่อระยะ(Bend Allowance) สามารถหาได้จากสมการ

$$A = \frac{2\pi\alpha}{360} \times (R+C)$$

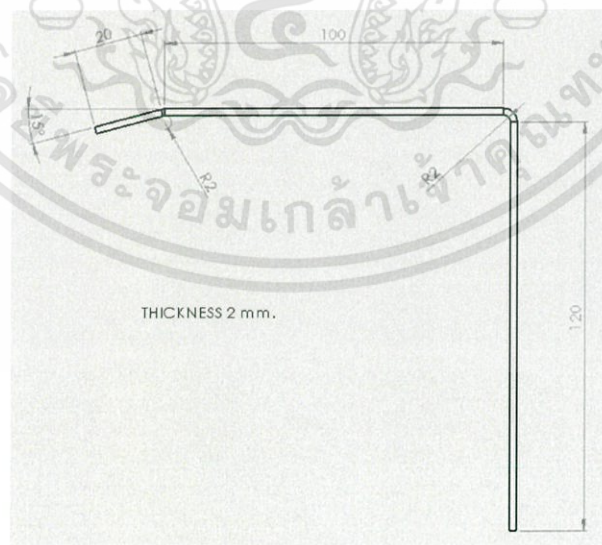
โดย A คือ ความกว้างเผื่อระยะ (Bend Allowance)
 α คือ มุมที่พับ (Bend Angle)
R คือ รัศมีการพับ (Bend Radius)
C คือ ระยะจากผิวด้านในถึงเส้นกลาง (Neutral)

ค่าระยะจากผิวด้านในถึงเส้นกลาง($C = KT$) สามารถหาค่าได้จากเงื่อนไขดังแสดงในตารางที่ ... เมื่อ K คือ K -factor และ T คือความหนาของโลหะ

| รัศมีการพับ | C |
|---------------|---------|
| $r < 2T$ | $0.33T$ |
| $r = 2T - 3T$ | $0.4T$ |
| $r > 4T$ | $0.5T$ |

ตารางที่ 3.6 แสดงเงื่อนไขการหาค่าระยะจากผิวด้านในถึงเส้นกลาง(C)

การ์ดป้องกัน(Guard)ใช้แผ่นเหล็ก(Steel) ขนาดความหนา 2 มิลลิเมตรมาใช้ในการพับขึ้นรูปรัศมีของการพับ(Bend Radius) คือ 2 มิลลิเมตร เนื่องจากต้องการให้การ์ด(Guard)ติดแนบชิดกับ Cutting Conveyor มากที่สุด ดังนั้นอัตราส่วนรัศมีของการพับและความหนาของโลหะ(r/t)เท่ากับ 1 เท่า และออกแบบการ์ด(Guard)ได้ลักษณะดังภาพที่แสดงด้านล่าง



ภาพที่ 35 แสดงภาพการพับโลหะเป็นการ์ดป้องกัน(Guard)

เมื่อได้ทำการออกแบบแล้วจึงคิดคำนวณหาความกว้างของตามสมการก่อนหน้านั้นซึ่งได้แสดงการคำนวณตามนี้

จากรูปที่ 3.7 มีค่าความยาวสมทบ 2 ค่าดังนั้นให้เป็น A_1 ที่จุดพับ 90° และ A_2 ที่จุดพับ 15° ความกว้างด้านที่ 1 เท่ากับ 120 มิลลิเมตร ความกว้างด้านที่ 2 เท่ากับ 100 มิลลิเมตร และความกว้างด้านที่ 3 เท่ากับ 20 มิลลิเมตร

เริ่มจากการหาค่า A_1 และ A_2 ก่อน และหาค่า C ได้จากเงื่อนไขที่ 1 เนื่องจากรัศมีการพับเท่ากับ 2 ซึ่งน้อยกว่า 2 ของความหนาแผ่นเหล็กที่นำมาใช้พับ ($2 < 2T : 2 < 2(2)$) จึงได้ค่า C เท่ากับ $0.33T$

$$A_1 = \frac{2\pi(90)}{360}(2 + 0.33(2)) = 4.18 \text{ มิลลิเมตร}$$

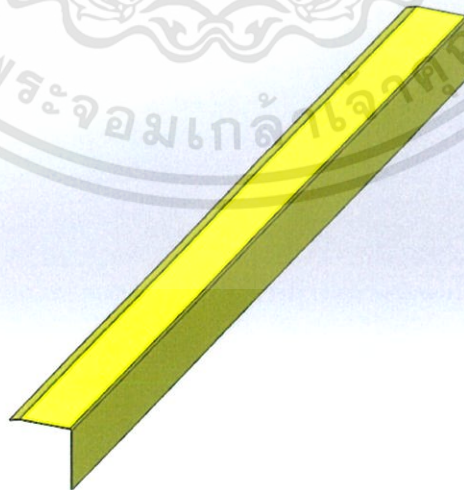
$$A_2 = \frac{2\pi(15)}{360}(2 + 0.33(2)) = 0.70 \text{ มิลลิเมตร}$$

นำค่าความยาวทั้งหมดมาคำนวณจะได้ค่าความกว้างของเหล็กที่จะนำมาตัดตามสมการดังนี้

$$L = L_1 + A_1 + L_2 + A_2 + L_3$$

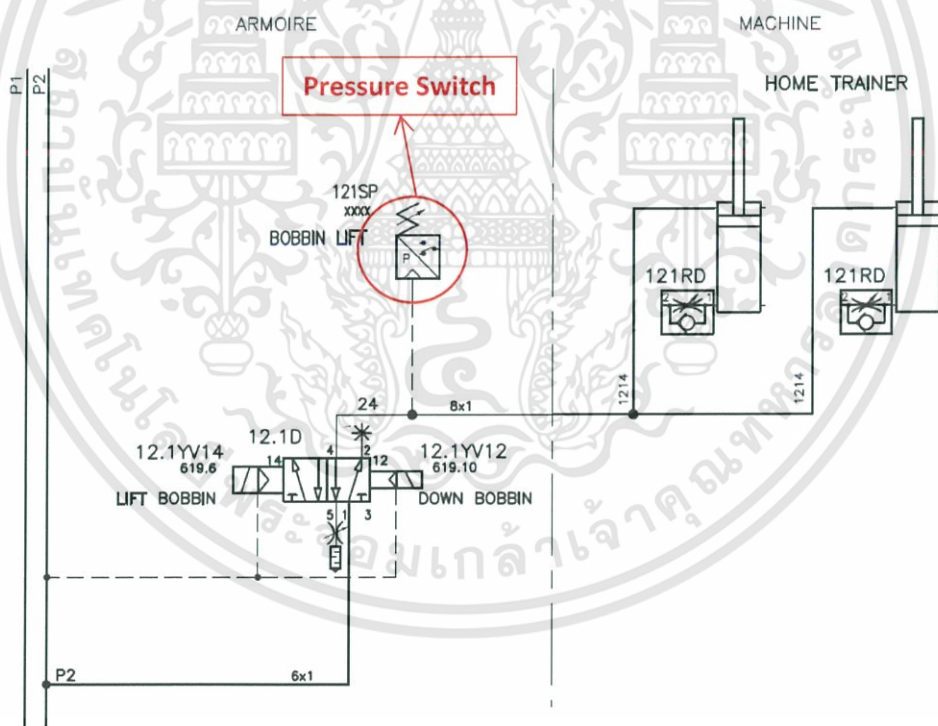
$$L = 120 + 4.18 + 100 + 0.70 + 20 = 244.88 \text{ มิลลิเมตร}$$

ดังนั้นจึงใช้เหล็กที่มีความกว้างเท่ากับ 245 มิลลิเมตร และยาว 1775 มิลลิเมตรเนื่องจากเพื่อให้ง่ายต่อการถอดซ่อมบำรุงหากจึงแบ่งความยาวของ Cutting Conveyor เป็นครึ่งหนึ่ง และเครื่องพับโลหะของผู้รับเหมา(Supplier) รับขนาดความยาวสูงสุดของชิ้นงานไม่เกิน 3200 มิลลิเมตร



ภาพที่ 36 แสดงภาพของการ์ดป้องกันจุดหนีบข้าง Cutting Conveyor

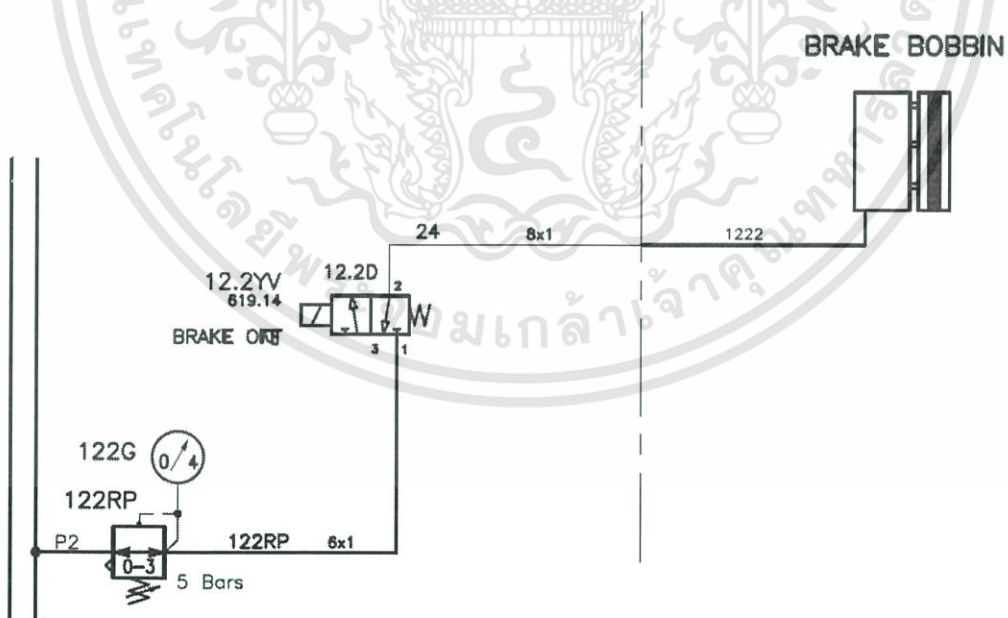
จากรูปที่ 3.9 เริ่มต้นเมื่อเปิดวาล์วลมหลัก(Main Pneumatic Valve)ลมจากโรงงาน(P1)ขนาด 7-8 บาร์ ไหลมาตามท่อลมเข้ามาสู่เครื่องโดยต้องผ่านการกรองอากาศเพื่อให้อากาศหรือลมที่จะเข้าเครื่องนั้น สะอาดไม่มีฝุ่นละอองที่จะเข้าไปอุดตันภายในท่อหรือวาล์วควบคุมทำให้เครื่องจักรไม่สามารถทำงาน ตามปกติได้ ลมหลักจากโรงงาน(P1)ผ่านไปยังอุปกรณ์ Soft Start ปกติปิด ที่ควบคุมด้วยขดลวด Solenoid สั่งการโดยใช้ PLC (Programmable Logic Controller) เมื่อเปิดเครื่อง Soft Start จะทำงาน โดย กักลมขนาด 7 บาร์ บางส่วนให้ค่อยๆเข้าไปสู่อุปกรณ์ต่างๆภายในเครื่องจนถึงจุดที่ต้องการจึงเปิดวาล์ว ลมทั้งหมดเข้าสู่เครื่องได้อย่างเต็มที่ สาเหตุที่ต้องมี Soft Start เนื่องจากต้องการลดความเสียหายจากการ ความดันสูงกระแทกอุปกรณ์ที่จะใช้งาน ในขณะที่เริ่มต้นการทำงานเป็นการยืดอายุการใช้งาน ลม (Pneumatic)ที่ผ่าน Soft Start ออกมาจะเป็น กระแสลม P2 (Pneumatic P2) ซึ่งเป็นสายลมหลักที่ใช้ ทำงานภายในเครื่องจักร



ภาพที่ 38 Pnuematic Diagram No.2

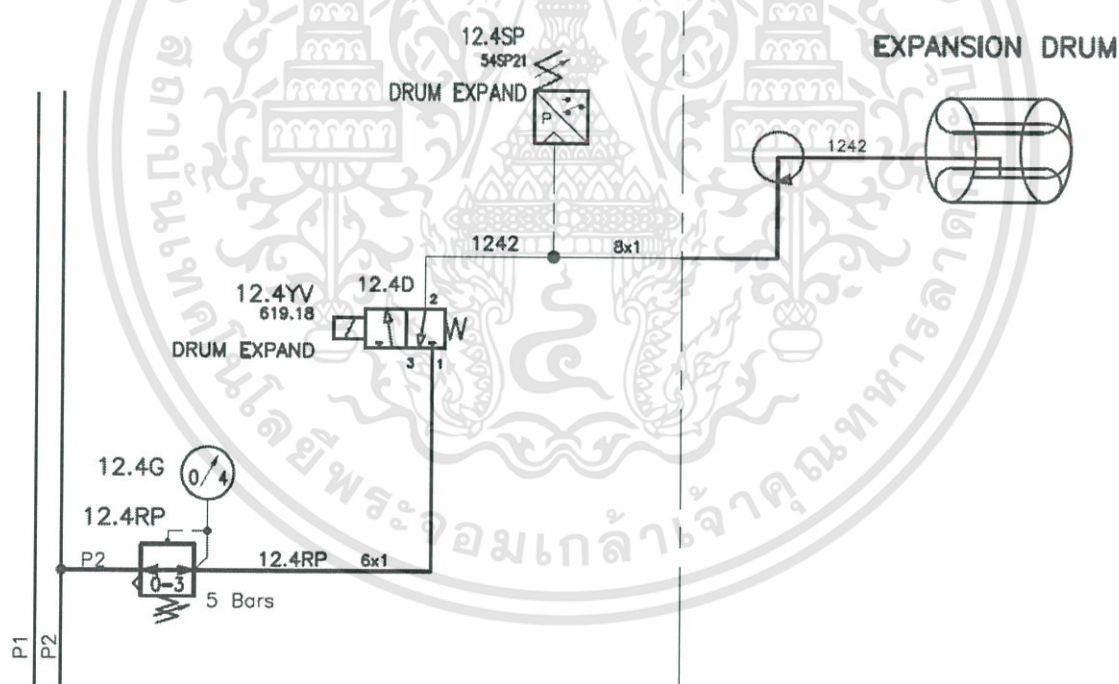
อันดับแรกลม(Pneumatic)จะเข้าสู่กระบอกลม(Pneumatic Cylinder)ขนาดใหญ่ทั้ง 2 ข้างของ(121RD) เพื่อทำหน้าที่ยก Bobbin ลอยตัวสูงขึ้นจากพื้นเพื่อให้ Home Trainer สามารถหมุน Bobbin ได้

หลักการทำงานคือลม P2 ที่ผ่าน Soft Start ขนาด 7 บาร์ เข้ามาสู่โซลินอยด์วาล์ว 5/2 รหัส 12.1D โดยต่อสายลมหลักตามหมายเลขช่องทางเข้าวาล์วและมีสายลม pilot เป็นลมช่วยในการปรับเปลี่ยนช่องทางของวาล์วทั้ง 2 ข้างของวาล์ว เมื่อสั่งให้ยก Bobbin ขึ้น โดยใช้ PLC ควบคุม โซลินอยด์หมายเลข 12.1YV14 จะทำงานสับเปลี่ยนช่องเดินลมให้ลมจากช่องทางหมายเลข 1 ต่อยังช่องทางหมายเลข 4 เพื่อให้ลมไหลผ่านต่อไปยังกระบอกลม(Pneumatic Cylinder)ทั้งคู่ ให้กระบอกลมชักเข้าพร้อมกันเพื่อยก Bobbin ขึ้นและค้างในลักษณะนี้จนจบการทำงาน ในระหว่างทางจากโซลินอยด์วาล์ว 12.1D ไปยังกระบอกลม 121RD จะมีลมบางส่วนเข้าไปยัง Pressure Switch 121SP เพื่อทำหน้าที่ตรวจสอบลมที่เข้า ถ้าหากมีขนาดเกินกว่า 7 บาร์จะตัดการทำงาน โดยทันทีเพื่อความปลอดภัยเนื่องจากกระบอกลมรับความดันสูงสุดได้ 10 บาร์ และเมื่อต้องการวาง Bobbin ลงโซลินอยด์หมายเลข 12.1YV12 จะสั่งให้วาล์ว 5/2 สับเปลี่ยนช่องทางลมโดยช่องทางหมายเลข 1 ที่รับลม P2 เข้ามาจะถูกอุดกั้นเส้นทางไว้และช่องทางหมายเลข 4 ที่ต่อกับกระบอกลมจะต่อยังช่องทางหมายเลข 5 เพื่อระบายลมทิ้งซึ่งจะมีการติดตั้ง Silencer เพื่อลดเสียงและควบคุมไม่ให้ลมออกเร็วเกินไปเนื่องจากไม่ต้องการให้ Bobbin วางลงสู่พื้นโดยทันทีทันใดเพื่อความปลอดภัยในการทำงาน



ภาพที่ 39 Pnuematic Diagram No.3

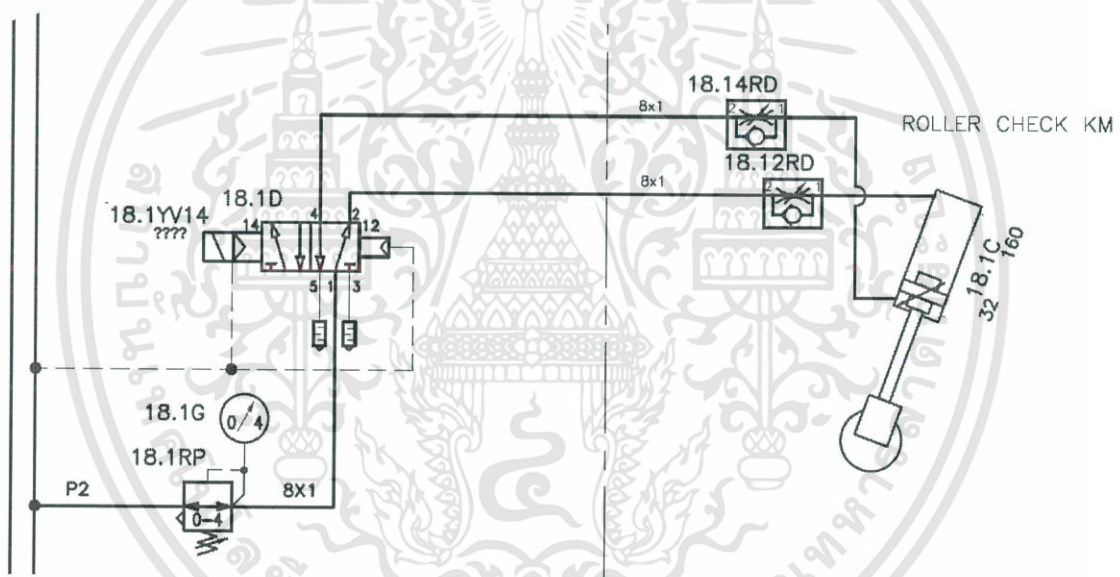
การทำงานในส่วนของ Brake Bobbin จะเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ต่อหลังจาก Bobbin ถูกยกแล้ว Brake Bobbin จะเป็นส่วนเบรก(Brake)ตรงปลายเพลลาของ Home Trainer ที่ทำหน้าที่หมุนเพื่อให้ Bobbin หมุนตาม โดยจะใช้ลมดันเบรกให้ติดกับเพลลา จะทำงานตลอดในขณะที่ทำการหมุน Bobbin (จะเป็นการเบรกเบาๆเพื่อให้ Bobbin หมุนต่อไปได้)และให้ Bobbin สามารถหยุดได้ทันทีที่มีการสั่งให้หยุด ลม P2 จาก Soft Start จะเข้าสู่ Pressure Regulator 122RP เพื่อปรับความดันลมจาก 7 บาร์ ให้มีขนาดอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0 ถึง 4 บาร์ และต่อสายลมจาก Pressure Regulator 122RP ไปยังโซลินอยด์วาล์ว 3/2 12.2D ซึ่งเมื่อสั่งให้เบรกทำงานขดลวดโซลินอยด์(Solenoid) 12.2YV จะสั่งให้วาล์วสับเปลี่ยนช่องเดินลมโดยลมที่ผ่าน Pressure Regulator 122RP จะเคลื่อนที่ต่อไปยังส่วนของ Brake เพื่อทำการหยุดชะลอหรือหยุดการหมุนของ Bobbin และเมื่อไม่ใช้เบรก(Brake)ขดลวดโซลินอยด์จะหยุดการทำงานและช่องทางเดินลมของวาล์วจะเคลื่อนเข้าสู่ตำแหน่งเดิมด้วยแรงจากสปริง



ภาพที่ 40 Pneumatic Diagram No.4

Expansion Drum หรือ Tambour เป็นส่วนที่ใช้ม้วนเก็บไมล่า(Mylas : Liner) สามารถลดหรือขยายขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางได้จากอุณหภูมิที่อยู่ภายใน เมื่ออุณหภูมิขยายตัวเส้นผ่านศูนย์กลางจะเพิ่มขึ้นเพื่อทำให้ม้วน Liner พันได้แน่นมากขึ้น และเมื่อปล่อยลมออกจากอุณหภูมิเส้นผ่านศูนย์กลางจะหดลดลง

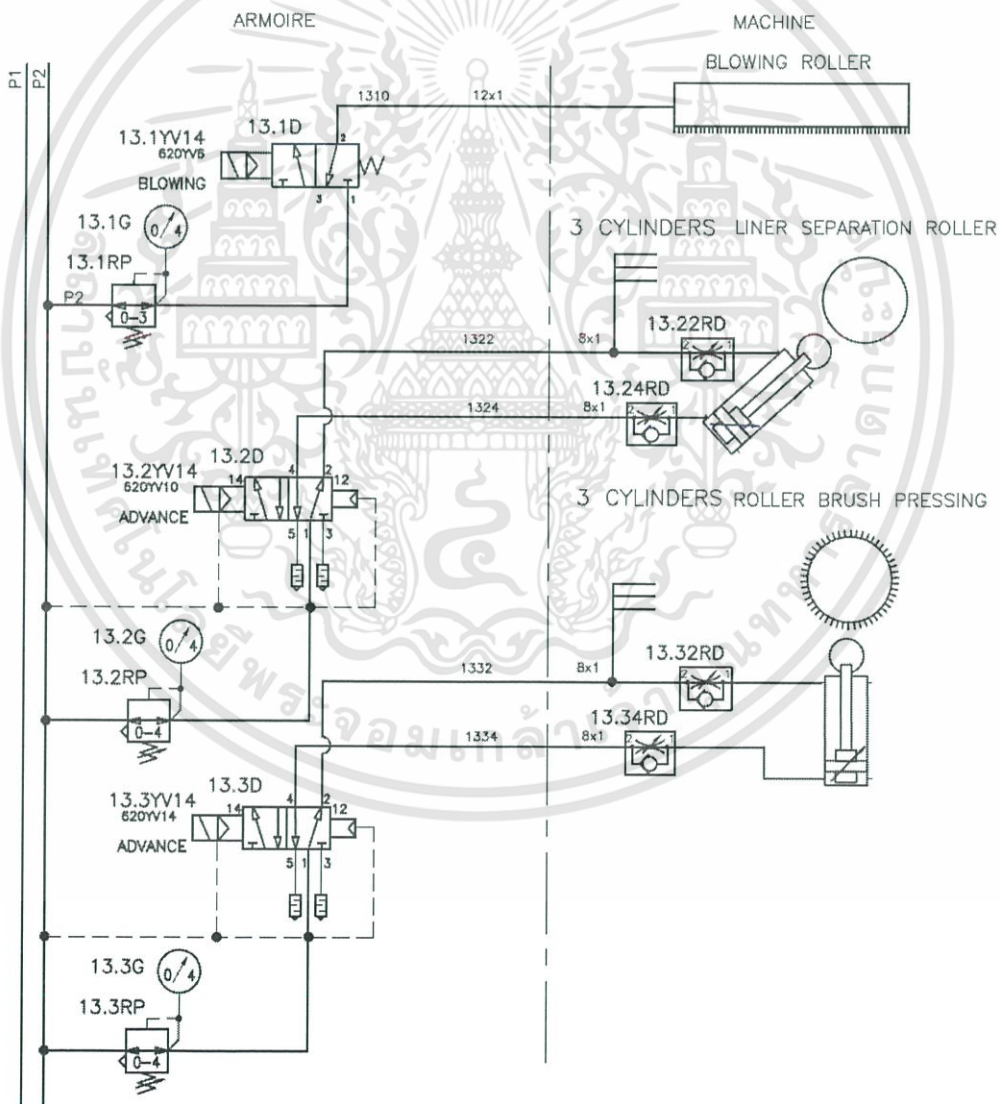
มาทำให้มีวาล์ว Liner ที่แน่นอยู่คลายออกและสามารถยก Liner ออกมาได้ ลม P2 ขนาด 7 บาร์จะไหลเข้าสู่ Pressure Regulator 12.4RP เพื่อลดความดันให้สามารถใช้งานในช่วง 0 ถึง 4 บาร์ จากนั้นเมื่อต้องการให้ Tambour ขยายออก โซลินอยด์วาล์วจะสับเปลี่ยนช่องทางลม ลมจาก Pressure Regulator 12.4RP จะเข้าสู่วาล์วที่หมายเลข 1 และจะถูกส่งออกไปยังจุดลมใน Tambour ผ่านทางช่องหมายเลข 2 และจะมีลมบางส่วนเข้าไปยัง Pressure Switch 12.4SP เพื่อตรวจสอบขนาดความดันของลมที่เข้ามา เมื่อต้องการลดขนาดของ Tambour ลง ขดลวดโซลินอยด์ 12.4YV หยุดทำงานและช่องเดินลมของวาล์วจะเคลื่อนที่กลับไปยังตำแหน่งเดิมด้วยแรงจากสปริง หลังจากนั้นลมภายในจุดลมจะถูกระบายออกจากวาล์วจนหมดและ Tambour ก็จะหดลดลง



ภาพที่ 41 Pneumatic Diagram No.5

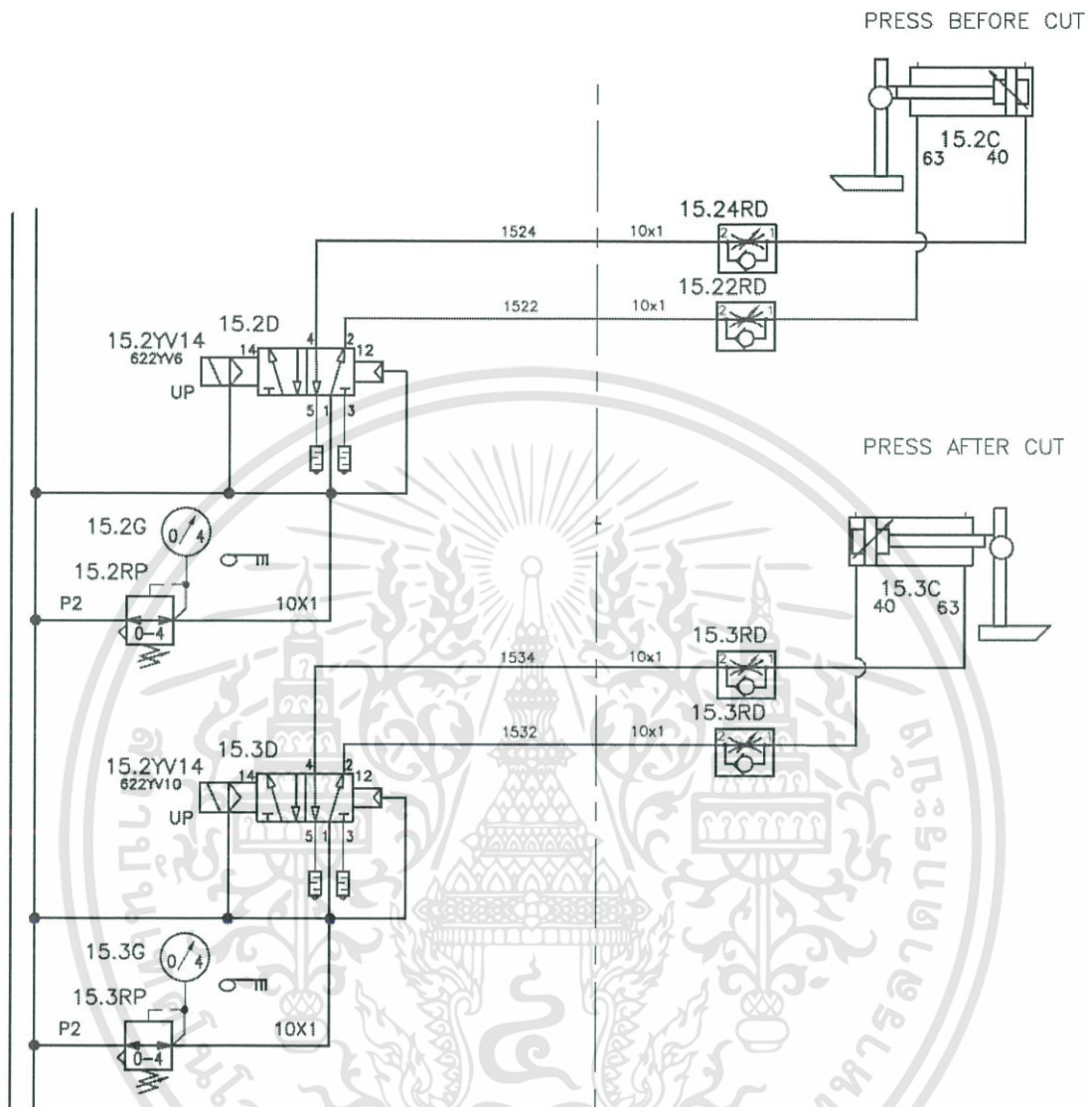
เมื่อเริ่มทำการป้อนยาง KM หรือ BDR เข้าสู่เครื่อง PKM จะมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตรวจสอบว่ายางจาก Bobbin ได้เข้ามาแล้วและยางหมด Bobbin แล้ว นั่นคือ Roller Check KM นอกจากนี้ยังเป็น Roller ที่ทำหน้าที่เสมือนเป็นตัวบังคับให้ KM หรือ BDR เคลื่อนที่ไปตามช่องทางที่กำหนด ตรวจสอบ KM ได้จาก Reed Switch เมื่อยางหมดก้านกระบอกลมจะตกลงมาเล็กน้อยตามน้ำหนักของลูกกลิ้ง(Free Roller) ที่ปลายก้าน(Rod) ทำให้แม่เหล็กไฟฟ้าเปลี่ยนไป Reed Switch จึงส่งสัญญาณไปยังโปรแกรมสั่งให้เครื่องหยุดทำงานจึงรู้ได้ทันทีว่ายางที่ป้อนเข้ามาได้หมดลงแล้ว การทำงานของระบบนิวเม

ดิกส์(Pneumatic)เริ่มจากสถานะเริ่มต้นก้านของกระบอกลมยังไม่ถูกชักออก ลม P2 จาก Soft Start เข้าสู่ Pressure Regulator เพื่อปรับลดความดันจาก 7 บาร์ให้เหลือ 2-4 บาร์ เนื่องจากการใช้ความดันขนาด 7 บาร์จะทำให้ลูกกลิ้ง(Roller)กดทับ KM หรือ BDR แน่นมากเกินไปทำให้ยางไม่สามารถเคลื่อนที่ได้และทำให้ความกว้าง(Width)ของยางเพิ่มขึ้น จากนั้นลมจาก Pressure Regulator จะเข้าสู่โซลินอยด์วาล์ว 5/2 เมื่อขดลวดโซลินอยด์ทำงาน โดยมีลม Pilot ขนาด 7 บาร์ช่วยในการการสับเปลี่ยนตำแหน่งทิศทางของลมทำให้ลมจาก Pressure Regulator ไหลผ่านต่อไปยังกระบอกลม(Pneumatic Cylinder)เพื่อผลักดันก้านสูบ(Rod)ชักออกไปชิดกับยางเพื่อตรวจจับ เมื่อหยุดการทำงานแล้วลม Pilot จะเปลี่ยนตำแหน่งทิศทางลมของวาล์วให้กลับสู่ตำแหน่งเดิมก้านกระบอกลมจึงชักกลับไปยังตำแหน่งเริ่มต้น



ภาพที่ 42 Pnematic Diagram No.6

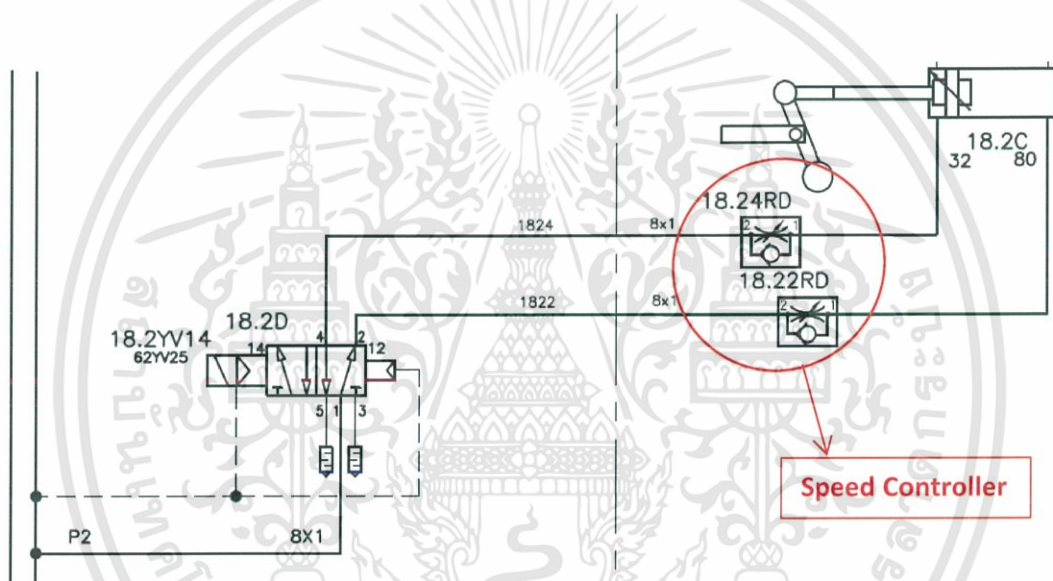
เมื่อยาง KM หรือ BDR ถูกป้อนเข้ามาจาก Bobbin แล้วยางจะถูกเป่าลมเพื่อทำความสะอาดผิวหน้าของ ยางด้วยอุปกรณ์ Blowing Roller ลมจาก P2 จะเข้าสู่ Pressure Regulator 13.1RP เพื่อปรับลดความดัน ลงเมื่ออุปกรณ์ทำงานขดลวด โซลินอยด์ 13.1YV14 ของโซลินอยด์วาล์ว 13.1D จะดันให้เปลี่ยนช่องทาง เดินลมของวาล์ว ลมจาก Pressure Regulator จึงส่งผ่าน ไปยัง Blowing Roller ได้ และเมื่อหยุดการ ทำงานวาล์วจะถูกดันเข้าสู่ตำแหน่งเดิมโดยแรงจากสปริง ยาง KM หรือ BDR จะถูกยกขึ้นตามลำดับ โดยกระบอกลม(Pneumatic Cylinder) 3 กลุ่ม คือ กลุ่ม Liner Separation Roller ทำหน้าที่เป็นทางเดิน และแยก KM (หรือ BDR) ออกจาก Liner ส่วนอีกกลุ่มคือ Roller Brush Pressing ทำหน้าที่ดันให้ KM เคลื่อนที่ผ่านแปรงทำความสะอาดและเป็นสะพานให้ยางขึ้น ไปยังชุดลูกกลิ้ง(Free Roller)ก่อนเข้าสู่ชุด ตัด(Cutter) ซึ่งทั้ง 2 กลุ่มจะประกอบด้วยกระบอกลม 3 กระบอกที่มีลักษณะเหมือนกันคือเป็นลูกกลิ้ง (Roller)ที่ปลายกระบอกเพื่อให้ KM หรือ BDR สามารถเคลื่อนที่ผ่านได้โดยสะดวก ซึ่งการทำงานของ กระบอกลมทั้ง 2 กลุ่มจะเหมือนกัน นั่นคือ ลม P2 จะเข้าสู่ Pressure Regulator เพื่อปรับลดความดันลง ให้มีช่วงการใช้งานที่ 0 ถึง 4 บาร์ (หากความดันน้อยไปจะไม่มี ความดันมากพอที่จะยกยางและหาก ความดันมากเกินไปกระบอกลมจะดันยางจนถูกหนีบทำให้ยางไม่สามารถเคลื่อนที่ได้) จากนั้นจึงต่อ สายลมเข้าไปยังช่องทางหมายเลข 1 ของโซลินอยด์วาล์ว 5/2 ที่ต้องใช้ลม ลม pilot ในการช่วยเปลี่ยน ตำแหน่ง เมื่อต้องการให้กระบอกลมชักออกขดลวดโซลินอยด์และลม pilot จะทำหน้าที่เปลี่ยน ตำแหน่งภายในวาล์วให้ลมที่แต่เดิมลมจากช่องทาง 1 จะไหลเข้ากระบอกลมทางด้าน Rod เปลี่ยนไปเข้า ทางด้าน Head แทน ในลักษณะเดียวกันหากต้องการให้กระบอกลมชักเข้าวาล์วก็จะทำการสับเปลี่ยน ตำแหน่งไปยังตำแหน่งเดิมลมจาก Pressure Regulator ที่เข้าวาล์วทางช่องทางที่ 1 ก็จะไหลเข้าไปยัง กระบอกลมทางด้าน Rod แทน ส่วนทางด้าน Head ลมจะถูกระบายออกในเวลาเดียวกัน ความเร็ว ในการชักเข้า-ออกของกระบอกลมสามารถปรับได้จาก Flow Rate ที่ติดตั้งอยู่กับทางเข้า-ออกของ กระบอกลม



ภาพที่ 43 Pneumatic Diagram No.7

จากรูปที่ 3.15 เมื่อขยับ KM หรือ BDR เคลื่อนที่ไปบน Cutting Conveyor จนกระทั่ง Encoder สามารถนับความยาวของยางได้ตามที่ต้องการแล้ว โปรแกรมจะสั่งให้อุปกรณ์ชุดจับยึด(Clamp)ซึ่งจะติดตั้งอยู่ด้านหลัง(Press Before Cut)และด้านหน้า(Press After Cut)ของใบมีด ยก Clamp ขึ้นให้หนีบจับ KM (หรือ BDR) ติดกับแผ่นยางรองบนเพดานชุดตัด(Cutter) ตัวจับยึดทั้ง 2 ด้านจะขึ้นพร้อมกันและลงพร้อมกันเมื่อตัดยางเสร็จ การทำงานเริ่มจากลม(Pneumatic) P2 จาก Soft Start เข้าสู่ Pressure Regulator เพื่อปรับลดความดันจากขนาด 7 บาร์ ให้เหลือช่วงในการใช้งาน 0 ถึง 4 บาร์ ก่อนจะเข้าสู่โซลินอยด์ตัวล่าง 5/2 เมื่อยกตัวหนีบ(Clamp)ขึ้นจับยึดยาง PLC จะสั่งให้ขลวดโซลินอยด์ทำงาน

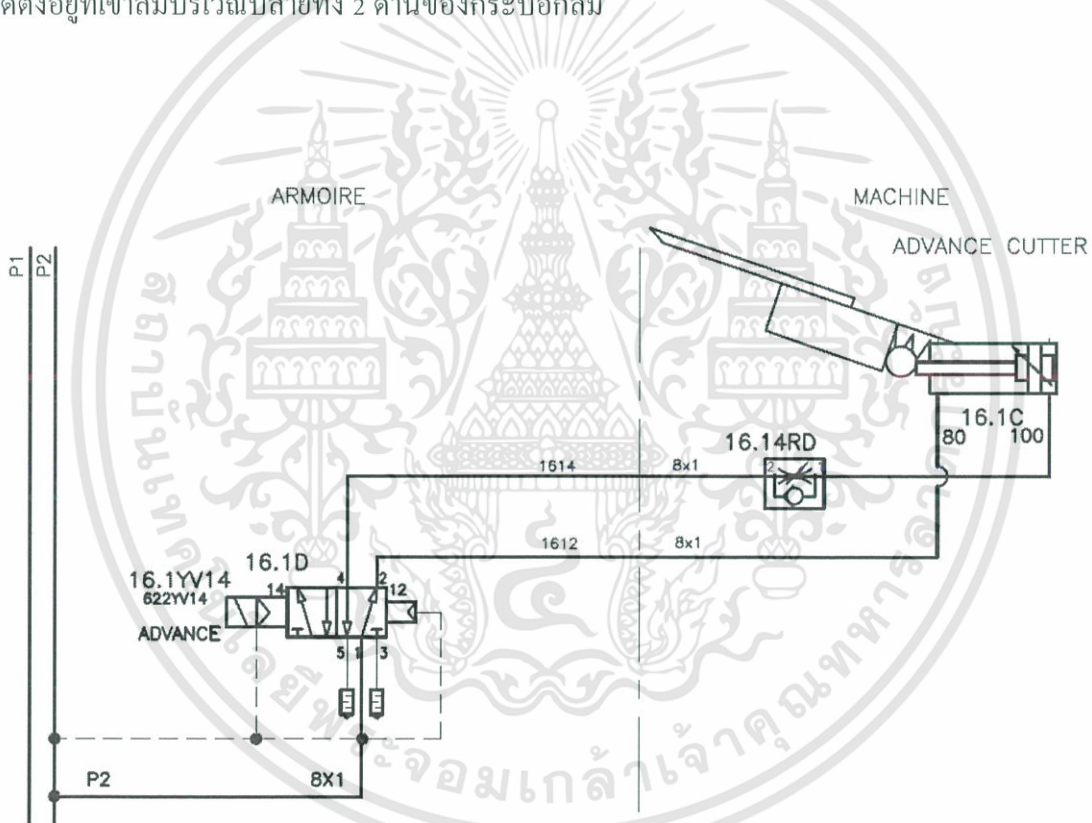
สับเปลี่ยนตำแหน่งทางเข้าลมของวาล์ว โดยมีลม pilot เป็นตัวช่วยผลักดันเปลี่ยนตำแหน่ง หลังจากเปลี่ยนตำแหน่งแล้ว ลมจาก Pressure Regulator จะเข้าสู่กระบอกลม(Pneumatic Cylinder)ทางด้าน Head ผลักดันก้าน(Rod)ออกเพื่อทำหน้าที่ยกตัวหนีบ(Clamp)ขึ้นมา โดยก้านของกระบอกลมจะเป็นเฟืองสะพาน(Rack Gear)ไปจับเฟืองให้หมุนเพลาเพื่อยกตัวหนีบ(Clamp)ขึ้นสุดและลงสุด เมื่อตัด KM (หรือ BDR) จนเสร็จ Clamp จะต้องลงจนสุดพร้อมกันทั้ง 2 ด้าน ขดลวดโซลินอยด์จะหยุดทำงานและลม pilot จะดันให้ตำแหน่งของวาล์วกลับเข้าสู่ตำแหน่งเดิม ลมจากกระบอกลมด้าน Head จะถูกระบายทิ้ง(Drain)และลมจาก Pressure Regulator จะเข้าสู่กระบอกลมทางด้าน Rod เช่นเดิม



ภาพที่ 44 Pnuematic Diagram No.8

หลังจากตัวหนีบ(Clamp)เลื่อนขึ้นจนสุดแล้ว อุปกรณ์ Anti-Jammimg หรือสะพานเชื่อมระหว่างตัวหนีบ จะต้องหลีกเลี่ยงให้กับชุดตัด(Cutter)ที่จะถูกเลื่อนขึ้นมาเพื่อตัดยาง อุปกรณ์ดังกล่าวมีข้อต่อที่ต่อกับก้านของกระบอกลมดังนั้นหากต้องการให้สะพานเชื่อมหลีกเลี่ยงให้กับชุดตัด(Cutter)ต้องทำให้กระบอกลมชักเข้า โดยหลักการทำงานคือลม P2 (Pneumatic P2) จะเข้าสู่โซลินอยด์วาล์ว 5/2 หมายเลข 18.2D ในสถานะปกติก้าน(Rod)ของกระบอกลมจะชักออกเมื่อต้องการให้ก้าน(Rod)ของกระบอกลมชักกลับ โปรแกรม PLC จะสั่งงานให้ขดลวดโซลินอยด์ 18.2YV14 ทำงานสับเปลี่ยนตำแหน่งของวาล์ว โดยมีลม pilot เป็นตัวช่วยดัน ลม P2 จะไหลเข้าวาล์วช่องทางที่ 1 และไหลออกวาล์วผ่านช่องทางที่ 4 เข้าสู่กระบอกลม(Pneumatic Cylinder)ทางด้าน Rod และลมจากกระบอกลมด้าน

Head จะถูกระบายทิ้ง(Drain)ผ่านทางวาล์วช่องทางที่ 3 เป็นผลทำให้ก้านถูกชักเข้าและ Anti-Jamming หลีกทางออก หลังจากยางถูกตัดเสร็จและชุดตัด(Cutter)เลื่อนกลับเข้าสู่ตำแหน่งเดิมแล้ว Anti-Jamming จะเลื่อนกลับเข้าสู่ตำแหน่งเดิมเพื่อทำหน้าที่เป็นสะพานข้ามให้กับ KM(หรือBDR) เช่นเดิม ดังนั้นก้าน กระทบกลมจะชักออกมาสู่ตำแหน่งเดิมนั้นคือขดลวดโซลินอยด์ 18.2YV14 จะหยุดทำงานและตำแหน่ง ภายในโซลินอยด์วาล์วจะกลับเข้าสู่ตำแหน่งเดิมตามเริ่มต้นด้วยแรงผลักรวม Pilot และลมจาก กระทบกลมด้าน Rod จะถูกระบายทิ้ง(Drain)ผ่านทางวาล์วช่องทางที่ 5 เราสามารถควบคุมการไหล ของลมเพื่อให้การเคลื่อนที่เข้า-ออกของกระทบสูบเข้าหรือเร็วขึ้นได้จากการปรับ Speed Controller ที่ ติดตั้งอยู่ที่เข้าลมบริเวณปลายทั้ง 2 ด้านของกระทบกลม



ภาพที่ 45 Pneumatic Diagram No.9

หลังจากตัวหนีบ(Clamp)ทั้งหน้า-หลังยกขึ้นไปจับเข้ากับแผ่นรองยางด้านบนแล้วและสะพานเชื่อม หรือ Anti-Jamming หลีกออกแล้ว ชุดตัดหรือ Cutter จะทำการตัดยางโดยเคลื่อนที่เลื่อนขึ้นไปในแนว เียงประมาณ 33 องศาตามแนว Linear Guide ซึ่งชุดตัด(Cutter)จะถูกดันให้เคลื่อนที่ขึ้นและลงโดยก้าน สูบจากกระทบกลมที่ติดตั้งด้านหลังชุดตัด ซึ่งระบบนิวเมติกส์ในการควบคุมกระทบกลมดังกล่าว

เริ่มต้นจากสถานะเริ่มต้นก้านสูบชักเข้าอยู่ในกระบอกสูบ ลม P2 (Pneumatic P2) ที่มาจาก Soft Start จะไหลเข้าสู่โซลินอยด์วาล์ว 5/2 หมายเลข 16.1D ซึ่งจะเปลี่ยนตำแหน่งทิศทางการไหลโดยใช้ชุดวาล์วโซลินอยด์ควบคุมและใช้ ลม Pilot ช่วยดันเปลี่ยนตำแหน่ง เมื่อต้องการให้ก้านสูบชักออกโซลินอยด์วาล์วจะเปลี่ยนตำแหน่งให้ลม P2 เคลื่อนที่ผ่านวาล์วเข้าไปยังกระบอกลมทางด้าน Head เพื่อดันก้านสูบให้เคลื่อนที่ออกเพื่อไปดันชุดตัด(Cutter) เมื่อตัดยางขาดแล้ว โซลินอยด์วาล์วจะเปลี่ยนตำแหน่งทิศทางการไหลกลับเข้าสู่ตำแหน่งเริ่มต้นลมจากกระบอกลม(Pneumatic Cylinder)ทางด้านHeadจะถูกระบายทิ้ง(Drain) ออกจากระบบและลม P2 จะผ่านวาล์วเข้าสู่กระบอกลมทางด้าน Rod ก้านสูบจึงชักเข้าทำให้ชุดตัด (Cutter)เคลื่อนลงมายังตำแหน่งเดิม

การประกอบเครื่องและการติดตั้ง (Fabrication and Installation)

การติดตามการประกอบเครื่องที่โรงงานของผู้รับเหมา (Fabrication Phase)



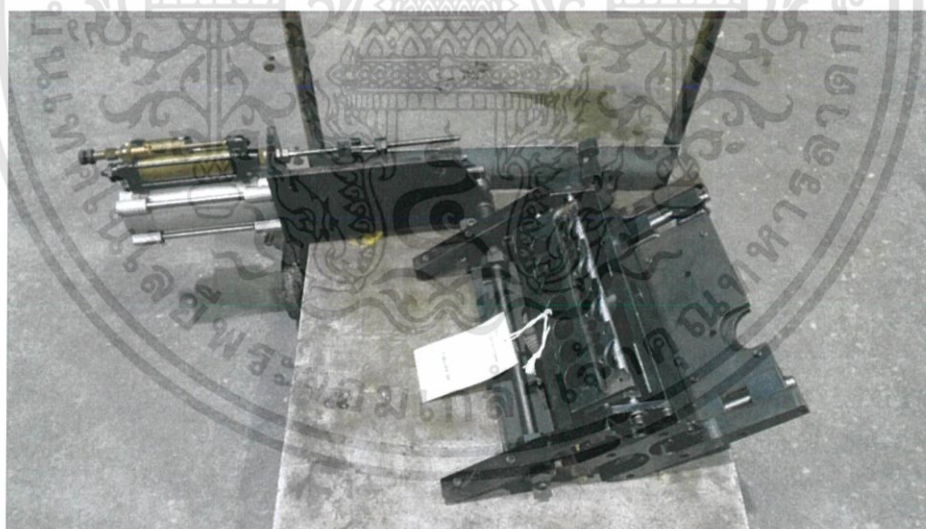
ภาพที่ 46 แสดงภาพ Cutting Conveyor ระหว่างการประกอบเครื่อง

หลังจากซื้อเครื่อง Doubleuse หมายเลข 2 (DB2) และขนส่งมายังโรงงานของผู้รับเหมาแล้ว(Shop Supplier) ผู้รับเหมาจะทำการประกอบเครื่องตามแบบที่ได้คุยและตกลงกันก่อนหน้านี้



ภาพที่ 47 แสดงภาพ Cutting Conveyor , PKM และ Let off

เมื่อขนส่งเครื่อง PKM และ Let off ซึ่งเป็นเครื่องสำเร็จรูปจากโกดังที่บ้านลาดมายังโรงงานของผู้รับเหมา โดยจะจัดวางเรียงลำดับการทำงานของเครื่องเพื่อความสะดวกในเวลาที่ทำการทดสอบการใช้งานที่โรงงานแห่งนี้เรียกว่า “Platform Test”



ภาพที่ 48 แสดงภาพชุดตัด(Cutter)ที่เตรียมติดตั้งเข้ากับเครื่อง PKM



ภาพที่ 49 แสดงภาพการประกอบตู้ควบคุม(CP PKM) ช้าย และตู้ไฟฟ้าหลัก(AG) ขวา



ภาพที่ 50 แสดงภาพการวางสายและโปรแกรมลงในกล่อง PU PKM (ซ้าย) และ Panelview (ขวา)

ช่วงการติดตั้งเครื่อง (Installation Phase)

ขั้นตอนการติดตั้งเครื่องจักรคือ

1. การเจาะพื้นและจัดวางเครื่องจักรอุปกรณ์ต่างๆตามแบบตำแหน่งการวางเครื่องจักร (Machine Layout)



ภาพที่ 51 แสดงภาพเตรียมการติดตั้ง

2. การวางแนว Centerline (เส้นสีขาว) จัดวางเครื่องตามตำแหน่งของแบบ(Layout)

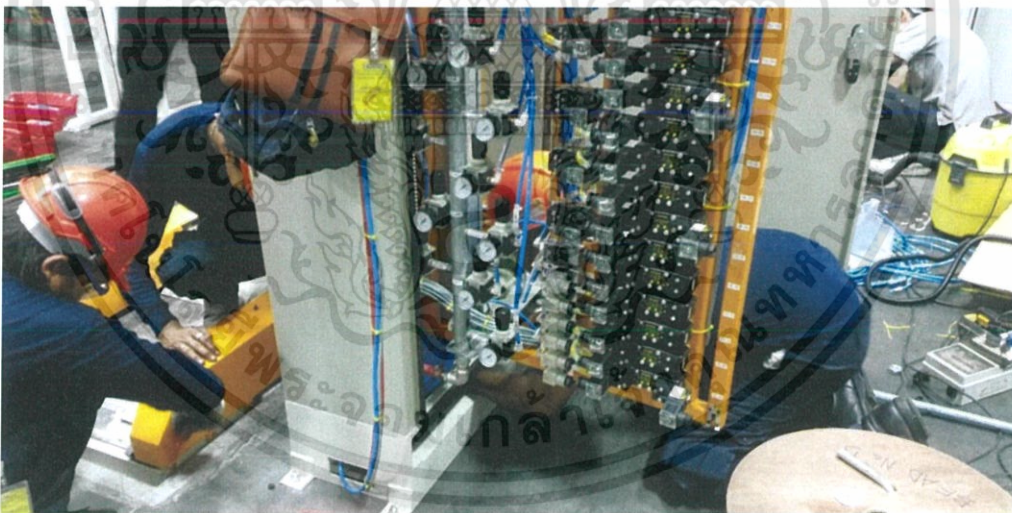


ภาพที่ 52 การวาง PKM ตามแนว Centerline



ภาพที่ 53 การวาง Let off ตามแนว Centerline

3. การตรวจสอบตำแหน่งและปัญหาความไม่เรียบร้อย
4. เจาะพื้นเพื่อยึดเครื่องจักรติดกับพื้น
5. ขั้นตอนการต่อสายลมจากตู้ลม(CP PKM)กับอุปกรณ์ใช้งาน



ภาพที่ 54 การต่อสายลมกับอุปกรณ์

6. การต่อสายไฟระหว่างตู้ไฟฟ้ากับอุปกรณ์หรือ “Wiring” เช่น มอเตอร์, เซนเซอร์ต่างๆ, อุปกรณ์ควบคุม เป็นต้น
7. การต่อท่อลมหลักและกระแสไฟฟ้าหลักจากโรงงานเข้าสู่เครื่อง

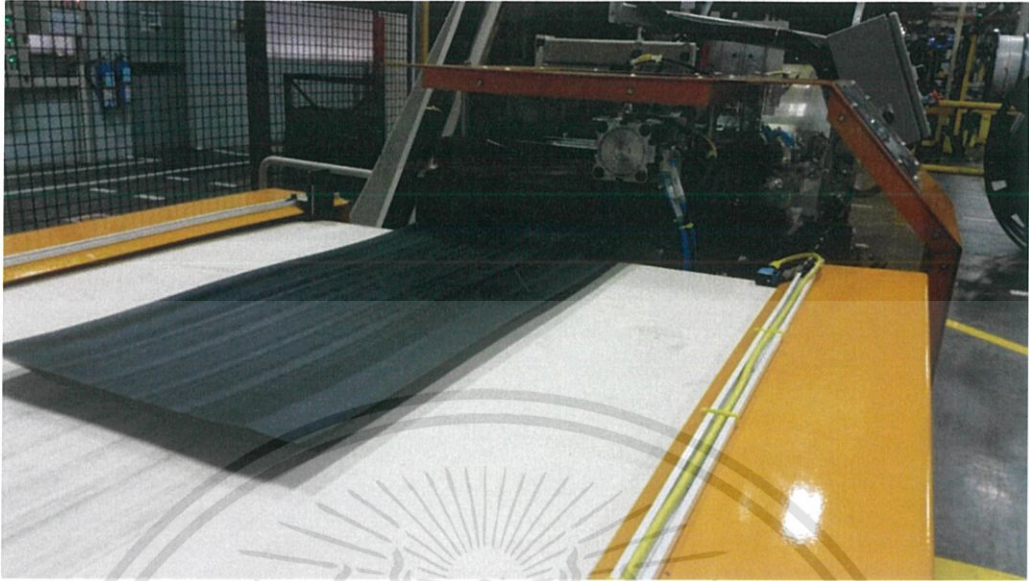
8. ติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันอันตราย(Safety Devices)ประกอบด้วยรั้ว(Fence)เพื่อป้องกันไม่ให้เข้าถึงบริเวณที่จะก่อให้เกิดอันตราย , Scanner เป็นอุปกรณ์เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุที่เข้ามาในบริเวณที่อาจจะก่อให้เกิดอันตรายในขณะที่ทำงานแต่ไม่สามารถปิดกั้นได้ เมื่อมีวัตถุหรือบุคคลเข้ามาในบริเวณดังกล่าวจะสั่งให้เครื่องหยุดการทำงานทันทีเพื่อความปลอดภัย

ช่วงเริ่มต้นการทำงาน (Start Up)

เมื่อทำการติดตั้งเครื่องเสร็จสิ้นแล้วจะเป็นขั้นตอนการทดสอบเครื่องเรียงตามลำดับ ดังต่อไปนี้

1. I/O Test หรือการทดลองการทำงานตามส่วนต่างๆของเครื่องจักรเพื่อตรวจสอบการทำงานว่าเป็นไปตามปกติเช่นการทดสอบการเคลื่อนออกของก้านสูบกระบอกลม(input คือ ลมที่เข้าไป และ output คือ ก้านสูบเคลื่อนที่ออก) , ทดสอบการทำงานของเซนเซอร์ เป็นต้น
2. Safety Test หรือ การตรวจสอบอุปกรณ์ความปลอดภัย เช่น ตรวจสอบการปิดกั้นบริเวณที่เป็นอันตราย , ตรวจสอบปุ่มฉุกเฉิน(Emergency Stop) เป็นต้น
3. Functional Test Without Product การตรวจสอบและทดลองการทำงานของเครื่องจักร โดยที่ยังไม่มีการทดลองกับผลิตภัณฑ์(KM และ BDR)
4. Functional Test With Product การตรวจสอบและทดลองการทำงานของเครื่องจักร โดยใช้เครื่องจักรทำการทดลองกับผลิตภัณฑ์(KM และ BDR)

ในระหว่างการทดสอบจำเป็นจะต้องมีการฝึกสอน(Traninig)ให้กับผู้ปฏิบัติงาน(Operator)ในการใช้งานและฝ่ายซ่อมบำรุง(Maintanance)สำหรับการซ่อมหรือเปลี่ยนชิ้นส่วนอะไหล่ต่างๆ เมื่อผ่านการทดสอบแล้วและผ่านการอนุมัติเครื่องก็จะเริ่มต้นทำงานได้หรือที่เรียกว่าช่วง “Start-up”



ภาพที่ 55 แสดงช่วง Functional Test With Product



ภาพที่ 56 แสดงช่วง Start up

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

ผลการดำเนินงานที่ได้อยู่ในช่วงระยะแรก (Phase 1) ซึ่งจะแยกออกเป็น 4 หัวข้อหลัก ประกอบด้วย การเปรียบเทียบ Cutting Conveyor ของจริงและการออกแบบ, การเปรียบเทียบตำแหน่งการติดตั้งเครื่องจักร (Machine Layout) ระหว่างการติดตั้งจริงและที่ออกแบบ, ความยาวของยางที่ตัดได้จากเครื่อง และรอยตัดของยาง

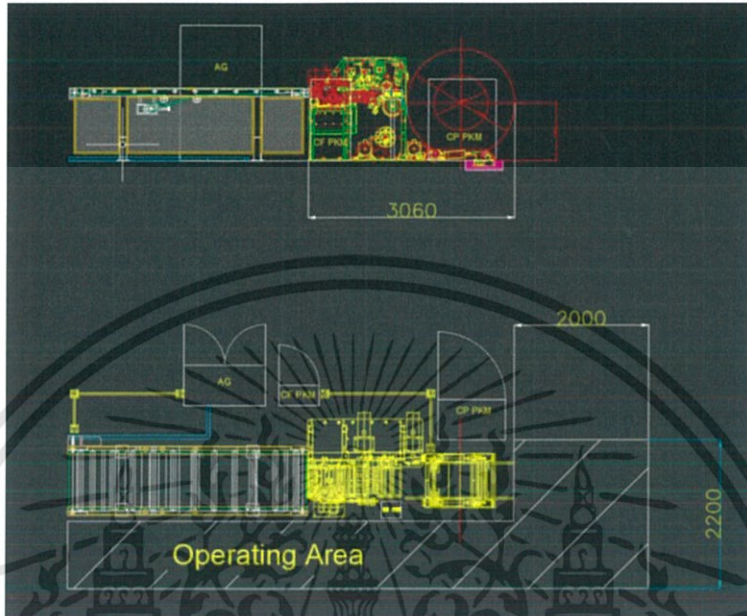
Cutting Conveyor



ภาพที่ 57 แสดงภาพเปรียบเทียบของ Cutting Conveyor ระหว่างที่ออกแบบและที่สร้างจริง

เปรียบเทียบ Cutting Conveyor ระหว่างออกแบบและที่สร้างจริง โครงสร้างหลักของ Cutting Conveyor ยังคงเป็น โครงสร้างส่วนเดิมจากเครื่อง Doubleuse 2 (DB 2) ความยาวของคอนเวเยอร์ที่สร้างจริงมีความยาวเท่ากับที่ออกแบบไว้คือ ความยาวสายพาน 3400 มิลลิเมตร เมื่อรวมกับความยาวทั้งหมดจะเป็น 3550 มิลลิเมตร ความสูง คือ 1.06 เมตรเท่ากัน การ์ดป้องกัน(Guard)จะมีความคล้ายคลึงกัน คือ ในส่วนของการออกแบบจะเป็นการ์ดป้องกันเป็น 3 ส่วน แต่ที่สร้างจริงจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนและตัดเพลลาที่ยื่นออกมาแล้วทำการ์ดป้องกันครอบปิดด้านข้างทั้งหมด ส่วนบริเวณด้านล่างของ Cutting Conveyor แทนที่จะพับเหล็กและทำเป็นกล่องครอบส่วนปรับความตึงสายพานตามที่ออกแบบ แต่ของที่สร้างจริงจะมีลักษณะเป็นราวล้อมรอบด้านล่างทั้งหมดเพื่อป้องกันการเข้าถึงจุดหนีบ(Pinch Point) ทั้งหมด การปรับความตึงของสายพาน(Belt)ยังสามารถถอดการ์ดออกเพื่อปรับได้ ส่วนฟังก์ชันการทำงานทั้งหมดยังคงเดิม

Machine Layout



ภาพที่ 58 แสดง Machine Layout ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องจักร



ภาพที่ 59 แสดงตำแหน่งติดตั้งเครื่องจักรในพื้นที่จริง (ด้านหน้า)

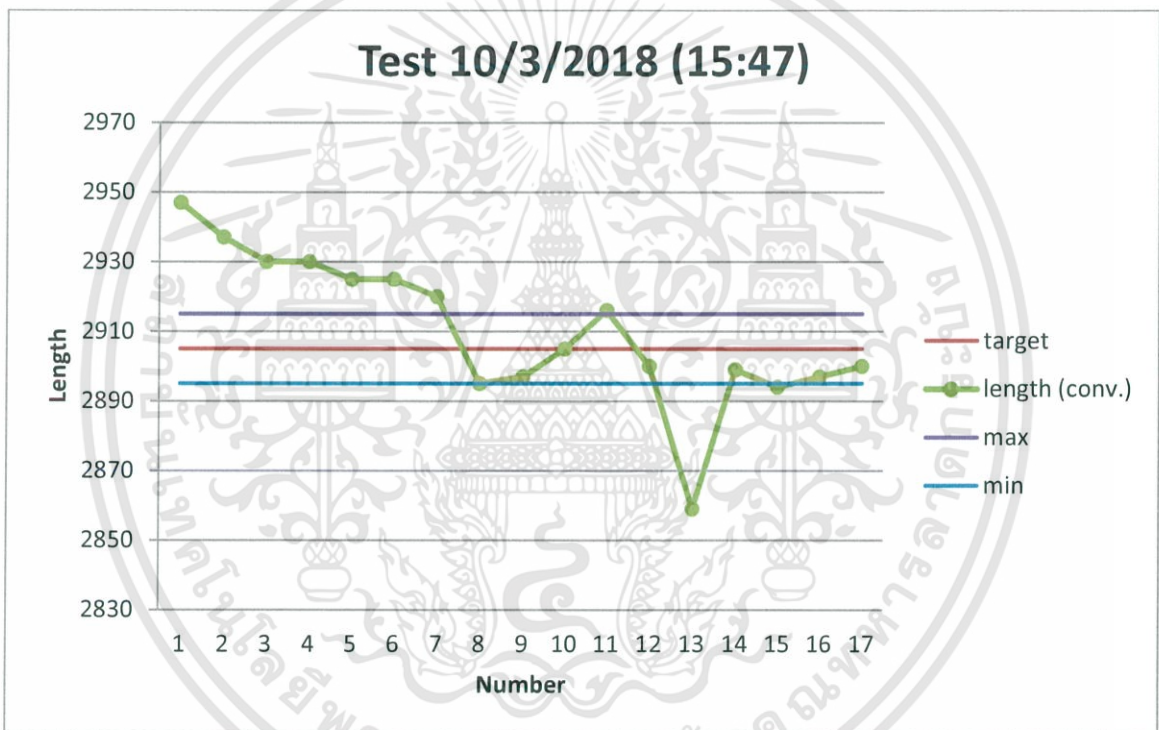


ภาพที่ 60 แสดงตำแหน่งติดตั้งเครื่องจักรในพื้นที่จริง (ด้านหลัง)

เปรียบเทียบแบบตำแหน่งการติดตั้งเครื่องจักร (Machine Layout) กับตำแหน่งการติดตั้งเครื่องจักรในพื้นที่จริงในช่วงเวลาแรก(Phase 1) โดยภาพรวมการวางตำแหน่งที่ติดตั้งเครื่องจักรเหมือนกับที่ได้ออกแบบเอาไว้แต่ระยะห่างหรือขอบเขตพื้นที่ในการติดตั้งอาจจะเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพของพื้นที่จริงในโรงงาน นอกจากนี้ยังนำรั้วมาติดตั้งเพิ่มเติมข้างตู้ลม(CP PKM)เพิ่มเติมและการทาสีเส้นเหลืองเพื่อแสดงขอบเขตการทำงานของ Scanner ป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นจากการเข้าถึงเครื่องจักรในระหว่างการทำงาน

ความยาวของการตัด KM หรือ BDR

ภายหลังจากเครื่องติดตั้ง(Instalation) และตั้งค่า(Setting) เครื่องจักรเสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงเริ่มทดสอบทำการตัด KM และ BDR โดยผลการดำเนินงานที่เราต้องการจะเน้นให้น้ำหนัก คือ ความยาวของยางที่ตัดจำเป็นจะต้องมีค่าความยาวอยู่ภายในช่วงที่ต้องการ(Tolerance) และมีค่าที่เกาะกลุ่มไม่กระจายตัว ซึ่งผลการตัดทดลองประจำวันวันที่ 3 ตุลาคม 2561 เวลาเริ่ม 15:47 น. ความยาวที่กำหนดเท่ากับ 2905 มิลลิเมตร มีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ภายในช่วง ± 10 มิลลิเมตร และใช้ความเร็วของสายการผลิต (Line Speed) เท่ากับ 10 เมตรต่อนาที แสดงดังกราฟต่อไปนี้

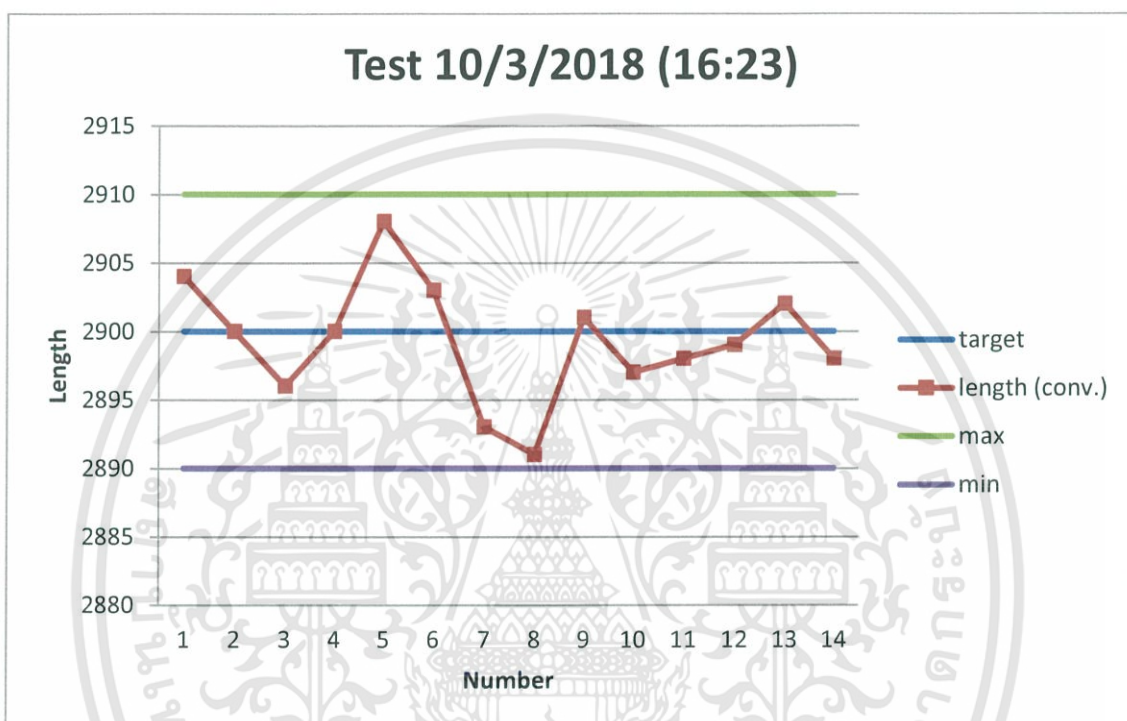


ภาพที่ 61 แสดงค่าความยาวของ KM ที่ตัดจาก KM and BDR Cutter

จากกราฟสังเกตได้ว่าจำนวนยาง KM ที่ตัดได้ทั้งหมดต่อ 1 Bobbin มีจำนวน 17 เส้น ความยาวของยาง KM ที่ถูกตัดจำนวน 17 เส้น มีจำนวนยาง KM ที่มีค่าความคลาดเคลื่อนเกินจากที่กำหนดจำนวน 9 เส้น ซึ่งมากกว่าครึ่งหนึ่งของยางที่ตัดทั้งหมด เมื่อวิเคราะห์ถึงสาเหตุของปัญหาแล้วจึงพบว่าความเร็วของ Cutting Conveyor และ Let off Bobbin มีค่าที่ไม่เท่ากัน โดยที่ความเร็วของ Cutting Conveyor จะเร็วกว่าความเร็วของยาง KM ที่กำลังถูกป้อนเข้าไป(Feed in) ทำให้ความยาวของยางถูกดึงยืดออกไป ส่วนยาง KM เส้นที่ 13 มีความยาวสั้นกว่าที่ต้องการอาจเนื่องมาจากเกิดการโค้งของยางในขณะการป้อนยาง

(Feed in) ทำให้เกิดเป็นคลื่นที่ขยับ KM ไปดันให้ Encoder ให้ลอยขึ้น ทำให้ค่าการวัดระยะทางผิดเพี้ยนไปจากเดิมมาก

เมื่อลองลดความเร็วของสายการผลิต(LineSpeed)ให้เท่ากับ 5 เมตรต่อนาทีแล้วทดลองทำการตัด จะได้ผลแสดงตามกราฟต่อไปนี้



ภาพที่ 62 แสดงค่าความยาวของ KM ที่ตัดจาก KM and BDR Cutter

จากกราฟจะแสดงความยาวของขาง KM ที่ถูกตัดที่ความยาว 2900 มิลลิเมตร สังเกตว่าการตัดทั้งหมด 14 เส้นต่อ 1 ม้วน Bobbin พบว่าช่วงความยาวของขาง KM ที่ตัดจะอยู่ในช่วงความคลาดเคลื่อนไม่เกิน ± 10 มิลลิเมตรตามเงื่อนไข นอกจากนี้ในช่วงต้น Bobbin จะมีการแกว่งของความยาวที่มากและช่วงท้ายจะมีการแกว่งของความยาวที่น้อยกว่า แสดงให้เห็นว่าการตัดในแต่ละครั้งความยาวของขาง KM ไม่มีความสม่ำเสมอถึงแม้จะมีความยาวทั้งหมดอยู่ภายในช่วงที่ยอมรับได้ก็ตาม

แต่จากการทดลองครั้งนี้ยังมีข้อบกพร่อง คือ การตัดด้วยความเร็วการผลิตที่น้อยกว่าที่ต้องการ (Line speed < 10 m/min) เมื่อทำการเพิ่มความเร็วที่มากขึ้นจะเกิดปัญหาคือขาง KM หรือ BDR ที่เคลื่อนที่บนคอนเวเยอร์(Cutting Conveyor)จะหยุดไม่ตรงตำแหน่งที่ต้องการทำการตัด อาจเกิดการ

ไถล(Slip)ของยาง KM หรือ BDR บนสายพาน (Belt) ทำให้ความยาวของยางที่ตัดคลาดเคลื่อนไปจากที่ Encoder นับได้เป็นผลให้มีค่าความยาวที่ไม่เสถียร(Unstable)และกระจายตัวของข้อมูลสูงมาก จะเป็นปัญหาคือจะกำหนดค่าเพื่อระยะความยาวของการตัดลำบาก ดังนั้นจึงวางแนวทางการแก้ปัญหาดังนี้

1. ติด Photoelectric Sensor เพิ่มเติมเนื่องจาก Encoder จะนับความยาวของยางและตัดได้ความยาวของยาง KM หรือ BDR ที่แม่นยำในช่วงไม่เกิน 250 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นค่าที่ได้มาจากการสังเกตและการทดลองตัดในแต่ละช่วงความยาว ดังนั้นจึงทำการติดตั้งเซนเซอร์เพิ่มอีก 4 ชุด ระยะห่างแต่ละชุด 250 มิลลิเมตร โดยเซนเซอร์ชุดแรกห่างจากจุดตัดภายในเครื่องPKM 2000 มิลลิเมตร จะมีช่วงการทำงานแต่ละชุดบวกจากตำแหน่งที่ติดตั้งอีก 250 มิลลิเมตร โดยจะให้หลักการทำงานตามแนวคิดเดิมแต่เพิ่มเติมเซนเซอร์ให้มากขึ้น โดยยกตัวอย่างเช่น เมื่อต้องการตัดยาง KM หรือ BDR ที่ความยาว 2155 มิลลิเมตร Encoder จะเริ่มนับความยาวที่เซนเซอร์ (Photoelectric sensor) ตำแหน่ง 2000 มิลลิเมตรจากจุดตัด อีก 155 มิลลิเมตร และเซนเซอร์ชุดอื่นจะถูกบล็อก (Block) ไม่ให้ทำงาน
2. ลดความเร็วของสายการผลิต (Line Speed) ลงให้เหลือ 2 เมตรต่อนาที เมื่อเจอเซนเซอร์ก่อนหน้าที่จะถึง Photoelectric sensor ชุดที่เริ่มนับเพื่อลดการไถล(Slip) ของยางบนสายพาน (Belt) เมื่อถึงเซนเซอร์
3. เมื่อถึง Photoelectric sensor ชุดที่จะเริ่มนับ จะหยุดสายพาน(Belt) ก่อน 2 วินาทีเพื่อป้องกันการไถล(Slip) การดึงยาง และเป็นการส่งสัญญาณให้ Encoder เริ่มทำการนับความยาว
4. หลังจากนั้นสายพาน (Belt) จะเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 1.5 เมตรต่อนาทีเพื่อให้ Encoder วัดความยาวของยาง KM หรือ BDR ได้แม่นยำมากขึ้นและป้องกันการโก่งของยางขณะทำการนับความยาว

เมื่อทำการทดสอบโดยใช้เงื่อนไขการแก้ปัญหาที่ได้กล่าวไปก่อนหน้านี้ ที่ความเร็วสายพาน (Line Speed) เท่ากับ 7 เมตรต่อนาที ที่ความยาวยาง KM 3155 มิลลิเมตร ได้ผลการทดลองดังนี้

| NO. | target | length (conv.) | length on tray 1 | length on tray 2 | diff (Conv.-target) | diff (conv.-tray1) | diff (tray1-tray2) |
|-----|--------|----------------|------------------|------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| 1 | 3155 | 3148 | 3132 | 3124 | -7 | 16 | 8 |
| 2 | 3155 | 3152 | 3137 | 3131 | -3 | 15 | 6 |
| 3 | 3155 | 3151 | 3132 | 3127 | -4 | 19 | 5 |
| 4 | 3155 | 3148 | 3132 | 3123 | -7 | 16 | 9 |
| 5 | 3155 | 3142 | 3121 | 3114 | -13 | 21 | 7 |
| 6 | 3155 | 3141 | 3122 | 3114 | -14 | 19 | 8 |
| 7 | 3155 | 3142 | 3125 | 3116 | -13 | 17 | 11 |
| 8 | 3155 | 3143 | 3126 | 3116 | -12 | 17 | 10 |
| 9 | 3155 | 3140 | 3120 | 3110 | -15 | 20 | 4 |
| 10 | 3155 | 3146 | 3123 | 3117 | -9 | 23 | 13 |
| 11 | 3155 | 3147 | 3132 | 3122 | -8 | 15 | 15 |
| 12 | 3155 | 3141 | 3149 | 3113 | -14 | -8 | 27 |

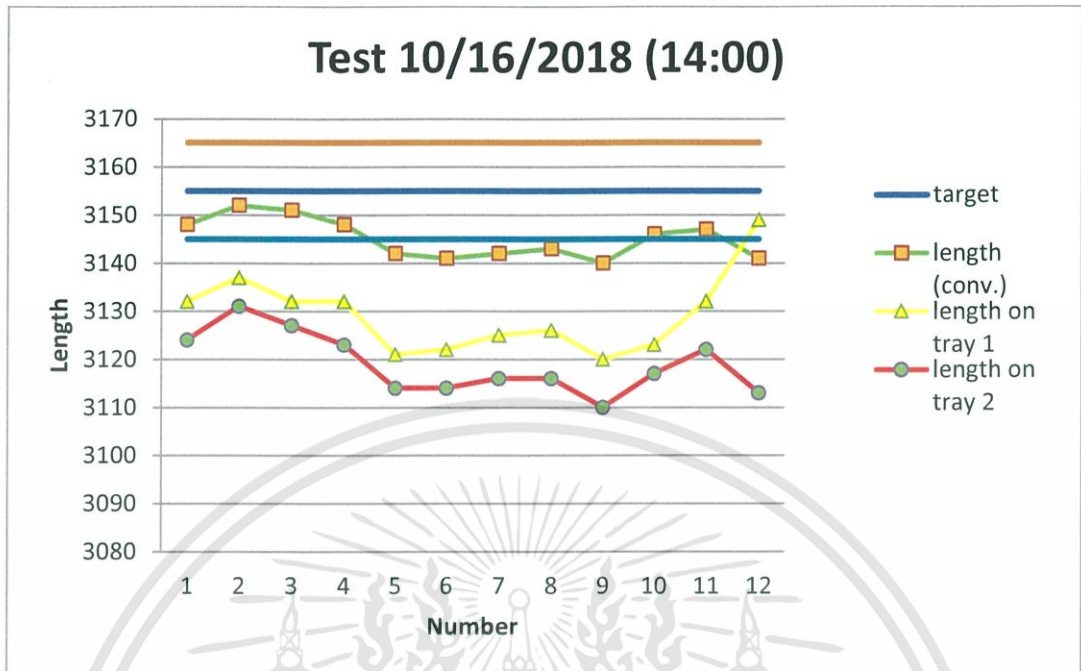
ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลองประจำวัน ที่ 16/10/2561 เวลา 14.00 นาฬิกา

| | length (conv.) | length on tray 1 | length on tray 2 |
|------------------|----------------|------------------|------------------|
| Min | 3152 | 3149 | 3131 |
| Max | 3140 | 3120 | 3110 |
| Ave | 3145.08 | 3129.25 | 3118.92 |
| STD | 4.12 | 8.28 | 6.37 |
| Cp ¹ | 0.81 | 0.4 | 0.52 |
| Cpk ² | 0.01 | -0.63 | -1.36 |

ตารางที่ 4 แสดงค่าทางสถิติจากผลการทดลองประจำวัน ที่ 16/10/2561 เวลา 14.00 นาฬิกา

Cp¹ เป็นตัวเลขแสดงการกระจายตัวของตัวอย่างข้อมูลโดยเปรียบเทียบกับ spec. ของผลิตภัณฑ์ ถ้าค่า Cp ยังมีค่าสูง แสดงว่ายังมีการกระจายของข้อมูลน้อย สำหรับมาตรฐานของมิชลินควรมีค่า Pp มากกว่า 1.20

Cpk² เป็นตัวเลขแสดงค่ากลางของตัวอย่างข้อมูลโดยเปรียบเทียบกับ spec. ของผลิตภัณฑ์ ถ้าค่า Ppk มีค่าใกล้ Cp แสดงว่าค่ากลางของข้อมูลมีค่าเข้าใกล้ spec. หรือเป้าหมาย(Target)ที่ต้องการ



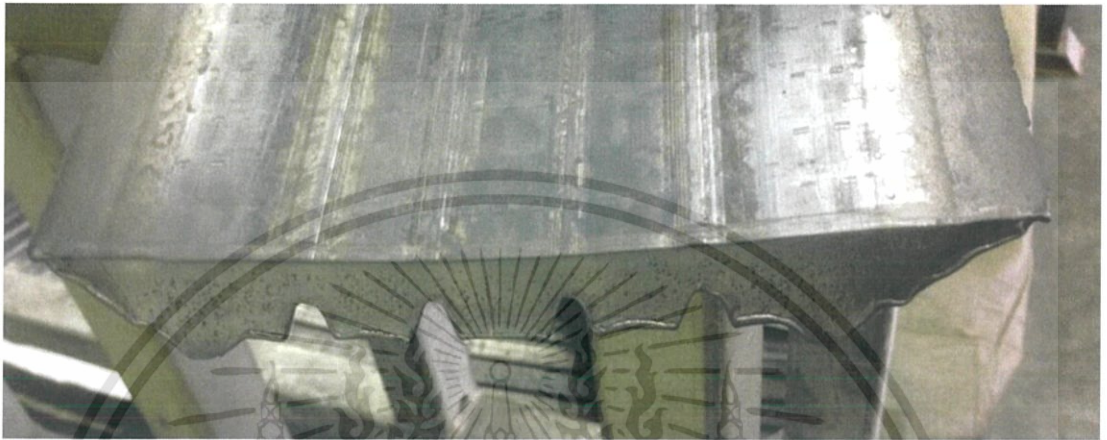
ภาพที่ 63 กราฟแสดงค่าความยาวของการทดลองประจำวัน ที่ 16/10/2561 เวลา 14.00 นาฬิกา

จากการทดลองตัดยาง KM ประจำวันที่ 16/10/2561 เวลา 14.00 นาฬิกา พบว่าค่าความยาวของ KM บนคอนเวเยอร์(Cutting Conveyor) ไม่สม่ำเสมอและมีจำนวนเส้นที่ความยาวสั้นกว่าช่วงความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้คือ ± 10 มิลลิเมตร (ความยาวน้อยกว่า 3145 มิลลิเมตร)จำนวน 6 เส้น ซึ่งอาจจะแก้ไขด้วยวิธีการปรับค่าความยาวในการตัดให้สูงขึ้นได้แต่อาจจะพบเจอปัญหาอาจยาวเกินจนหลุดจากขอบเขตที่ยอมรับได้อีกเมื่อปรับเปลี่ยน Bobbin ใหม่ ค่า Pp และ Ppk ของความยาวยาง KM บนคอนเวเยอร์(Cutting Conveyor) มีค่าน้อยมากคือ 0.81 และ 0.01 ตามลำดับ แสดงว่าค่าความยาวที่ได้มีการกระจายของข้อมูลสูงมากและค่าที่ได้ไม่ตรงกับเป้าหมาย(Target)ความยาวที่ต้องการ เมื่อยกยาง KM ออกจากคอนเวเยอร์ไปวางบน Tray Truck ครั้งที่ 1 จะเกิดการหดตัวของยาง(Shrinkage) ทำให้ความยาวของ KM ลดลงอย่างมาก โดยค่าเฉลี่ยของความยาวที่ลดลงจากคอนเวเยอร์ไปยัง Tray Truck เท่ากับ 15.83 มิลลิเมตร ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่สูงสำหรับการหดตัวของยาง สังเกตได้คร่าวๆจากกราฟ(รูปที่ 4.7) ว่าความยาว KM บน Tray Truck ครั้งที่ 1 สั้นกว่าความยาว KM บนคอนเวเยอร์(Cutting Conveyor)มากทำให้ช่องว่างระหว่างเส้น Length(conv.) และเส้น Length on Tray 1 คุกกว้างมาก แต่จุดที่น่าสังเกตคือเส้นที่ 12 คือ แทนที่การยกหน้ายาง KM จากบนคอนเวเยอร์(Cutting Conveyor)ไปยัง Tray Truck 1 จะทำให้ยางหดตัวกลับทำให้ยาวยืดยาวขึ้น ความยาวของยางจึงเพิ่มขึ้นจาก 3141 เป็น 3149 มิลลิเมตร ซึ่ง

เพิ่มขึ้น 8 มิลลิเมตร สาเหตุอาจเนื่องมาจากลักษณะการยกหน้ายาง KM ไปวางบน Tray Truck ของผู้ปฏิบัติงาน(Operator) ที่อาจจะเกิดการเหวี่ยงยางไปวางบน Tray Truck ในตำแหน่งชั้นที่สูงขึ้นตามลำดับชั้นวางยางที่เรียงจากชั้นล่างสุด(KM หมายเลข 1)ไปยังชั้นบนสุด(KM หมายเลข 25) เมื่อดูค่า Pp และ Ppk ของความยาวบน Tray Truck ครั้งที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.40 และ -0.63 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าค่าความยาวของยางแต่ละเส้น ไม่มีความสม่ำเสมอและแกว่งเพิ่มขึ้นมากกว่าความยาวบนคอนเวเยอร์(Cutting Conveyor) และค่า Ppk ที่ติดลบแสดงให้เห็นถึงค่ากลางของความยาวอยู่นอก Specification ที่ตั้งเอาไว้อย่างมาก เมื่อถ่ายเทยางจาก Tray Truck 1 ไปยัง Tray Truck 2 ซึ่งเป็นการจำลองการยกขนถ่ายยางจาก Tray Truck ไปยังรางที่จะส่งหน้ายาง KM ไปประกอบในขั้นตอนการผลิตยาง ผลปรากฏว่าความยาวของยางที่ได้บน Tray Truck 2 มีค่าลดลงจาก Tray Truck 1 แต่ลดลงน้อยกว่าเมื่อเทียบกับความยาวของ KM ที่ลดลงระหว่าง Conveyor กับ Tray Truck 1 การหดตัวที่ลดลงอาจจะเกิดจากความยาวของยางเริ่มที่จะคงที่ในช่วงเวลาหนึ่งแล้ว จุดที่น่าสังเกตคือยางเส้นสุดท้าย(เส้นที่ 12) ที่ความยาวของยางยืดยาวขึ้นบน Tray Truck 1 แต่เมื่อขนถ่ายยางมาวางที่ Tray Truck 2 หน้ายาง KM กลับหดตัวถึง 27 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นค่าการหดตัว(Shrinkage)ที่สูงมาก ค่า Pp มีค่าเท่ากับ 0.52 เพิ่มจากค่า Pp บน Tray Truck 1 เท่ากับ 0.12 มิลลิเมตร บ่งบอกว่าค่าความยาวที่ได้มีการเกาะกลุ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับ Tray Truck 1 แต่ก็ยังน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับบน Cutting Conveyor

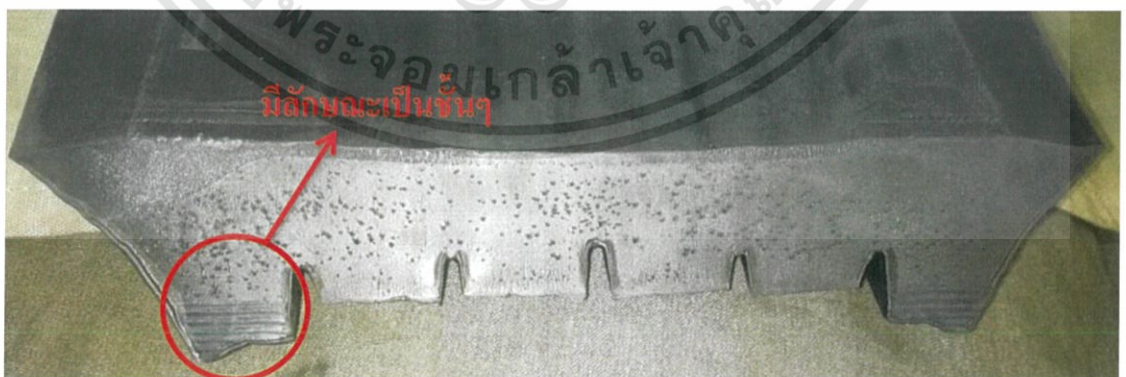
รอยตัดของยาง

รอยตัดของยางที่ได้จากการตัดทดลองในช่วงแรกก่อนการปรับไบนิดจะมีลักษณะดังรูปด้านล่างนี้



ภาพที่ 64 แสดงภาพรอยตัด 1

จากรูปที่ 4.8 รอยตัดที่ได้สังเกตว่าจะเกิดการม้วนของยางจนเกิดเป็นเนินทางด้านล่างและด้านข้างของผิวยาง ซึ่งเกิดจากการที่ไบนิดเคลื่อนที่ช้าจนผิวยางด้านล่างเกิดการม้วนไปพร้อมๆกับการตัด การตัดของไบนิดจะตัดในลักษณะของการตัดเลื่อนไป-มาด้วยความเร็วสูงทำให้เกิดความร้อนยางในส่วนนั้นจึงละลายและจับตัวกันเป็นก้อนกลายเป็นเนินจะเกิดขึ้นมากที่สุดบริเวณขอบของยางดังภาพที่แสดง จึงจำเป็นต้องปรับความเร็วของไบนิดให้เร็วขึ้นกว่าเดิม เมื่อทำการปรับความเร็วของไบนิดให้เร็วขึ้น รอยตัดที่ได้จะมีลักษณะดังนี้



ภาพที่ 65 แสดงภาพรอยตัด 2

สังเกตว่ารอยตัดที่ได้ เนินบริเวณขอบของยางลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจน รอยตัดของขอบด้านล่างจะมีความแหลมมากขึ้น แต่ขอบด้านข้างของยางยังคงมีเนินม้วนอยู่เล็กน้อยซึ่งไม่สามารถกำจัดให้หมดไปได้เนื่องจากการตัดมีลักษณะเป็นการตัดแบบเลื่อนไป-มา ดังนั้นจึงทำได้แค่การลดเนินให้ได้มากที่สุด อย่างไรก็ตามรอยตัดนี้ก็ยังไม่สามารถนำไปใช้ในการผลิตต่อไปได้เนื่องจากผิวข้างยางทั้ง 2 ข้าง มีลักษณะซ้อนกันเป็นชั้นทำให้ความหนาของยางลดลงและเสียงที่จะเกิดฟองอากาศแทรกเข้าไป สรุปได้ว่าความเร็วใบมีดที่มากไปจะทำให้เกิดรอยตัดเป็นชั้นๆที่ผิวยาง หลังจากนั้นจึงปรับความเร็วของใบมีดให้ลดลงมาเล็กน้อย รอยตัดที่ได้จึงมีลักษณะดังนี้



ภาพที่ 66 แสดงภาพรอยตัด 3

จากการปรับความเร็วในการเคลื่อนที่ของใบมีดลงมาเล็กน้อย พบว่าที่ขอบด้านข้างของยางจะเกิดเป็นเนินขึ้นมาเล็กน้อย ปลายขอบด้านล่างยังคงมีความแหลมและไม่เกิดรอยย่นลึกเข้าไปในเนื้อยาง ส่วนบริเวณขอบด้านบนของรอยตัด ผิวยังไม่เรียบเท่าที่ควรยังคงมีรอยย่นและรอยไหม้เล็กน้อยแต่ก็ยังคงอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ในส่วนของการผลิตยางล้อ(เมื่อม้วนต่อหัว-ท้ายแล้วยังสามารถตัดแต่งให้ยางต่อกันได้สนิท)

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

สรุปผล

ผลการดำเนินงานของเครื่อง KM & BDR Cutter สิ้นสุดการบันทึกข้อมูล ณ วันที่ 21 พฤศจิกายน พ.ศ. 2561 เป็นช่วงที่ KM & BDR Cutter อยู่ในระยะที่ 1 (Phase) ในช่วงนี้จะประกอบด้วยเครื่องจักร 3 เครื่องคือ Let off , PKM และ Cutting Conveyor (Weight Scale Conveyor และ KM Booking Conveyor จะนำมาติดตั้งในระยะที่ 2) และความเร็วในการผลิต(Line Speed)ปกติที่ความเร็ว 10 เมตรต่อนาทีซึ่งเป็นความเร็วขั้นต่ำที่ใช้ในการทำงาน ผลการทำงานเป็นไปตามแนวคิด(Concept)ที่ได้วางเอาไว้ตั้งแต่แรกคือการใช้เครื่อง Let Off Bobbin และ PKM ทำงานร่วมกันกับ Cutting Conveyor เพื่อใช้ตัดยาง KM และ BDR ได้แต่ขณะนี้เวลาที่ใช้ตัดจะใช้เวลาในการตัดเฉลี่ยอยู่ที่ 55 ถึง 57 วินาทีต่อเส้น ในช่วงความยาวที่มากกว่า 3 เมตรซึ่งยังมากกว่าที่ต้องการคือเวลาต่อการตัด 1 ครั้งจำเป็นต้องน้อยกว่า 54 วินาที ซึ่งอาจจะเพิ่มความเร็วในการผลิต(Line Speed)ให้มากขึ้นกว่าเดิมเพื่อให้ทันเวลาที่ต้องการแต่การทำงานจำเป็นต้องมีความระมัดระวังมากขึ้นเช่นกัน ในส่วนของความยาวยางที่ตัดค่าที่ได้ในช่วงแรกมีความผันผวนมากและไม่แน่นอนเนื่องจากการดึงยางสายพานของ Cutting Conveyor จึงได้ทำการปรับเปลี่ยนประเภทของ Cutting Conveyor จากสายพาน(Belt)มาเป็นลูกกลิ้ง(Free Roller)ผลปรากฏมาช่วยลดการดึงยางบน Cutting Conveyor และทำให้ความยาวที่ได้มีค่าที่แน่นอนอยู่ในช่วงความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้(ไม่เกิน ± 10)

ปัญหาและการแก้ปัญหา

1.ปัญหาด้านความยาวของยางที่ถูกตัด

ปัญหาหลักๆที่พบเจอของเครื่อง KM & BDR Cutter คือ ความยาวของการตัดยาง KM และ BDR มีค่าที่ไม่สม่ำเสมอ บางเส้นอาจจะยาวกว่าที่ต้องการในขณะที่อีกเส้นอาจจะสั้นกว่าที่ควรจะเป็น ซึ่งทำให้การตั้งค่าเพื่อระยะการตัดยางใน Panel View ทำได้ยาก เมื่อวิเคราะห์ถึงสาเหตุและปัญหาที่เกิดขึ้น พบว่าผลิตภัณฑ์ KM และ BDR ที่เข้ามาสู่เครื่องนั้นมีการยืดของยางในขณะที่เคลื่อนที่อยู่บน Cutting Conveyor เนื่องจากผลิตภัณฑ์ KM และ BDR ที่เข้ามาสู่เครื่องเป็นยางที่ยังไม่ผ่านการอบยาง

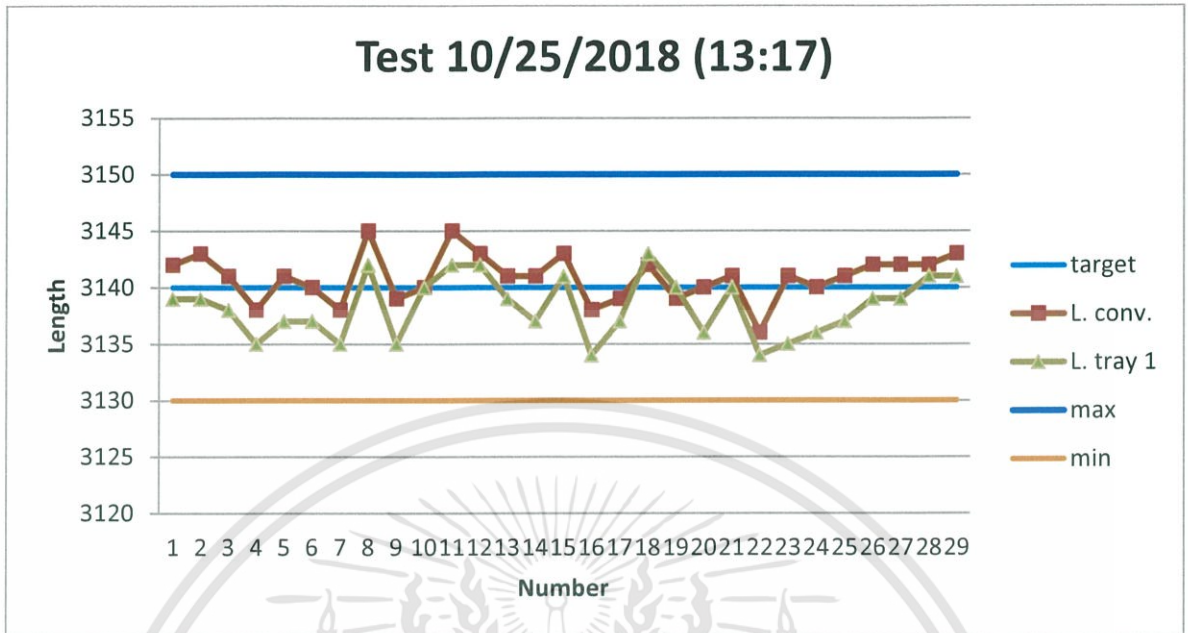
(Curing) ดังนั้นทั้ง KM และ BDR ยังมีความเป็น Elastic อยู่จึงทำให้ยางยังมีความยืดหยุ่นได้หากเกิดการดึงขึ้น และเนื่องจากแรงเสียดทานระหว่างสายพาน(Belt)กับยางมีแรงเสียดทานที่สูงทำให้เกิดการดึงยางให้ยืดขึ้นระหว่างที่มีการเคลื่อนที่บนสายพาน(Belt) การยืดตัวของยางจะเกิดขึ้นมากที่สุดเมื่อส่วนหัวของยางกำลังเคลื่อนที่เข้าสู่ Cutting Conveyor ซึ่งความเร็วที่ไม่เท่ากันระหว่างสายพาน(Belt Conveyor)และความเร็วที่ป้อนเข้า(Feed in)ของ PKM ทำให้เกิดการดึงยาง KM หรือ BDR เกิดขึ้น การดึงในแต่ละครั้งค่าที่เกิดขึ้นจะไม่เท่ากันทำให้ค่าความยาวของ KM หรือ BDR ที่ได้ในแต่ละครั้งไม่มีความสม่ำเสมอ เมื่อยาง KM หรือ BDR ที่ถูกยืดออกถูกตัดจะทำให้เกิดการหดตัวของยางและเมื่อยกไปวางบน Tray Truck จึงทำให้เกิดการหดตัว(Shrinkage)ของยางอย่างมาก เมื่อทำการแก้ปัญหาโดยการซิงค์ความเร็ว(Synchronize Speed)ของมอเตอร์ให้ความเร็วในการป้อนยางเข้า(Feed in)กับความเร็วบนสายพาน(Belt)ให้มีค่าที่เท่ากันและการติดตั้ง Photoelectric Sensor เพิ่มเติมบน Cutting Conveyor โดยให้ Encoder นับค่าความยาวในแต่ละช่วงของเซนเซอร์และทำงานตามขั้นตอนตามที่ได้อธิบายไปในบทที่แล้ว เมื่อทำการตัดทดสอบก็พบว่าผลที่ได้ยังไม่ดีเท่าที่ควรจะเป็นและสาเหตุสำคัญที่ทำให้ความยาวของยาง KM หรือ BDR ที่ตัดผิดเพี้ยนและค่าที่ได้ไม่เกาะกลุ่มกันนั้นคือ การยืดตัวและการหดตัวของยางซึ่งเป็นสาเหตุที่เราไม่สามารถควบคุมได้ ดังนั้นจึงได้ตัดสินใจเปลี่ยนประเภทของคอนเวเยอร์ (Cutting Conveyor) จากคอนเวเยอร์แบบสายพาน(Belt Conveyor)ที่ใช้ในตอนแรก เป็นคอนเวเยอร์แบบลูกกลิ้ง(Roller Conveyor)ที่ใช้อยู่ในขณะนี้ เพื่อลดความเสียดทานระหว่างสายพาน(Belt)กับยาง KM (หรือ BDR) และตัดปัญหาความเร็วที่ไม่เท่ากันระหว่างการป้อนยางและความเร็วบนสายพานที่เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ยางเกิดการยืดตัว Cutting Conveyor แบบ Roller Conveyor นี้มีความยาวที่เท่ากับ Cutting Conveyor เดิม (แบบ Belt Conveyor) โดยจะมี Free Roller ติดอยู่ตลอดความยาวของ Conveyor จะป้อนยาง KM หรือ BDR ให้เคลื่อนที่ไปบน Cutting Conveyor ด้วยความเร็วและแรงจากเครื่อง PKM เพียงเครื่องเดียว และตรงกลางได้ติดตั้ง Interroll Motor เพื่อที่จะใช้เป็นตัวนำกำลังขยับยางให้เคลื่อนที่ไปบนคอนเวเยอร์ในขณะนำ KM(หรือ BDR) ออกจาก Cutting Conveyor ซึ่งจะมีลักษณะคล้ายคลึงตาม Solution เดิมแตกต่างกันที่รูปแบบของการป้อนยางเข้าเครื่อง ผลการทดสอบตัดยาง KM เมื่อทำการเปลี่ยน Cutting Conveyor เป็นประเภท Roller Conveyor เป็นไปดังตารางและกราฟที่แสดงดังต่อไปนี้

| Number | target | set point | L. conv. | L. tray 1 | diff (Conv.-target) | diff (Conv.-tray1) | max | min |
|--------|--------|-----------|----------|-----------|---------------------|--------------------|------|------|
| 1 | 3140 | 3140 | 3142 | 3139 | 3 | 2 | 3150 | 3130 |
| 2 | 3140 | 3145 | 3143 | 3139 | 4 | 3 | 3150 | 3130 |
| 3 | 3140 | 3145 | 3141 | 3138 | 3 | 1 | 3150 | 3130 |
| 4 | 3140 | 3145 | 3138 | 3135 | 3 | -2 | 3150 | 3130 |
| 5 | 3140 | 3145 | 3141 | 3137 | 4 | 1 | 3150 | 3130 |
| 6 | 3140 | 3145 | 3140 | 3137 | 3 | 0 | 3150 | 3130 |
| 7 | 3140 | 3145 | 3138 | 3135 | 3 | -2 | 3150 | 3130 |
| 8 | 3140 | 3145 | 3145 | 3142 | 3 | 5 | 3150 | 3130 |
| 9 | 3140 | 3145 | 3139 | 3135 | 4 | -1 | 3150 | 3130 |
| 10 | 3140 | 3145 | 3140 | 3140 | 0 | 0 | 3150 | 3130 |
| 11 | 3140 | 3145 | 3145 | 3142 | 3 | 5 | 3150 | 3130 |
| 12 | 3140 | 3145 | 3143 | 3142 | 1 | 3 | 3150 | 3130 |
| 13 | 3140 | 3145 | 3141 | 3139 | 2 | 1 | 3150 | 3130 |
| 14 | 3140 | 3145 | 3141 | 3137 | 4 | 1 | 3150 | 3130 |
| 15 | 3140 | 3145 | 3143 | 3141 | 2 | 3 | 3150 | 3130 |
| 16 | 3140 | 3145 | 3138 | 3134 | 4 | -2 | 3150 | 3130 |
| 17 | 3140 | 3145 | 3139 | 3137 | 2 | -1 | 3150 | 3130 |
| 18 | 3140 | 3145 | 3142 | 3143 | -1 | 2 | 3150 | 3130 |
| 19 | 3140 | 3145 | 3139 | 3140 | -1 | -1 | 3150 | 3130 |
| 20 | 3140 | 3145 | 3140 | 3136 | 4 | 0 | 3150 | 3130 |
| 21 | 3140 | 3145 | 3141 | 3140 | 1 | 1 | 3150 | 3130 |
| 22 | 3140 | 3145 | 3136 | 3134 | 2 | -4 | 3150 | 3130 |
| 23 | 3140 | 3145 | 3141 | 3135 | 6 | 1 | 3150 | 3130 |
| 24 | 3140 | 3145 | 3140 | 3136 | 4 | 0 | 3150 | 3130 |
| 25 | 3140 | 3145 | 3141 | 3137 | 4 | 1 | 3150 | 3130 |
| 26 | 3140 | 3145 | 3142 | 3139 | 3 | 2 | 3150 | 3130 |
| 27 | 3140 | 3145 | 3142 | 3139 | 3 | 2 | 3150 | 3130 |
| 28 | 3140 | 3145 | 3142 | 3141 | 1 | 2 | 3150 | 3130 |
| 29 | 3140 | 3145 | 3143 | 3141 | 2 | 3 | 3150 | 3130 |

ตารางที่ 5 ผลการทดลองหลังจากเปลี่ยน Conveyor เป็นแบบลูกกลิ้ง ประจำวันที่ 25/10/2561

| | L. conv. | L. tray 1 |
|------|----------|-----------|
| Max | 3145 | 3143 |
| Min | 3136 | 3134 |
| Aver | 3140.90 | 3138.28 |
| STD | 2.08 | 2.64 |
| Cp | 1.61 | 1.26 |
| CpK | 1.46 | 1.04 |

ตารางที่ 6 แสดงค่าทางสถิติผลการทดลองประจำวันวันที่ 25/10/2561

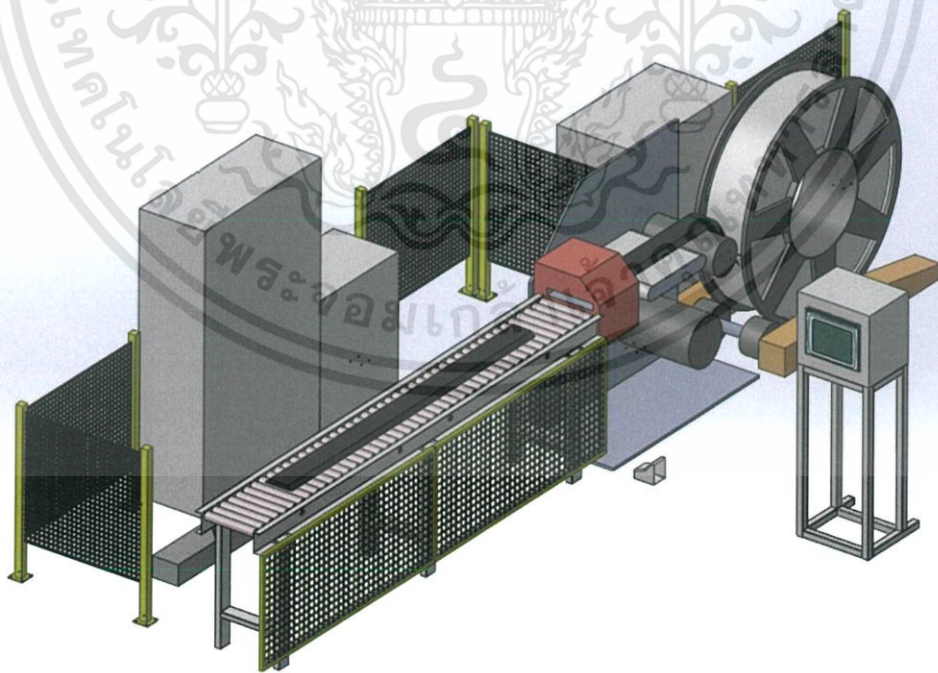


ภาพที่ 67 กราฟแสดงค่าความยาวของการทดลองประจำวันที 25/10/2561

จากข้อมูลที่แสดงมาจากการตัดยาง KM จาก 2 Bobbin ได้ทั้งหมด 29 เส้น โดยมีความยาวที่ต้องการ 3140 มิลลิเมตร กำหนดให้ความเร็วการผลิต (Line Speed) เท่ากับ 10 เมตรต่อนาที และใช้เงื่อนไขการทำงานแบบเดิมทั้งหมดเช่นเดียวกับ Cutting Conveyorเก่า (คอนเวเยอร์แบบสายพาน : Belt Conveyor) สังเกตได้ว่าความยาวมีค่าที่เกาะกลุ่มและนิ่งมากขึ้น และที่สำคัญคืออย่างที่นำมาตัดเกิดการยืดตัวจากการดึงระหว่างยางและสายพาน (Belt) น้อยลงเป็นอย่างมาก โดยสังเกตได้คร่าวๆจากช่องว่างระหว่างความยาวบน Conveyor และความยาวบน Tray Truck น้อยลง หรือเมื่อดูจากตารางที่ ... คอลัมน์ความแตกต่างของความยาว ค่าที่ได้จะมีการหดตัวหรือการยืดที่น้อยลงชัดเจนเมื่อเทียบกับข้อมูลที่ทำการทดสอบในวันที่ 16 ตุลาคม 2561 เวลา 14.00 นาฬิกา สรุปได้ว่าการเปลี่ยนประเภทของ Cutting Conveyor จากประเภทสายพาน (Belt Conveyor) มาเป็นประเภทลูกกลิ้ง (Roller Conveyor) ช่วยให้ความยาวของ KM หรือ BDR ที่ถูกตัดมีค่าที่แม่นยำมากขึ้นและกระจายค่าของข้อมูลลดลง



ภาพที่ 68 Cutting Conveyor ใหม่ (Free Roller Conveyor)



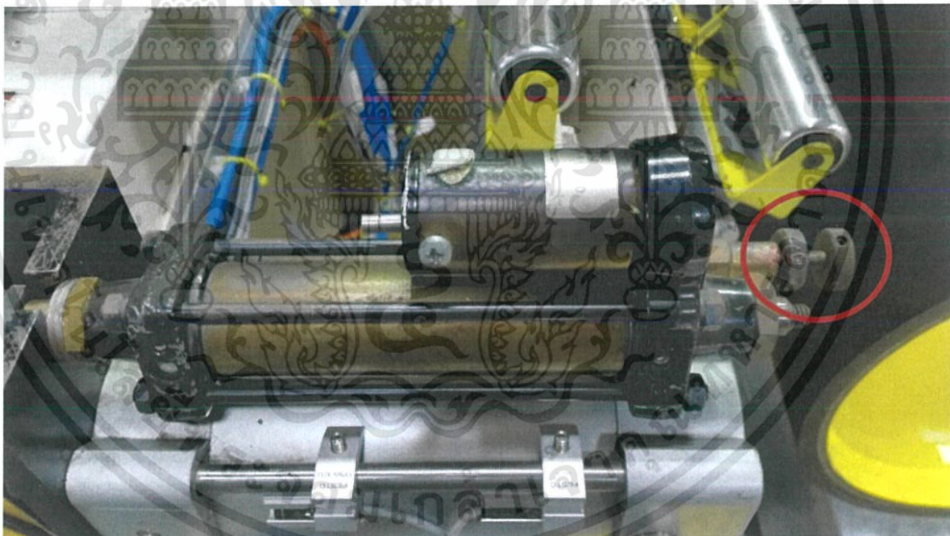
ภาพที่ 69 Cutting Conveyor ที่ติดตั้งตามตำแหน่ง

2.ปัญหาด้านคุณภาพของรอยตัด

รอยตัดเป็นจุดที่ต้องให้ความสำคัญเนื่องจากว่าหากรอยตัดไม่ดีจะทำให้หน้ายาง KM (หรือ BDR) เมื่อส่งไปผลิตยางที่แผนก TBM (แผนกสร้างยาง) รอยตัดที่ไม่ดีจะทำให้รอยต่อของยางเมื่อม้วนขึ้นรูปเป็นล้อยางวงกลมไม่สามารถแนบติดกันได้ซึ่งจะเป็นปัญหาใหญ่ในการผลิต ยาง KM และ BDR ที่นำมาตัดมีหลากหลายขนาดและส่วนผสมทำให้ KM และ BDR แต่ละชนิดก็จะมีคุณสมบัติที่ต่างกันไปจึงจำเป็นต้องทำการปรับใบมีดอยู่ตลอดเวลาเมื่อจะทำการตัดในแต่ละยางที่คุณสมบัติต่างกันออกไป

ดังนั้นจึงจำเป็นต้องแก้ปัญหาโดยการปรับใบมีดให้เหมาะสมกับยาง KM หรือ BDR ที่นำมาตัด โดยจะมีการปรับใบมีดอยู่ 2 จุดหลักนั้นคือ

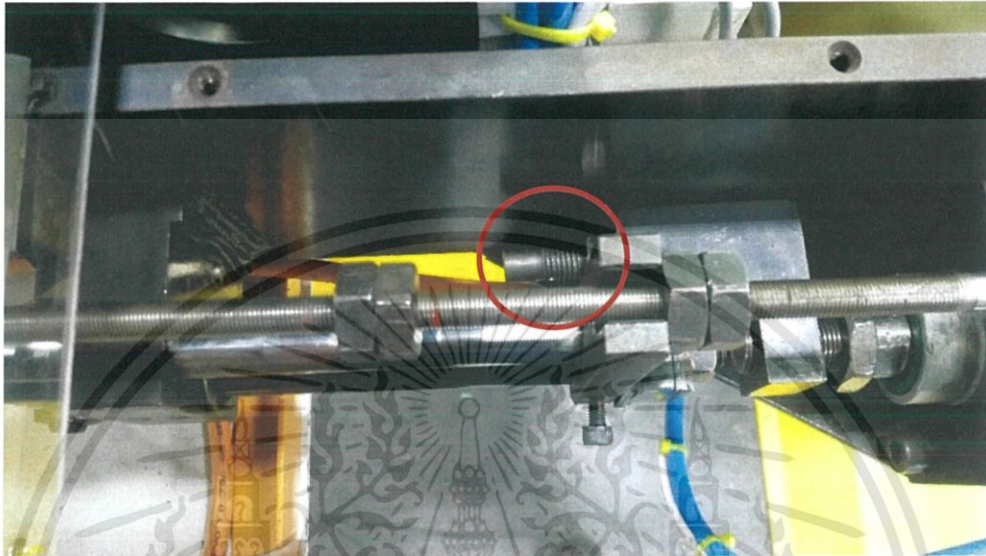
1. การปรับความเร็วของใบมีด(Shock Absorber) ตามตำแหน่งที่แสดงในภาพ



ภาพที่ 70 แสดงภาพ Shock Absorbers ของชุดตัด

เมื่อความเร็วของใบมีดที่เคลื่อนที่ขึ้นเข้าไปหรือเร็วไปจนทำให้รอยตัดมีปัญหาสามารถปรับสกรูตรงท้ายโช้ค(Shock Absorber) การหมุนตามเข็มนาฬิกาจะทำให้ชุดตัด(Cutter)เคลื่อนที่ช้าลงในทางตรงกันข้ามหากหมุนทวนเข็มนาฬิกาจะทำให้ชุดตัดเคลื่อนที่เร็วขึ้น

2. การปรับตัวหยุดหรือ Stopper เพื่อปรับระยะเวลาเคลื่อนที่ของใบมีด ตามตำแหน่งที่แสดงในภาพ



ภาพที่ 71 แสดงภาพตัวหยุด(Stopper)ของชุดตัด

ตัวหยุดหรือ Stopper จะปรับเมื่อชุดตัด(Cutter)ไม่สามารถตัดยาง KM หรือ BDR ขาดได้ดังนั้น จึงต้องทำการปรับโดยหมุนเกลียวของตัวหยุดให้ลึกเข้าไป เพื่อเพิ่มระยะทางในการเคลื่อนที่ขึ้นของชุดตัด (Cutter)

นอกจากการแก้ไขปัญหาโดยการปรับอย่างทีกล่าวไปแล้ว ความคมของใบมีดก็เป็นปัจจัยหนึ่ง ที่ควบคุมรอยตัด เมื่อตัดยางเป็นจำนวนมากใบมีดจะทื่อและทำให้การตัดเฉือนใช้เวลาตัดนานมากขึ้น ยิ่งทำให้เกิดความร้อนบริเวณผิวรอยตัดมากขึ้น ทำให้รอยตัดที่ได้เกิดเนิ่นม้วนบริเวณขอบยางเป็นอย่างมากและผิวบางส่วนของยางจะไหม้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเปลี่ยนใบมีดทุกครั้งเมื่อทำการปรับชุดตัดแล้วแต่ก็ยังไม่เป็นผลหรือเมื่อใบมีดครบกำหนดที่ต้องเปลี่ยน

ข้อเสนอแนะ

การสร้างเครื่องจักรหรือการดัดแปลง(Modify)เครื่องจักรจำเป็นที่จะต้องมีความรู้พื้นฐานของการออกแบบและเข้าใจกลไกหลักการทำงานของเครื่องจักรนอกจากนี้ควรจะมีความรู้พื้นฐานของการวัด(Measurement), เซนเซอร์(Sensor)ต่างๆและระบบการควบคุม(Control)พื้นฐานเพื่อให้เข้าใจหลักการทำงานของระบบควบคุมเครื่องจักรอัตโนมัติ เครื่องจักรในอุตสาหกรรมแต่ละประเภทจะมีการทำงานที่แตกต่างกันไปตามผลิตภัณฑ์ที่ผลิตดังนั้นจึงต้องทำการศึกษาระบวนการผลิตและการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน(Operator) โดยเรียงลำดับขั้นตอน เพื่อเลียนแบบการทำงานหรืออำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงาน นอกจากนี้การออกแบบหรือดัดแปลงเครื่องจักรจำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงความปลอดภัย(Safety)และการยศาสตร์(Ergonomic)ของผู้ใช้งานเป็นสำคัญ อีกสิ่งที่สำคัญคือการสังเกตและการวิเคราะห์ปัญหาควรเป็นสิ่งพื้นฐานที่ต้องมีเนื่องจากเมื่อเครื่องจักรเกิดปัญหาไม่สามารถทำงานได้จำเป็นต้องอาศัยการสังเกตเพื่อหาสิ่งที่ผิดปกติและนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาที่ถูกจุด

เอกสารอ้างอิง

[1] กระบวนการผลิตล้อยาง (Tire manufacturing)

แหล่งที่มา: สื่อสไลด์ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลและการบิน-อวกาศ มจพ.

ผศ.ดร.พงษ์ศักดิ์ นิ่มด้า

[2] ระบบนิวแมติกส์พื้นฐาน

แหล่งที่มา: สื่อสไลด์อิเล็กทรอนิกส์. มจพ. <http://www.itedonline.com>

[3] Conveyor and motor conveyor calculation

แหล่งที่มา: Conveyorguide

<http://www.conveyorguide.co.th/index.php?lay=show&ac=article&Id=539944849&Ntype=47>

