



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในระบบอากาศอัดของโรงงานอุตสาหกรรมยาง
รถบรรทุกและยางเครื่องบิน

Energy conservation in compressed air system of truck and aircraft tire
industrial

นางสาวภิสรา วิสุทธิภรณ์

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการสหกิจศึกษา	การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในระบบอาคารอัดของโรงงาน อุตสาหกรรมยางรถบรรทุกและยางเครื่องบิน
ชื่อ – สกุลนักศึกษา	นางสาวอภิศรา วิสุทธาภรณ์
คณะ วิศวกรรมศาสตร์	ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล
ชื่อ – สกุล อาจารย์นิเทศ	ผศ.ดร.อนุวัต พิณ โสภณ
ชื่อ – สกุล ผู้นิเทศงาน	วิโรจน์ แดงงาม
ชื่อสถานประกอบการ	บริษัท สยามมิชลิน จำกัด (หนองแค)

บทคัดย่อ

ระบบลมอัดเป็นระบบที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดในโรงงาน โครงการนี้จึงได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับระบบการผลิตและการใช้งานลมอัดในทุกพื้นที่ ปัจจุบันมีการติดตั้งเครื่องอัดอากาศ 2 อาคาร สำหรับผลิตลมอัดที่ความดัน 7 บาร์ , 10 บาร์ และ 21 บาร์ ซึ่งความดันที่มีการผลิตและใช้งานมากที่สุดคือ 7 บาร์ ดังนั้นโครงการนี้จึงมุ่งเน้นที่จะหาแนวทางการประหยัดพลังงานของระบบการผลิตลมอัด 7 บาร์ให้ได้ 15% ของพลังงานเดิม เมื่อได้ทำการศึกษาการใช้งานลมอัดของเครื่องจักรทั้ง 5 พื้นที่ซึ่งได้แก่พื้นที่ผสมสารเคมี,พื้นที่เตรียมยาง,พื้นที่ผลิตโครงสร้างยางรถบรรทุก,พื้นที่อบยางรถบรรทุก และ พื้นที่ผลิตยางเครื่องบิน พบว่าเครื่องจักรในพื้นที่ผสมสารเคมีและพื้นที่เตรียมยางใช้ลมอัดอยู่ที่ 6-7 บาร์ เครื่องจักรในพื้นที่ผลิตโครงสร้างยาง พื้นที่อบยางทั้งยางรถบรรทุกและยางเครื่องบิน มีปริมาณการใช้ลมอัดที่ความดัน 1-5 บาร์มากกว่าความดัน 5.1-7 บาร์เป็นจำนวนมาก และเครื่องจักรบางชนิดต้องการลมอัดที่ความดันสูงสุดเพียง 5 บาร์เท่านั้น ดังนั้นแนวทางของการประหยัดพลังงานที่เหมาะสม คือ การปรับการจ่ายลมอัดจาก 7 บาร์ลงมาที่ 5 บาร์สำหรับเครื่องจักรที่สามารถลดความดันที่ใช้งานได้ และแยกท่อจ่ายลมอัดเป็น 5 และ 7 บาร์สำหรับเครื่องจักรที่ไม่สามารถลดความดันที่ใช้งานได้ ผลของการลดความดันและแยกแหล่งจ่ายดังกล่าวทำให้ต้องปรับระบบการผลิตโดยอาคารที่ 1 จะทำการปรับการผลิตจาก 7 บาร์ลงมาที่ 5 บาร์ อาคารที่ 2 ผลิตลมอัด 7 บาร์เช่นเดิมและจะต้องมีการติดตั้งท่อเพิ่มเติม ซึ่งการลดความดันการผลิตดังกล่าวสามารถประหยัดพลังงานได้ 1,159,098.24 kWh/year คิดเป็นร้อยละ 17.63 ของพลังงานไฟฟ้าเดิม และค่าใช้จ่ายทางไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้ = 3,709,114.37 บาทต่อปี

คำสำคัญ : ระบบลมอัด , การประหยัดพลังงานลมอัด

Cooperative Title: Energy conservation in compressed air system of truck and aircraft tire industrial

Student intern name: Miss Apisara Wisutthaphorn

Faculty: Engineering **Department:** Mechanical Engineering

Advisor name: Asst. Prof. Dr. Unnat Pinsophon

Mentor name: Wiroj Dangngam

Company: Michelin Siam Co., LTD. (NKE)

ABSTRACT

Compressed air systems use the most electrical energy in the factory so this project will study about compressed air production system and usage of all production area. Currently there are 2 utility buildings for producing compressed air at 7 bars , 10 bars and 21 bars. And 7 bars compressed air is the most produced and used in the factory. So this project will focus only 7 bars production system. After studied the mechanism of machine in 5 production areas that are Mixing area , Preparation area , Tire building machine area , Curing area and Aircraft tire production area , found that machines in mixing and preparation area use compressed air about 6-7 bars and machines in tire building machine , curing , aircraft area are use 1-5 bars rather than 7 bars a lots. So appropriate energy saving idea is adjust supply from 7 bars to 5 bars for machines that can operate with 5 bars compressed air and separate supply into 2 sources for machines that need 7 bars compressed air. The results of reducing pressure and separating supply causing change in production systems. First utility building produces 5 bars compressed air. Second utility building produces 7 bars compressed air as before. And require installation of new pipes in some area. The production of 5 bars and 7 bars use electrical energy 90 kWh/nm³ and 125 kWh/nm³. When installing pipes and producing 5 bar compressed air completely. This project can save 1,159,098.24 kWh/year or 3,709,114.37 baht/year

Keywords : Compressed air , Air compressor , Compressed air energy saving

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์ฉบับนี้ลุล่วงด้วยดี เนื่องด้วยความอนุเคราะห์จากบริษัท สยามมิชลิน จำกัด ที่ให้โอกาสในโครงการสหกิจศึกษา อีกทั้งคุณผู้นิเทศงานคุณวีรยุทธ ปานทอง คุณวิโรจน์ แดงงาม และพนักงานบริษัททุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือตลอดระยะเวลาหกเดือน

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.อุन्नัต พิณ โสภณ ที่ได้ให้คำแนะนำและช่วยเหลือผู้จัดทำมาตลอด ขอขอบคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลทุกท่านที่ได้สอนและให้ความรู้อันเป็นประโยชน์ในการฝึกสหกิจในครั้งนี้หรือการทำงานในอนาคต

ผู้จัดทำรายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์ ขอขอบพระคุณทุกท่านอย่างสูงที่ให้ การสนับสนุน เอื้อเฟื้อและให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือ และประโยชน์อันพึงมีจากรายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์ฉบับนี้ ผู้จัดทำขอขอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

อภิสรวิ สุทธาภรณ์



สารบัญ

บทคัดย่อ	I
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูปภาพ.....	VI
สารบัญตาราง.....	VIII
บทที่ 1.....	1
บทนำ.....	1
1.1 รายละเอียดเกี่ยวกับองค์กร	1
1.2 แผนกที่ปฏิบัติงาน	2
1.3 แผนการปฏิบัติงาน	2
1.4 ความเป็นมาและความสำคัญ	2
1.5 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	3
1.6 ขอบเขตของโครงการ.....	3
1.7 วิธีการดำเนินงาน.....	4
1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
บทที่ 2.....	5
แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
2.1.1 อากาศอัด	5
2.1.2 องค์ประกอบของระบบ	6
2.1.3 ประเภทของคอมเพรสเซอร์ที่ใช้งาน	7
2.1.4 การเลือกขนาดท่อส่งจ่ายอากาศอัดและการติดตั้งใช้งาน	9
2.1.5 การหาประสิทธิภาพของพลังงานของเครื่องอัดอากาศ	15
2.1.6 แนวทางการประหยัดพลังงาน	15
2.1.7 กระบวนการผลิตยางรถยนต์	20

2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	22
บทที่ 3.....	24
วิธีดำเนินการวิจัย	24
3.1 ศึกษากระบวนการผลิต	24
3.2 การเก็บข้อมูลการใช้ลมอัด	25
3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อปรับลดความดันการผลิตลมอัด.....	48
3.4 การปฏิบัติงาน.....	52
3.4.1 การปรับอุปกรณ์ลดแรงดันลมอัด	52
3.4.2 การปรับเครื่องอัดอากาศ.....	59
บทที่ 4.....	61
ผลการวิจัย	61
4.1 แนวท่อมอัดภายในโรงงาน	61
4.2 การปรับอุปกรณ์ลดแรงดันลมในพื้นที่อบยางรถบรรทุก.....	64
4.1.1 FAUR.....	64
4.1.2 Mcneil	65
4.1.3 LARSER	65
4.2 การปรับลดความดันในพื้นที่ผลิตยางเครื่องปั้น	66
บทที่ 5.....	68
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	68
5.1 ความเสี่ยงที่อาจจะเกิดระหว่างหรือหลังการปรับปรุงระบบ.....	68
5.2 อุปสรรคในการทำงาน.....	69
เอกสารอ้างอิง	70

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 2.1 แสดงค่าใช้จ่ายต่างๆ ของระบบอากาศอัด	5
รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบต่างๆ ของระบบอากาศอัด.....	6
รูปที่ 2.3 ประเภทของชุด Compressor	6
รูปที่ 2.4 ลักษณะของเพลาสกรูตัวผู้และเพลาสกรูตัวเมีย	7
รูปที่ 2.5 ลักษณะการหมุนของเพลาลักษณะอัดอากาศ	8
รูปที่ 2.6 ลักษณะการต่อท่อเมนแบบท่อเดี่ยว	9
รูปที่ 2.7 ลักษณะการต่อท่อเมนแบบวงแหวน	9
รูปที่ 2.8 กราฟสำหรับหาขนาดท่อ โดยสามารถกำหนดค่าต่างๆที่ต้องการ	13
รูปที่ 2.9 การต่อท่อในแนวนอนให้มีมุมลาดเอียง และการติดตั้งท่อในกรณีที่มีสิ่งกีดขวาง.....	13
รูปที่ 2.10 การต่อท่อจากท่อเมนที่ถูกรื้อ	14
รูปที่ 2.11 การต่อท่อจากท่อเมนที่ผิควิว	14
รูปที่ 2.12 การเปลี่ยนทิศทางการไหล และการลดขนาดท่อเมนที่ทำให้เกิดการสูญเสียแรงดัน	17
รูปที่ 2.13 กราฟแสดงการรั่วไหลเมื่อทราบค่าความดันของอากาศอัด.....	20
รูปที่ 2.14 ตัวอย่างยางรถบรรทุกและยางเครื่องบิน.....	22
รูปที่ 3.1 กราฟแสดงปริมาณการใช้ลมอัดของแต่ละพื้นที่ในปี 2018.....	40
รูปที่ 3.2 แนวท่อลมอัดในปัจจุบัน.....	49
รูปที่ 3.3 เครื่องผลิตโครงสร้างยาง ดัดแผ่นยางส่วนๆต่างได้เป็นยาง carcass.....	52
รูปที่ 3.4 เครื่องผลิตโครงสร้างยางอัดลมเข้าด้านในจนออกมาเป็นรูป bandage.....	53
รูปที่ 3.5 เครื่องจักร EV2 ผลิตโครงสร้างยาง มีผลิตภัณฑ์ คือ carcass.....	53
รูปที่ 3.6 ตู้ลม ในส่วน FE POSTE ของเครื่องEV2.....	54
รูปที่ 3.7 ตู้ลม ในส่วน BT POSTE ของเครื่องEV2.....	54
รูปที่ 3.8 ตู้ลม ในส่วน CX1 POSTE ของเครื่องEV2.....	55
รูปที่ 3.9 ตู้ลม ในส่วน RABATEUSE POSTE ของเครื่องEV2.....	55
รูปที่ 3.10 เครื่องจักร PAP มีผลิตภัณฑ์ คือ carcass.....	56
รูปที่ 3.11 ตู้ลมเครื่อง PAP.....	56
รูปที่ 3.12 เครื่องจักร BNS มีผลิตภัณฑ์ คือ bandage และส่ง ไปอบยางต่อไป.....	57
รูปที่ 3.13 ตู้ลมเครื่อง BNS.....	57
รูปที่ 3.14 เครื่องอัดอากาศ 250 kW.....	59
รูปที่ 3.15 จอมอนิเตอร์ของเครื่องอัดอากาศ.....	59
รูปที่ 4.1 แนวท่อลมอัดที่มีการแยกแหล่งจ่ายเป็น 2 แหล่ง.....	61

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่ 4.2 แนวทอลมอัดพื้นที่ผลิตโครงสร้างยางและพื้นที่อบยาง.....	62
รูปที่ 4.3 แนวทอลมอัดพื้นที่ผลิตยางเครื่องบิน.....	63
รูปที่ 4.4 เครื่องอบยางยี่ห้อFAUR และอุปกรณ์ลีด็อค.....	64
รูปที่ 4.5 เครื่องอบยางยี่ห้อ Mcneil.....	65
รูปที่ 4.6 เครื่องอบยางยี่ห้อ LARSER.....	65
รูปที่ 4.7 Inspection machine.....	67



สารบัญตาราง

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน	2
ตารางที่ 2.1 ความดันสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทานของข้อต่อต่างๆ.....	11
ตารางที่ 2.2 ปริมาณการไหลของอากาศอัดที่ความดันและขนาดท่อต่างๆอากาศอัด	Error! Bookmark not defined. 12
ตารางที่ 2.3 แนวทางการประหยัดพลังงาน.....	16
ตารางที่ 2.4 การหาปริมาตรอากาศที่รั่วไหล	19
ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงปริมาณและค่าใช้จ่ายของลมอัดความดันต่างๆในโรงงาน.....	24
ตารางที่ 3.2 ตารางเก็บข้อมูลลมอัด 1.....	26
ตารางที่ 3.3 ตารางเก็บข้อมูลลมอัด 2.....	26
ตารางที่ 3.4 ข้อมูลลมอัดในพื้นที่ผลิต โครงสร้างยาง.....	29
ตารางที่ 3.5 ข้อมูลลมอัดในพื้นที่อบยาง.....	38
ตารางที่ 3.6 ข้อมูลลมอัดในพื้นที่ผลิตยางเครื่องปั้น.....	46
ตารางที่ 3.7 ข้อมูลลมอัดในพื้นที่ผลิตโครงสร้างยางแบบละเอียด.....	48
ตารางที่ 3.8 เอกสาร Initial Impact.....	58
ตารางที่ 3.11 แสดงแผนงานของการปรับเครื่องจักรในพื้นที่ต่างๆ.....	58
ตารางที่ 5.1 การประเมินความเสี่ยงเบื้องต้น.....	68

บทที่ 1

บทนำ

1.1 รายละเอียดเกี่ยวกับองค์กร

ประวัติอันยาวนานของมิชลินเริ่มต้นขึ้นเมื่อสองพี่น้องตระกูลมิชลิน อองเดร (André) และ เอดูอาร์ (Édouard) ก้าวเข้าสู่ยุคแห่งวิวัฒนาการของมนุษย์และอุตสาหกรรมในปี 2432 ด้วยการพัฒนาโซลูชันด้านการขนส่งสมัยใหม่ที่เอื้อต่อการพัฒนาทางเศรษฐกิจและอิสรภาพผ่านการนำเสนอนวัตกรรมอย่าง ไม่หยุดยั้ง ส่งผลให้แบรนด์มิชลินมีความเกี่ยวข้องกับนวัตกรรมครั้งแรกของโลกและของอุตสาหกรรมหลายชิ้น อาทิ ยางรถจักรยานแบบถอดได้ครั้งแรก (ปี 2434), ทางขึ้นลงของเครื่องบินแบบลาดยางแห่งแรก (ปี 2459), ยางเรเดียลเส้นแรก (ปี 2489) และอื่นๆ อีกมากมาย

คู่มือเกี่ยวกับการท่องเที่ยวที่มีชื่อเสียงโด่งดังของมิชลินเป็นผลผลิตจากความมุ่งมั่นอย่างต่อเนื่องที่จะยกระดับการเดินทางสัญจรให้ดียิ่งขึ้น ไม่ใช่ด้วยการผลิตยางรถยนต์ที่ดีที่สุดในโลกเท่านั้น แต่ยังรวมถึงการให้ข้อมูลที่ช่วยเสริมสร้างประสบการณ์โดยรวมตลอดการเดินทาง จุดเริ่มต้นของความมุ่งมั่นดังกล่าวเกิดขึ้นในปี 2443 เมื่อคู่มือ ‘มิชลิน ไกด์’ ฉบับปฐมฤกษ์ จากความคิดริเริ่มของสองพี่น้องตระกูลมิชลิน ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่เพื่อมอบเป็น “อภินันทนาการ” ให้กับผู้ขับขี่รถยนต์ รวมทั้งผู้ขับขี่รถจักรยานซึ่งในเวลานั้นมีจำนวนมากกว่ารถยนต์จดทะเบียนในฝรั่งเศสที่มีอยู่เพียง 2,800 คัน

กลุ่มมิชลินเป็นบริษัทระดับโลกที่ก่อตั้งขึ้นเมื่อปี 2423 มีสำนักงานใหญ่ตั้งอยู่ ณ เมืองแกลร์มง-แปร์ร็อง ประเทศฝรั่งเศส และผลิตยางรถยนต์เพื่อวางจำหน่ายในกว่า 170 ประเทศทั่วโลก โดยผลิตยางรถยนต์เพื่อตอบสนองความต้องการของตลาดและการใช้งานบนสภาพถนนที่แตกต่างกันในแต่ละท้องถิ่นจากโรงงานที่มีอยู่ 69 แห่งทั่วโลก พนักงานมิชลินจำนวน 114,000 คนต่างมุ่งมั่นทุ่มเทให้กับการผลิต ยางรถยนต์ที่ปลอดภัยที่สุดและเหมาะสมกับลักษณะการใช้งานของผู้บริโภคมากที่สุด ทั้งนี้ มิชลินได้ชื่อว่าเป็นผู้นำด้านนวัตกรรมและการพัฒนาอย่างยั่งยืนเพื่อการสัญจรของผู้คนและการขนส่งสินค้า

ในปี 2530 มิชลินได้ขยายธุรกิจเข้าสู่ตลาดประเทศไทย โดยก่อตั้งโรงงานผลิตยางรถยนต์ 3 แห่ง และโรงงานผลิตเส้นลวด 1 แห่ง และก่อตั้งโรงงานเพิ่มอีก 2 แห่งในเวลาต่อมา ภายใต้การดูแลบริหารงานของบริษัท สยามมิชลิน จำกัด ซึ่งมีพนักงานรวมทั้งสิ้นกว่า 6,700 คน ทุกหน่วยงานของมิชลินในประเทศไทยต่างยึดมั่นและให้ความสำคัญกับการส่งเสริมการสัญจรอย่างยั่งยืนซึ่งเป็นเจตนารมณ์อันแน่วแน่ของมิชลินทั่วโลก และเชื่อมั่นในความเป็นเลิศของผลิตภัณฑ์ยางมิชลินซึ่งมุ่งเน้นคุณสมบัติหลัก

3 ประการอย่างเท่าเทียมกัน นั่นคือ ความปลอดภัย การประหยัดน้ำมัน และอายุการใช้งานที่ยาวนาน เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ขยารถยนต์ที่มีคุณสมบัติครบถ้วนและมีสมรรถนะสูงสุดทุกด้าน

1.2 แผนกที่ปฏิบัติงาน

บริษัท สยามมิชลิน จำกัด อำเภอหนองแค จังหวัดสระบุรี เป็นโรงงานผลิตและหล่อดอกยางรถบรรทุกและยางเครื่องบินทุกหลากหลายขนาด ซึ่งแผนกที่ได้เข้าไปปฏิบัติงาน คือ แผนกสาธารณูปโภค ซึ่งทำหน้าที่ดูแลและควบคุมในเรื่องของพลังงานและระบบต่างๆภายในโรงงาน

1.3 แผนการปฏิบัติงาน

ระยะเวลาของการปฏิบัติงาน คือ เดือนมิถุนายน ถึง เดือน พฤศจิกายน รวมเป็นเวลาทั้งสิ้น 6 เดือน ซึ่งมีแผนการปฏิบัติงานดังนี้

Description	June			July				August				September				October				November				
	w 2 4	w 2 5	W 2 6	w 2 7	w 2 8	w 2 9	w 3 0	w 3 1	w 3 2	w 3 3	w 3 4	w 3 5	w 3 6	w 3 7	w 3 8	w 3 9	w 4 0	w 4 1	w 4 2	W 4 3	w 4 4	w 4 5	w 4 6	w 4 7
1. Define machine list																								
2. Mapping diagram																								
3. Study and Finding solution																								
4. Test/simulation																								
5. Finding quotation																								
6. Measure consumption before simulation																								
7. Present to HOS																								
8. Modification																								
9. Measure consumption after simulation																								
10. Summary report																								

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

1.4 ความเป็นมาและความสำคัญ

พื้นที่การผลิตภายในโรงงาน สามารถแบ่งเป็นพื้นที่หลัก 5 พื้นที่ได้แก่

1. พื้นที่ผสมสารเคมี คือ แผนกที่ผสมยางธรรมชาติ, ยางสังเคราะห์และสารเคมีต่างๆเข้าด้วยกัน
2. พื้นที่เตรียมยาง คือ แผนกที่เตรียมหน้ายาง แก้มยาง และยางชั้นในเพื่อนำไปประกอบเป็นโครงสร้างยางต่อไป

3.พื้นที่ผลิตโครงสร้างยางรถบรรทุก คือ แผนกที่นำยางส่วนต่างๆพร้อมกับขอบลวดมาประกอบขึ้นรูปยางเป็นวงล้อ

4.พื้นที่อบยางรถบรรทุก คือ แผนกที่ทำการขึ้นรูปยางให้เป็นดอกตามที่ต้องการ

5.พื้นที่ผลิตยางเครื่องบิน คือ แผนกที่ผลิตและหล่อดอกยางเครื่องบิน โดยเครื่องจักรในพื้นที่นี้จะเหมือนกับพื้นที่ที่ 3 และ 4 แต่จะรวมกันเป็นพื้นที่เดียวกันเนื่องจากอัตราการผลิตมีน้อยกว่ายางรถบรรทุก

จากข้อมูลทีกล่าวมาข้างต้น พื้นที่ผสมสารเคมีและพื้นที่เตรียมยางจะผสมสารและเตรียมหน้ายางส่วนต่างๆแล้วส่งต่อให้ทั้งฝ่ายผลิตยางรถบรรทุกและฝ่ายผลิตยางเครื่องบินเพื่อนำไปขึ้นรูปเป็นล้อยางและทำการต่อไป

จากแผนกทั้งหมดนี้ มีเครื่องจักรอยู่จำนวน 431 เครื่อง แบ่งเป็นพื้นที่ผสมสารเคมี 69 เครื่อง พื้นที่เตรียมยาง 41 เครื่อง พื้นที่ผลิตโครงสร้างยางรถบรรทุก 48 เครื่อง พื้นที่อบยางรถบรรทุก 138 เครื่อง และพื้นที่ผลิตยางเครื่องบิน 135 เครื่อง ซึ่งเครื่องจักรจำนวนมากมีปริมาณการใช้ลมอัดค่อนข้างสูง และจากข้อมูลของวิศวกรซ่อมบำรุงในแต่ละพื้นที่พบว่า เครื่องจักรบางชนิดมีการใช้ลมอัดที่ความดันสูงเกินความจำเป็น ทั้งนี้ดูได้จากเครื่องจักรที่เป็นชนิดและขนาดเดียวกันมีการใช้ลมอัดที่ความดันไม่เท่ากัน ซึ่งเครื่องจักรที่ใช้งานด้วยลมอัดความดันที่ต่ำกว่านั้น ไม่มีปัญหาใดๆในการดำเนินงานของเครื่องเลย และจากข้อสังเกตนี้เองทำให้เกิดโครงการดังกล่าวขึ้นมาเพื่อหาแนวทางประหยัดพลังงานจากการลดความดันที่ใช้งานของเครื่องจักรต่างๆลง โดยเครื่องจักรของแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกันอย่างมากทำให้วิธีการดำเนินงานแก่พื้นที่ต่างๆก็จะมีความแตกต่างเช่นเดียวกัน

1.5 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. ประหยัดค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้ได้ 15% ของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ผลิตลมอัด
2. เก็บข้อมูลระดับความดันลมอัดที่เครื่องจักรใช้งาน
3. เขียนแบบท่อของระบบลมอัดทั้งหมดในโรงงาน

1.6 ขอบเขตของโครงการ

ขอบเขตของระยะเวลาที่ใช้ในการทำโครงการ คือ เดือนมิถุนายน ถึง เดือนพฤศจิกายนและขอบเขตของการทำโครงการครั้งนี้มุ่งเน้นไปที่การหาแนวทางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ผลิตลมอัด 7 บาร์เนื่องจากเป็นระดับความดันที่มีการผลิตและใช้งานมากที่สุดในโรงงาน โดยเริ่มจากการเก็บข้อมูล

การใช้ลมอัดของเครื่องจักรในทุกพื้นที่เพื่อให้ทราบข้อมูลการใช้งานในปัจจุบันและเขียนแบบท่อลมอัดทั้งหมดภายในโรงงานเพื่อวิเคราะห์วิธีประหยัดพลังงานข้างต้น

1.7 วิธีการดำเนินงาน

เพื่อให้การทำโครงการนี้สำเร็จลุล่วงได้ตามที่วางไว้ จึงต้องมีวิศวกรฝ่ายซ่อมบำรุงของแต่ละแผนก แผนกละ 1 คน และวิศวกรที่ดูแลในเรื่องของพลังงานที่ใช้ในโรงงานเข้ามาปฏิบัติงานร่วมกัน เพื่อช่วยแนะนำผู้ทำโครงการให้ทราบถึงข้อมูลและปัญหาต่างๆที่อาจเกิดล่วงหน้าเนื่องจากผู้ทำโครงการยังไม่มีประสบการณ์ในการทำงานเกี่ยวกับระบบอัดอากาศ

ในช่วงเริ่มต้นการทำโครงการนี้จะต้องมีการศึกษาการทำงานของเครื่องจักรในพื้นที่ต่างๆให้เข้าใจขั้นตอนการผลิตและการทำงานของระบบลมอัดในเครื่องจักร โดยมีวิศวกรซ่อมบำรุงของแต่ละแผนกช่วยเสนอแนะและดูแลความปลอดภัยระหว่างการดูงาน หลังจากนั้นจะมีการเก็บข้อมูลระบบลมอัดเพื่อให้ทราบถึงสถานการณ์ในปัจจุบันว่าเครื่องนั้นมีการใช้ลมอัดทำงานในส่วนใดและมีความดันที่เท่าใดบ้าง แล้วนำข้อมูลทั้งหมดที่ได้ มาเขียนขอบเขตความดันของลมอัดลงในแบบแผนการวางเครื่องจักรพร้อมกับท่อลมอัดในโรงงาน แล้วทำการวิเคราะห์แนวทางการประหยัดพลังงาน ซึ่งแนวทางการลดพลังงานที่ได้คือการปรับลดความดันลมอัดที่ใช้ลง เนื่องจากการใช้ความดันที่สูงเกินความจำเป็นที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานโดยเปล่าประโยชน์อย่างมาก

ก่อนที่จะมีการปรับเปลี่ยนระบบใดๆของเครื่องจักรหรือโรงงาน ตามขั้นตอนการทำงานของบริษัทมีขลิทินจะต้องมีการทำเอกสารเพื่อแจ้งให้วิศวกรหัวหน้างานทราบถึงรายละเอียดและผลประโยชน์ที่ได้จัดทำเอกสารดังกล่าวนี้มีชื่อว่า Initial impact ซึ่งจะต้องจัดทำร่วมกับวิศวกรที่ควบคุมและดูแลประสิทธิภาพการผลิต เพื่อวิเคราะห์ปัญหาที่อาจจะเกิดระหว่างการดำเนินงานเบื้องต้น และแนวทางการแก้ปัญหาต่างๆไว้แล้วจึงจะสามารถทำการใดๆเกี่ยวกับระบบอากาศอัดได้

1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ลดการใช้พลังงานที่สิ้นเปลืองโดยเปล่าประโยชน์ภายในโรงงาน
2. สามารถจัดเก็บข้อมูลการใช้ลมอัดของเครื่องจักรต่างๆเพื่อให้ทางโรงงานได้ใช้ในการหาแนวทางการประหยัดพลังงานของระบบอัดอากาศต่อไป

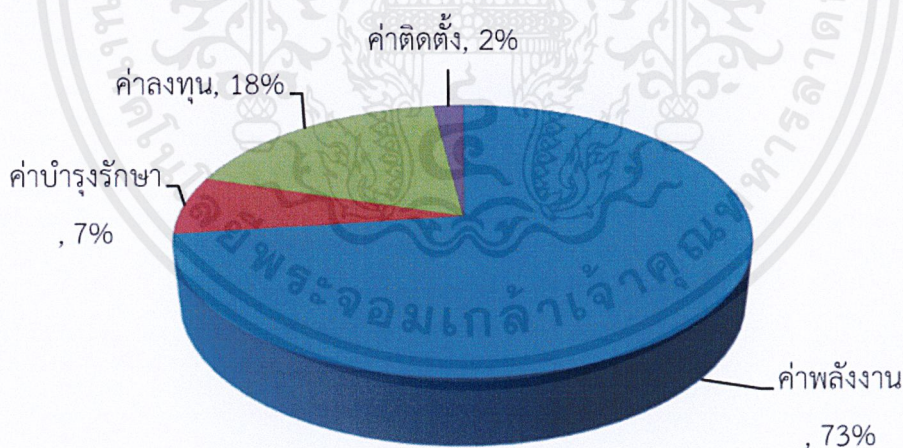
บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

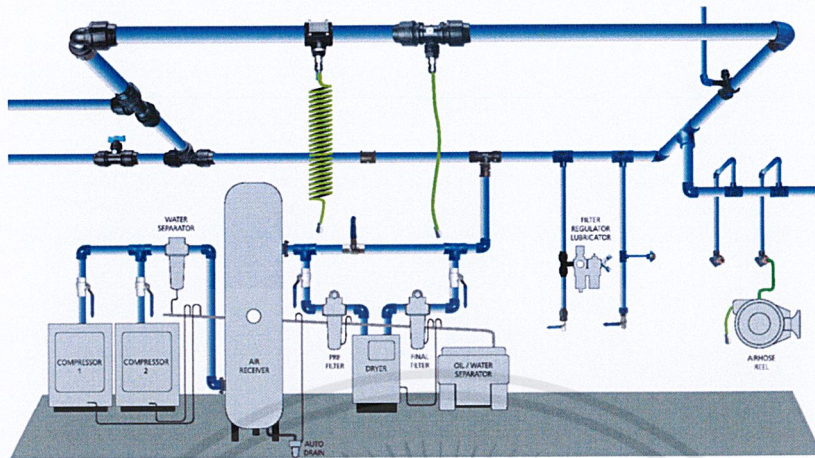
2.1.1 อากาศอัด

ระบบอากาศอัด (Compressed Air System) [1] หรือที่เรียกกันง่าย ๆ ว่า “ระบบปั๊มลม” เป็นระบบที่มีใช้กัน อย่างแพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรมทั้งขนาดใหญ่ และขนาดเล็ก โดยจะใช้เป็น แหล่งก าเนิดและป้อน อากาศอัด ให้แก่อุปกรณ์เครื่องมืออานาชนิด รวมทั้งระบบควบคุมนิวแมติกส์ โดย เฉลี่ยระบบอากาศอัดใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 10% ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดในโรงงาน ระบบ อากาศอัดจะมีค่าใช้จ่ายในการใช้งานมากกว่าค่าซื้อเครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) โดยมีสัดส่วน ดัง รูปที่ 4-1 การประหยัดพลังงานจากการปรับปรุงระบบจะมีปริมาณ 20 ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณการ ใช้ไฟฟ้า หรืออาจจะมากกว่านั้นด้วยซ้ำ านับเป็นมูลค่ามหาศาล ระบบอากาศอัดที่มีการจัดการอย่าง เหมาะสมก็สามารถประหยัด พลังงาน ลดการบ รุงรักษา ลดเวลาการพักเครื่อง เพิ่มปริมาณผลผลิต และท าให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ดีขึ้นได้



รูปที่ 2.1 แสดงค่าใช้จ่ายต่างๆ ของระบบอากาศอัด

2.1.2 องค์ประกอบของระบบ



รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบต่างๆ ของระบบอากาศอัด

1. ส่วนประกอบหลักของระบบอากาศอัด เครื่องอัดอากาศเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเพิ่มความดันให้กับอากาศ ทำให้อากาศมีความดันสูงขึ้น แล้วส่งผ่านอากาศที่ถูกอัดไปยังสถานที่ที่ใช้งาน ภายในเครื่องมีส่วนประกอบหลักๆ เช่น เครื่องกรองอากาศ ชุดคอมเพรสเซอร์ ชุดระบายความร้อน อากาศอัด และชุดกรองละอองน้ำมัน

1.1 เครื่องกรองอากาศ (Air Filter) ซึ่งจะมีทั้งส่วนของการกรองอากาศก่อนเข้าเครื่องอัดอากาศ และส่วนของการกรองอากาศก่อนเข้าถังเก็บอากาศ เพื่อกรองฝุ่นละอองก่อนการนำไปใช้งาน

1.2 ชุดคอมเพรสเซอร์ (Compressor) มีหลากหลายตามลักษณะของการอัด เช่น แบบใช้แรงเหวี่ยง (Centrifugal Compressor) , แบบลูกสูบ (Reciprocating Compressor , แบบ Rotary (Screw Compressor) , แบบ Rotary (Vane Type)



รูปที่ 2.3 ประเภทของชุด Compressor a) Centrifugal compressor b) Reciprocating compressor c) Screw compressor
d) Rotary compressor

1.3 ชุดกรองละอองน้ำมัน (Oil Filter) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการกรองละอองน้ำมันออกจากอากาศอัดที่มาจาก เครื่องอัดอากาศ เนื่องจากในเครื่องอัดอากาศมีการใช้น้ำมันหล่อลื่นในการหล่อลื่นส่วนต่างๆขณะเครื่องอัดทำงาน

1.4 อุปกรณ์ระบายความร้อนหลังเครื่องอัดอากาศ (After Cooler) เป็นอุปกรณ์ระบายความร้อนของอากาศที่อัด แล้วให้เย็นลงเพื่อให้เหมาะกับการใช้งาน

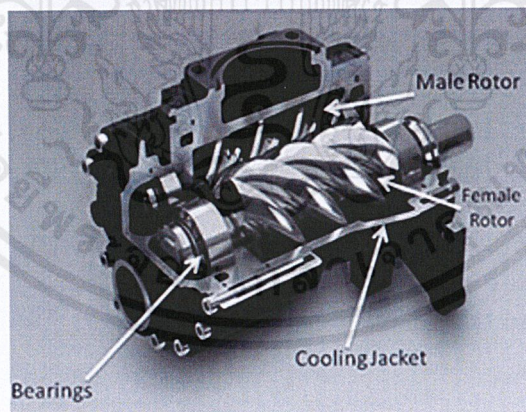
2. ถังเก็บอากาศ (Air Receiver tank) เป็นถังที่ใช้เก็บอากาศอัดมีประโยชน์ในเรื่องของการให้เครื่องเดินและหยุดยาวออกไป เพื่อป้องกันมอเตอร์เดินและหยุดถี่เกินไปอันอาจทำให้มอเตอร์ไหม้เสียหายได้ ใช้สำรองอากาศอัดไว้ให้เครื่องจักรที่ใช้อากาศอัดครั้งละมาก ๆ และป้องกันมิให้ความดันระบบตกเมื่อมีการใช้อากาศปริมาณมาก ๆ ในแต่ละครั้ง

3. เครื่องทำอากาศแห้ง (Air Dryer) เป็นอุปกรณ์ที่ทำให้อากาศอัดแห้งได้ตามที่อุปกรณ์ใช้อากาศอัดต้องการ

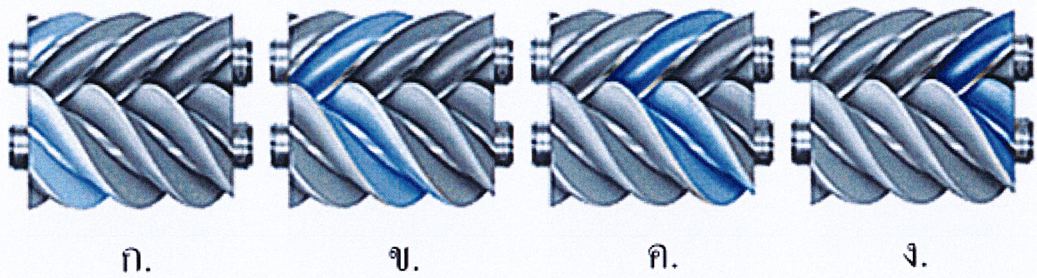
2.1.3 ประเภทของคอมเพรสเซอร์ที่ใช้งาน

Screw Compressor [2]

การผลิตลมอัดภายในโรงงานมิชลิน หนองแค ใช้คอมเพรสเซอร์ชนิด สกรู ซึ่งมีหลักการทำงานโดยให้เพลาสกรูสองตัว(เพลาสกรูตัวผู้และเพลาสกรูตัวเมีย)หมุนเข้าหากันดูดและอัดอากาศผ่านเกลียวสกรู และใช้ใบรีดช่วยลดแรงเสียดทานรองรับน้ำหนักกับเพลาลูกเบี้ยวตรงทั้งแนวรัศมีและแนวแกน เพื่อช่วยป้องกันไม่ให้สกรูสองตัวสัมผัสกัน ส่วนการระบายความร้อนจะมีทั้งการใช้อากาศ น้ำ และน้ำมัน เป็นตัวระบายความร้อนขณะทำงาน



รูปที่ 2.4 ลักษณะของเพลาสกรูตัวผู้และเพลาสกรูตัวเมีย



รูปที่ 2.5 ลักษณะการหมุนของเพลาลมอัดอากาศ

โครงสร้างของเครื่องอัดลมแบบสกรู ประกอบด้วยเพลาสกรูที่หมุนขบกันเพลาดำหนึ่งจะมีสกรูเป็นแบบสันนูน เรียกว่าเพลาดำผู้จะมีทั้งหมด 5 สันนูน และเพลาสกรูที่มีสันเว้าเป็นร่องเรียกว่าสกรูตัวเมีย มีทั้งหมด 6 ร่อง เพลาสกรูทั้งสองตัวนี้จะประกอบอยู่ในตัวเรือนเดียวกัน (housing) ลมจะถูกดูดจากทางเข้าซึ่งอยู่ด้านบนของสกรู (รูปที่ ก.) เมื่อสกรูทั้งสองตัวถูกขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ให้หมุนโดยสกรูตัวผู้จะเป็นตัวขับ และตัวเมียจะหมุนตาม ช่องว่างทางด้านเข้าก็จะถูกปิดและปริมาตรช่องว่างระหว่างสกรูทั้งสองตัวก็จะลดลงด้วยทำให้ลมที่อยู่ภายในมีปริมาตรลดลง แต่ความดันจะสูงขึ้น ขณะเดียวกันก็จะมีน้ำมันถูกอัดเข้าไปในช่องว่างด้วย (รูปที่ ข. และ ค.) เมื่อเพลาสกรูหมุนไปครบรอบ ลมจะถูกอัดให้มีความดันสูงที่สุดแล้วปล่อยออกมาทางด้านล่างซึ่งเป็นทางออก (รูปที่ ง.) ขั้นตอนการดูดและการอัดจะเกิดขึ้นเป็นจำนวน 5 ครั้งต่อการหมุนของเพลาลม 1 รอบ (เพลาสกรูมีทั้งหมด 5 สันนูน) เมื่อต่อเข้ากับมอเตอร์มีความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที ก็จะเกิดการอัดลม 15,000 ครั้งต่อนาที ทำให้เกิดลมอัดอย่างต่อเนื่องและได้ความดันลมที่แน่นอนไม่สูงและไม่ต่ำ เหมือนเครื่องอัดลมแบบลูกสูบหรือชนิดอื่น เครื่องอัดลมแบบสกรู ได้ถูกออกแบบและพัฒนาอย่างดี ทำให้เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในโรงงานต่างๆ โดยมีข้อดีคือ

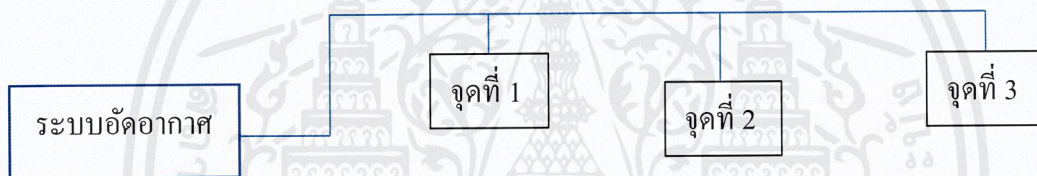
1. ให้ปริมาณลมอัดที่มากกว่าระบบอื่นๆ ในขณะที่ใช้พลังงานเท่ากัน
2. ปริมาณไอน้ำมันที่เกิดขึ้นขณะเดินเครื่อง มีการปะปนกับลมอัดที่ต่ำมาก ประมาณ 5-7 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งช่วยยืดอายุให้กับอุปกรณ์ลมต่างๆ
3. เสียงของเครื่องอัดลมแบบสกรูเงียบมาก ซึ่งต่างจากแบบลูกสูบที่มีเสียงดังกว่ามาก
4. มีระบบการควบคุมแบบ Dual control ทำให้ประหยัดพลังงานมากขึ้น
5. การติดตั้งง่ายเพียงต่อท่อเข้ากับเครื่องอัดลมและต่อสายไฟเข้าก็สามารถเดินเครื่องได้ทันที โดยไม่ต้องสร้างฐานรองรับเครื่อง เพราะเครื่องอัดลมแบบสกรูมีความสั่นสะเทือนน้อยมาก
6. เครื่องอัดลมแบบสกรูมีให้เลือกหลายขนาดให้เลือกตั้งแต่ 4kW จนถึง 600kW

2.1.4 การเลือกขนาดท่อส่งจ่ายอากาศอัดและการติดตั้งใช้งาน

การต่อท่อเมนอาจต่อเป็นแบบท่อประธานเดี่ยวหรือต่อเป็นแบบวงแหวนก็ได้ การต่อแบบท่อประธานเดี่ยวนิยมใช้สำหรับส่งจ่ายอากาศอัดในระยะใกล้ๆ หากต่อในระยะที่ไกลออกไปแล้วจะทำให้เกิดปัญหาแรงดันตกเป็นอย่างมาก ส่วนการต่อแบบวงแหวนเหมาะสมกับระบบที่ใหญ่และมีอุปกรณ์ใช้อากาศอัดจำนวนมากๆ ระบบนี้จะช่วยลดความเร็วของอากาศอัดและลดการสูญเสียความดันสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดการสูญเสียความดัน ได้แก่ 1) แรงเสียดทานระหว่างอากาศอัดกับผนังท่อ 2) การปรับทิศทางการไหลของอากาศอัด 3) การเปลี่ยนความเร็วของอากาศอัดเนื่องจากการเพิ่มหรือลดขนาดท่อ

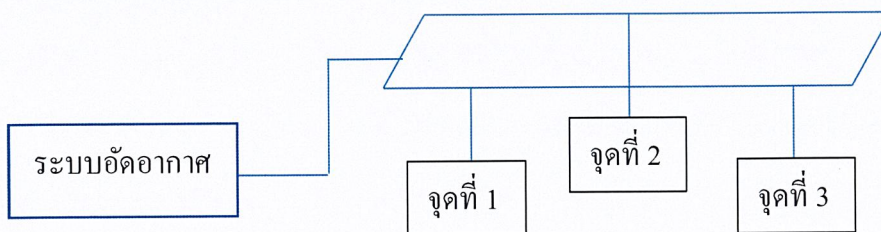
โดยปกติการต่อท่อเมนส่งจ่ายอากาศอัดทำได้ 2 วิธี

1. การต่อท่อเมนส่งจ่ายอากาศอัดแบบท่อเดี่ยว หรือแบบก้างปลา เหมาะสำหรับการใช้งานที่ระยะทางใกล้ๆกับเครื่องผลิตอากาศอัด หากต่อไปใช้งานไกลออกไปเมื่อมีการใช้งานพร้อมๆกันแล้วจะทำให้เกิดปัญหาเรื่องแรงดันอากาศอัดตก โรงงานต่างๆไปนิยมต่อท่อเมนในลักษณะนี้ เนื่องจากการลงทุนน้อยประหยัดค่าใช้จ่าย



รูปที่ 2.6 ลักษณะการต่อท่อเมนแบบท่อเดี่ยว

2. การต่อท่อเมนส่งจ่ายอากาศอัดเป็นแบบวงแหวน เหมาะสมกับทุกระบบที่มีการใช้อากาศอัดปริมาณมาก หรือ เครื่องจักรหลายชุด เพราะการต่อท่อเมนแบบนี้จะช่วยลดปัญหาเรื่องแรงดันตกได้มาก ซึ่งการต่อท่อแบบวงแหวนนั้นความดันของอากาศอัดจะเท่ากันทุกๆ จุดที่ใช้งาน ดังนั้นเราจึงไม่ต้องผลิตแรงดันเพื่อไหลหลายทาง ปัจจุบันทางโรงงานได้เริ่มปรับปรุงมาเป็นการต่อท่อเมนแบบนี้เพิ่มขึ้น ถึงแม้การลงทุนจะสูงกว่าการต่อท่อเมนแบบท่อเดี่ยวมากก็ตาม เพราะการต่อท่อเมนแบบนี้ สามารถลดการใช้พลังงานลงได้อย่างมาก



รูปที่ 2.7 ลักษณะการต่อท่อเมนแบบวงแหวน

ซึ่งโรงงานมิชลิน หนองแค นี้มีการวางท่อเมนลมอัดแบบวงแหวนทั้งหมดเนื่องจากมีเครื่องจักรที่ใช้ลมอัดจำนวนมาก












สรุปการประหยัดพลังงานในระบบอัดอากาศโดยการปรับปรุงท่อนั้น คือการ ออกแบบท่อที่ดีจะช่วยลดปัญหาของแรงดันตกทำให้สามารถลดการผลิตแรงดันที่สูงเกินความต้องการของโหลดลงได้ เพราะการผลิตแรงดันที่สูงยอมทำให้เครื่องอัดอากาศต้องใช้พลังงานสูงตามไปด้วย และแรงดันที่สูงยอมส่งผลให้มีการรั่วไหลมากกว่าแรงดันที่ต่ำกว่า ณ ที่ขนาดรูเท่ากัน เมื่อทำการปรับปรุงท่อนั้นแล้ว ควรพิจารณาลดแรงดันที่เครื่องอัดอากาศลง เพราะการลดแรงดันในการผลิตอากาศอัดลงทุกๆ 1 bar จะสามารถลดพลังงานลงได้ 7 - 11% หรือ 2 psi จะสามารถลดพลังงานลงได้ 1 % สำหรับเครื่องอัดอากาศแบบโรตารี แวน และสกรู

การคำนวณความดันที่ลดลงเนื่องจากแรงเสียดทาน

$$\Delta P = \frac{f \times L \times Q^{1.85}}{P_m \times D^5}$$

ความหมาย

- Delta P คือ ความดันที่สูญเสีย, bar
- F คือ ตัวประกอบความเสียดทาน (f = 450 ท่อเหล็ก)
- L คือ ความยาวท่อเป็นเมตร (m)
- Q คือ ปริมาณการไหลของอากาศ (L/s (FAD))
- P_m คือ ความดันสัมบูรณ์เฉลี่ยในท่อ, (bar)
- D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อ, (mm)

Equivalent length in meters											
Inner pipe diameter in mm (d)											
Component	25	40	50	80	100	125	200	250	250	300	400
Ball valve 	0.3	0.5	0.6	1.0	1.3	1.6	1.9	2.6	3.2	3.9	5.2
	5	8	10	16	20	25	30	40	50	60	80
Diaphragm valve fully open 	1.5	2.5	3.0	4.5	6	8	10	-	-	-	-
Angle valve fully open 	4	6	7	12	5	18	22	30	36	-	-
Poppet valve 	7.5	12	15	24	30	38	45	60	-	-	-
Flap check valve 	2.0	3.2	4.0	6.4	8.0	10	12	16	20	24	32
Elbow R=2d 	0.3	0.5	0.6	1.0	1.2	1.5	1.8	2.4	3.0	3.6	4.8
Elbow R=d 	0.4	0.6	0.8	1.3	1.6	2.0	2.4	3.2	4.0	4.8	6.4
90° angle 	1.5	2.4	3.0	4.5	6.0	7.5	9	12	15	18	24
Tee through flow 	0.3	0.4	1.0	1.6	2.0	2.5	3	4	5	6	8
Tee side flow 	1.5	2.4	3.0	4.8	6.0	7.5	9	12	15	18	24
Reducing nipple 	0.5	0.7	1.0	2.0	2.5	3.1	3.6	4.8	6.0	7.2	9.6

ตารางที่ 2.1 ความดันสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทานของข้อต่อต่างๆ

ขนาดของท่อเมน ควรมีขนาดใหญ่พอที่จะไม่ให้เกิดความสูญเสียความดันภายในท่อ มากเกินไป โดยทั่วไปแล้วความดันสูญเสียไม่ควรเกิน 5% ทุก 30 เมตรของความยาวของท่อหรือที่ ความเร็วของอากาศอัดในท่อไม่เกิน 6 เมตร/วินาที แต่ความดันสูญเสียทั้งระบบไม่ควรเกิน 10% โดยประมาณ หรือยอมให้ 15% ช่วงขณะความต้องการสูงสุด ในแต่ละจุดที่นำอากาศอัดไปใช้งาน ความดันสูญเสียที่เกิดขึ้นไม่ควรเกิน 0.1-0.2 bar ณ ความต้องการอากาศอัดสูงสุด ขนาดของท่อย่อยก็เช่นกัน แตกต่างกันตรงความเร็วของอากาศอัดไม่ควรเกิน 10 เมตร/วินาที เพื่อลดการสูญเสียแรงดัน

การหาขนาดท่อเมน ที่ความเร็วลมในท่อประมาณ 6 m/sec

$$D_{mm} = \sqrt{\frac{3536 \times Q_{CMM} \times P_o}{P_g + P_o}}$$

ความหมาย

P_o คือ ความดันบรรยากาศ (1.013 bar)

P_g คือ ความดันเกจ (bar)

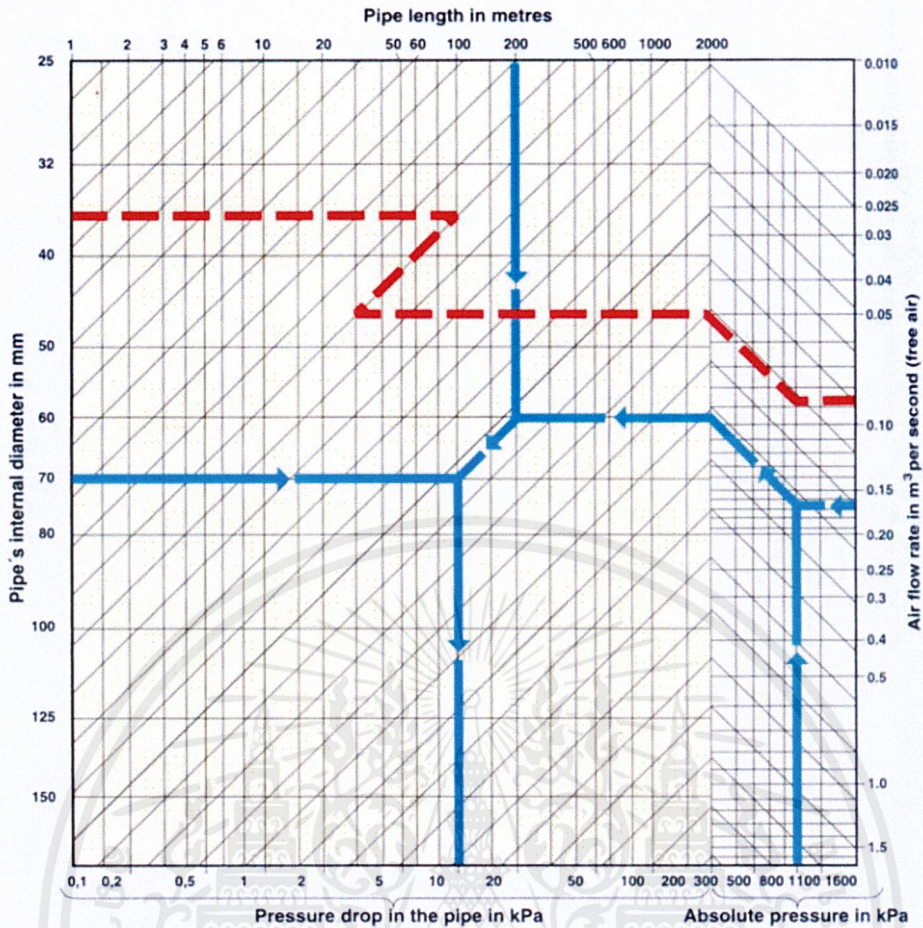
D_{mm} คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (mm)

Q_{cmm} คือ กำลังการผลิตของเครื่อง (FAD m³/min)

ASTM STANDARD PIPE Volume lite/sec at Pressure and Pipe Diameters (Velocity 6 m/s)												
Pipe (in)	1/2	3/4	1.0	1,1/4	1,1/2	2.0	2,1/2	3.0	3,1/2	4.0	5.0	6.0
P(bar) /Dia (mm)	15.76	50.96	26.64	35.08	40.94	52.48	62.68	77.92	90.12	102.26	128.2	154.08
4.0	5.9	10.4	16.8	29.1	39.6	65.1	92.8	143.5	191.9	247.1	388.3	561.0
4.5	6.5	11.4	18.4	32.0	43.6	71.6	102.1	157.8	211.0	271.7	427.1	616.9
5.0	7.0	12.5	20.1	34.9	47.5	78.1	111.3	172.1	230.2	296.4	465.8	672.9
5.5	7.6	13.5	21.8	37.8	51.5	84.5	120.6	186.4	249.3	321.0	504.5	728.8
6.0	8.2	14.5	23.5	40.7	55.4	91.0	129.9	200.7	268.5	345.7	543.3	784.8
6.5	8.8	15.6	25.1	43.6	59.4	97.5	139.1	215.0	287.6	370.3	582.0	840.7
7.0	9.4	16.6	26.8	46.5	63.3	104.0	148.4	229.3	306.7	395.0	620.7	896.7
7.5	10.0	17.6	28.5	49.4	67.3	110.5	157.6	243.6	325.9	419.6	659.5	952.6
8.0	10.6	18.7	30.1	52.3	71.2	117.0	166.9	257.9	345.0	444.2	698.2	1008.6
8.5	11.1	19.7	31.8	55.2	75.2	123.5	176.2	272.2	364.2	468.9	736.9	1064.5
9.0	11.7	20.7	33.5	58.1	79.1	130.0	185.4	286.5	383.3	493.5	775.7	1120.5
9.5	12.3	21.8	35.2	61.0	83.1	136.5	194.7	300.9	402.4	518.2	814.4	1176.4
10.0	12.9	22.8	36.8	63.9	87.0	143.0	203.9	315.2	421.6	542.8	853.1	1232.4

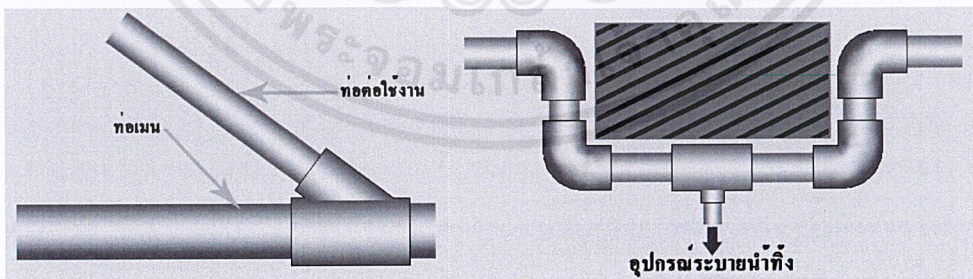
ตารางที่ 2.2 ปริมาณการไหลของอากาศอัดที่ความดันและขนาดท่อต่างๆ

เราสามารถหาขนาดของท่อที่เหมาะสมได้ เมื่อเราทราบค่าอัตราการไหลของอากาศอัด แรงดันใช้งาน ระยะของความยาวท่อ และกำหนดแรงดันตกในระบบ ก็จะได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อโดยใช้โมโนแกรมดังนี้



รูปที่ 2.8 กราฟใช้สำหรับหาขนาดท่อโดยสามารถกำหนดค่าต่างๆที่ต้องการ

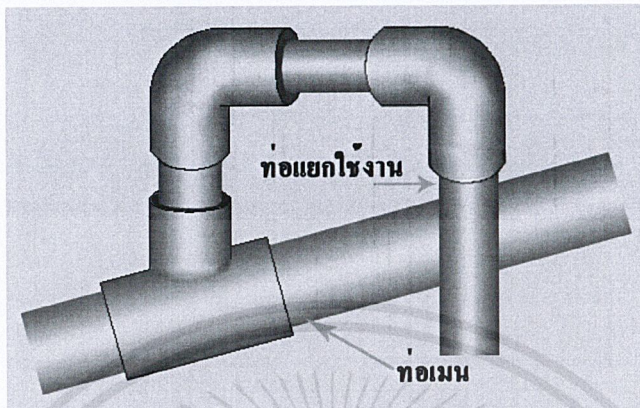
การวางท่อส่งจ่ายอากาศอัดตามแนวนอนควรจะวางให้มีมุมเอียงลาด 1 ถึง 2% ของความยาวท่อส่งจ่ายอากาศอัด และที่จุดปลายต่ำสุดหรือบริเวณที่อยู่ต่ำกว่าระดับ จะต้องติควาล์วหรือกับดักน้ำสำหรับระบายน้ำที่เกิดการกลั่นตัวในท่อทิ้ง ดังรูป



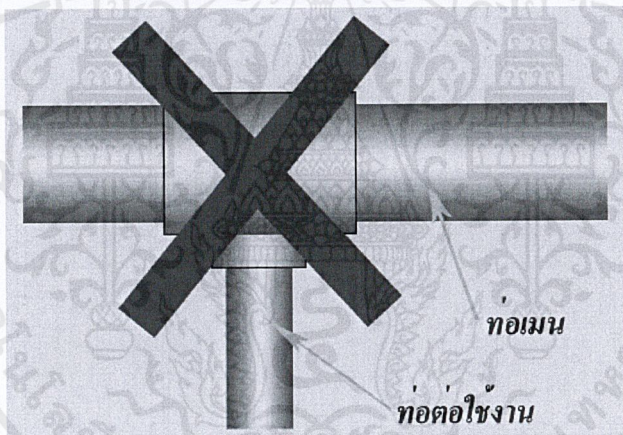
รูปที่ 2.9 การต่อท่อในแนวนอนให้มีมุมลาดเอียง และการติดตั้งท่อในกรณีที่มีสิ่งกีดขวาง

ในกรณีที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงการใช้ข้ออก็ได้ก็ไม่ควรใช้ข้ออแบบมุมหักฉาก 90° แต่ควรจะใช้ข้ออโค้ง 90° แทน และให้การเดินท่อเมื่อมีสิ่งกีดขวาง เช่น คาน หลีกเลี้ยงได้โดยการเดินท่อดังรูปที่ และบริเวณส่วนที่ต่ำที่สุดจะต้องติดตั้งกับดักน้ำระบายอัตโนมัติไว้เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำมาขังอยู่บริเวณดังกล่าว การแยกท่อส่งจ่ายอากาศอัดออกไปใช้งานจากท่อเมนควรจะต่อขึ้นทางด้านบนโดยทำมุม

ประมาณ 30° กับท่อเมนและงอโค้งลงมา ดังรูปที่ 2.10 แต่ถ้าไม่สามารถหาวัสดุหรือท่อโค้ง 30° ได้ ควรใช้ท่อสั้นๆ ต่อจากด้านบนของท่อเมนแล้วจึงใช้ข้อต่อขึงงอต่อลงมาดังรูปที่ 2.13 ไม่ควรต่อท่อตามรูปที่ 2.14 หากคุณภาพของอากาศอัดไม่ดีพอจะทำให้เกิดการกลั่นตัวของไอน้ำที่ปนไปกับอากาศอัดไหลลงไปทำความเสียหายแก่อุปกรณ์



รูปที่ 2.10 การต่อท่อจากท่อเมนที่ถูกต้องวิธี



รูปที่ 2.11 การต่อท่อจากท่อเมนที่ผิดวิธี

2.1.5 การหาประสิทธิภาพของพลังงานของเครื่องอัดอากาศ

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการตรวจสอบค่าดัชนีการใช้พลังงานของเครื่องอัดอากาศ ซึ่งเป็นเครื่องมือสำหรับติดตามการทำงานให้มีประสิทธิภาพอยู่ตลอดเวลาโดยใช้การเปรียบเทียบกับค่าพิกัด

การลดการสูญเสียในระบบอากาศอัดทำได้ทั้งแบบไม่มีการลงทุน ขึ้นลงทุนเล็กน้อย และขึ้นลงทุนสูงคือปรับปรุงระบบและเลือกใช้เครื่องอัดอากาศประสิทธิภาพสูง การใช้พลังงานจะขึ้นอยู่กับกำลังภาระทางกลที่ต้องการใช้งาน ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ ประสิทธิภาพของการส่งกำลัง ประสิทธิภาพของมอเตอร์ รวมถึงประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์ (กรณีเครื่องอัดอากาศที่ควบคุมโดยอินเวอร์เตอร์) และชั่วโมงการใช้งาน ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{พลังงานไฟฟ้าที่เครื่องอัดอากาศใช้} = \left[\frac{\text{กำลังที่เพลาขับ (kW) (1)}}{\left(\text{ประสิทธิภาพการส่งผ่านกำลัง } \text{Eff } \eta_g (2) \times \text{3. ประสิทธิภาพมอเตอร์ } \text{Eff } \eta_m (3) \times \text{4. ประสิทธิภาพอินเวอร์เตอร์ } \text{Eff } \eta_e (4) \right)} \right] \times \text{5. ชั่วโมงการใช้งาน (hr) (5)}$$

2.1.6 แนวทางการประหยัดพลังงาน

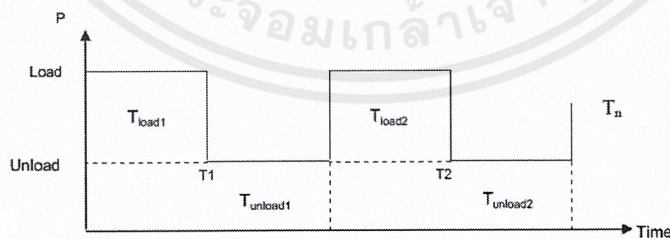
หมายเลข	แนวทางการประหยัดพลังงาน	มาตรการที่ดำเนินการ
1.	การลดกำลังทางกลหรือโหลดทางกลให้ต่ำที่สุด	<ol style="list-style-type: none"> 1. การลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าเครื่องอัดอากาศ 2. การปรับปรุงท่อเมนส่งจ่ายอากาศอัด 3. การลดแรงดันในการผลิตอากาศอัดที่เครื่องผลิต 4. การลดการรั่วไหลของอากาศอัด 5. การจัดโหลดเครื่องอัดอากาศ 6. การใช้อุปกรณ์ประสิทธิภาพสูงในระบบอัดอากาศ 7. บำรุงรักษาชุดกรองและจุดกรองต่างๆ ในระบบอัดอากาศ 8. การลดพฤติกรรมที่ไม่เหมาะสมของการใช้อากาศอัด 9. ใช้โซลเวนต์ที่มีขนาดเล็กกลง หรือเป็นชนิดประหยัดพลังงาน 10. ใช้ชุดกรองที่มีความดันสูญเสียต่ำ

		11. การลดขนาดเครื่องอัดอากาศให้เหมาะสม ไม่ใช่เครื่องอัดอากาศที่มีขนาดใหญ่เกินไป 12. การปรับการเปิดวาล์วอากาศเข้าให้เหมาะสม 13. การใช้เครื่องอัดอากาศขนาดใหญ่แทนเครื่องขนาดเล็กหลายๆ เครื่อง 14. การเลือกขนาดถังเก็บอากาศอัดที่เหมาะสม
2.	การเพิ่มประสิทธิภาพการส่งผ่านกำลัง	1. การปรับตั้งสายพานส่งกำลัง 2. การเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่อง 3. การบำรุงรักษาเครื่องอัดอากาศ
3.	การเพิ่มประสิทธิภาพมอเตอร์	1. การเลือกใช้เครื่องอัดอากาศที่ใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง
4.	การเพิ่มประสิทธิภาพอินเวอร์เตอร์	1. การเลือกอินเวอร์เตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง 2. การเลือกอินเวอร์เตอร์ที่เข้ากับเครื่อง
5.	การลดเวลาการทำงานของเครื่องอัดอากาศ	1. การหยุดเครื่องอัดอากาศ 2. การเลือกเครื่องอัดอากาศที่เหมาะสมกับโหลด 3. การลดการเดินตัวเปล่าของเครื่องอัดอากาศ

ตารางที่ 2.3 แนวทางการประหยัดพลังงาน

สภาวะการทำงานแบ่งเป็น 3 กรณีดังนี้

1. กรณีการทำงานของเครื่องอัดอากาศเป็นแบบ Load + Unload
2. กรณีการทำงานของเครื่องอัดอากาศเป็นแบบ On + Off โหลด (เพื่อเพิ่มความแม่นยำ ควรจะหาการทำงานมากกว่า 5 ครั้ง แล้วนำมาเฉลี่ย)



$$\%L_{DU} = \frac{T_{load} \times 100}{(T_{load} + T_{unload})} , \frac{T_{load1} \times 100}{T_1}$$

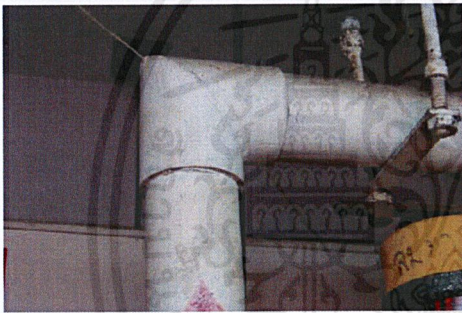
LDU = Duty Cycle (1 รอบของการทำงาน)

กรณีการทำงานของเครื่องอัดอากาศแบบ Modulating (กลุ่ม Rotary Vane, Screw, Turbo) ที่ใช้หลักการหีวาล์ว นั่น การหาค่าเปอร์เซ็นต์โหลดทำได้ค่อนข้างยาก ทางโรงงานจึงต้องกำหนดเอง สำหรับ

เครื่องอัดอากาศที่มีลักษณะการทำงานแบบ Modulating ที่ใช้หลักการหรือวาล์วนั้น การหาค่าเปอร์เซ็นต์ไหลทำได้ค่อนข้างยากลำบาก ถ้ามีการติดตั้ง Air Flow Meter ก็สามารถหาเปอร์เซ็นต์ไหลได้ ถ้าโรงงานมีการติดตั้งเครื่องอัดอากาศแบบสกรูหรือลูกสูบที่ทำงานแบบ Load+Unload และแบบ On-Off Load รวมอยู่ในระบบด้วยก็จะง่ายขึ้น คือกำหนดให้เครื่องอัดอากาศที่ทำงานแบบ Modulating ทำงานที่ 100% แล้วให้แบบระบบอื่นเป็นตัวเสริมไหลสามารถคำนวณผลประหยัดได้เช่นกัน

การปรับปรุงท่อเมนส่งจ่ายอากาศอัด

ผู้ออกแบบจะออกแบบระบบท่อเมนที่เหมาะสมกับเครื่องจักรในตอนนั้น แต่เมื่อเศรษฐกิจของโรงงานดีขึ้น มีการขยายเครื่องจักรเพิ่มขึ้น ความต้องการปริมาณอากาศอัดมากขึ้น ทางโรงงานก็มักแก้ปัญหาโดยซื้อเครื่องอัดอากาศเพิ่มแต่ไม่ได้คำนึงถึงขนาดท่อเมนส่งจ่ายอากาศอัด ว่ามีความเหมาะสมหรือเพียงพอกับสภาวะการจ่ายอากาศอัดหรือไม่สาเหตุหลักที่ทำให้เกิดการสูญเสียความดัน 1) แรงเสียดทานระหว่างอากาศกับผนังท่อ 2) การเปลี่ยนทิศทางการไหล 3) การเปลี่ยนความเร็วของอากาศอัด เนื่องจากการเพิ่มหรือลดขนาดท่อ



รูปที่ 2.12 การเปลี่ยนทิศทางการไหล และการลดขนาดท่อเมนที่ทำให้เกิดการสูญเสียแรงดัน

การลดแรงดันในการผลิตอากาศอัด

โรงงานมักจะเข้าใจผิดว่า การผลิตแรงดันอากาศอัดที่ความดันสูงๆ แล้วให้เครื่องหยุดพักในลักษณะแบบไร้อไหล จะทำให้เครื่องได้หยุดพักและใช้พลังงานน้อยลง ซึ่งก็เป็นความจริง เครื่องอัดอากาศที่ทำงานในลักษณะไร้อไหลเป็นการที่มอเตอร์กินไฟแต่ไม่ได้จ่ายอากาศอัดออกมา อุปกรณ์ที่ใช้อากาศอัดต่างๆ ไป มีความต้องการอากาศอัดที่ความแรงดัน 4-5 บาร์เท่านั้น หากอุปกรณ์ได้มีการใช้อากาศอัดที่ความดันสูงกว่านี้จะถูกจัดไว้เป็นอุปกรณ์พิเศษ ควรจะแยกระบบออกไป หรือใช้บูสเตอร์เพรสเชอร์ (Pressure Booster) เพื่อเพิ่มแรงดันอากาศอัดเฉพาะเป็นจุดๆ ไม่ควรผลิตอากาศอัดที่แรงดันสูงเพื่อรองรับอุปกรณ์ที่ใช้ความดันพิเศษเพียงบางจุด

ประโยชน์ของการลดแรงดัน

1. ช่วยลดการใช้พลังงาน โดยทั่วไปการลดแรงดันในการผลิตอากาศอัดลง 1 bar จะลดการใช้พลังงาน ได้ 7.25% หรือลดแรงดันลงทุกๆ 2 psi ประหยัดพลังงานได้ 1% สำหรับสำหรับเครื่องอัดอากาศทั่วไป

2. ช่วยลดการสูญเสียเนื่องจากการรั่วไหล เนื่องจากแรงดันอากาศอัดที่สูง ย่อมรั่วไหลในปริมาณที่สูง
3. ช่วยลดการใช้อุปกรณ์ปรับลดแรงดันก่อนการใช้งาน กรณีแรงดันสูงกว่าความต้องการ
4. เมื่อลดแรงดันในการผลิตลงส่งผลให้เครื่องอัดอากาศสามารถผลิตอากาศอัดได้มากขึ้น
ขั้นตอนการลดแรงดันในการผลิต

1. ตรวจสอบการใช้แรงดันอากาศอัดทุกๆ จุดที่มักเกิดปัญหาเมื่อแรงดันตก เพื่อทำการแก้ไข
2. ตรวจสอบความต้องการแรงดันอากาศอัดของเครื่องจักร ว่าต้องการแรงดันสูงสุดเท่าไร ก่อนการปรับลดแรงดันเพื่อมิให้มีผลกระทบต่อการผลิต
3. ตรวจสอบรอยรั่วไหลของอากาศอัด แล้วทำการซ่อมรอยรั่วเสีย เพื่อลดปัญหาแรงดันตก
4. การปรับลดแรงดันควรเป็นแบบลักษณะค่อยๆลด เช่น ลดจาก 7.5 บาร์ มาที่ 7 บาร์ โดยพยายามลดลงคราวละประมาณ 0.5 บาร์ หรือน้อยกว่านี้ถ้าเครื่องสามารถปรับได้

ผลประหยัดที่ได้จากการลดความดันในการผลิตอากาศอัด

$$\Delta W_{isen} = \frac{i k R W T}{k-1} \left[\frac{\left(P_{21} \right)^{\frac{k-1}{i * k}} - \left(P_{22} \right)^{\frac{k-1}{i * k}}}{\left(P_1 \right)^{\frac{k-1}{i * k}}} \right]$$

$$W_{isen} = \frac{i k R W T}{k-1} \left[\frac{\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{i * k}} - 1}{\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{i * k}}} \right]$$

$$P = \Delta W \left(\frac{kJ}{kg} \right) * Da \left(\frac{kg}{lite} \right) * FAD \left(\frac{lite}{sec} \right) * \%L_{DU}$$

ความหมาย

Da = ความหนาแน่นของอากาศที่ 15 °C เท่ากับ 1.225x10⁻³ (kg / liter)

LDU = เปอร์เซ็นต์การ ON-LOAD ใน 1 รอบการทำงาน

i = จำนวนขั้นตอนการอัด (Stage Compressor)

K = 1.4 Isentropic of Air Constant

T = อุณหภูมิปกติ 288 K (273 °K + 15°C)

T1 = อุณหภูมิก่อนการปรับปรุง (°K)

T2 = อุณหภูมิหลังการปรับปรุง (°K)

RW = 0.2871 (kJ / kg.K) ค่าคงที่ของก๊าซสัมบูรณ์ที่ อุณหภูมิ 15°C ที่ระดับน้ำทะเล

P1 = ความดันที่ 1 บรรยากาศ (1.013 bar)

P2 = แรงดันอากาศอัดที่ผลิต

P21 = แรงดันอากาศอัดที่ก่อนการปรับปรุง

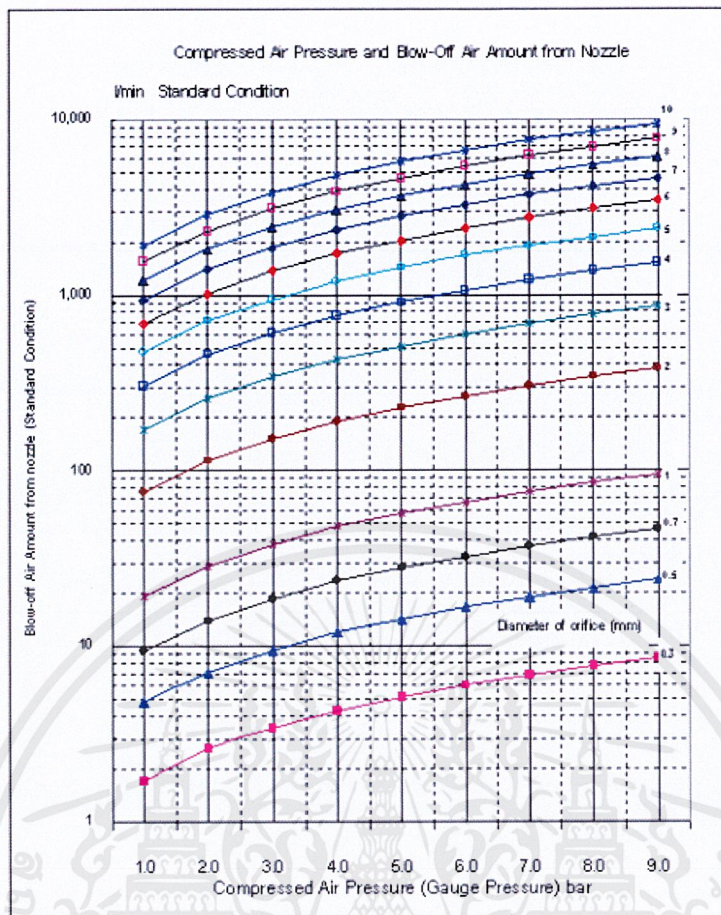
P22 = แรงดันอากาศอัดที่จะปรับปรุง

การลดการรั่วไหลของอากาศอัด

หากทดสอบการรั่วไหลแล้วอัตราการรั่วเกินกว่า 5% โรงงานควรดำเนินการแก้ไขโดยด่วน ประโยชน์ของการลดการรั่วไหลของอากาศอัด 1) ลดการสูญเสียพลังงานโดยเปล่าประโยชน์ 2) ลดปัญหาแรงดันอากาศตก 3) ลดการใช้งานของเครื่องอัดอากาศ 4) ลดต้นทุนการใช้พลังงานในส่วนของระบบอัดอากาศ ตำแหน่งการรั่วไหลที่มักพบบ่อยๆ เช่น วาล์ว, หน้าแปลน, ข้อต่อท่อต่างๆ, จุดต่อเข้าเครื่องจักร, หัวต่อสาย และตำแหน่งที่รั่วมักจะรั่วซ้ำๆจุดเดิมอาจเนื่องมาจากการยึดท่อที่ไม่แข็งแรง หรือบริเวณใช้งานมีการเคลื่อนไหวหรือ การต่อสายที่อ่อนไม่ถูกต้อง เป็นต้น การรั่วมีอยู่ 2 ลักษณะ คือการรั่วตรงและการรั่วซึม ส่วนมากจะเป็นรั่วซึมมากกว่า เพราะการรั่วซึม สังเกตได้ยาก เสียเบาส่วนการรั่วตรงส่วนใหญ่จะพบที่จุดควบคุมนิวมेटริก เช่น การรั่วไหลของวาล์วคอนโทรล หรือชุดปรับลดแรงดันก่อนเข้าอุปกรณ์

Pressure (bar)	Diameter Pipe (mm) and Air Leakage															
	0.3		0.5		0.7		1.0		3.0		5.0		7.0		10.0	
	l/ses	KW	l/ses	KW	l/ses	KW	l/ses	KW	l/ses	KW	l/ses	KW	l/ses	KW	l/ses	KW
3.0	0.06	0.01	0.16	0.03	0.31	0.05	0.63	0.11	5.71	0.97	15.85	2.71	31.07	5.31	63.41	10.83
4.0	0.07	0.01	0.20	0.04	0.39	0.08	0.79	0.16	7.13	1.46	19.80	4.06	38.81	7.97	79.21	16.26
4.5	0.08	0.02	0.22	0.05	0.43	0.09	0.87	0.19	7.84	1.73	21.78	4.81	42.68	9.42	87.11	19.22
5.0	0.09	0.02	0.24	0.06	0.47	0.11	0.95	0.22	8.55	2.01	23.75	5.58	46.55	10.95	95.01	22.34
6.0	0.10	0.03	0.28	0.07	0.54	0.14	1.11	0.29	9.97	2.61	27.70	7.25	54.29	14.21	110.81	28.99
7.0	0.11	0.03	0.32	0.09	0.62	0.18	1.27	0.36	11.39	3.25	31.65	9.04	62.04	17.71	126.61	36.15
7.5	0.12	0.04	0.34	0.10	0.66	0.20	1.35	0.40	12.11	3.59	33.63	9.98	65.91	19.56	134.51	39.91
8.0	0.13	0.04	0.36	0.11	0.70	0.21	1.42	0.44	12.82	3.94	35.60	10.94	69.78	21.45	142.41	43.78
9.0	0.14	0.05	0.40	0.13	0.78	0.25	1.58	0.52	14.24	4.66	39.55	12.96	77.52	25.40	158.21	51.83

ตารางที่ 2.4 การหาปริมาตรอากาศที่รั่วไหล



รูปที่ 2.13 กราฟแสดงการรั่วไหลเมื่อทราบค่าความดันของอากาศอัด

2.1.7 กระบวนการผลิตยางรถยนต์ [3]

1 การผสมวัตถุดิบ (Mixing)

ส่วนผสม

1). ยางธรรมชาติ เป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการผลิตยางรถยนต์ คือ ช่วยทำให้ยางมีความยืดหยุ่นทนต่อแรงกระแทกและแรงดึง ได้ดี แต่ยางธรรมชาติมีข้อจำกัด คือ เหมาะที่ใช้ในอุณหภูมิช่วง - 40 ถึง 70 องศาเซลเซียส และไม่สามารถทนต่อน้ำมันบางประเภทได้

2). ยางสังเคราะห์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการพัฒนาเพื่อแก้ไขข้อบกพร่อง ให้มีคุณสมบัติเหมือนยางธรรมชาติ ยางสังเคราะห์สามารถจำแนกออกได้ เป็น 2 กลุ่ม คือ

- ยางที่มีคุณสมบัติทนความร้อนได้ดีกว่ายางธรรมชาติ แต่คุณสมบัติทางด้านความเหนียวและความยืดหยุ่นด้อยกว่ายางธรรมชาติ ยางสังเคราะห์กลุ่มนี้ ได้แก่ SRB (Styrene - Butadiene Rubber), BR (Polybutadiene Rubber)

- เป็นยางที่มีคุณสมบัติทนต่อความร้อนและน้ำมัน โดยยางสังเคราะห์ในกลุ่มนี้ เช่น CR (Chloroprene Neoprene Rubber), NBR (Acrylonitrile Butadiene (ulites) Rubber)

3). ผงเขม่าดำ (Carbon Black) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากน้ำมันดิบ คุณสมบัติช่วยให้ยางแข็งตัว เพื่อเพิ่มความทนทานของยาง และทนต่อรอยขีดข่วนต่าง ๆ

4). สารเคมีต่าง ๆ เป็นส่วนประกอบที่สำคัญ ในการผสมยางธรรมชาติ ยางสังเคราะห์ และ ผงเขม่าดำ เพื่อเร่งปฏิกิริยาในการผลิต และเตรียมเป็น Compound Rubber ที่พร้อมนำไปขึ้นรูป สารเคมีที่ใช้แบ่งเป็น 4 กลุ่ม คือ

- สารที่ทำให้ยางคงรูป (Vulcanizing Agent) ทำให้รูปทรงของยางอยู่สถานะยืดหยุ่นได้ สารในกลุ่มนี้ได้แก่ กำมะถัน

- สารป้องกันบางเสื่อมสภาพ (Protective Agent) เช่น สารไอโซน

- สารช่วยในกระบวนการผลิต เช่น น้ำมัน ช่วยให้ง่ายที่ทำการผสมมีคุณสมบัตินี้มว

- สารอื่น ๆ เช่น สารที่ทำให้ยางฟู หรือใส่ให้ยางมีสีต่าง ๆ

2. การสร้างลวดที่ขบยาง(Bundling), การฉาบยางส่วนต่างๆ (Coating) การขึ้นรูปของขบลวด (Foaming)

ขั้นตอนการผลิต คือ นำเส้นลวดมาทำเป็นขบยางรถยนต์ โดยการดึงเส้นลวดมาในสายการผลิต แล้วทำการฉาบด้วยยาง จากนั้นนำไปขึ้นรูปขบลวด

เส้นลวดที่ใช้ในการผลิตแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1). เส้นลวดประเภท Bead Wire สำหรับทำขบยาง

2). เส้นลวดประเภท Steel Cord เป็นเส้นลวดเหล็กที่ใช้กับยาง Radial

หมายเหตุ เมื่อผ่านขั้นตอนที่ 2 แล้วจะได้ขบลวดออกมา (Bead Rings)

3. การทำโครงผ้าใบและการฉาบยางกับผ้าใบ

เมื่อผ่านขั้นตอนนี้แล้วนำแผ่นยางไปตัด ก็จะได้ โครงผ้าใบและเข็มขัดรัดหน้ายางเส้นลวด

4. การทำเส้นลวดเหล็กและการฉาบยางกับเส้นลวด

เมื่อผ่านขั้นตอนนี้แล้วจะได้เข็มขัดรัดหน้ายาง

5. การดันเนื้อยางเพื่อขึ้นรูปแก้มยางและหน้ายาง

เครื่องจักรสำหรับขึ้นรูปยาง เป็นการนำเอายางที่ผสมแล้ว มาขึ้นรูปเป็นลักษณะของชิ้นส่วนต่าง ๆ โดยอาจนำปัจจัยการผลิตอื่น ๆ เช่น ผ้าใบ เข้ามาเป็นส่วนประกอบ 1 เครื่องจักรที่ใช้ในการขึ้นรูปยาง มี 2 ลักษณะคือ

1). เครื่องจักรประเภท (Extrusion) เป็นเครื่องจักรที่ใช้ขึ้นรูปยางส่วนต่างๆ โดยอาศัยแรงดันจากการหมุนของสกรูดันยางผสมผ่านแม่พิมพ์ออกมาจนได้เป็นลวดของหน้ายางที่ต้องการ เครื่องจักรประเภท Extrusion นี้ใช้ในการขึ้นรูปยางในส่วนของโครงยางและขบยาง

2. เครื่องจักรประเภท (Calendar) เป็นเครื่องจักรที่ขึ้นรูปยาง โดยการรีดยาง การรีดยางผสมที่เคลือบหรือฉาบกับวัสดุอื่น ๆ ทำให้เป็นแผ่นที่มีความหนา โดยอาศัยการรีดผ่านลูกกลิ้งจำนวน 2 ลูกในเครื่องจักร ใช้สำหรับขึ้นรูปในส่วนของชั้นผ้าใบ และเข็มขัดรัดหน้ายางในกรณีที่เป็นยางเรเดียล

6. การประกอบโครงยาง

เมื่อผ่านขั้นตอนนี้แล้ว จะได้โครงยางสำเร็จรูป

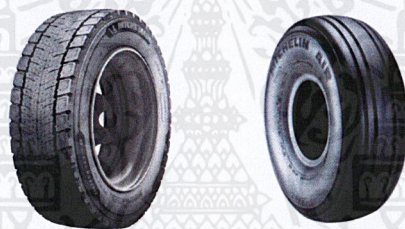
7. การอบยาง (Curing Machine)

เครื่องอบยาง (Curing Press) เป็นเครื่องจักรที่ทำหน้าที่อัดลายดอกยางลงบนโครงยาง เครื่องจักรมีลักษณะเป็นฝาครอบเปิด-ปิด ได้ ภายในเป็นแม่พิมพ์ของลายดอกยางและช่องผ่านไอน้ำร้อน เพื่ออัดลายดอกยางและอบให้ยางสุก

8. ตัดเนื้อยางส่วนที่เกิน (Trimming)

9. ตรวจสอบความสมดุลของยาง

10. ได้ยางที่มีคุณภาพตามลักษณะการใช้งาน



รูปที่ 2.14 ตัวอย่างยางรถบรรทุกและยางเครื่องบิน

2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นันทพน โรจนพิทยาคูล [4] ศึกษาการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในระบบอากาศอัดของโรงงานผลิตถุงมือ (โรงงานกรณีศึกษา) โดยมีเป้าหมายในการลดพลังงานไฟฟ้าในระบบอากาศอัดต่อจำนวนผลผลิตไม่น้อยกว่า 10% หรือไม่น้อยกว่า 19 kWh/Million pieces produced (kWh/Mpcs) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยก่อนการปรับปรุง ซึ่งได้ดำเนินการศึกษาโดยนำหลักการของกิจกรรมกลุ่มคุณภาพ (Quality Control Circle) หรือ QCC มาใช้ในการดำเนินงานวิจัย และได้กำหนดแผนการดำเนินงานวิจัยตามหลักการของวงจรเดมมิง (Deming Circle) หรือ PDCA ซึ่งผลจากการสำรวจสภาพปัญหา สามารถสรุปสาเหตุได้จำนวน 4 หัวข้อ ได้แก่ (1) ปรับตั้งค่าความดันอากาศอัดสูงเกินไป (2) มีการรั่วไหลของอากาศอัด (3) อากาศก่อนอัดมีอุณหภูมิสูง และ (4) ควบคุมเครื่องอัดอากาศไม่เหมาะสม ต่อมาได้กำหนดวิธีการปรับปรุงแก้ไข สามารถสรุปวิธีการได้จำนวน 6 หัวข้อ ได้แก่ (1) ติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มความดัน (2) ติดตั้งอุปกรณ์ปรับลดความดัน (3) ตรวจสอบจุดรั่วไหล (4) ปิดท่อดูดอากาศร้อน (5) ติดตั้งท่อระบายอากาศร้อน และ (6) ปรับตั้งค่าควบคุมความดัน ซึ่งจากการดำเนินการปรับปรุงแก้ไข

สรุปผลได้ว่าดีกว่าเป้าหมาย โดยค่าพลังงานไฟฟ้าในระบบอากาศ อดต่อจำนวนผลผลิตโดยเฉลี่ยหลังการปรับปรุงตลอดระยะเวลา 13 เดือน มีค่าลดลงคิดเป็น 14.3% หรือมีค่าลดลงเท่ากับ 27 kWh/Mpcs เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยก่อนการปรับปรุง และมีระยะเวลา คืนทุนประมาณ 3 เดือน

อัจฉราภรณ์ พักแสง และ วิทยา ขงเจริญ [5] ศึกษาแนวทางในการประหยัดพลังงานลมอัดในอุตสาหกรรมผลิตขวดแก้ว แห่งหนึ่งในประเทศไทย โดยเก็บข้อมูลการใช้งานเครื่องอัดอากาศและสำรวจลมรั่วในระบบอัดอากาศของ โรงงานตัวอย่าง เพื่อหาสมรรถนะของเครื่องอัดอากาศแต่ละเครื่อง รวมถึงการหามาตรการการประหยัดพลังงาน จากการสำรวจการใช้งานของเครื่องอัดอากาศพบว่าเครื่องอัดอากาศส่วนใหญ่มีอายุการใช้งานมากและมีประสิทธิภาพต่ำโดยมีค่าการใช้พลังงานมากที่สุด คือ 0.446 kW/l/sec และ น้อยที่สุด คือ 0.304 kW/l/sec จึงได้เสนอ 3 มาตรการประหยัดพลังงานคือ (1) การจัดการทำงานของเครื่องอัดอากาศโดยให้เครื่องอัดอากาศ ที่มีสมรรถนะสูงทำงานก่อน ส่วนที่มีสมรรถนะต่ำเก็บไว้เป็นเครื่องสำรอง (2) มาตรการเปลี่ยนเครื่องอัดอากาศ ที่มีประสิทธิภาพสูงมาแทนเครื่องอัดอากาศที่มีสมรรถนะต่ำสุด จากการวิเคราะห์ด้านการเงิน พบว่า ระยะเวลา การคืนทุนอยู่ที่ 4 ปี 9 เดือน มีค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ 3,914,792 บาท และมีค่าอัตราผลตอบแทน 21% และ (3) การบำรุงรักษาระบบเครื่องอัดอากาศโดยการซ่อมรั่วขนาดใหญ่จำนวน 3 จุดซึ่งจะลดค่าใช้จ่ายได้ถึง 206,256 บาท/ปี

R. Saidur , N.A. Rahim , M. Hasanuzzaman [6] Compressed-air systems account for about 10% of total industrial-energy use for few selected countries as found in literatures. Compressed air is typically one of the most expensive utilities in an industrial facility. This paper describes a comprehensive literature review about compressed air energy use , savings and payback period of energy efficient strategies. This paper compiles latest literatures in terms of thesis (MS and PhD), journal articles, conference proceedings, web materials, reports, books ,handbooks on compressed air energy use, efficiency, energy savings strategies. Computer tools for compressed air analysis have been reviewed and presented in this paper. Various energy saving measures ,such as use of highly efficient motors ,VSD , leak prevention ,use of outside intake air ,reducing pressure drop, recovering waste heat, use of efficient nozzle, and use of variable displacement compressor to save compressed-air energy have been reviewed. Based on review results, it has been found that for an electric motor used in a compressed-air system, a sizeable amount of electric energy and utility bill can be saved using high efficient motors and applying VSDs in matching speed requirements. Also, significant amounts of energy and emission are reducible through various energy-saving strategies. Payback periods for different energy savings measures have been identified and found to be economically viable in most cases.

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในการทำโครงการนี้ได้มีการแบ่งขั้นตอนการทำงานอย่างเป็นระบบเพื่อให้ประหยัดเวลาและมีคุณภาพมากที่สุด โดยมีระยะเวลาการศึกษาและปฏิบัติงานทั้งสิ้น 6 เดือน สามารถแบ่งได้ดังนี้

- 1). การศึกษาระบบการผลิต
- 2). การเก็บข้อมูลการใช้ลมอัด
- 3). การวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางประหยัดพลังงาน
- 4). การปฏิบัติงาน
- 5). การสรุปผลและทำรายงาน

3.1 ศึกษากระบวนการผลิต

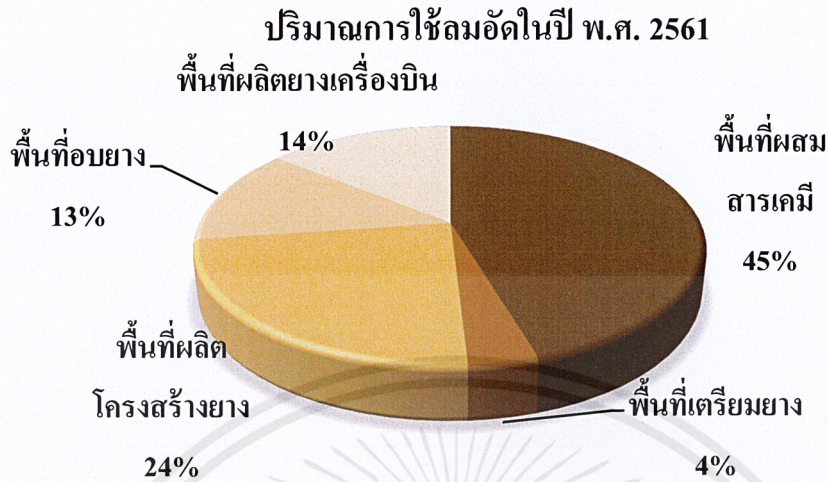
การผลิตลมอัด

ภายในโรงงานมิชลินหนองแค มีอาคารสาธารณูปโภคทั้งหมด 2 อาคาร โดยอาคารที่ 1 ใช้เครื่องอัดอากาศขนาด 132 kW และ 250 kW อาคารที่ 2 ใช้เครื่องอัดอากาศขนาด 250 kW 2 ตัวในการผลิตลมอัด ท่อที่ใช้ส่งลมอัดต่อแบบถึงกันหมดเป็นวงแหวน ระดับความดันที่ผลิตและใช้งาน คือ 7 บาร์ , 10 บาร์ และ 21 บาร์ โดยมีปริมาณการใช้และค่าใช้จ่ายดังนี้

ระดับความดัน (Bars)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ผลิต (kWh/year)	ค่าใช้จ่าย (Baht/year)
7	6,575,445	21,041,424
10	330,558	1,057,785
21	277,992	889,574
รวม	7,183,995	22,988,783

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงพลังงานไฟฟ้าและค่าใช้จ่ายที่ใช้ผลิตลมอัดความดันต่างๆในโรงงาน

จากตารางแสดงให้เห็นว่าที่ความดัน 7 บาร์มีปริมาณการผลิตมากที่สุดซึ่งสามารถแสดงเปอร์เซ็นต์การใช้งานของแต่ละพื้นที่ใน 1 ปีได้ดังนี้



รูปที่ 3.1 กราฟแสดงปริมาณการใช้ลมอัดของแต่ละพื้นที่ในปี 2018

เมื่อพิจารณาจากปริมาณการใช้ลมที่ความดันต่างๆและพื้นที่ที่ใช้งานทำให้มีการกำหนดขอบเขตการทำงานเบื้องต้นไว้ คือ จะทำการหาแนวทางการประหยัดพลังงานของการผลิตลมอัดที่ 7 บาร์เท่านั้น เพราะมีปริมาณการใช้งานสูงกว่าความดันอื่นอยู่มาก

จากข้อมูลการใช้งานลมอัดของแต่ละพื้นที่ใน 1 ปี พบว่าพื้นที่ที่มีการใช้งานลมอัดมากที่สุด คือ พื้นที่ผสมสารเคมี แต่พื้นที่นี้เป็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงอย่างมากในการจะทำการใดๆเกี่ยวกับลมอัดไม่ว่าจะเป็นการปรับลดความดันที่ใช้งาน หรือลดปริมาณการใช้ลง เนื่องจากการปรับเปลี่ยนเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของยางขณะทำการผสมยางธรรมชาติกับสารเคมีต่างๆ และในส่วนของ พื้นที่เตรียมยาง เป็นพื้นที่ที่มีความหลากหลายของเครื่องจักรมาก มีการใช้งานลมอัดทั้ง 7 บาร์ และ 10 บาร์ใน 1 เครื่อง ซึ่งมีการใช้ลมอัดที่ความดัน 7 บาร์เพียงแค่ 4% เพราะฉะนั้น 2 พื้นที่นี้จึงจะยังไม่มีมีการทำการใดๆในโรงงานนี้ ส่วนพื้นที่ที่เหลือ คือ พื้นที่ผลิต โครงสร้างยาง , พื้นที่อบยาง และ พื้นที่ผลิตยางเครื่องบิน เป็นพื้นที่ที่มีเครื่องจักรไม่หลากหลาย สามารถจัดเป็นกลุ่มของเครื่องจักรได้ ดังนั้น 3 พื้นที่นี้จึงเป็นเป้าหมายหลักของโรงงานนี้

3.2 การเก็บข้อมูลการใช้ลมอัด

ในระหว่างที่มีการศึกษาระบบการผลิตต่างๆทั้งการผลิตลมอัดและการผลิตยาง ได้มีการทำตารางเก็บข้อมูลการใช้ลมของเครื่องจักรเพื่อให้เห็นการใช้งานโดยรวมและนำมาวิเคราะห์หาแนวทางในการประหยัดพลังงาน โดยมีตาราง 2 รูปแบบเพื่อให้เหมาะสมกับการเก็บข้อมูลในแต่ละพื้นที่ และการเก็บ

ข้อมูลจะทำการเก็บทุกพื้นที่เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการทำโครงการในอนาคตต่อไปซึ่งจะมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 1 จะเก็บข้อมูลเป็นจำนวนตัวปรับแรงดันลม(Regulator)และช่วงของความดันที่ใช้ในงาน

Area	Machine's name	Duct size	Main pressure from data sheet	Main pressure from pipe	Number of regulator	Pressure range	Critical assembly	Pressure

ตารางที่ 3.2 ตารางเก็บข้อมูลลมอัด 1

ตารางที่ 2 เก็บข้อมูลแบบละเอียดโดยแสดงความดันที่ตัวปรับลดแรงดันลม (Regulator) ปรับลดลงและอุปกรณ์ที่ใช้งานที่ความดันนั้นๆ

Area	Machine's name	Duct size	Main pressure from data sheet	Main pressure from pipe	Regulator #1	Equipment	Regulator#2	Equipment

ตารางที่ 3.3 ตารางเก็บข้อมูลลมอัด 2

พื้นที่ที่มีการใช้ตารางเก็บข้อมูลลมอัด 1 คือ พื้นที่ผสมสารเคมี , พื้นที่ผลิตโครงสร้างยาง และพื้นที่ผลิตยางเครื่องบิน เนื่องจาก พื้นที่ผสมสารเคมี และ พื้นที่ผลิต โครงสร้างยาง เป็นพื้นที่ที่มีเครื่องจักรน้อย แต่เครื่องมีขนาดใหญ่ มีกระบอกลมและอุปกรณ์ปรับแรงดันลม ค่อนข้างมาก ทำให้การเก็บข้อมูลจำเป็นต้องเก็บเป็นจำนวนอุปกรณ์ปรับแรงดันลม และช่วงความดันที่ใช้งาน เพื่อให้รวดเร็วเหมาะสมกับระยะเวลาการทำงานของโครงการ ส่วนของพื้นที่เตรียมยาง และ พื้นที่อบยาง เก็บข้อมูลโดยใช้ตารางที่ 2 เนื่องจาก พื้นที่เตรียมยาง มีเครื่องจักรน้อย ถึงจะมีขนาดใหญ่แต่มีจำนวนอุปกรณ์ลดแรงดันที่ไม่มากนักเกินไป และพื้นที่อบยาง ทั้งหมดเป็นเครื่องจักรชนิดเดียวกันต่างเพียงขนาดของแม่พิมพ์ที่อบยางและยี่ห้อเครื่องเท่านั้น จึงสามารถเก็บข้อมูลเชิงละเอียดได้ ทั้งนี้ที่เก็บข้อมูลการใช้ลมอัดเช่นนี้เพราะว่าในปัจจุบันที่มีการทำโครงการนี้อยู่ นั้น ทางพลังงานของโรงงานเองยังไม่มีข้อมูลในส่วนนี้อยู่เลย จึงใช้โอกาสนี้ในการเก็บข้อมูลในส่วนนี้ด้วย

ความหมายของหัวข้อในตาราง

- 1.Area คือ ชื่อพื้นที่ที่เก็บข้อมูล
- 2.Machine's name คือ ชื่อเครื่องจักรที่เก็บข้อมูล

3.Duct size คือ ขนาดท่อเมนที่เข้าเครื่องจักร

4.Main pressure from data sheet คือ ความดันลมอัดที่เครื่องจักรต้องการตามแบบจากโรงงาน

5.Main pressure from pipe คือ ความดันลมอัดในท่อเมนที่ใช้งานอยู่ปัจจุบัน

6.Number of regulator คือ จำนวนregulatorที่ใช้ปรับลดความดันลมอัด

7.Pressure range คือ ช่วงความดันที่ใช้งาน

8.Critical assembly คือ ส่วนของเครื่องจักรที่ไม่สามารถลดความดันการใช้งานลมอัดลงได้เนื่องจากมีผลกระทบต่อคุณภาพของยาง

9.Equipment คือ ชื่ออุปกรณ์ในเครื่องจักรที่ใช้ความดันลมอัดนั้นๆ

ข้อมูลการใช้ลมอัดในแต่ละพื้นที่ที่อยู่ในขอบเขตงานมีดังนี้

1.พื้นที่ผลิตโครงสร้างยาง

Machine's name	Duct size	Main pressure from data sheet	Main pressure from pipe	Number of regulator	Pressure range	Critical assembly	Pressure
PAP1	1"	7	7	8	0.5-6.8		
PAP2	1"		7	8	0.5-6.8		
PAP3	1"		7	8	0.5-6.8		
PAP4	1"		7	8	0.5-6.8		
PAP7	1"		7	8	0.5-6.8		
BNS1	1 ¼"	7	7	39	0.5-6.5		
BNS2	1"		7	39	0.5-6.5		
BNS A3	1"		7	8	0.5-6.5		
BNS3	1"		7	40	0.5-6.5		
BNS6	1"		7	39	0.5-6.5		
PAPP B1	1"	7	7	55	0.5-6.8		

Machine's name	Duct size	Main pressure from data sheet	Main pressure from pipe	Number of regulator	Pressure range	Critical assembly	Pressure
BNS B1	1"	7	7	40	0.2-6.7		
BNS B2	1"		7	39	0.5-6.8		
BNS B3	1"		7	50	1-6.5		
BNS B4	1"		7	51	0.8-6.5		
PAP8	1"		7	8	0.7-6.5		
BNS B5	1"		7	51	0.8-6.5		
PAPP C1	1"						
PAPP C2	1"		7	56	0.5-6.6		
BNS C1	1"						
BNS C2	1"						
BNS C3	1"		7	50	0.5-6.5		
BNS C4	1"		7	50	0.5-6.5		
PAPP D1	1"		7	50	0.5-6.8		
PAPP D2	¾"		7	52	0.5-6.8		
BNS D1	1"		7	50	0.5-6.8		
BNS D2	1"		7	50	0.4-6.7		
BNS D3	¾"		7	50	0.3-6.5		
BNS D4	¾"		7	50	0.4-6.7		
PAPP E1	1"		7	52	0.5-6.8		
BNS E1	1"		7	50	0.5-6.7		
BNS E2	1"		7	50	0.5-6.7		

Machine's name	Duct size	Main pressure from data sheet	Main pressure from pipe	Number of regulator	Pressure range	Critical assembly	Pressure
PAP11	1"						
PAP13	1"						
BNS9	1"						
BNS12	1"						
PAPP F1	1"		7	49	0.4-6.8		
PAPP F2	1"		7	50	0.5-6.8		
BNS F1	1"		7	53	0.5-6.8		
BNS F2	1"		7	52	0.5-6.8		
PAPP E3	1"		7	84	0.5-6.7		
PAPP E4	1"		7	86	0.5-6.7		
PAPP E5	1"		7	84	0.5-6.8		
FLC1	1"		7	30	0.5-6.8		
FLC2	1"		7	30	0.5-6.7		
FLC3	1"		7	30	0.5-6.8		
SPADONE	¾"		7	5	0.5-7		

ตารางที่ 3.4 ข้อมูลลมอัดพื้นที่ผลิตโครงสร้างยาง

หมายเหตุ ตารางที่เป็นช่องสีเทาคือเครื่องที่กำลังมีการรื้อถอนปรับปรุง หรือ ติดตั้งเครื่องใหม่

2.พื้นที่อบยาง

Machine's name	Duct size	Main pressure from data sheet	Main pressure from duct	Regulator no.1	Equipment	Regulator no.2	Equipment	Regulator no.3	Equipment	Regulator no.4	Equipment	Regulator no.5	Equipment
FAUR H6	½"	7	7	3.4	Curing Hyd.	1.8	Control valve	5.8	Loader A	6	Loader B	7	Spray mold
McNeilH2	½"	7	7	4	Curing Hyd.	2.2	Control valve	4	Loader A	3.4	Loader B	7	Spray mold
SANMING A5	½"	7	7	5	Curing Hyd.	7	Control valve	5.5	Loader A	5.5	Loader B	7	Spray mold
Post inspect F	½"	7	7	7	ALL	7							
TRANSFER F	½"	7	7	7	ALL	7							
TRANSFER G	½"	7	7	7	ALL	7							
ROBOT F	½"	7	7	7	ALL	7							
ROBOT G	½"	7	7	7	ALL	7							
BEAD OPENER	½"	7	7	7	ALL	7							
BEAD OPENER	½"	7	7	7	ALL	7							
API F1	½"	7	7	7	Curing Hyd.	7	Control valve	7	Spray mold				
API F2	½"	7	7	7	Curing Hyd.	7	Control valve	7	Spray mold				
API F3	½"	7	7	7	Curing Hyd.	7	Control valve	7	Spray mold				
API F4	½"	7	7	7	Curing Hyd.	7	Control valve	7	Spray mold				
API F5	½"	7	7	7	Curing Hyd.	7	Control valve	7	Spray mold				

Machine's name	Duct size	Main pressure from data sheet	Main pressure from duct	Regulator no.1	Equipment	Regulator no.2	Equipment	Regulator no.3	Equipment	Regulator no.4	Equipment	Regulator no.5	Equipment
API F6	½"	7	7	7	Curing Hyd.	7	Control valve	7	Spray mold				
API F7	½"	7	7	7	Curing Hyd.	7	Control valve	7	Spray mold				
API F8	½"	7	7	7	Curing Hyd.	7	Control valve	7	Spray mold				
API F9	½"	7	7	7	Curing Hyd.	7	Control valve	7	Spray mold				
SANMIN G A1	½"	7	7										
SANMIN G A2	½"	7	7										
SANMIN G A3	½"	7	7										
SANMIN G A4	½"	7	7										
SANMIN G A5	½"	7	7	5	Curing Hyd.	7	Control valve	5.5	Loader A	5.5	Loader B	7	Spray mold
SANMIN G A6	½"	7	7	6	Curing Hyd.	7	Control valve	5	Loader A	5	Loader B	7	Spray mold
SANMIN G A7	½"	7	7	6	Curing Hyd.	7	Control valve	-	Loader A	-	Loader B	7	Spray mold
SANMIN G B1	½"	7	7	5.4	Curing Hyd.	7	Control valve	-	Loader A	-	Loader B	7	Spray mold
SANMIN G B2	½"	7	7	6.4	Curing Hyd.	7	Control valve	-	Loader A	-	Loader B	7	Spray mold
SANMIN G B3	½"	7	7	6	Curing Hyd.	7	Control valve	-	Loader A	-	Loader B	7	Spray mold
SANMIN G B4	½"	7	7	6	Curing Hyd.	7	Control valve	-	Loader A	-	Loader B	7	Spray mold
SANMIN G B5	½"	7	7	6	Curing Hyd.	7	Control valve	-	Loader A	-	Loader B	7	Spray mold

Machine's name	Duct size	Main pressure from data sheet	Main pressure from duct	Regulator no.1	Equipment	Regulator no.2	Equipment	Regulator no.3	Equipment	Regulator no.4	Equipment	Regulator no.5	Equipment
SANMIN G B6	½"	7	7	6	Curing Hyd.	7	Control valve	-	Loader A	-	Loader B	7	Spray mold
SANMIN G B7	½"	7	7	5	Curing Hyd.	7	Control valve	-	Loader A	6.8	Loader B	7	Spray mold
McNeil C1	½"	7	7	6.5	Curing Hyd.	7	Control valve	6.2	Loader A	6	Loader B	7	Spray mold
McNeil C2	½"	7	7	6.8	Curing Hyd.	7	Control valve	6	Loader A	6	Loader B	7	Spray mold
McNeil C3	½"	7	7	5	Curing Hyd.	7	Control valve	5	Loader A	4	Loader B	7	Spray mold
McNeil C4	½"	7	7	6.8	Curing Hyd.	7	Control valve	6	Loader A	7	Loader B	7	Spray mold
McNeil C5	½"	7	7	6.6	Curing Hyd.	7	Control valve	6	Loader A	6.6	Loader B	7	Spray mold
McNeil C6	½"	7	7	3.8	Curing Hyd.	7	Control valve	6	Loader A	5	Loader B	7	Spray mold
McNeil C7	½"	7	7	4	Curing Hyd.	7	Control valve	4	Loader A	5.5	Loader B	7	Spray mold
McNeil C8	½"	7	7	4.8	Curing Hyd.	7	Control valve	7	Loader A	5	Loader B	7	Spray mold
SANMIN G D1	½"	7	7	5.4	Curing Hyd.	7	Control valve	6.4	Loader A	6	Loader B	7	Spray mold
LARSER D2	½"	7	7	5.4	Curing Hyd.	3.2	Control valve	6	Loader A	5.4	Loader B	7	Spray mold
LARSER D3	½"	3.5	3.5	-	Curing Hyd.	1.5	Control valve	3.5	Loader A	6	Loader B	7	Spray mold
LARSER D4	½"	3.5	3.5	-	Curing Hyd.	1.5	Control valve	3.2	Loader A	6	Loader B	7	Spray mold
GIROGA D5	½"	3.5	3.5	-	Curing Hyd.	1.5	Control valve	3.8	Loader A	6	Loader B	7	Spray mold
McNeil D6	½"	7	7	6	Curing Hyd.	MAI N	Control valve	6	Loader A	7	Loader B	7	Spray mold

Machine's name	Duct size	Main pressure from data sheet	Main pressure from duct	Regulator no.1	Equipment	Regulator no.2	Equipment	Regulator no.3	Equipment	Regulator no.4	Equipment	Regulator no.5	Equipment
McNeil D7	½"	7	7	7	Curing Hyd.	MAI N	Control valve	6	Loader A	6.4	Loader B	7	Spray mold
McNeil H1	½"	7	7	3	Curing Hyd.	3	Control valve	6	Loader A	3.4	Loader B	7	Spray mold
McNeil H2	½"	7	7	4	Curing Hyd.	2.2	Control valve	4	Loader A	6	Loader B	7	Spray mold
McNeil H3	½"	7	7	6	Curing Hyd.	2	Control valve	6	Loader A	6	Loader B	7	Spray mold
McNeil H4	½"	7	7	3.8	Curing Hyd.	2.5	Control valve	3	Loader A	6	Loader B	7	Spray mold
McNeil H5	½"	7	7	4	Curing Hyd.	3	Control valve	6	Loader A	6	Loader B	7	Spray mold
FAUR H6	½"	7	7	3.4	Curing Hyd.	1.8	Control valve	5.8	Loader A	6.4	Loader B	7	Spray mold
FAUR I1	½"	7	7	5	Curing Hyd.	3	Control valve	6	Loader A	6.4	Loader B	7	Spray mold
FAUR I2	½"	7	7	3.8	Curing Hyd.	-	Control valve	4	Loader A	3.8	Loader B	7	Spray mold
FAUR I3	½"	7	7	4	Curing Hyd.	4.2	Control valve	6	Loader A	6	Loader B	7	Spray mold
FAUR I4	½"	7	7	3.8	Curing Hyd.	2	Control valve	7	Loader A	6	Loader B	7	Spray mold
FAUR I5	½"	7	7	5.8	Curing Hyd.	2	Control valve	5.8	Loader A	6	Loader B	7	Spray mold
FAUR I6	½"	7	7	4.5	Curing Hyd.	5.5	Control valve	6	Loader A	6	Loader B	7	Spray mold
FAUR J1	½"	7	7	4.2	Curing Hyd.	3	Control valve	6.5	Loader A	6	Loader B	7	Spray mold
FAUR J2	½"	7	7	4.8	Curing Hyd.	2.2	Control valve	6	Loader A	6	Loader B	7	Spray mold
FAUR J3	½"	7	7	5	Curing Hyd.	2.2	Control valve	6	Loader A	6	Loader B	7	Spray mold

Machine's name	Duct size	Main pressure from data sheet	Main pressure from duct	Regulator no.1	Equipment	Regulator no.2	Equipment	Regulator no.3	Equipment	Regulator no.4	Equipment	Regulator no.5	Equipment
FAUR J4	½"	7	7	5	Curing Hyd.	2.8	Control valve	6	Loader A	6	Loader B	7	Spray mold
FAUR J5	½"	7	7	5	Curing Hyd.	4	Control valve	5	Loader A	6	Loader B		Spray mold
FAUR K1	½"	7	7	3.8	Curing Hyd.	3	Control valve	6	Loader A	6.4	Loader B		Spray mold
FAUR K2	½"	7	7	4	Curing Hyd.	2	Control valve	6	Loader A	6.2	Loader B		Spray mold
FAUR K3	½"	7	7	3.4	Curing Hyd.	4	Control valve	6	Loader A	5.8	Loader B		Spray mold
FAUR K4	½"	7	7	6.5	Curing Hyd.	6.8	Control valve	5.6	Loader A	5.3	Loader B		Spray mold
FAUR K5	½"	7	7	4	Curing Hyd.	3	Control valve	6.8	Loader A	6	Loader B		Spray mold
SANMIN G L1	½"	7	7	6.5	Curing Hyd.	7	Control valve	3.8	Loader A	4.2	Loader B		Spray mold
SANMIN G L2	½"	7	7	6.5	Curing Hyd.	7	Control valve	5	Loader A	4.2	Loader B		Spray mold
SINO N1	½"	7	7	6.8	Curing Hyd.	7	Control valve	6	Loader A	5.6	Loader B		Spray mold
SINO N2	½"	7	7	6.8	Curing Hyd.	7	Control valve	6	Loader A	6	Loader B		Spray mold
SINO N3	½"	7	7	6.8	Curing Hyd.	7	Control valve	6	Loader A	6	Loader B		Spray mold
SINO N4	½"	7	7	6.8	Curing Hyd.	7	Control valve	5.5	Loader A	6	Loader B		Spray mold
SINO N5	½"	7	7	6.8	Curing Hyd.	7	Control valve	6	Loader A	6	Loader B		Spray mold
SANMIN G O1	½"	7	7	6.8	Curing Hyd.	7	Control valve	5	Loader A	7.5	Loader B		Spray mold
SANMIN G O2	½"	7	7	6.8	Curing Hyd.	7	Control valve	7	Loader A	5.5	Loader B		Spray mold

Machine's name	Duct size	Main pressure from data sheet	Main pressure from duct	Regulator no.1	Equipment	Regulator no.2	Equipment	Regulator no.3	Equipment	Regulator no.4	Equipment	Regulator no.5	Equipment
SANMIN G O3	½"	7	7	-	Curing Hyd.	7	Control valve	6.6	Loader A	6.4	Loader B		Spray mold
SINO O4	½"	7	7	6.5	Curing Hyd.	7	Control valve	6	Loader A	6	Loader B		Spray mold
SINO O5	½"	7	7	6.8	Curing Hyd.	7	Control valve	6	Loader A	6	Loader B		Spray mold
BEAD OPENER 1	½"	7	7	6	7	2	Gripper	1.5	FINGER VCL	5	LIFTER KM	3.5	LOCK CAR
BEAD OPENER 2	½"	7	7	6	7	2	Gripper	2	FINGER VCL	5	LIFTER KM	5	LOCK CAR
BEAD OPENER 3	½"	7	7	6	7	1.5	Gripper	2.5	FINGER VCL	6	LIFTER KM	4.5	LOCK CAR
BEAD OPENER 4	½"	7	7	6	7	2	Gripper	2	FINGER VCL	5	LIFTER KM	4	LOCK CAR
MAE 1	½"	10	10	6	7	7	7	2	High center table	2	Low center table	3	Lifting table
MAE 2	½"	10	10	5	7	7	7	2.5	High center table	2	Low center table	3	Lifting table
BEAD SOFTENER	½"	7	7	7	7								
SANBAST	½"	7	7	7	7								
CLEAN MOLD	¾"	7	7	6	ถึงเป้า	5	ALL						
BLADDER ASSEMBLY	¾"	7	7	-									

Machine's name	Duct size	Main pressure from data sheet	Main pressure from duct	Regulator no.1	Equipment	Regulator no.2	Equipment	Regulator no.3	Equipment	Regulator no.4	Equipment	Regulator no.5	Equipment
EXT REWORK 811	½"	7	7	7	ALL								
EX REWORK 813	½"	7	7	5	ALL								
INT REWORK 833	½"	7	7	6	ALL								
INT REWORK 831	½"	7	7	6	ALL								
IntExRedust	¾"	7	7	5	ALL								
SAW Cutting1	¾"	10	10	4	ALL	4	Cylinder						
SAW Cutting2	½"	10	10	-	ALL								
Ultrasound 1	½"	10	10	4	ALL								
Ultrasound 2	½"	10	10	4	ALL								
Monocid 1	1-1/4"	10	10	6	ALL	6	Table	6	Loader	6	Inflate		
Monocid 2	1-1/4"	10	10	6	ALL								
Collman	¾"	7	7	6	ALL								
Grinding 3	¾"	7	7	6.5	ALL								
Grinding dust	½"	7	7	4	ALL								
Grinding 4	¾"	7	7	5	ALL								

Machine's name	Duct size	Main pressure from data sheet	Main pressure from duct	Regulator no.1	Equipment	Regulator no.2	Equipment	Regulator no.3	Equipment	Regulator no.4	Equipment	Regulator no.5	Equipment
Foot print	½"	7	7	-	ALL	6	Pneumatic	6.5	Table	7	Refill air		
SEMI AUTO 1	½"	7	7	2.5	ALL	3.5	Pneumatic	3	Pneumatic	1	Pneumatic		
SEMI AUTO 2	½"	7	7	6	ALL	4	Pneumatic	4.5	Pneumatic	0.5	Pneumatic	1.5	Pneumatic
Internal 1	½"	7	7	5	ALL								
Internal 2	½"	7	7	5.1	ALL								
Internal 3	½"	7	7	5.5	ALL								
Internal 4	½"	7	7	5.5	ALL								
Internal 5	½"	7	7	6.5	ALL								
External 1	½"	7	7	4.8	ALL								
External 2	½"	7	7	5	ALL								
Data st1	½"	7	7	4.5	ALL								
QGC bandage	½"	7	7	3	ALL								
QGC C698	½"	7	7	3	ALL								
Conv AF01	¾"	7	7	7	ALL								
Conv CDE	½"	7	7	6									
Conv JK	½"	7	7	7									
Conv HI	½"	7	7	7									
Conv QGP	½"	7	7	6.6	6	All							
Aspect P3	¾"	7	7	6.6	4.4	All							

Machine's name	Duct size	Main pressure from data sheet	Main pressure from duct	Regulator no.1	Equipment	Regulator no.2	Equipment	Regulator no.3	Equipment	Regulator no.4	Equipment	Regulator no.5	Equipment
Aspect P4	¼"	7	7	6.6	4.4	All							
Maint S2TB3	¼"	7	7	7	3	SettingP/S							
Conv NO	½"	7	7	7									

ตารางที่ 3.5 ข้อมูลลมอัดพื้นที่อบยาง

3. พื้นที่ผลิตยางเครื่องบด

Machine's name	Duct size	Main pressure from data sheet	Main pressure from pipe	Number of regulator	Pressure range	Critical assembly	Pressure
BWM Machine	1/2"	7.0		4 Units	1.2-6.8 Bars		
POST COTE X	1/2"	7.0		3 Units	6.5 Bars		
EXTERNAL POST RADIAL	1/2"	7.0		2 Units	2.0-7.0 Bars		
INTERNAL POST RADIAL	1/2"	7.0		2 Units	2.0-7.0 Bars		
ASPECT POST RADIAL XNL	1/2"	7.0		2 Units	2.0-7.0 Bars		
ASPECT POST RADIAL XNS	1/2"	7.0		1 Unit	6.0 Bar		
REWORK NEWRADIAL #1	1/2"	7.0		2 Units	6.0-7.0 Bars		
REWORK NEWRADIAL #2	1/2"	7.0		2 Units	5.0-7.0 Bars		

Machine's name	Duct size	Main pressure from data sheet	Main pressure from pipe	Number of regulator	Pressure range	Critical assembly	Pressure
REWORK NEWRADIAL #3	1/2"	7.0		1 Unit	7.0 Bar		
REWORK NEWRADIAL #4	1/2"	7.0		2 Units	4.0-7.0 Bars		
FINAL INSPECTION	1/2"	7.0		2 Units	2.0-7.0 Bars		
EXTERNAL	1/2"	7.0		2 Units	3.0 Bars		
LINE BOM 75 _R1	1/2"	7.0		3 Units	4.0-7.0 Bars		
	1/2"	4.0		-	-		
	1/2"	2.0		-	-		
LINE BOM 75 _R2	1/2"	7.0		3 Units	4.0-7.0 Bars		
	1/2"	4.0		-	-		
	1/2"	2.0		-	-		
LINE BOM 75 _R3	1/2"	7.0		2 Units	6.0-7.0 Bars		
	1/2"	4.0		-	-		
	1/2"	2.0		-	-		
LINE BOM 75 _R4	1/2"	7.0		3 Units	4.0-7.0 Bars		
	1/2"	4.0		-	-		
	1/2"	2.0		-	-		
LINE API (D176 R5)	3/4"	7.0		7 Units	5.0-7.0 Bars		
LINE API (D176 R6)	3/4"	7.0		6 Units	5.0-7.0 Bars		
LINE API (D176 R15)	3/4"	7.0		7 Units	5.0-7.0 Bars		

Machine's name	Duct size	Main pressure from data sheet	Main pressure from pipe	Number of regulator	Pressure range	Critical assembly	Pressure
LINE API (GUILIN R7)	1/2"	7.0		4 Units	5.0-7.0 Bars		
LINE API (GUILIN R8)	1/2"	7.0		4 Units	5.0-7.0 Bars		
LINE API424_R9	1/2"	7.0		2 Units	7.0 Bar		
LINE API424_R10	1/2"	7.0		2 Units	7.0 Bar		
LINE API424_R11	1/2"	7.0		2 Units	7.0 Bar		
LINE API404_R12	1/2"	7.0		2 Units	7.0 Bar		
LINE API424_R13	1/2"	7.0		2 Units	7.0 Bar		
LINE API424_R14	1/2"	7.0		2 Units	7.0 Bar		
DOPE RADIAL 1	1/2"	7.0		3 Units	2.0-7.0 Bars		
DOPE RADIAL 2	1/2"	7.0		2 Units	2.0-7.0 Bars		
CURE LINE A_BOM 42 P2	1/2"	7.0		1 Unit	7.0 Bar		
	copper tube 3/8"	4.0		-	-		
	copper tube 5/16"	2.0		-	-		
CURE LINE A_BOM 42 P3	1/2"	7.0		1 Unit	7.0 Bar		
	copper tube 3/8"	4.0		-	-		
	copper tube 5/16"	2.0		-	-		

Machine's name	Duct size	Main pressure from data sheet	Main pressure from pipe	Number of regulator	Pressure range	Critical assembly	Pressure
CURE LINE A_BOM 42 P4	1/2"	7.0		1 Unit	7.0 Bar		
	copper tube 3/8"	4.0		-	-		
	copper tube 5/16"	2.0		-	-		
CURE LINE B_BOM 42 P6	1/2"	7.0		1 Unit	7.0 Bar		
	copper tube 1/2"	4.0		2 Units	2.0-4.0 Bars		
CURE LINE B_BOM 42 P7	1/2"	7.0		1 Unit	7.0 Bar		
	copper tube 1/2"	4.0		2 Units	2.0-4.0 Bars		
CURE LINE B_BOM 42 P8	1/2"	7.0		1 Unit	7.0 Bar		
	copper tube 1/2"	4.0		2 Units	2.0-4.0 Bars		
CURE LINE B_BOM 42 P9	1/2"	7.0		1 Unit	7.0 Bar		
	copper tube 1/2"	4.0		2 Units	2.0-4.0 Bars		
MGB2	1/2"	7.0		1 Unit	7.0 Bar		
MGB4	1/2"	7.0		1 Unit	7.0 Bar		
MGB6	1/2"	7.0		1 Unit	7.0 Bar		
FEED BAND SLITER	1/2"	7.0		1 Unit	5.0 Bar		
NOCCUTTING	1/2"	7.0		1 Unit	6.0 Bar		
Tread Splice#1	1/2"	7.0		2 Units	6.5-7.0 Bars		
Tread Splice#2	1/2"	7.0		2 Units	6.5-7.0 Bars		

Machine's name	Duct size	Main pressure from data sheet	Main pressure from pipe	Number of regulator	Pressure range	Critical assembly	Pressure
Tread Splice#3	air tube 10 mm.	7.0		2 Units	6.5-7.0 Bars		
Tread Splice#4	air tube 10 mm.	7.0		2 Units	6.5-7.0 Bars		
TAM_B1	1"	7.0		7 Units	2.0-7.0 Bars		
TAM_B2	1"	7.0		6 Units	2.0-7.0 Bars		
TAM_B3	3/4"	7.0		4 Units	2.0-7.0 Bars		
TAM_B4	3/4"	7.0		2 Units	2.0-7.0 Bars		
M88_B5	3/4"	7.0		23 Units	2.0-7.0 Bars		
M88_B6	3/4"	7.0		25 Units	2.0-7.0 Bars		
M88_B7	3/4"	7.0		21 Units	2.0-7.0 Bars		
M88_B8	3/4"	7.0		23 Units	2.0-7.0 Bars		
Banner Cutter AFT	1"	7.0		22 Units	2.0-7.0 Bars		
Slitter Wrapping	1/2"	7.0		1 Unit	2.0-7.0 Bars		
Bead Wrapping 01	1/2"	7.0		2 Units	1.0-5.0 Bars		
Bead Wrapping 02	1/2"	7.0		1 Unit	1.0-5.0 Bars		
Bead Cover_1	1/2"	7.0		1 Unit	7.0 Bar		
Bead Cover_2	1/2"	7.0		1 Unit	7.0 Bar		
DOPE BIAS	1/2"	7.0		8 Units	4.0-7.0 bars		
TIC-TAC	3/8"	7.0		4 Units	6.0 Bar		
PAP11	1/2"	7.0		11 Units	2.0-7.0 Bars		
PAP12	1/2"	7.0		8 Units	2.0-7.0 Bars		
PAP13	1/2"	7.0		10 Units	2.0-7.0 Bars		
PAP17	1"	7.0		10 Units	2.0-7.0 Bars		

Machine's name	Duct size	Main pressure from data sheet	Main pressure from pipe	Number of regulator	Pressure range	Critical assembly	Pressure
PAP16	1/2"	7.0		7 Units	2.0-7.0 Bars		
PAP18	1"	7.0		65 Units	2.0-7.0 Bars		
PAP19	1"	7.0					
PAP20	1"	7.0					
PAP21	1"	7.0		46 Units	1.0-7.0 bars		
BNS TCSM 11	1"	7.0		10 Units	1.0-7.0 bars		
BNS TCSM 12	1"	7.0		16 Units	1.0-7.0 bars		
BNS TCSM 13	1"	7.0		14 Units	1.0-7.0 bars		
BNS TCSM 17	1"	7.0		26 Units	1.0-7.0 bars		
BNS 14	1/2"	7.0		42 Units	1.0-7.0 bars		
BNS 16	1/2"	7.0		37 Units	1.0-7.0 bars		
BNS 18	1/2"						
BNS 19	1/2"						
BNS 20	1/2"						
SMART 21	1/2"	7.0		49 Units	1.0-7.0 bars		
Rabatteuse 1	1/2"	7.0		7 Units	3.0-7.0 bars		
Rabatteuse 2							
Rabatteuse 3	air tube 12 mm.	7.0		10 Units	3.0-7.0 bars		
Rabatteuse 4	1/2"	7.0		-	7.0 bar		
Rabatteuse 5	1/2"	7.0		-	7.0 bar		
Rabatteuse 6	1/2"	7.0		-	7.0 bar		
CAI							
TT662 #1	1/2"	7.0		1 Unit	5.0-7.0 bars		

Machine's name	Duct size	Main pressure from data sheet	Main pressure from pipe	Number of regulator	Pressure range	Critical assembly	Pressure
TT662 #2	1/2"	7.0		1 Unit	5.0-7.0 bars		
TT662 #3	1/2"	7.0		2 Units	5.0-7.0 bars		
MTA648 #2	1/2"	7.0		9 Units	3.0-7.0 bars		
MTA648 #3	1/2"	7.0		10 Units	3.0-7.0 bars		
MTA631	1/2"	7.0					
Babinoir	1/2"	7.0		5 Units	2.0-7.0 bars		
COMPONENT SAW	1"	7.0		6 Units	3.0-7.0 bars		
Mold Loader	1/2"	7.0		3 unit	3.0-7.0 bars		
HCS Curing Press	1"	18.0 bar		2 unit	2.0 bar		
Holmes Press A	3/4"	18.0 bar		4 unit	2.0-5.0 bar		
Holmes Press B	3/4"	18.0 bar		2 unit	2.0-4.0 bar		
Maragoni 1150 P1	1/2"	7.0		4 unit	3.0-6.0 bar		
Maragoni 1800 P2	3/4"	7.0		4 unit	4.0-6.0 bar		
Maragoni 1800 P3	3/4"	7.0		4 unit	4.0-6.0 bar		
Maragoni 1800 P4	3/4"	7.0		4 unit	4.0-6.0 bar		
Maragoni 1150 P5	1/2"	7.0		2 unit	4.5-5.0 bar		
Maragoni 1800 P6	1/2"	7.0		2 unit	5.0 bar		
Maragoni 1800 P7	1/2"	7.0		2 unit	4.5-5.0 bar		
Maragoni 1800 P8	1/2"	7.0		2 unit	4.0-5.0 bar		
Maragoni 1800 P9	1/2"	7.0		2 unit	5.0 bar		
Maragoni 1800 P10	1/2"	7.0		2 unit	5.0-6.0 bar		
Maragoni 1150 P11	1/2"	7.0		2 unit	4.5-5.0 bar		

Machine's name	Duct size	Main pressure from data sheet	Main pressure from pipe	Number of regulator	Pressure range	Critical assembly	Pressure
Repair R1	3/4"	7.0		2 unit	7.0 bar		
Repair R3	3/4"	7.0		2 unit	7.0 bar		
FINAL INSPECTION	1/2"	7.0		1 unit	7.0 bar		
Hot line inspection	3/4"	7.0		2 unit	7.0 bar		
Pad Post	3/4"	7.0		2 unit	7.0 bar		
Air need le	3/4"	8.0		5 Unit	3.0-8.0 bar		
SDS Shearography 2 M1							
SDS Shearography 3	3/4"	7.0		4 unit	4.0-6.0 bar		
Hot Room							
Buffing Bias	1/2"	7.0		5 Units	1.5-7.0 bars		
Tread Removal	1"	7.0		6 Units	2.0-7.0 bars		
Belt Removal	3/4"	7.0		2 Units	4.0-7.0 bars		
Brushing Machine 01	3/4"	7.0		7 Units	1.0-7.0 bars		
Brushing Machine 02	3/4"	7.0		2 Units	2.0-7.0 bars		
Prepair Damage	3/4"	7.0		3 Units	1.0-7.0 bars		
Disolution Post	1/2"	7.0		3 Units	1.5-7.0 bars		
Building Bias	1"	7.0		16 Units	1.0-7.0 bars		
Ply Cutting	3/4"	7.0		2 Units	3.0-7.0 bars		
BNS RETREAD 01	1/2"	7.0		9 Units	1.5-7.0 bars		

Machine's name	Duct size	Main pressure from data sheet	Main pressure from pipe	Number of regulator	Pressure range	Critical assembly	Pressure
BNS RETREAD 02	1/2"	7.0		10 Units	1.0-7.0 bars		
REWORK BEFORE	1/2"	7.0		2 Units	4.0-7.0 bars		
ALPHA Marangoni	1/2"	7.0		3 Units	3.0-7.0 bars		

ตารางที่ 3.6 ข้อมูลลมอัดพื้นที่ผลิตยางเครื่องบิน

ตัวอย่างข้อมูลแบบละเอียดของเครื่องจักรในพื้นที่ TBM 1 เครื่อง ที่มีจำนวนregulator ก่อนข้างมาก ทำให้ต้องใช้เวลานานในการเก็บข้อมูล จึงทำการเก็บแบบละเอียดเพื่อเป็นตัวอย่างเพียง 1 เครื่อง

Machine's name	Duct size	Main pressure from data sheet	Main pressure from pipe	Regulator	Pressure	Part / Equipment
BNS B3	½"	7	7	#1	6.8	LOCK TABLE
				#2	2	APPLY PRODUCT TRAY POST NTS
				#3	2	APPLY PRODUCT ROLLER POST NTS
				#4	6.8	LOCK PRODUCT ROLL POST NTS
				#5	2	BRAKE PRODUCT ROLL POST NTS
				#6	1	APPLY LINER ROLL POST NTS
				#7	2.8	APPLY PRODUCT TRAY POST NST1
				#8	2.8	APPLY PRODUCT ROLLER POST NST1
				#9	6.8	LOCK PRODUCT ROLL POST NST1
				#10	2.4	BRAKE PRODUCT ROLL POST NST1
				#11	2	APPLY LINER ROLL POST NST1
				#12	4	APPLY PRODUCT TRAY POST DO7

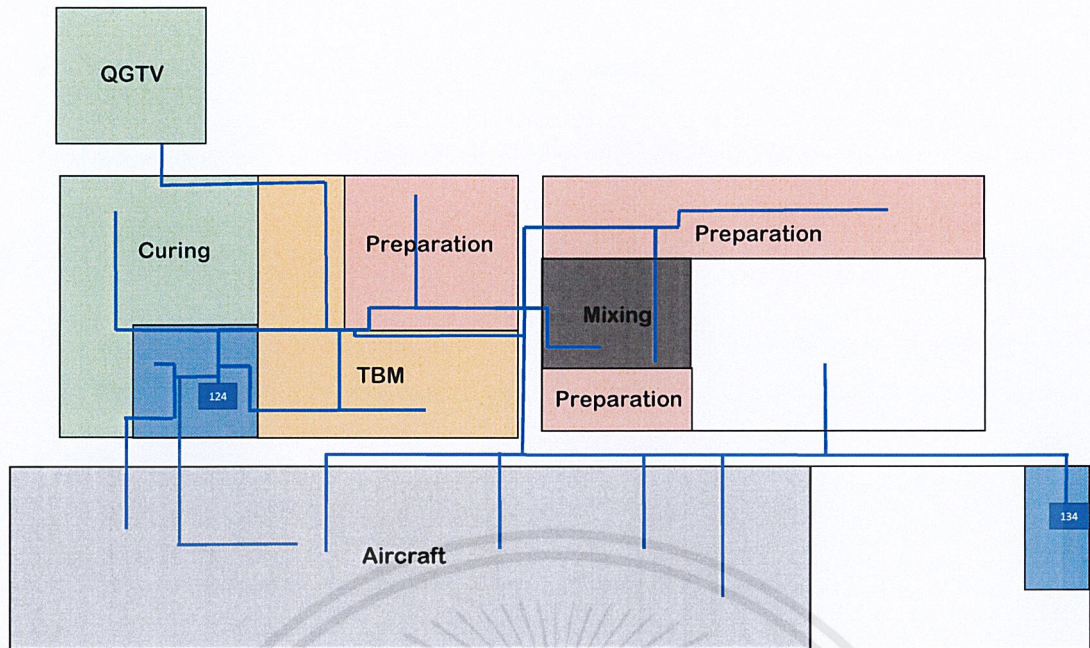
Machine's name	Duct size	Main pressure from data sheet	Main pressure from pipe	Regulator	Pressure	Part / Equipment
				#13	1	APPLY PRODUCT ROLLER POST DO7
				#14	2	APPLY LINER ROLL POST DO7
				#15	3.8	APPLY PRODUCT TRAY POST NST2
				#16	3.8	APPLY PRODUCT ROLLER POST NST2
				#17	6.8	LOCK PRODUCT ROLL POST NST2
				#18	3	BRAKE PRODUCT ROLL POST NST2
				#19	2	Equipment
				#20	2.8	APPLY LINER ROLL POST NST2
				#21	1	APPLY PRODUCT TRAY POST B61
				#22	1.8	APPLY PRODUCT ROLLER POST B61
				#23	2.8	APPLY LINER ROLL POST B61
				#24	2.8	APPLY PRODUCT TRAY POST NSP
				#25	6.8	APPLY PRODUCT ROLLER POST NSP
				#26	2.4	LOCK PRODUCT ROLL POST NSP
				#27	2	BRAKE PRODUCT ROLL POST NSP
				#28	4	APPLY LINER ROLL POST NSP
				#29	6	SPRAY KM
				#30	6	BLADDER KM LOADER
				#31	6	VANE MOTOR LOAD CARCASS
				#32	2	LOCK LOADER CARCASS
				#33	2.2	BRAKE BOBBIN
				#34	2	EXPENSION DRUM
				#36	2.4	BLOWING ROLLER
				#37	2.4	CYLINDER LINER SEPARATION ROLLER

Machine's name	Duct size	Main pressure from data sheet	Main pressure from pipe	Regulator	Pressure	Part / Equipment
				#38	4	CYLINDER ROLLER BRUSH
				#39	5.4	PUMP SOLVENT
				#41	2	B61 GUIDE PRESS
				#42	3	PRESS AFTER CUT
				#43	3	KM CENTERING GUIDE
				#44	6.2	KM GUIDE
				#45	0.7/6.2	CYLINDER UP DOWN VERIFICATION
				#46	6.2	CYLINDER CLOSING BEAD
				#47	6.2	CYLINDER EJECTION
				#48	0.7/6.2	ROTARY PLATFORM
				#49	6.2	CYLINDER CLOSING BEAD
				#50	6.2	CYLINDER EJECTION

ตารางที่ 3.7 ข้อมูลลมอัดพื้นที่ผลิต โครงสร้างแบบละเอียด

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อปรับลดความดันการผลิตลมอัด

ก่อนเริ่มทำการวิเคราะห์ ผู้ทำโครงการได้มีการเขียนแบบท่อเมนลมอัดภายในโรงงานมิชลินหนองแคที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน เพื่อให้เห็นภาพรวมของการใช้งานและสามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้ง่ายขึ้น เนื่องจากขณะที่ทำโครงการนี้ ทางโรงงานยังไม่มีแบบท่อลมอัดในปัจจุบันอยู่เลย เพราะมีการต่อเติมและซ่อมแซมระบบเรื่อยมาแต่ไม่ได้มีการปรับปรุงแบบท่อใดๆ โดยรูปแบบการวางท่อเมนของลมอัด 7 บาร์ในปัจจุบันเป็นดังนี้



รูปที่ 3.2 แนวท่อลมอัดในปัจจุบัน

โดย 124 หมายถึง อาคารสาธารณูปโภค 1
 134 หมายถึง อาคารสาธารณูปโภค 2
 เส้นสีฟ้า หมายถึง ท่อลมอัด 7 บาร์

เมื่อนำข้อมูลของทุกแผนกมาจำแนกช่วงความดันที่ใช้งานเป็น 2 กลุ่ม คือ ช่วงความดันต่ำ และ ช่วงความดันสูง โดยช่วงความดันต่ำ คือ การใช้งานในช่วง 0.1-5 บาร์ และ ช่วงความดันสูง คือ การใช้งานในช่วง 5.1-7 บาร์ พบว่าเครื่องจักรหลายๆเครื่องมีการใช้ลมอัดที่ช่วงความดันต่ำค่อนข้างมาก และเครื่องบางชนิดต้องการลมอัดสูงสุดเพียง 5 บาร์เท่านั้น ดังนั้น แนวทางการประหยัดพลังงานที่ผู้ทำโครงการวิเคราะห์มา คือ ลดความดันลมอัดที่ผลิตจาก 7 บาร์ลงมาที่ 5 บาร์จ่ายให้กับเครื่องจักรที่ใช้ลมอัดไม่เกิน 5 บาร์ อาจมีการทดสอบเพื่อลดความดันที่ใช้งานลง ถ้าหากมีเครื่องจักรที่ไม่สามารถลดความดันที่ใช้งานลงได้ จะทำการแยกแหล่งจ่ายออกเป็น 2 ท่อ คือ 5 บาร์ และ 7 บาร์

1.วิเคราะห์ข้อมูลในพื้นที่ผลิตโครงสร้างยาง

จากข้อมูลในตารางข้างต้นจะเห็นได้ว่าความดันของลมอัดที่ใช้ที่ความดันสูงนั้นมีอยู่ไม่มากนัก มีเปอร์เซ็นต์การใช้งาน คือ ช่วงความดันต่ำคิดเป็น 68% ช่วงความดันสูงคิดเป็น 32% แต่เครื่องจักรพื้นที่นี้ไม่สามารถลดความดันที่ใช้งานลงได้ ดังนั้น จะทำการเพิ่มท่อแหล่งจ่าย โดยท่อ 5 บาร์จะทำการจ่ายให้กับอุปกรณ์ในเครื่องจักรที่ใช้ลมอัด 1-5 บาร์ และท่อ 7 บาร์จ่ายให้กับอุปกรณ์ที่ใช้ลมอัด 5.1-7 บาร์

2.วิเคราะห์ข้อมูลในพื้นที่อบยาง

จากข้อมูลในตารางข้างต้น เครื่องจักรในพื้นที่อบยางจะเป็นเครื่องชนิดเดียวกันทั้งหมด แต่มีความแตกต่างที่ขนาดของยางที่อบ และยี่ห้อของเครื่อง ซึ่งส่วนหลักๆที่ใช้ลม คือ Curing hyd. , control valve , loader และ spray mold โดยจากการวิเคราะห์ของวิศวกรซ่อมบำรุงในพื้นที่ดังกล่าวพบว่า เครื่องจักรทั้งหมดนี้สามารถลดความดันที่ใช้งานลงมาได้ เนื่องจากในเครื่องจักรชนิดและขนาดเดียวกัน บางเครื่องมีการตั้งความดันที่ใช้งานไว้สูงเกินความจำเป็น เครื่องที่ใช้งานต่ำกว่าพบว่าไม่มีปัญหาใดๆในการดำเนินงานเลย แต่ทั้งนี้จะต้องมีการทดลองปรับที่อุปกรณ์ปรับความดันก่อน หากเครื่องไม่มีปัญหาในการดำเนินงาน และผลิตภัณฑ์ไม่มีปัญหาจริงตามที่วิเคราะห์ จากนั้นจึงจะทำการเปลี่ยนการจ่ายลมอัดให้เป็น 5 บาร์เพื่อประหยัดพลังงาน

3.วิเคราะห์ข้อมูลในพื้นที่ผลิตยางเครื่องบิน

ในส่วนของการผลิตยางเครื่องบิน ภายในแผนกนี้จะมีเครื่องจักรที่เหมือนกันกับพื้นที่ผลิตโครงสร้างยาง และ พื้นที่อบยางในฝั่งของการผลิตยางรถบรรทุก โดยแตกต่างกันที่ขนาดและยี่ห้อของเครื่องจักรที่ใช้ ดังนั้นการวิเคราะห์ข้อมูลในการปรับลดความดันลมอัดจะมีลักษณะเหมือนกัน เช่นเดียวกัน

ดังนั้นจากการวิเคราะห์ทั้งหมด พบว่า พื้นที่หลักที่ต้องการหาแนวทางประหยัดพลังงาน ได้แก่ พื้นที่ผลิตโครงสร้างยาง , พื้นที่อบยาง และ พื้นที่ผลิตยางเครื่องบิน โดยส่วนใหญ่สามารถปรับลดการใช้งานมาที่ 5 บาร์ได้ นั่นหมายถึงแผนกสาธารณสุขปลอดภัยสามารถจ่ายลมอัดที่ความดัน 5 บาร์ ไปแต่ละพื้นที่ได้เลย แต่ยังมีบางส่วนของเครื่องในพื้นที่ผลิตโครงสร้างยาง และ พื้นที่อบยาง ที่ยังจำเป็นต้องใช้ลมอัด 7 บาร์ในการทำงานอยู่ ซึ่งแนวทางการลดพลังงานที่ได้กล่าวในข้อที่ 1 คือ จ่ายลมอัดทั้ง 5 และ 7 บาร์ไปยังเครื่องจักรทุกเครื่อง นั่นหมายถึง จะต้องมีการติดตั้งท่อลมเพิ่มเติมเพื่อจ่ายลมให้แก่เครื่องจักรแต่ละเครื่องเช่นกัน และในส่วนในพื้นที่ผสมสารเคมีและพื้นที่เตรียมยางจำเป็นต้องจ่ายลม 7 บาร์ดังเดิม ดังนั้นสรุปได้ว่า เครื่องจักรทั้งหมดในโรงงานมีความต้องการลมอัดที่ 2 ระดับความดัน คือ 5 บาร์ และ 7 บาร์นั่นเอง

การคำนวณผลประหยัดและเวลาการคุ้มทุน

การคำนวณผลประหยัด

การลดความดันลมอัดที่ผลิตจาก 7 บาร์ ลงมาที่ 5 บาร์ สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศในการผลิตอากาศอัดได้ โดยการคำนวณผลอนุรักษ์พลังงานมีดังนี้

จาก

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{(\gamma_1)^{\frac{(k-1)}{(n+1) \times k}} - 1}{(\gamma_2)^{\frac{(k-1)}{(n+1) \times k}} - 1} \quad [kW]$$

โดย L = Theoretical power [kW]

$$\gamma = \text{Compression ratio} = \frac{\text{Discharge pressure}}{\text{Suction pressure}}$$

k = Ratio of specific heat = 1.4

n = Number of intercooler

กำหนดให้

L_7 = กำลังไฟฟ้าของการผลิตลมอัด 7 บาร์

L_5 = กำลังไฟฟ้าของการผลิตลมอัด 5 บาร์

$n = 0$ (one stage compression)

$$\frac{L_7}{L_5} = \frac{\left(\frac{(0.7 + 0.1013)}{0.1013} \right)^{\frac{(1.4-1)}{(0+1) \times 1.4}} - 1}{\left(\frac{(0.5 + 0.1013)}{0.1013} \right)^{\frac{(1.4-1)}{(0+1) \times 1.4}} - 1}$$

$$\frac{L_7}{L_5} = 1.214$$

$$L_5 = \frac{L_7}{1.214}$$

การผลิตลมอัด 7 บาร์นั้น มีการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 6,575,445 kWh/year หรือ 273,976.88 kW/year

ดังนั้น การผลิตลมอัดที่ 5 บาร์ จะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าดังนี้

$$L_5 = \frac{273,976.88}{1.214} = 225,681.12 \text{ kW/year}$$

ซึ่งการลดความดันดังกล่าวสามารถประหยัดพลังงานได้เท่ากับ $273,976.88 - 225,681.12 = 48,295.76$ kW/year คิดเป็น 17.63%

ค่าใช้จ่ายทางไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้ = $48,295.76 \times 24 \times 3.2 = 3,709,114.37$ บาทต่อปี

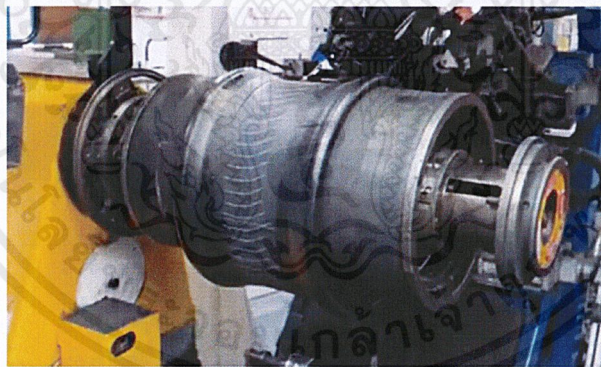
3.4 การปฏิบัติงาน

การที่จะปรับเครื่องอัดอากาศให้ผลิตลมอัดที่ 5 บาร์และจ่ายไปยังเครื่องจักรต่างๆได้นั้น จะต้องทำการทดลองปรับที่อุปกรณ์ลดแรงดันลมอัดที่หน้าเครื่องจักรแต่ละเครื่องก่อน เพื่อให้แน่ใจว่าเครื่องจักรเหล่านี้สามารถใช้ลมอัดที่ 5 บาร์ปฏิบัติงานได้จริง จึงทำการแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน คือ

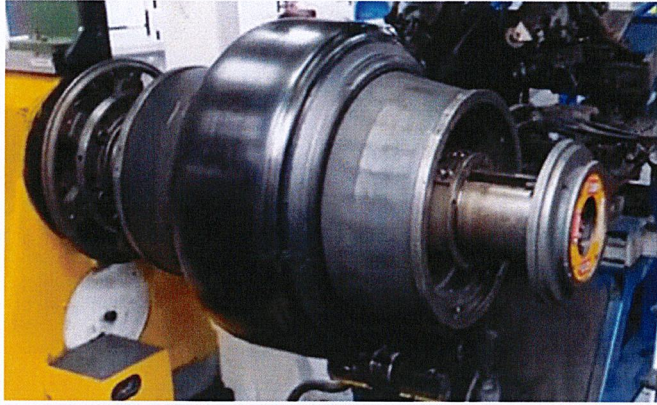
1. การปรับอุปกรณ์ลดแรงดันลมอัดที่เครื่องจักร
2. การปรับเครื่องอัดอากาศเพื่อผลิตลมอัด 5 บาร์

3.4.1 การปรับอุปกรณ์ลดแรงดันลมอัด

จากเดิมที่มีการใช้ลมอัดอยู่ที่ 7 บาร์ จะทำการปรับอุปกรณ์ลดแรงดันลมอัดให้อยู่ที่ 5 บาร์เพื่อทดสอบการทำงานของเครื่องจักร ยกเว้นเครื่องจักรในพื้นที่ผลิตโครงสร้างยางเนื่องจากเป็นเครื่องที่มีส่วนที่จำเป็นต้องใช้ลมอัด 7 บาร์ในการทำงานเท่านั้น คือส่วนของการเบ่งยางจาก carcass ให้เป็น bandage ซึ่งต้องใช้อัตราการไหลของลมสูงในการเบ่งยาง

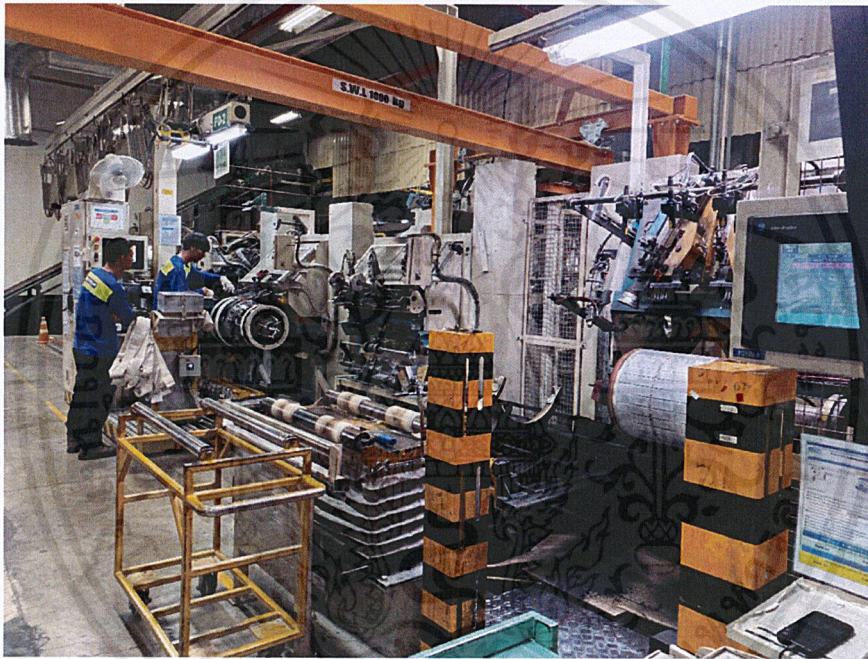


รูปที่ 3.3 เครื่องผลิต โครงสร้างยาง ตัดแผ่นยางส่วนๆต่างได้เป็นยาง carcass

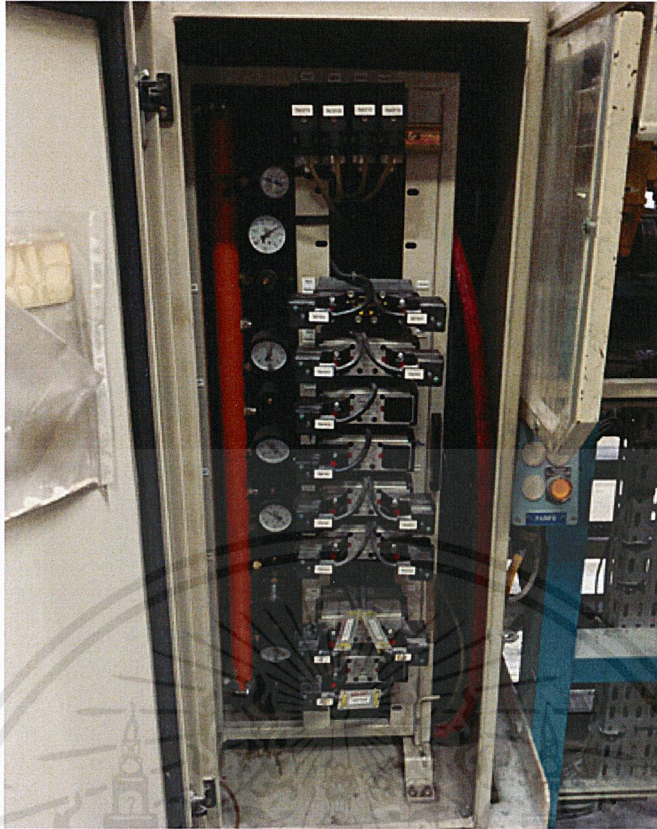


รูปที่ 3.4 เครื่องผลิต โครงสร้างยางอัดลมเข้าด้านในจนออกมาเป็นรูป bandage

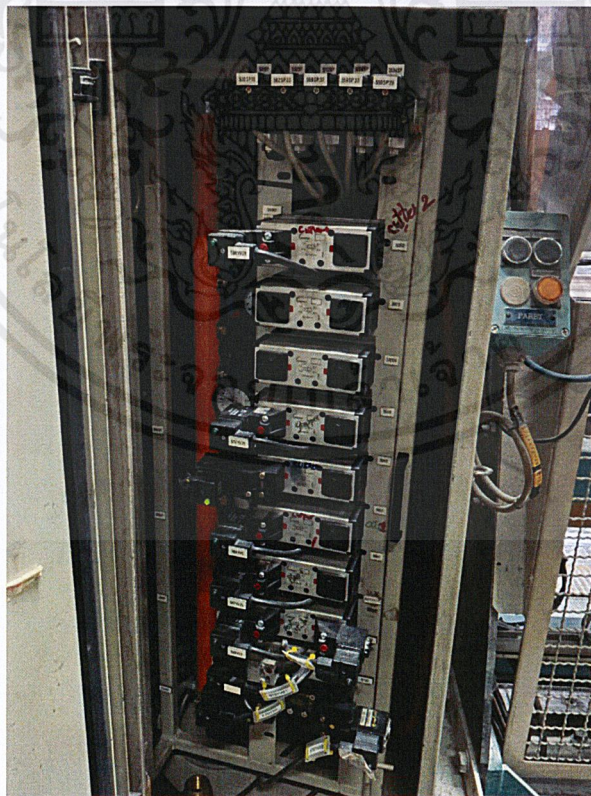
ตัวอย่างรูปเครื่องจักรในพื้นที่ต่างๆ และผู้ลมที่มีอุปกรณ์ลดแรงดันด้านใน



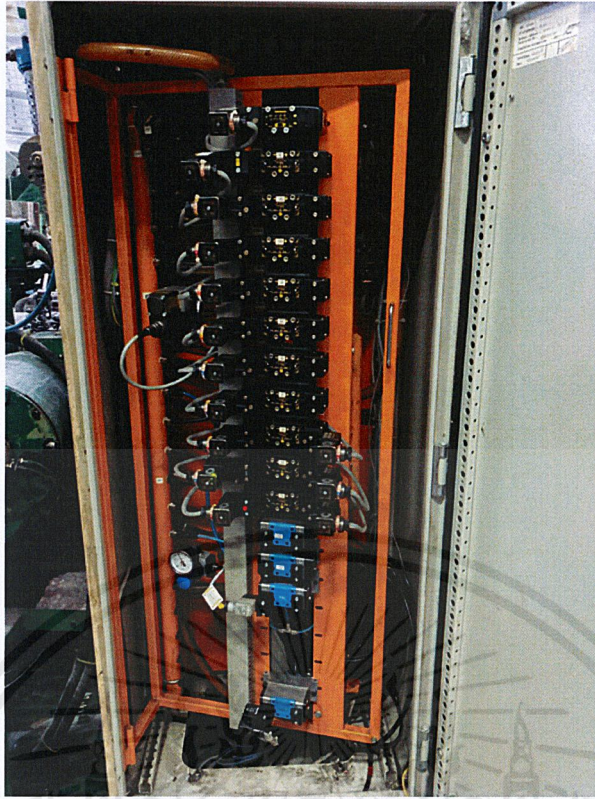
รูปที่ 3.5 เครื่องจักร EV2 ผลิต โครงสร้างยาง มีผลิตภัณฑ์คือ carcass



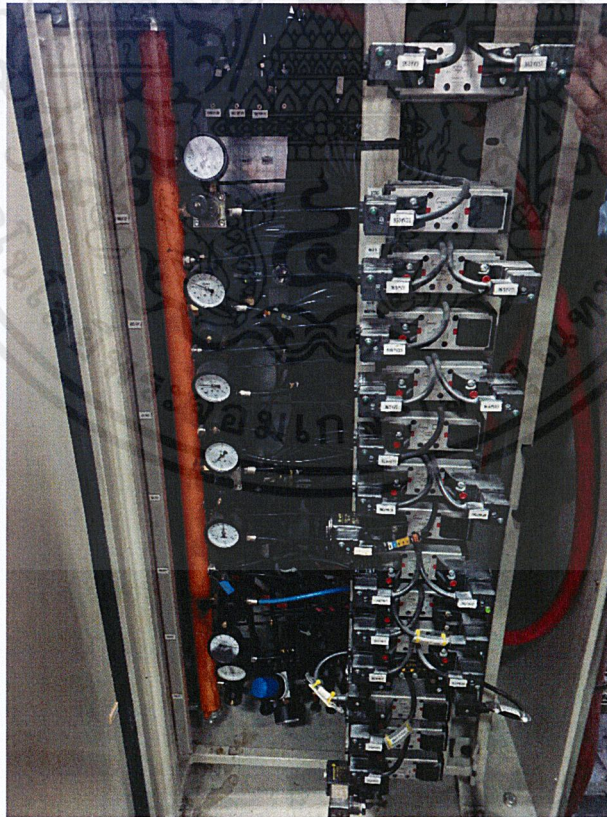
รูปที่ 3.6 ตู้ลม ในส่วน FE POSTE ของเครื่อง EV2



รูปที่ 3.7 ตู้ลมใน ส่วน BT POSTE ของเครื่อง EV2

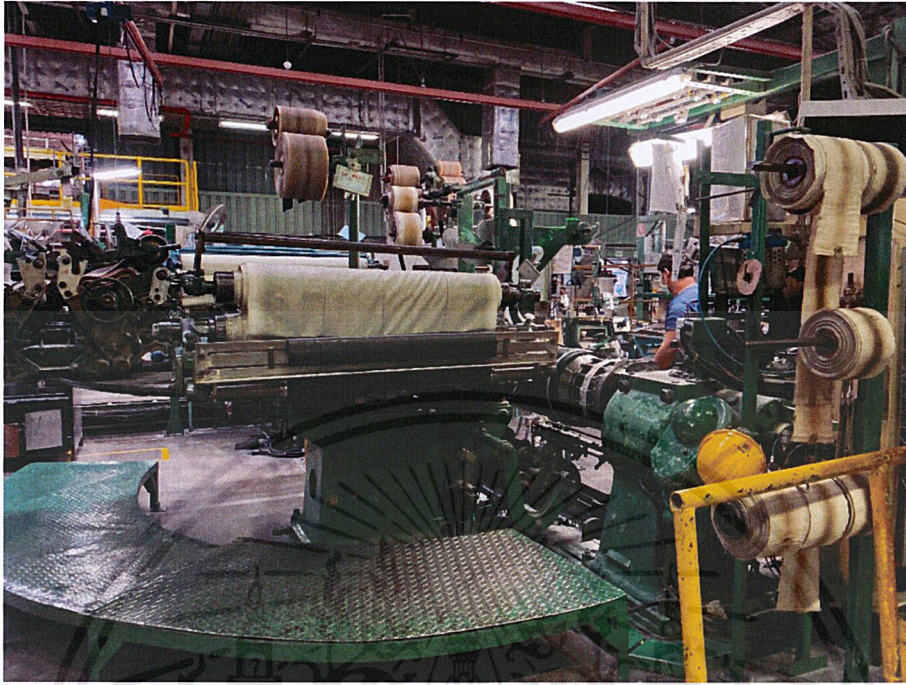


รูปที่ 3.8 ตู้ลมในส่วนCX1 POSTE ของเครื่อง EV2

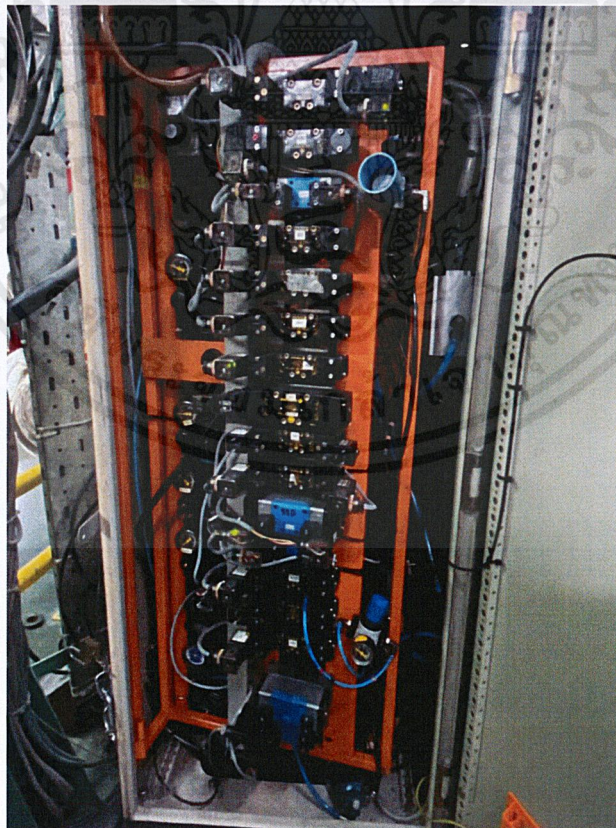


รูปที่ 3.9 ตู้ลมในส่วน RABATEUSE POSTE ของเครื่อง EV2

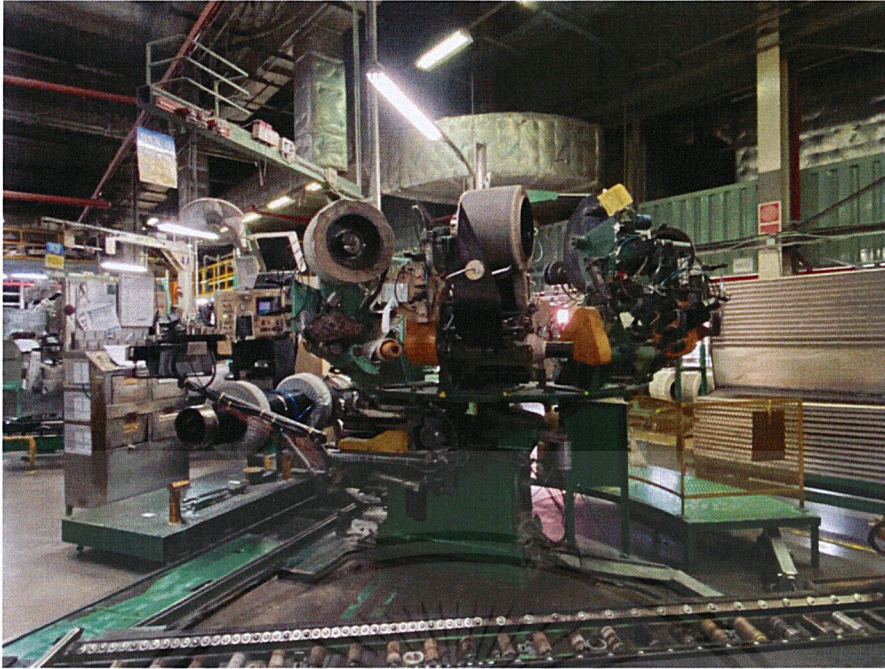
เครื่อง PAP คือ เครื่องที่มีผลิตภัณฑ์เป็น carcass เช่นเดียวกับ EV2 แต่ PAP เป็นเครื่องรุ่นเก่าที่มีมาตั้งแต่ก่อตั้งโรงงาน ซึ่งเครื่อง EV2 จะมีความทันสมัยและอัตโนมัติมากกว่า PAP



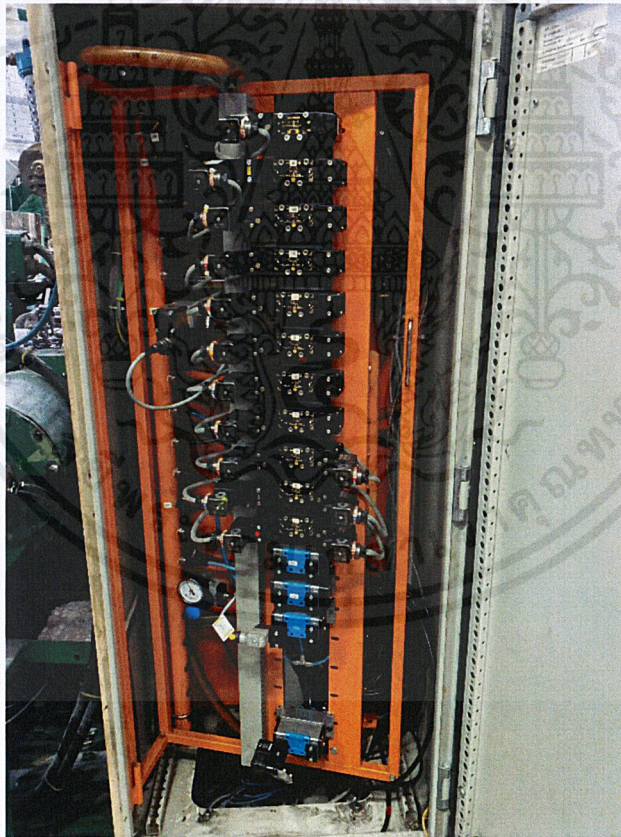
รูปที่ 3.10 เครื่องจักร PAP มีผลิตภัณฑ์ คือ carcass



รูปที่ 3.11 ตู้ลมเครื่อง PAP



รูปที่ 3.12 เครื่องจักร BNS มีผลิตภัณฑ์ คือ bandage และส่งต่อไปอย่างต่อไป



รูปที่ 3.13 ตู้ลมเครื่อง BNS

ก่อนที่จะทำการปรับลดความดันใดๆ หรือทำการเปลี่ยนความดันที่ง่ายให้เครื่องจักร จะต้องมีการทำเอกสารที่แสดงถึงปัญหาและความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นเมื่อลดความดันลมอัดเพื่อให้สามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แก้ปัญหาและป้องกันเหตุการณ์เหล่านั้นได้ล่วงหน้าหรือทันเวลา ซึ่งเอกสารที่นำมาแสดงนี้เป็นเพียงส่วนหนึ่งเท่านั้น วัตถุประสงค์หลัก คือ การตัดสินใจร่วมกันระหว่างวิศวกรที่ดูแลปฏิบัติงานและวิศวกรควบคุมคุณภาพการผลิตรายการกระทำเหล่านั้นจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของยางหรือไม่ ถ้าหากตอบคำถามในเอกสารทั้งหมดแล้วพบว่าไม่มีปัญหาใด หรือเป็นปัญหาที่สามารถแก้ไขได้ จึงจะสามารถปรับปรุงการผลิตความดันที่เครื่องจักรได้นั่นเอง โดยตัวอย่างของคำถามในเอกสารมีดังนี้

A	Understanding Affair	NO	YES
A1	The initial need is formalized by the project sponsor.		
A2	The functional specification is formalized		
A3	The new process is known		
A4	The new process is documented.		
A5	The request will have no impact other processes		
A6	Is the affair thoroughly described , ensuring that the impact can be accurately assessed ,leading to appropriate level of validation.		

ตารางที่ 3.8 เอกสาร Initial Impact

แผนงานของการทำเอกสารและการปรับเครื่องจักรในแต่ละพื้นที่มีดังนี้

พื้นที่ปฏิบัติงาน	ตุลาคม					พฤศจิกายน					ธันวาคม				
	w.40	w.41	w.42	w.43	w.44	w.45	w.46	w.47	w.48	w.49	w.50	w.51	w.52		
พื้นที่ผลิตโครงสร้างยาง															
-เครื่องโถ A,B,C															
-เครื่องโถ D,E,F															
พื้นที่อบยาง															
-เครื่องอบยาง															
-เครื่องตรวจสอบคุณภาพหลังการอบ															
พื้นที่เตรียมเครื่องบด															
-เครื่องตรวจสอบคุณภาพหลังการอบ(ยางใหม่)															
-เครื่องตรวจสอบคุณภาพหลังการอบ(ยางเหลือคอก)															
-พื้นที่เตรียมยางเวดิต															
-เครื่องอบยาง															
-เครื่องผลิตโครงสร้างยางเวดิต															
-เครื่องผลิตโครงสร้างยางไบเอส															

ตารางที่ 3.9 แสดงแผนงานของการปรับเครื่องจักรในพื้นที่ต่างๆ

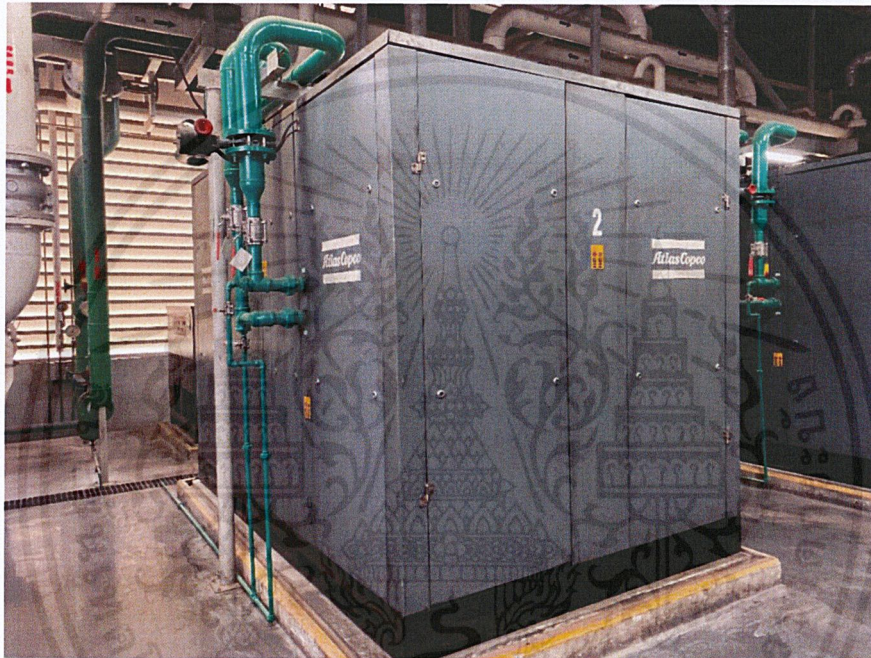
โดยที่ ■ หมายถึง การเตรียมเอกสาร , ■ หมายถึง การปรับปรุงการผลิตแรงดันลมที่เครื่อง

เมื่อทำเอกสารครบทุกชั้นตอนแล้ว ต่อไปจะจึงเริ่มทำการทดลองปรับอุปกรณ์ลดแรงดันลมโดยวิศวกรซ่อมบำรุงของแต่ละพื้นที่และเก็บผลการทำงานของเครื่องจักรว่าทำงานปกติหรือไม่

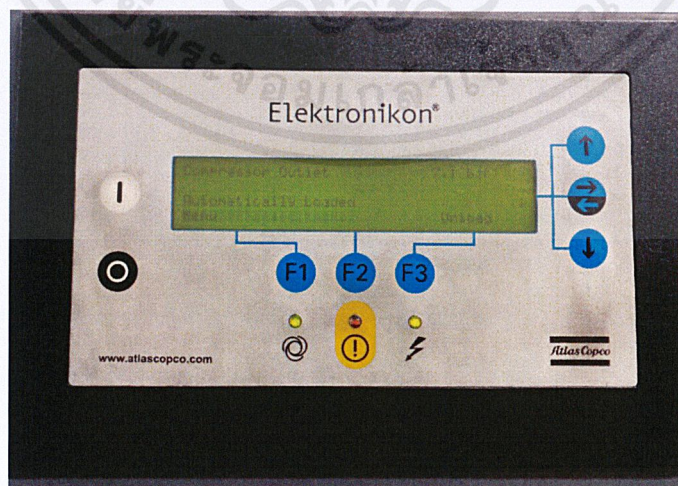
3.4.2 การปรับเครื่องอัดอากาศ

การติดตั้งท่อลมทั้งหมดนั้นจะต้องเสร็จสิ้นก่อนแล้วจึงปรับการผลิตลมอัดที่เครื่องอัดอากาศ ซึ่งการติดตั้งนี้ต้องทำการในวันที่หยุดการผลิตทั้งหมด หรือ วันซัปดาห์โรงงาน ซึ่งก็คือวันหยุดในช่วงเทศกาลปีใหม่ 2562 นี้

ปัจจุบันเครื่องอัดอากาศผลิตลมอัดอยู่ที่ 7.1 บาร์ ดังนี้



รูปที่ 3.14 เครื่องอัดอากาศ 250 kW



รูปที่ 3.15 จอมอนิเตอร์ของเครื่องอัดอากาศ

ระหว่างที่ทำการปรับปรุงกรณีลดความดันที่เครื่องจักรเพื่อทดสอบว่าไม่มีปัญหาใดๆในขณะที่เครื่องจักรทำงาน และ ไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของยางนี้ ทางผู้รับเหมาจะทำการติดตั้งท่อในบางส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องกับบริเวณของพื้นที่การผลิต เนื่องจากสามารถติดตั้งในวันธรรมดาได้ และเมื่อถึงวันซัปดาห์ของโรงงานซึ่งก็คือ วันหยุดช่วงเทศกาลปีใหม่ ทางผู้รับเหมาจะทำการติดตั้งท่อในส่วนที่เข้าใกล้พื้นที่การผลิตทั้งหมด และจะทำการปรับเครื่องอัดอากาศให้ทำการผลิตอากาศอัด 5 บาร์ ซึ่งทั้งการติดตั้งและการปรับเครื่องอัดอากาศในวันหยุดดังกล่าวอยู่นอกระยะเวลาการทำสหกิจศึกษา ดังนั้น ทางผู้จัดทำโครงการจึงทำการร่างแบบท่อและกำหนดรายละเอียดที่ต้องการส่งผู้รับเหมาเพื่อขอใบเสนอราคา และนำไปนำเสนอเพื่อขอของบประมาณมาทำการติดตั้งดังกล่าว

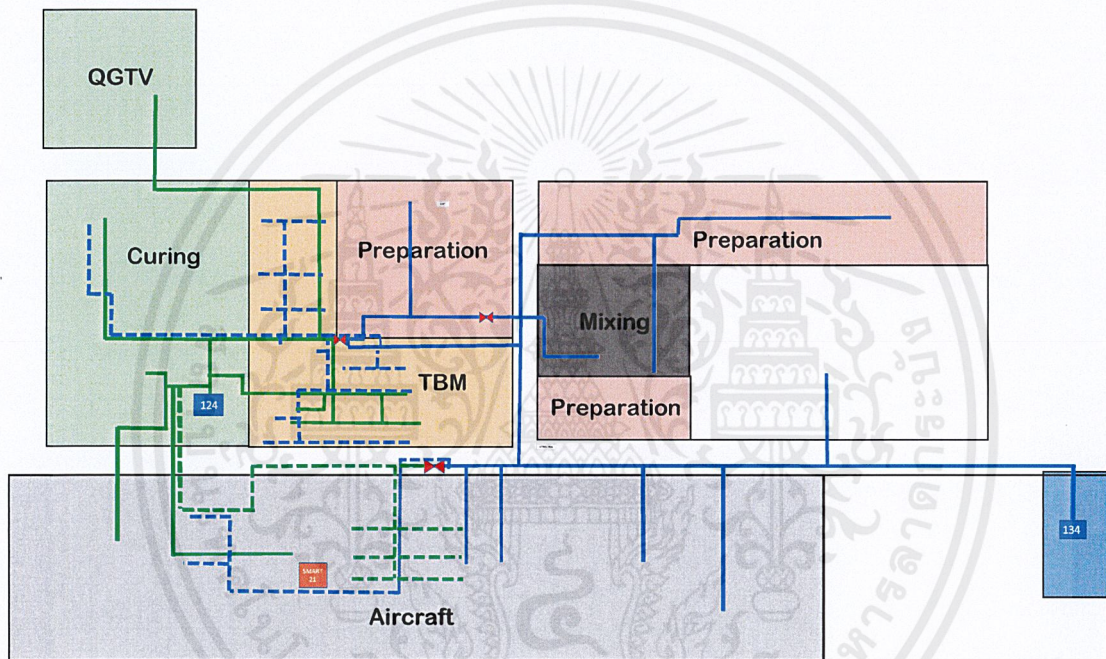


บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 แนวท่อลมอัดภายในโรงงาน

จากแนวทางการประหยัดพลังงานที่ได้ คือ จ่ายลมอัดที่ 2 ระดับความดัน ซึ่งการกระทำดังกล่าวจะต้องมีการติดตั้งท่อลมอัดเพิ่มเติมเพื่อจ่ายความดันทั้งสอง ซึ่งแนวท่อลมอัดใหม่มีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 4.1 แนวท่อลมอัดที่มีการแยกแหล่งจ่ายเป็น 2 แหล่ง

ท่อเส้นทึบ สีเขียว หมายถึง ท่อลมเดิมที่จ่ายลม 5 บาร์

ท่อเส้นทึบ สีฟ้า หมายถึง ท่อลมเดิมที่จ่ายลม 7 บาร์

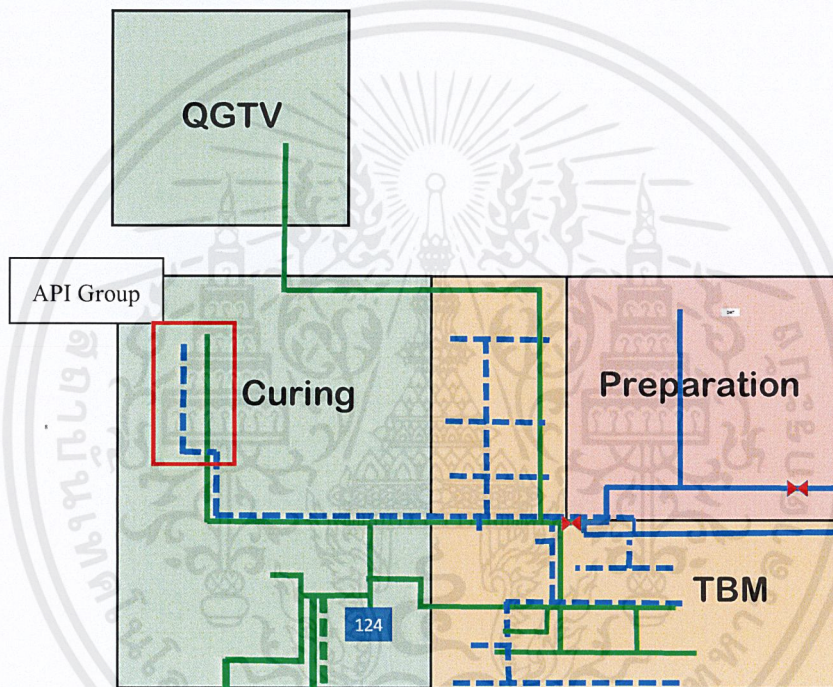
ท่อเส้นประสีเขียว หมายถึง ท่อลมที่ติดตั้งใหม่เพื่อจ่ายลม 5 บาร์

ท่อเส้นประสีฟ้า หมายถึง ท่อลมที่ติดตั้งใหม่เพื่อจ่ายลม 7 บาร์

วาล์วสีแดง หมายถึง Control valve

จากภาพข้างต้น อาคารสาธารณูปโภคที่ 1 ใกล้เคียงกับพื้นที่ผลิตโครงสร้างยาง , พื้นที่อบยาง และพื้นที่ผลิตยางเครื่องบินบางส่วน จึงเลือกอาคารนี้ใช้ผลิตลมอัดที่ 5 บาร์ และส่งไปยังพื้นที่ต่างๆ ส่วนอาคารสาธารณูปโภคที่ 2 ใกล้เคียงกับพื้นที่ผสมสารเคมีที่ไม่สามารถลดความดันลงได้ จึงใช้อาคารนี้ผลิตลมอัด 7 บาร์จ่ายให้แก่พื้นที่ผสมสารเคมีและพื้นที่เตรียมยาง โดยใช้control valveแบ่งกันความดันทั้งสอง

ในบริเวณพื้นที่ผลิตโครงสร้างยางที่ต้องการลมอัด 7 บาร์ ในบางส่วน จึงจำเป็นจะต้องเดินท่อลมเพิ่มไปยังเครื่องต่างๆ โดยเดินคู่ขนานไปกับท่อลมเดิม ซึ่งท่อที่กล่าวมานี้คือเส้นประสีฟ้าดังรูป และในส่วนของพื้นที่อบยางมีเพียงกลุ่มเครื่องจักร API เท่านั้นที่ลดความดันที่ใช้งานลงไม่ได้ จึงทำการเดินท่อใหม่เพื่อจ่ายลม 7 บาร์ให้แก่เครื่องจักรกลุ่มนี้



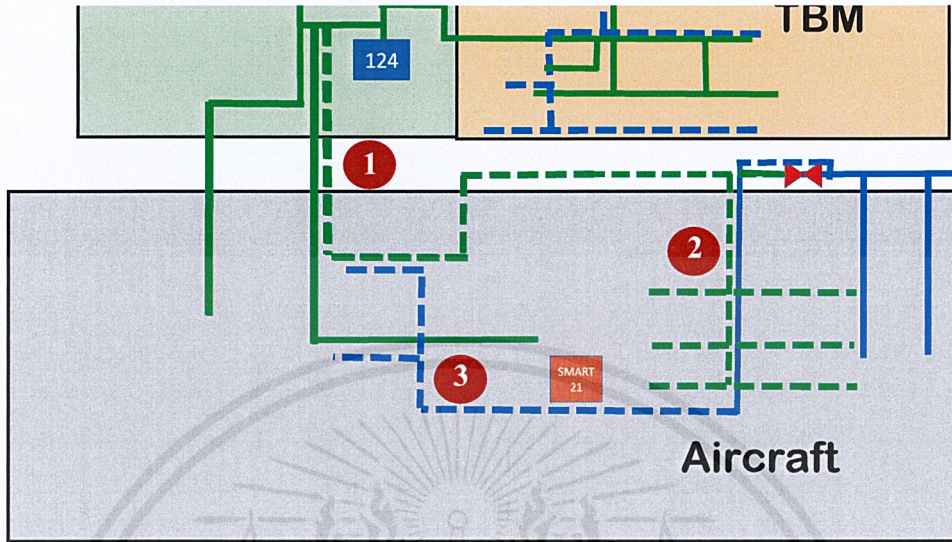
รูปที่ 4.2 แนวท่อลมอัดพื้นที่ผลิต โครงสร้างยางและพื้นที่อบยาง

ส่วนสุดท้าย คือ พื้นที่ผลิตยางเครื่องบิน ในบริเวณทั้งหมดนี้มีทั้งเครื่องผลิตโครงสร้างยาง และเครื่องอบยางเหมือนกับฝั่งของการผลิตยางรถบรรทุก เพราะฉะนั้นแนวทางในการปรับปรุงก็จะคล้ายกัน โดยบริเวณพื้นที่ด้านซ้าย ท่อเดิมจะจ่ายลมอัด 5 บาร์ที่มาจากอาคารสาธารณูปโภคที่ 1

ท่อเส้นที่ 1 เส้นประสีเขียว คือท่อที่จ่ายลม 5 บาร์ เดินเพิ่มจากอาคารสาธารณูปโภคที่ 1

ท่อเส้นที่ 2 เส้นประสีเขียว เป็นท่อที่supplyลมอัด 5 bars เนื่องจากท่อเดิมจะsupply ลมอัด 7 bars ซึ่งเครื่องจักรของ TBM aircraftนี้สามารถลดการใช้งานมาที่ 5 barsได้บางส่วนจึงเดินท่อลม 5 barsเพิ่ม

ท่อเส้นที่ 3 เส้นประสีฟ้า เป็นการเดินท่อเพิ่มไปยังพื้นที่ผลิตโครงสร้างยางไบแอส เนื่องจากท่อเดิมจะจ่ายลมอัด 5 บาร์ และตามที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นว่าเครื่องจักรที่ผลิตโครงสร้างยางไม่สามารถลดความดันที่ใช้งานได้ จึงต้องเดินท่อลม 7 บาร์เพิ่มเติมเพื่อจ่ายไปยังเครื่องในพื้นที่ข้างต้น



รูปที่ 4.3 แนวท่อลมอัดพื้นที่ผลิตยางเครื่องบิน

การป้องกันการเกิดความดันตกภายในท่อลมอัด

เนื่องจากผลที่ได้ของโครงการนี้จะเป็นการแยกความดันลมอัดที่ผลิตออกเป็น 2 ความดัน คือ อาคารที่ 1 ผลิต 5 บาร์ อาคารที่ 2 ผลิต 7 บาร์ จากเดิมที่ทั้ง 2 อาคารผลิตและส่งลมอัด 7 บาร์ไปทั่วถึงกัน ดังนั้น ระยะเวลาที่ส่งลมอัดไปจะไกลขึ้น เช่น อาคารที่ 2 อยู่ที่โรงงานผลิตลมอัด 7 บาร์ส่งไปให้เครื่องจักรที่พื้นที่อบยางซึ่งอยู่ต้นโรงงาน ผลที่ตามมาคือเกิดการเกิดความดันตกภายในท่อลม ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อการทำงานของเครื่องจักรได้ ดังนั้น การป้องกันการเกิดปัญหาเหล่านี้ วาล์วที่ใช้สำหรับแบ่งกันลมอัดทั้ง 2 ความดันจึงเลือกใช้เป็น คอนโทรลวาล์ว โดยฟังก์ชันการทำงาน คือ หากลมอัดที่ความดัน 5 บาร์ตกลง คอนโทรลวาล์วจะเปิดเพื่อส่งความดัน 7 บาร์มาสนับสนุน แต่ถ้าหากความดันทางด้าน 7 บาร์ตกลง เครื่องอัดอากาศที่อาคารสาธารณูปโภค 1 จะทำการผลิตลมอัดที่ 7 บาร์ทันที

การติดตั้งท่อทั้งหมดนี้ได้ถูกประเมินราคาโดยผู้รับเหมา ซึ่งมีค่าใช้จ่ายอยู่ที่ 3,000,000 บาท ดังนั้น ระยะเวลาการคืนทุนของโครงการนี้ คือ

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน(Pay back period)} = \frac{\text{เงินลงทุน}}{\text{ผลตอบแทนจากการลงทุน}}$$

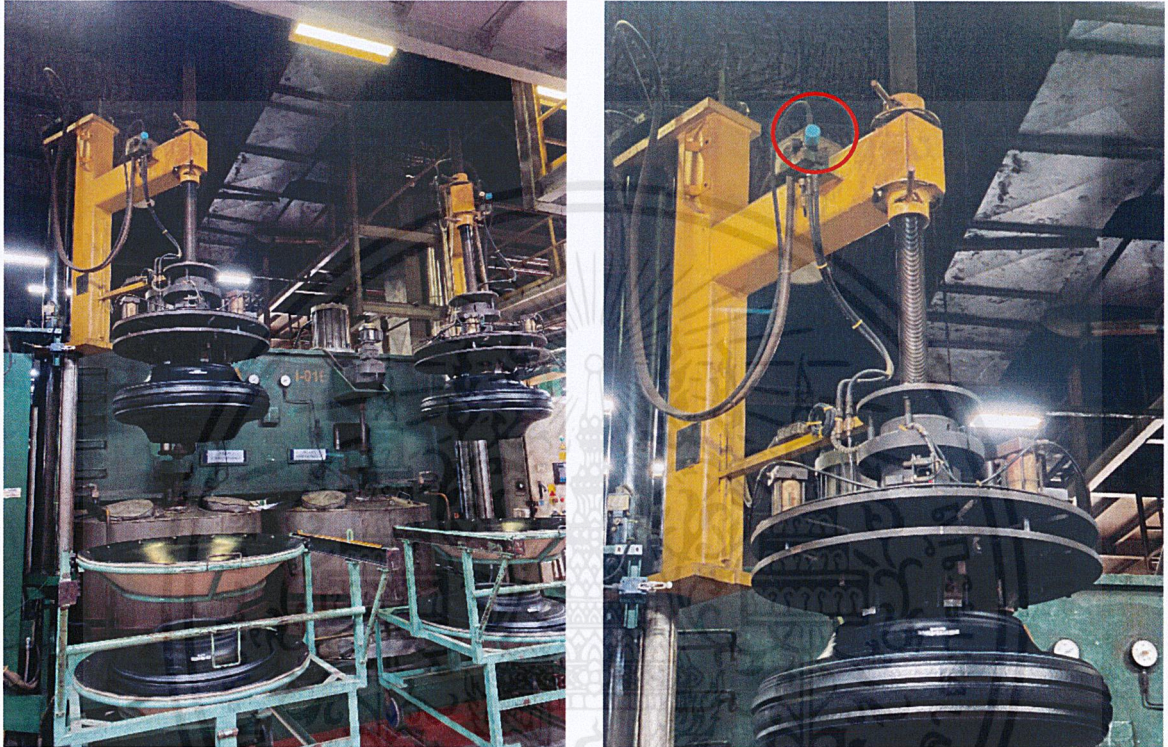
เงินลงทุนของโครงการนี้ คือ ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งท่อลมอัดเป็นจำนวน 3,000,000 บาท

$$\text{ดังนั้น ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{3,000,000}{3,709,114.37} = 0.81 \text{ ปี หรือ } 9.7 \text{ เดือน}$$

4.2 การปรับปรุงการผลิตแรงดันลมในพื้นที่อบยางรถบรรทุก

เครื่องจักรในพื้นที่ที่มีหลายยี่ห้อด้วยกัน เช่น Sino , Sanming , FAUR , API , LARSER , Mcneil เป็นต้น และแบ่งเป็นไลน์การผลิตตั้งทั้งหมด 13 ไลน์ โดยการปรับนี้จะทำการปรับตามยี่ห้อ ยี่ห้อละ 1 เครื่อง

4.1.1 FAUR



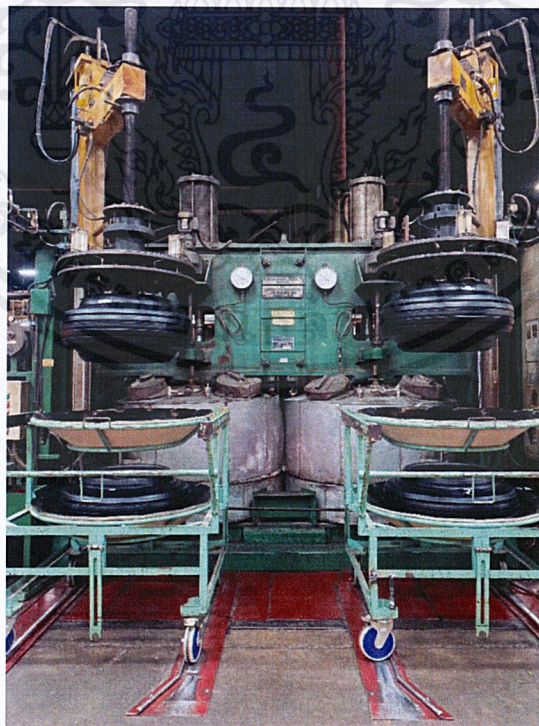
รูปที่ 4.4 เครื่องอบยางยี่ห้อ FAUR และอุปกรณ์สื่อ

4.1.2 Mcneil



รูปที่ 4.5 เครื่องอบยางยี่ห้อ Mcneil

4.1.3 LARSER



รูปที่ 4.6 เครื่องอบยางยี่ห้อ LARSER

ในส่วนเครื่องที่ยังไม่สามารถปรับลดได้ คือ

1. ยี่ห้อ API เนื่องจากปัจจุบันเครื่องมีการใช้ลมจากท่อเมนโดยตรง ไม่ผ่านอุปกรณ์ปรับลดใดๆ จึงจะต้องการทำตัดท่อเมนเพื่อติดตั้งอุปกรณ์ลดแรงดันก่อนจึงจะทำการทดลองได้
2. ยี่ห้อ Sanming เป็นเครื่องจักรที่อยู่ในระหว่างการติดตั้ง
3. ยี่ห้อ Sino เป็นเครื่องที่จำเป็นต้องใช้ลมอัดสูง (มากกว่า 5 บาร์)

เครื่องที่ทดลองปรับแล้ว คือ ยี่ห้อ FAUR , Mcneil และ LARSER ซึ่งถ้าทำการปรับลดทั้งหมด จะสามารถทำได้ทั้งสิ้น 37 เครื่อง จากทั้งหมด 81 เครื่อง

4.2 การปรับลดความดันในพื้นที่ผลิตยางเครื่องบิน

พื้นที่การผลิตยางเครื่องบินแบ่งออกเป็น 8 พื้นที่ย่อย คือ

1. Preparation Radial พื้นที่เตรียมยางเรเดียล
2. TBM Bias พื้นที่ผลิตโครงสร้างยางไบแอส
3. TBM Radial พื้นที่ผลิตโครงสร้างยางเรเดียล
4. Curing line BOM เครื่องอบยางชนิด BOM
5. Curing line API เครื่องอบยางชนิด API
6. After cure new tire พื้นที่ตรวจสอบคุณภาพยางใหม่
7. Before cure retread พื้นที่เตรียมยางล้อดอก
8. After cure retread พื้นที่ตรวจสอบคุณภาพยางล้อดอก

การปรับในพื้นที่ผลิตยางเครื่องบินทำได้เฉพาะบางจุด โดยจะทำการปรับได้เพียงเครื่องที่ไม่มีผลต่อการผลิตยางก่อน เนื่องจากยังต้องรอเอกสารต่างๆถูกอนุมัติให้เรียบร้อยแล้วจึงจะทำการปรับตามแผนต่อไป เช่น เครื่องในส่วนของการตรวจสอบคุณภาพยางหลังการอบ เป็นต้น ซึ่งเครื่องตัวอย่างในรูปนี้ คือ เครื่อง Inspection



รูปที่ 4.7 Inspection machine

หากการติดตั้งท่อลมอัดเสร็จสิ้น และเครื่องอัดอากาศภายในอาคารสาธารณูปโภคที่ 1 ผลิตลมอัดที่ความดัน 5 บาร์ได้เรียบร้อยแล้ว จะทำให้โครงการนี้ประหยัดพลังงานได้ทั้งหมด 48,295.76 kW/year คิดเป็น 17.63% ของพลังงานที่ใช้ผลิตลมอัดก่อนการทำโครงการ และค่าใช้จ่ายทางไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้ = $48,295.76 \times 24 \times 3.2 = 3,709,114.37$ บาทต่อปี

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

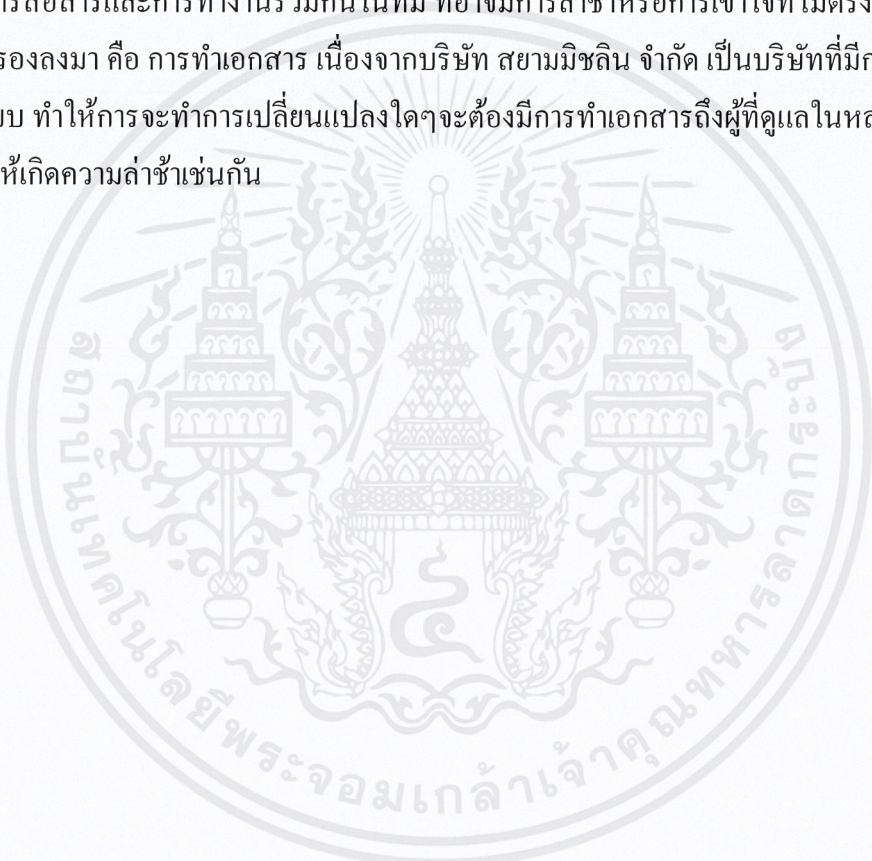
5.1 ความเสี่ยงที่อาจจะเกิดระหว่างหรือหลังการปรับปรุงระบบ

ความเสี่ยง	สาเหตุ	ผลกระทบ	การป้องกันและแก้ไข
โครงการเกิดความล่าช้า	เกิดจากความล่าช้าของการนำเสนอของงบประมาณ , การติดต่อประสานงานระหว่างแผนก , การส่งมอบเครื่องจักร , การติดตั้งหรือซ่อมแซมเครื่องจักร	ไม่สามารถประหยัดงบประมาณของพลังงานได้ตามเป้าหมายที่กำหนดไว้	ติดตามงานให้อยู่ในขอบเขตเวลาที่กำหนด
ความดันตก	เนื่องจากผลของโครงการนี้คือการแยกจ่ายลมอัดเป็น 2 ความดันจาก 2 แหล่งจ่าย ทำให้เครื่องจักรบางตัวอยู่ไกลจากแหล่งจ่ายมากขึ้น	เกิดความดันตก	- ติดตั้งคอนโทรลวาล์ว - ติดตั้งท่อจ่ายลมเพิ่ม - ศึกษาการติดตั้ง Accumulator tank
อัตราการไหลของลมอัด	การลดความดันลงทำให้อัตราการไหลของลมอัดลดตามลงด้วย	การทำงานของเครื่องจักรใช้ระยะเวลาเวลานานขึ้น	ติดตั้ง Accumulator tank
ค่าใช้จ่ายของพลังงาน	ราคาน้ำมันในตลาด	ไม่สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับพลังงานได้ตามเป้าหมาย	ศึกษาหาการประหยัดพลังงานวิธีอื่นเพื่อนำมาทดแทน
งบประมาณสำหรับการติดตั้ง	การวางแผนการทำงานไม่ครอบคลุม มีค่าใช้จ่ายที่ไม่อยู่ในแผนงาน	งบประมาณเกินที่กำหนด	ควบคุมการทำงานของผู้รับเหมา ติดตามการทำงานไม่ให้เกินเวลาที่กำหนด

ตาราง 5.1 การประเมินความเสี่ยงเบื้องต้น

5.2 อุปสรรคในการทำงาน

การทำโครงการทั้งหมดนี้ จำเป็นจะต้องใช้ความช่วยเหลือจากบุคคลในหลายตำแหน่งและหลายพื้นที่ เพราะ การจะเข้าไปปรับปรุงนั้น มีส่วนเกี่ยวข้องกับเครื่องจักรในหลายพื้นที่เช่นกัน โดยทีมหลักในการทำงานคือ วิศวกรซ่อมบำรุง เนื่องจากบุคคลเหล่านี้มีความชำนาญและเข้าใจเครื่องจักรแต่ละเครื่องเป็นอย่างดี สามารถมองเห็นปัญหาที่เกิดหากมีการปรับปรุงใดๆ และส่วนต่อไป คือ วิศวกรควบคุมคุณภาพการผลิต การผลิตขึ้นยางต่างๆ และเนื่องด้วยผลของโครงการนี้จะต้องมีการปรับลดความดันลง วิศวกรควบคุมคุณภาพการผลิตจึงต้องมีส่วนในการตัดสินใจว่าการกระทำต่างๆมีผลต่อคุณภาพหรือไม่ ทำให้ทีมในการทำโครงการมีบุคคลที่เกี่ยวข้องจำนวนมาก ดังนั้น อุปสรรคในการทำงานที่มักพบเจอบ่อยครั้ง คือ การสื่อสารและการทำงานร่วมกันในทีม ที่อาจมีการล่าช้าหรือการเข้าใจที่ไม่ตรงกัน และอุปสรรคที่พบรองลงมา คือ การทำเอกสาร เนื่องจากบริษัท สยามมิชลิน จำกัด เป็นบริษัทที่มีการบริหารจัดการเป็นระบบ ทำให้การจะทำการเปลี่ยนแปลงใดๆจะต้องมีการทำเอกสารถึงผู้ที่เกี่ยวข้องในหลายๆฝ่าย ซึ่งก็มีส่วนทำให้เกิดความล่าช้าเช่นกัน



เอกสารอ้างอิง

- [1] ระบบอากาศอัด [ระบบออนไลน์].แหล่งที่มา<http://energyauditorthai.com/wp-content/uploads/2017/01/05-บทที่-4-ระบบอัดอากาศ.pdf>(16 ตุลาคม 2562)
- [2] การทำงานของเครื่องอัดลมแบบสกรู [ระบบออนไลน์].แหล่งที่มา<https://www.kaowna.co.th/เครื่องอัดลมแบบสกรู>(15 ตุลาคม 2562)
- [3] กระบวนการผลิตยางรถยนต์ [ระบบออนไลน์].แหล่งที่มา https://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php?bookID=258&pageid=21&read=true&count=true (15 พฤศจิกายน 2562)
- [4] การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในระบบอากาศอัด [ระบบออนไลน์].แหล่งที่มา <http://kb.psu.ac.th/psukb/bitstream/2016/10594/3/Nonthaphon%20Rotchanaphitthayakun.pdf> (16 ตุลาคม 2562)
- [5] การจัดการพลังงานของระบบอัดอากาศ ใน โรงงานอุตสาหกรรมผลิตขวดแก้ว [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://www.tci-thaijo.org/index.php/journal_sct/article/view/83315(16 ตุลาคม 2562)
- [6] A review on compressed-air energy use and energy savings [ระบบออนไลน์].แหล่งที่มา <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032109002755>(16 ตุลาคม 2562)