กรมพัฒนาพลังงานทดแทน
และอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน

คู่มือผู้เรียน
สาขาวิชาช่างยนต์
ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

1. วิชา งานเครื่องยนต์ดีเซล
2. วิชา เชื้อเพลิงและวัสดุหล่อลื่น

3. วิชา เครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ
4. วิชา นิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์เบื้องต้น

โครงการพัฒนาหลักสูตรการอนุรักษ์พลังงาน
และพลังงานทดแทน
สำหรับสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

คู่มือผู้เรียน

สาขาวิชาช่างยนต์

ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

วิชางานเครื่องยนต์ดีเซล	(2101-2002)
วิชาเชื้อเพลิงและวัสดุหล่อลื่น	(2101-2006)
วิชาเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ	(2101-2008)
วิชานิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์เบื้องต้น	(2100-1009)

โครงการพัฒนาหลักสูตรการอนุรักษ์พลังงาน
และพลังงานทดแทน
สำหรับสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
โดย กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
เมษายน 2558

คำนำ

โครงการพัฒนาหลักสูตรการอนุรักษ์พลังงานและพลังงานทดแทนสำหรับสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา เป็นโครงการความร่วมมือระหว่างกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ (มจพ.) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ ปรับปรุง พัฒนา Simulation Program หรือ สื่อ e-learning และสื่อการสอน ชุดคู่มือผู้สอน ชุดคู่มือผู้เรียน ด้านไฟฟ้าและด้านเครื่องกลที่ใช้สำหรับประกอบการเรียนการสอนในสาขาช่างอุตสาหกรรม (ที่เกี่ยวข้องกับพลังงาน) สำหรับสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษาสำหรับใช้สอนนักเรียน นักศึกษาอาชีวศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) และระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพขั้นสูง (ปวส.) โดยสอดคล้องกับหลักสูตรของอาชีวศึกษาที่พัฒนาขึ้นใหม่และไม่เป็นภาระแก่ครูผู้สอน และเพื่อทดสอบหลักสูตรและสื่อที่พัฒนาขึ้นให้กับครูผู้สอนที่ได้รับการคัดเลือกจากสถาบันการอาชีวศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) และระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพขั้นสูง (ปวส.)

การดำเนินการโครงการมีกระบวนการในการพิจารณาคัดเลือกรายวิชาในหลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2556 ในสาขาวิชาช่างยนต์และสาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง และในหลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) พุทธศักราช 2557 ในสาขาวิชาเทคนิคเครื่องกลและสาขาวิชาไฟฟ้า อีกทั้งมีการดำเนินการพิจารณาคัดเลือกหน่วยวิชา จัดทำและพัฒนาสื่อการเรียนการสอน คู่มือผู้สอน คู่มือผู้เรียน และคู่สื่อ ทดสอบและปรับปรุงจนสำเร็จเรียบร้อย

การดำเนินโครงการในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ด้วยความร่วมมือจากหลายๆ หน่วยงาน ทั้งกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ (มจพ.) สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) รวมทั้งผู้เชี่ยวชาญและคณาจารย์จากสถานศึกษาอาชีวศึกษา ที่ได้ร่วมกันพิจารณาและปรับปรุงจนสื่อการเรียนการสอนและคู่มือต่างๆ มีความครบถ้วนสมบูรณ์

เมษายน 2558

สารบัญ

หน้า

คำนำ

สารบัญ i

รายวิชาที่ 1 : งานเครื่องยนต์ดีเซล

1. จุดประสงค์สาขาวิชา 1-ก
2. แผนการจัดการเรียนรู้ 1-ข
3. หน่วยการสอน 1-ค
4. เกณฑ์การประเมินผล 1-ง
5. ใบสาระการเรียน 1-1
6. สาระสำคัญประจำหน่วย 1-2
7. คำศัพท์เบื้องต้นที่ควรรู้ 1-3
8. วัฏจักรดีเซลตามทฤษฎี 1-5
9. หลักการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล 1-9
10. จังหวะการทำงานของลิ้น (Valve timing diagram) 1-14
11. ระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์ดีเซล 1-15
12. กระบวนการเผาไหม้และกราฟความดันในห้องเผาไหม้ 1-19
13. ลักษณะการฉีดน้ำมันดีเซล 1-21
14. คุณลักษณะและข้อดีข้อเสียของเครื่องยนต์ดีเซล 1-22
15. การอนุรักษ์พลังงานของเครื่องยนต์ดีเซล 1-23
16. แบบประเมินผลการเรียน 1-25

รายวิชาที่ 2 : เชื้อเพลิงและวัสดุหล่อลื่น

1. จุดประสงค์สาขาวิชา 2-ก
2. แผนการจัดการเรียนรู้ 2-ข
3. หน่วยการสอน 2-ค
4. เกณฑ์การประเมินผล 2-ง
5. ใบสาระการเรียน 2-1
6. ก๊าซชีวภาพ 2-2
7. การปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพ 2-4
8. การย่อยสลายสารอินทรีย์ 2-5
9. กระบวนการผลิตและประโยชน์ของก๊าซชีวภาพ 2-6
10. รูปแบบบ่อหมักก๊าซชีวภาพสาหรับฟาร์มสุกร 2-7
11. เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพ 2-8
12. ประโยชน์ของก๊าซชีวภาพ 2-11

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

13. การออกแบบและความปลอดภัยในระบบการผลิตก๊าซชีวภาพ 2-17
14. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตก๊าซชีวภาพ 2-20
15. แบบประเมินผลการเรียน 2-21

รายวิชาที่ 3 : เครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ

1. จุดประสงค์สาขาวิชา 3-ก
2. แผนการจัดการเรียนรู้ 3-ข
3. หน่วยการสอน 3-ค
4. เกณฑ์การประเมินผล 3-ง
5. ใบสาระการเรียน 3-1
6. กฎของการทำความเย็น 3-2
7. ธรรมชาติของอากาศ 3-2
8. ความกดดันบรรยากาศ 3-2
9. ความสุขสบายของร่างกาย 3-2
10. การถ่ายเทความร้อนของร่างกาย 3-3
11. วงจรทางกลการทำความเย็นแบบอัดไอ 3-4
12. วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ 3-6
13. อุปกรณ์หลักของระบบการทำความเย็นแบบอัดไอ 3-7
14. ประสิทธิภาพการทำความเย็น 3-11
15. การเลือกวาล์วลดความดันให้เหมาะสม 3-14
16. ชนิดของวาล์วลดความดัน 3-15
17. การเดินท่อน้ำยาให้เหมาะสม 3-18
18. แนวทางการประหยัดพลังงานสำหรับระบบทำความเย็น 3-21
19. แบบประเมินผลการเรียน 3-26

รายวิชาที่ 4 : งานนิวแมติกส์และไฮดรอลิกส์เบื้องต้น

1. จุดประสงค์สาขาวิชา 4-ก
2. แผนการจัดการเรียนรู้ 4-ข
3. หน่วยการสอน 4-ค
4. เกณฑ์การประเมินผล 4-ง
5. ใบสาระการเรียน 4-1
6. โครงสร้างระบบการผลิตและลมจ่าย 4-2
7. เครื่องอัดอากาศ 4-3
8. ถังเก็บลม 4-13

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
9. มอเตอร์ไฟฟ้า	4-16
10. เครื่องระบายความร้อน	4-17
11. เครื่องกำจัดความชื้น	4-19
12. เกจความดัน	4-21
13. อุปกรณ์กรองลมท่อลมหลัก	4-23
14. อุปกรณ์ระบายน้ำ	4-24
15. วาล์วนิรภัย	4-24
16. วาล์วกันกลับ	4-25
17. การติดตั้งท่อลม	4-25
18. ชุดปรับคุณภาพลมอัด	4-29
19. การบำรุงรักษาชุดบริการลมอัด	4-31
20. แบบประเมินผลการเรียน	4-33

รายวิชาที่ 1

งานเครื่องยนต์ดีเซล รหัส 2101-2002

หน่วยที่ 1 การทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พ.ศ. 2556
ประเภทวิชาช่างอุตสาหกรรม
สาขาวิชาช่างยนต์

.....

จุดประสงค์สาขาวิชา

1. เพื่อให้สามารถประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะด้านภาษา วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ สังคมศึกษา สุขศึกษาและพลศึกษาในการพัฒนาตนเองและวิชาชีพ
2. เพื่อให้มีความเข้าใจหลักการบริหารและจัดการวิชาชีพ การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและหลักการงานอาชีพที่สัมพันธ์เกี่ยวข้องกับการพัฒนาวิชาชีพช่างยนต์ให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงและความก้าวหน้าของเศรษฐกิจ สังคม และเทคโนโลยี
3. เพื่อให้มีความเข้าใจในหลักการและกระบวนการทำงานในกลุ่มงานพื้นฐานด้านช่างยนต์
4. เพื่อให้สามารถปฏิบัติงานได้เหมาะสมกับความรู้ความสามารถของตน
5. เพื่อให้สามารถปฏิบัติงานด้านช่างยนต์ในสถานประกอบการและประกอบอาชีพอิสระ รวมทั้งการใช้ความรู้ และทักษะเป็นพื้นฐานในการศึกษาต่อในระดับสูงขึ้นได้
6. เพื่อให้มีความเข้าใจในการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าและอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม
7. เพื่อให้มีเจตคติที่ดีต่องานอาชีพ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ซื่อสัตย์สุจริต มีระเบียบวินัย มีความรับผิดชอบต่อสังคมสิ่งแวดล้อม ต่อต้านความรุนแรงและสารเสพติด

แผนการจัดการเรียนรู้

รหัสวิชา 2101-2002 **ชื่อรายวิชา งานเครื่องยนต์ดีเซล** **2-3-3**
ระดับชั้น ประกาศนียบัตรวิชาชีพ **สาขาวิชา ช่างยนต์**
ทฤษฎีรวม 2 คาบ **ปฏิบัติรวม 3 คาบ** **3 หน่วยกิต**

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับหลักการทำงาน การถอดประกอบ ตรวจสภาพชิ้นส่วน ระบบฉีดเชื้อเพลิง ระบบหล่อลื่น ระบบระบายความร้อน ระบบไอดี ระบบไอเสีย การติดเครื่องยนต์การปรับแต่งและการบำรุงรักษาเครื่องยนต์ดีเซล

จุดประสงค์รายวิชา

1. เข้าใจหลักการทำงานหน้าที่ระบบต่างๆของเครื่องยนต์ดีเซล
2. สามารถถอดประกอบตรวจสภาพชิ้นส่วนปรับแต่งและบำรุงรักษาเครื่องยนต์ดีเซล
3. มีกิจนิสัยที่ดีในการทำงานด้วยความเป็นระเบียบสะอาดประณีตปลอดภัยและรักษาสภาพแวดล้อม

สมรรถนะรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการตรวจสอบบำรุงรักษาปรับแต่งชิ้นส่วนเครื่องยนต์ดีเซล
2. ถอดประกอบชิ้นส่วนเครื่องยนต์ดีเซลตามคู่มือ
3. ตรวจสภาพชิ้นส่วนเครื่องยนต์ดีเซลตามคู่มือ
4. บำรุงรักษาชิ้นส่วนเครื่องยนต์ดีเซลตามคู่มือ
5. ปรับแต่งเครื่องยนต์ดีเซลตามคู่มือ

หน่วยการสอน

รหัส **2101-2002** วิชา งานเครื่องยนต์ดีเซล จำนวน 5 ชั่วโมง/สัปดาห์

หน่วยที่	ชื่อหน่วยการสอน	จำนวนชั่วโมง
1	โครงสร้างของเครื่องยนต์ดีเซล	10
2	หลักการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล	15
3	ระบบน้ำมันเชื้อเพลิงเครื่องยนต์ดีเซล	15
4	ระบบหล่อลื่นเครื่องยนต์ดีเซล	5
5	ระบบระบายความร้อน	10
6	ระบบไอดีและไอเสียเครื่องยนต์ดีเซล	5
7	ระบบไฟฟ้าเครื่องยนต์ดีเซล	5
8	การติดเครื่องยนต์และปรับแต่ง	5
9	การบำรุงรักษาเครื่องยนต์ดีเซล	15
-	สอบปลายภาค	5
	รวม	90

เกณฑ์การประเมินผล
วิชา งานเครื่องยนต์ดีเซล รหัส 2101-2002

รายการ	คะแนน	หมายเหตุ
1. คุณลักษณะที่ต้องการบูรณาการคุณธรรม จริยธรรมและคุณลักษณะอันพึงประสงค์	20	
2. ทดสอบ		
2.1 สอบปลายภาค	30	
3. ภาระงาน		
3.1 แบบฝึกหัด	30	
3.2 รายงาน	20	
รวม	**100**	

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน	ใบสาระการเรียน	หน่วยที่ 2
	ชื่อวิชา งานเครื่องยนต์ดีเซล	เวลาเรียน 5 ชั่วโมง
	ชื่อหน่วย หลักการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล	
ชื่อเรื่องหรือชื่องาน หลักการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล		

สาระสำคัญ

เครื่องยนต์ดีเซล เป็นเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดอากาศให้มีความดันและความร้อนสูง (Compression Ignition Engines: CI) เครื่องยนต์ดีเซลไม่ดูดไอดีเข้าห้องเผาไหม้เหมือนกับเครื่องยนต์แก๊ส-โซลีน แต่ดูดอากาศเข้าเพียงอย่างเดียว แล้วอัดอากาศให้มีความดันสูง ดังนั้น อุณหภูมิจึงสูงขึ้นด้วย (ประมาณ 600-700 องศาเซลเซียส) น้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกฉีดผ่านอากาศร้อนจัดนี้เข้าไปในห้องเผาไหม้ การฉีดที่เป็นฝอยละอองของหัวฉีดจะทำให้น้ำมันระเหยผสมกับอากาศและเผาไหม้ไปช่วงระยะเวลาหนึ่ง (สั้น ๆ) ในระหว่างการเผาไหม้จะทำให้เกิดความดันสูงผลักลูกสูบให้เคลื่อนที่ลง

การเผาไหม้ในเครื่องยนต์ดีเซลรุ่นเก่าที่มีความเร็วรอบไม่สูงมากนัก เป็นการเผาไหม้ตามกระบวนการความดันคงที่ ซึ่งการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่เกิดขึ้นในกระบอกสูบหลังจากหัวฉีดฉีดเชื้อเพลิงผสมกับอากาศ จะเป็นลักษะของการเผาไหม้ที่ความดันในกระบอกสูบเท่าเดิม หมายความว่า เมื่อมีการเผาไหม้เกิดขึ้นในกระบอกสูบ ความดันภายในกระบอกสูบจะสูงขึ้นแต่ขณะเดียวกันลูกสูบจะถูกดันให้เคลื่อนที่ลงด้วย ทำให้เกิดการสมดุลความดันภายในกระบอกสูบให้คงที่ สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ในรถยนต์ปัจจุบัน จะมีความเร็วรอบสูง การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในกระบอกสูบจะเป็นแบบความดันและปริมาตรคงที่ ซึ่งการเผาไหม้ตามกระบวนการปริมาตรคงที่นี้เป็นการเผาไหม้ในเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ดังนั้นเครื่องยนต์ดีเซลรุ่นใหม่ ๆ จะทำงานตามวัฏจักรผสม (Dual cycle) น้ำมันส่วนหนึ่งจะถูกฉีดเข้าไปในห้องเผาไหม้ก่อนลูกสูบถึงศูนย์ตายบน และเกิดการเผาไหม้อย่างรวดเร็วแบบปริมาตรคงที่ ส่วนเชื้อเพลิงที่เหลือจะเกิดการเผาไหม้ต่อเนื่องไปหลังจากที่ลูกสูบเคลื่อนที่ผ่านศูนย์ตายบนในช่วงนี้จะเป็นการเผาไหม้แบบความดันคงที่

เรื่องที่จะศึกษา

1. หลักการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ
2. หลักการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล 2 จังหวะ
3. ห้องเผาไหม้ในเครื่องยนต์ดีเซล
4. ความล่าช้าในการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ดีเซล
5. การน็อกในเครื่องยนต์ดีเซล

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ และ 2 จังหวะได้ถูกต้อง
2. อธิบายแผนภาพแสดงการเปิด-ปิดของลิ้น (Valve Timing Diagram)
3. อธิบายการทำงานของห้องเผาไหม้แบบต่าง ๆได้ถูกต้อง
4. อธิบายข้อดีข้อเสียของห้องเผาไหม้แบบต่าง ๆ ได้ถูกต้อง

หน่วยที่ 2
หลักการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล

2.1 สาระสำคัญประจำหน่วย

เครื่องยนต์ดีเซลเป็นเครื่องยนต์สันดาปภายใน (สันดาปภายนอกคือเครื่องจักรไอน้ำ) ที่ดูดอากาศเปล่าๆ เข้าไปอัดในห้องเผาไหม้ ด้วยอัตราการอัดตัวสูงประมาณ 14:1 ถึง 22:1 อากาศที่ถูกอัดจึงร้อนสูงมาก ประมาณ 500 °C. ขึ้นไป เมื่อฉีดน้ำมันดีเซลให้เป็นละอองเข้าไปในอากาศที่ถูกอัดนั้น น้ำมันดีเซลจะลุกติดไฟได้เอง โดยไม่ต้องใช้ประกายไฟจุดระเบิดเหมือนเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ดังนั้นเครื่องยนต์ดีเซลจึงต้องมีส่วนประกอบแข็งแรง และมีเสียงดังมากกว่าเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

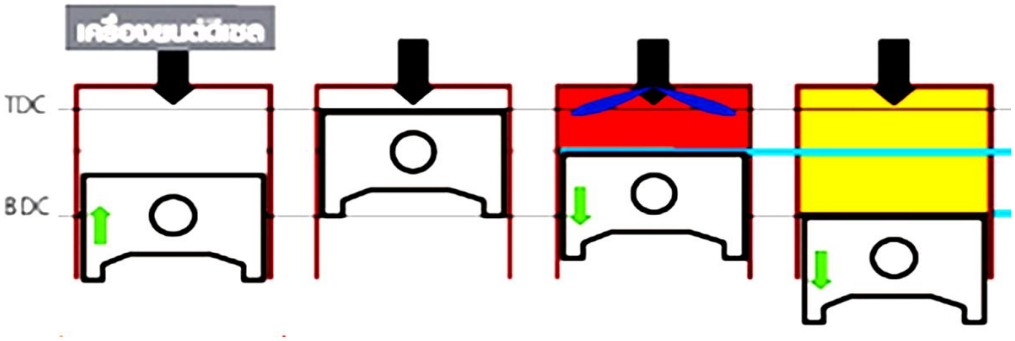
เครื่องยนต์ดีเซล ตั้งชื่อให้เกียรติแก่เจ้าของผลงาน คือ ดร.รูดอล์ฟ ดีเซล (Dr. Rudolf Diesel) วิศวกรยานยนต์เยอรมัน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2440 คือกว่า 100 ปีแล้ว ยังใช้กันจนถึงปัจจุบัน

รูปที่ 2-1 ดร.รูดอล์ฟ ดีเซล (Dr. Rudolf Diesel)

รูปที่ 2-2 การทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล

2.2 คำศัพท์เบื้องต้นที่ควรรู้

1 ศูนย์ตายบน (Top dead center: T.D.C) คือ จุดที่ลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นสูงสุด
2 ศูนย์ตายล่าง (Bottom dead center: B.D.C) คือ จุดที่ลูกสูบเลื่อนลงต่ำสุด
3 ท่อไอดี (Intake manifold) คือ ท่อนำอากาศที่ผ่านเครื่องกรองอากาศแล้ว (ไอดี) เข้าสู่กระบอกสูบ
4 วาล์วไอดี หรือ ลิ้นไอดี (Intake valve) คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปิดปิดให้ไอดีผ่านเข้ากระบอกสูบตามกำหนดเวลาที่ตั้งไว้
5 ท่อไอเสีย (Exhaust manifold) คือ ท่อรับไอเสียหลังการเผาไหม้ของแต่ละสูบรวมออกเป็นท่อเดียว
6 วาล์วไอเสีย หรือ ลิ้นไอเสีย (Exhaust valve) คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปิดปิดให้ไอเสียไหลออกจากกระบอกสูบตามกำหนดเวลาที่ตั้งไว้



รูปที่ 2-3 ตำแหน่งศูนย์ตายบน และศูนย์ตายล่าง (ที่มารูป: www.mazda.co.th)

7 ซุปเปอร์ชาร์จจิ้ง (Super charging) คือ วิธีการเพิ่มจำนวนอากาศเข้ากระบอกสูบมากกว่าปกติ โดยใช้กำลังขับจากเครื่องยนต์ หรือแก๊สไอเสีย เพื่อช่วยในการอัดอากาศให้มีปริมาตรมากกว่าปกติ ซึ่งจะมีความดันสูงกว่าความดันบรรยากาศประมาณ 6 psi แบบที่นิยม คือ การติดเทอร์โบชาร์จเจอร์ (Turbocharger)

8 เทอร์โบชาร์จเจอร์ (Turbocharger) คือ อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับอัดไอดีเข้ากระบอกสูบ เพื่อเพิ่มกำลังเครื่องยนต์ มีลักษณะการทำงานคือ จะมีใบพัด 2 ตัว อยู่บนแกนหมุนเดียวกัน ตัวหนึ่งอยู่ด้านไอดี และอีกตัวอยู่ด้านไอเสีย เมื่อไอเสียไหลผ่านใบพัดที่อยู่ด้านไอเสียแกนร่วมเกิดการหมุน จะทำให้ใบพัดด้านไอดีหมุนตามไปด้วย ดังนั้นไอดีจึงถูกอัดก่อนที่จะเข้ากระบอกสูบ (มากกว่าการดูดโดยลูกสูบอย่างเดียว)

รูปที่ 2-4 เทอร์โบชาร์จเจอร์ (ที่มารูป: www.mazda.co.th)

9 ค่าซีเทน (Cetane number) เป็นค่าที่ใช้สำหรับวัดคุณสมบัติของการจุดระเบิดของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล โดยค่าซีเทน คือ ค่าอัตราส่วนของซีเทนกับอัลฟาเมทิลแนพทาลีน (Alpha-methylnaphthalene) โดยปริมาตร เช่น ถ้าน้ำมันดีเซลมีค่าซีเทนเท่ากับ 45 แสดงว่าน้ำมันดีเซลมีคุณสมบัติในการจุดระเบิดเทียบเท่ากับสารผสมที่มีซีเทน 45 % และกับอัลฟาเมทิลแนพทาลีน 55% การติดไฟให้ได้ดีภายใต้อุณหภูมิต่ำน้ำมันเชื้อเพลิงจะต้องมีค่าซีเทนสูงและระเหยง่าย น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีค่าซีเทนต่ำจะมีช่วงหน่วงติดไฟสูง และมีเปลวไฟยาวทำให้ความสามารถในการเผาไหม้ต่ำ

ตารางที่ 2-1 แสดงมาตรฐานน้ำมันเบา (JIS K 2204-1997)

หัวข้อ ประเภท	point [°C]	ออกมา 95% ในการกลั่น	pour point [°C]	plug-ging point	เหลือเมื่อกลั่นเหลือ	cetane index *2	หนืดจลน์ (°C)	[% โดยมวล]
เบอร์ 1 พิเศษ	50 ขึ้นไป	ไม่เกิน 360	ไม่เกิน +5	-	ไม่เกิน 0.1	50 ขึ้นไป	2.7 ขึ้นไป	ไม่เกิน 0.05
เบอร์ 1	50 ขึ้นไป	ไม่เกิน 360	ไม่เกิน -2.5	ไม่เกิน -1		50 ขึ้นไป	2.7 ขึ้นไป	
เบอร์ 2	50 ขึ้นไป	ไม่เกิน 350	ไม่เกิน -7.5	ไม่เกิน -5		45 ขึ้นไป	2.5 ขึ้นไป	
เบอร์ 3	45 ขึ้นไป	ไม่เกิน 330 *1	ไม่เกิน -20	ไม่เกิน -12		45 ขึ้นไป	2.0 ขึ้นไป	
เบอร์ 3 พิเศษ	45 ขึ้นไป	ไม่เกิน 330	ไม่เกิน -30	ไม่เกิน -19		45 ขึ้นไป	1.7 ขึ้นไป	

10 การน็อก (Knocking) ในเครื่องยนต์ดีเซลหากช่วงหน่วงติดไฟ (Ignition delay) มีระยะเวลานานเกินไป ปริมาณเชื้อเพลิงที่ผสมกับอากาศจะมีมากขึ้น เมื่อเกิดการติดไฟจะทำให้เกิดการกระแทกเนื่องจากการเผาไหม้อย่างรวดเร็ว ความดันภายในกระบอกสูบจึงไม่สมดุลเกิดเป็นคลื่นความดันหรือคลื่นกระแทกที่มีการสั่นสะเทือนสูงมาก เสียงน็อกเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจากการที่คลื่นนี้สะท้อนไปมาในห้องเผาไหม้ และกระแทกห้องเผาไหม้หลายๆ ครั้ง เรียกว่า ดีเซลน็อก ปัจจัยที่ช่วยลดการน็อก ได้แก่ การลดเวลาช่วงหน่วงติดไฟ การลดความไม่สม่ำเสมอของเชื้อเพลิง การลดอุณหภูมิและความดันของไอดี อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง (AF ratio) เป็นต้น สำหรับไอดีที่มีอุณหภูมิต่ำจะทำให้เกิดการน็อกได้ยากกว่า แม้แต่ในเครื่องยนต์ซุปเปอร์ชาร์จเจอร์ก็ควรทำให้มีอุณหภูมิไม่เกิน 30 °C การเดินเครื่องโดยให้ความร้อนแก่ไอดีเพื่อเร่งการกลายเป็นไอของเชื้อเพลิงเป็นสิ่งที่ไม่ควรทำในแง่ของการป้องกันการน็อก

“การน็อกทำให้สูญเสียพลังงานเชื้อเพลิง แต่ปัจจุบันอาการน็อกของเครื่องยนต์แทบจะไม่มี เนื่องจากเครื่องยนต์ส่วนใหญ่ใช้ระบบควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์”

2.3 วัฏจักรดีเซลตามทฤษฎี

วัฏจักรนี้เป็นวัฏจักรที่คล้ายคลึงกับวัฏจักรออตโต้ โดยทำการเปลี่ยนกระบวนการเพิ่มความร้อนแบบปริมาตรคงที่เป็นการเพิ่มความร้อนแบบความดันคงที่เข้าไปแทน วัฏจักรนี้เป็นวัฏจักรทางทฤษฎีของเครื่องยนต์ดีเซลความเร็วรอบต่ำ กล่าวคืออากาศจะถูกดูดเข้าไปที่กระบอกสูบ โดยการอัดตัวแบบแอเดียแบติกซึ่งจะทำให้อุณหภูมิของอากาศสูงขึ้นประมาณ 600 ^{0}C และเชื้อเพลิงก็จะถูกฉีดเข้าไปเพื่อทำให้เกิดการเผาไหม้ แผนภาพของวัฏจักรสามารถแสดงได้ดังในรูปที่ 2-5 เนื่องจากภายหลังจากการอัดแล้วเชื้อเพลิงจะค่อยๆ ถูกฉีดพ่นเข้าไปอย่างช้าๆ ดังนั้นกระบวนการให้ความร้อนนี้สามารถพิจารณาเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายใต้ความดันคงที่ได้จนกระทั่งถึงสภาวะที่ 3 ก็จะหยุดการจ่ายเชื้อเพลิง การเผาไหม้ที่เกิดขึ้นจะทำให้เกิดการขยายตัวแบบแอเดียแบติกขึ้นจากสภาวะที่ 3 ไปยังสภาวะที่ 4 ในวัฏจักรนี้ค่าอัตราส่วนการอัด กับค่าอัตราส่วนการขยายจะไม่เท่ากัน

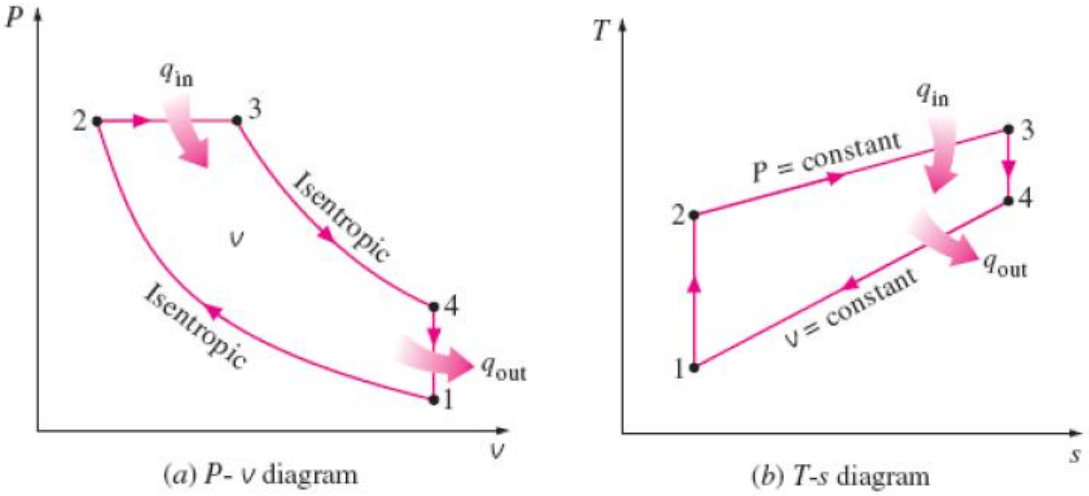
การคำนวณประสิทธิภาพเชิงความร้อนทางทฤษฎีจะใช้วิธีการคำนวณเหมือนกันกับกรณีของวัฏจักรออตโต้ ซึ่งจะได้สมการดังต่อไปนี้

$$\eta_{th} = 1 - (T_4-T_1)/k(T_3-T_2) = 1-1/\varepsilon^{k-1}\,[(\rho^{k}-1)/k(\rho-1)]$$

ในสมการนี้ $\rho = V_3/V_2$ ซึ่งจะเรียกว่า “อัตราส่วนการตัด (cut off ratio)” การเปลี่ยนแปลงปริมาตรก็จะเกิดจากกระบวนการเพิ่มความร้อนเข้าไป ประสิทธิภาพเชิงความร้อนทางทฤษฎีของวัฏจักรดีเซลจะเป็นฟังก์ชันของ อัตราส่วนการอัด (ε) ค่าอัตราส่วนของความร้อนจำเพาะ (k) ค่าอัตราส่วนการตัด (ρ) โดยที่ค่า ε และ k ยิ่งมีค่ามากเท่าไร ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนก็จะสูงมากขึ้นเท่านั้น ซึ่งจะเห็นว่าค่า ρ ยิ่งมีค่าน้อยยิ่งดี กล่าวคือค่าอัตราส่วนการอัดมีค่ามาก ค่าอัตราส่วนที่ตัดออกมีค่าเข้าใกล้ 1 ก็จะทำให้ค่าประสิทธิภาพเชิง

ความร้อนสูงขึ้นเมื่อค่าอัตราส่วนการตัดมีค่าเป็น 1 วัฏจักรนี้ก็จะเหมือนกันกับวัฏจักรออตโต้ วัฏจักรดีเซลนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับวัฏจักรออตโต้ที่ภายใต้อัตราส่วนการอัดที่เท่ากันแล้ว จะมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนต่ำกว่า แต่เนื่องจากว่าในวัฏจักรดีเซลนั้นค่าอัตราส่วนการอัด มีค่าสูงกว่ากรณีของวัฏจักรออตโต้ ดังนั้นประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์จริงๆ แล้วจะดีกว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์แก๊ส-โซลีน ค่าความดันประสิทธิผลเฉลี่ย (P_m) ของวัฏจักรดีเซลสามารถหาได้จากสมการ

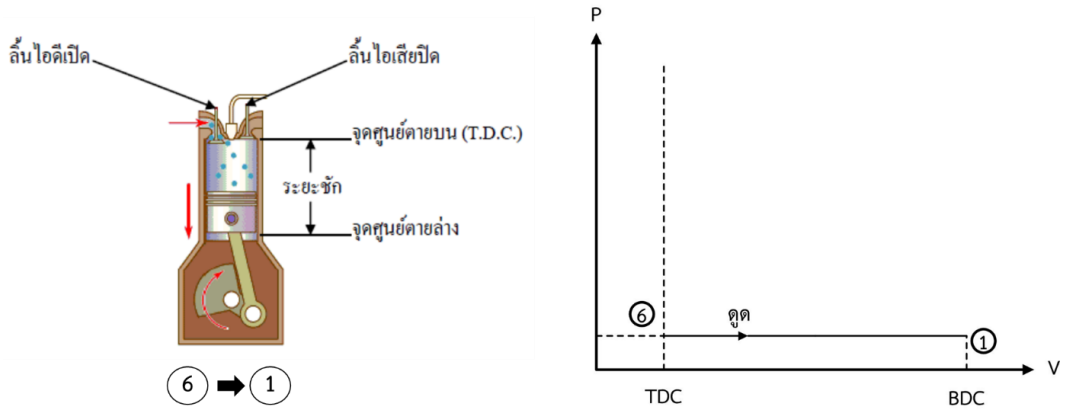
$$P_m = m[C_p(T_3 - T_2) - C_v(T_4 - T_1)]/(V_1 - V_2)$$
$$= P_1\varepsilon\,[k\,\varepsilon^{k-1}(\rho-1) - (\rho^k-1)] / [(k-1)(\varepsilon-1)]$$



รูปที่ 2-5 วัฏจักรดีเซลตามทฤษฎี

2.3.1 จังหวะดูด

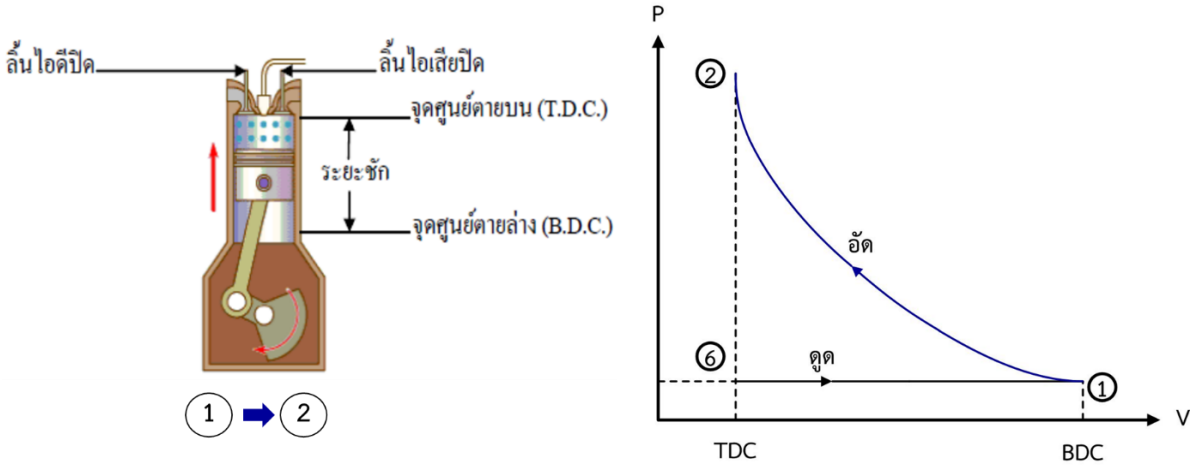
จังหวะดูด (Suction stroke) : เป็นจังหวะแรกของการทำงาน คือ เมื่อลิ้นไอดีเปิดและลิ้นไอเสียปิด ลูกสูบจะเลื่อนลงจากตำแหน่ง T.D.C ไปยังตำแหน่ง B.D.C แล้วลิ้นไอดีปิด



รูปที่ 2-6 การทำงานของเครื่องยนต์ดีเซลในจังหวะดูด

2.3.2 จังหวะอัด

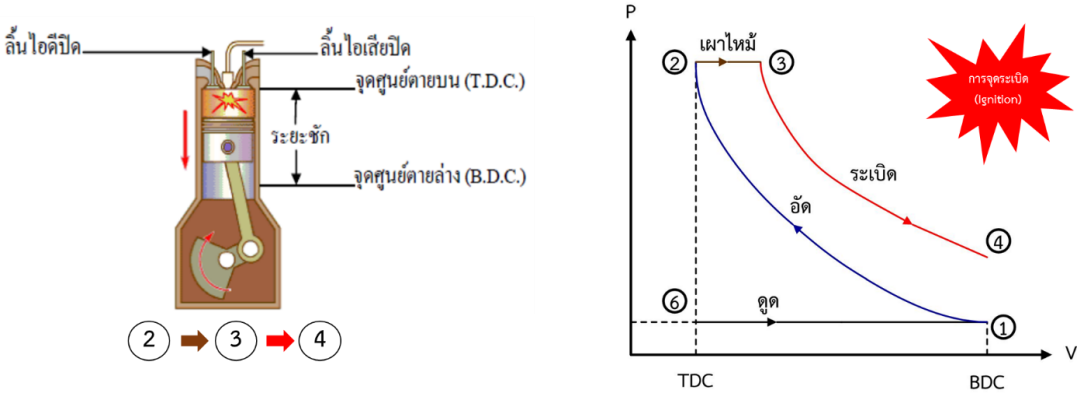
จังหวะอัด (Compression stroke) : 1 → 2 ลูกสูบเคลื่อนจากตำแหน่ง B.D.C ไปยังตำแหน่ง T.D.C เพื่ออัดไอดีให้มีปริมาตรเล็กลงตามอัตราส่วนกำลังอัดของเครื่องยนต์ ไอดีมีอุณหภูมิประมาณ 700-900 °C และความดันประมาณ 400-800 psi



รูปที่ 2-7 การทำงานของเครื่องยนต์ดีเซลในจังหวะอัด

2.3.3 จังหวะระเบิด (ขยายตัว)

จังหวะระเบิด (Power stroke) : หัวฉีดจะฉีดน้ำมันเป็นละอองเล็กๆ เข้าไปในกระบอกสูบ ความร้อนของไอดีจากการอัดทำให้น้ำมันจุดระเบิดได้เองอัตโนมัติ เกิดการเผาไหม้ความดันสูงสุดประมาณ 945-1,305 psi และทำให้แก๊สภายในกระบอกสูบขยายตัวดันลูกสูบเลื่อนลงไปในตำแหน่ง B.D.C. อุณหภูมิการเผาไหม้ประมาณ 2,000-2,500 °C



รูปที่ 2-8 การทำงานของเครื่องยนต์ดีเซลในจังหวะระเบิด

การจุดระเบิดของเครื่องยนต์ดีเซล อาศัยความร้อนที่เกิดจากการอัดตัวของไอดีภายในกระบอกสูบ ขณะที่ลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นสู่ศูนย์ตายบนก่อนถึงศูนย์ตายบนเล็กน้อย น้ำมันดีเซลจะถูกฉีดเข้าไปในกระบอกสูบ (ห้องเผาไหม้) อากาศอัดที่มีอุณหภูมิประมาณ 700-900 °C จะทำให้ละอองน้ำมันเปลี่ยน

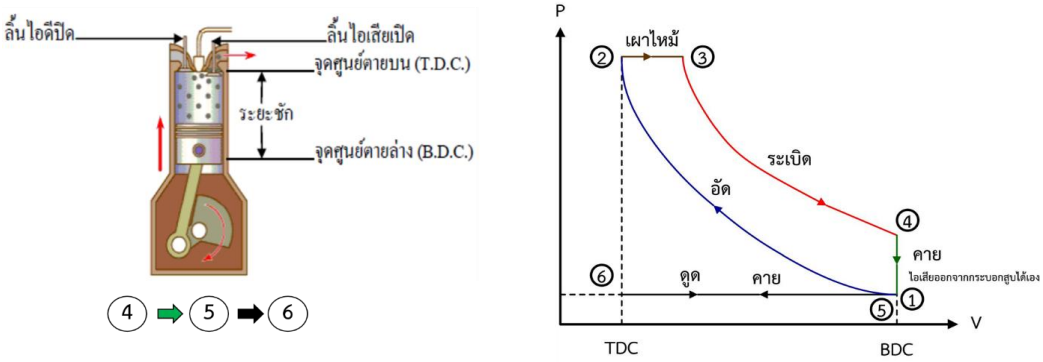
สภาพกลายเป็นไอและมีบางส่วนที่เริ่มติดไฟ ทำให้ความร้อนเพิ่มขึ้นช่วยให้เกิดการเผาไหม้น้ำมันต่อเนื่องไปยังน้ำมันส่วนที่เหลือ ยกตัวอย่างการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ดีเซลได้ดังตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 การจุดระเบิด (Ignition)

ชนิดของเครื่องยนต์ดีเซล	จังหวะการทำงานของแต่ละสูบ					ช่วงการจุดระเบิด/ ลำดับการจุดระเบิด
	สูบที่	ระเบิด	คาย	ดูด	อัด	
สูบตั้งสูบเดียว แบริ่ง 2 ตัว	1	■				ช่วงการจุดระเบิด 720°
สูบนอนแบบสูบตรงข้าม 2 สูบ แบริ่ง 2 ตัว	1	■				ช่วงการจุดระเบิด 360°
	2			■		
สูบเรียง 4 สูบ แบริ่ง 5 ตัว	1	■				ช่วงการจุดระเบิด 180° ลำดับการจุดระเบิดของลูกสูบ 1-3-4-2 1-2-4-3
	2				■	
	3			■		
	4		■			
สูบเรียง 6 สูบ แบริ่ง 7 ตัว	1	■				ช่วงการจุดระเบิด 720° ลำดับการจุดระเบิดของลูกสูบ 1-5-3-6-2-4
	2				■	
	3			■		
	4				■	
	5		■			
	6			■		

2.3.4 จังหวะคาย

จังหวะคาย (Exhaust stroke) : ก่อนถึง B.D.C ลิ้นไอเสียจะเปิดเพื่อปล่อยแก๊สไอเสียออกจากกระบอกสูบ และเพลาข้อเหวี่ยงที่ได้รับพลังงานจากการระเบิดยังคงหมุนอยู่ และส่งให้ลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นไปตำแหน่ง T.D.C เพื่อไล่แก๊สไอเสียออกจากกระบอกสูบอีกครั้งหนึ่ง อุณหภูมิไอเสียประมาณ 500-600 °C



รูปที่ 2-9 การทำงานของเครื่องยนต์ดีเซลในจังหวะคาย

2.4 หลักการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล

การทำงานของเครื่องยนต์ดีเซลเป็นเครื่องยนต์เผาไหม้ภายในใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ไม่ใช้หัวเทียนในการจุดระเบิด แต่ใช้ความร้อนจากการอัดตัวของอากาศภายในกระบอกสูบจุดเชื้อเพลิงให้เกิดการเผาไหม้ ดังนั้นจึงต้องการอัตราส่วนการอัดตัวสูงเป็นพิเศษ (14:1 - 25:1) และยังต้องมีปั๊มฉีดเชื้อเพลิงความดันสูงและหัวฉีดที่สามารถกระจายเชื้อเพลิงให้เกิดการแตกตัวเป็นฝอยละเอียด คลุกเคล้าเข้ากับอากาศอัดที่อุณหภูมิสูง เพื่อให้เกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ จังหวะการทำงานของเครื่องยนต์ประเภทนี้มี 2 แบบ คือ แบบ 4 จังหวะ และแบบ 2 จังหวะ

รูปที่ 2-10 เครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ
(ที่มารูปจาก: www.netcarshow.com/jaguar/2006-xj_2.7_diesel)

ตารางที่ 2-3 การเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซลกับเครื่องยนต์เบนซิน

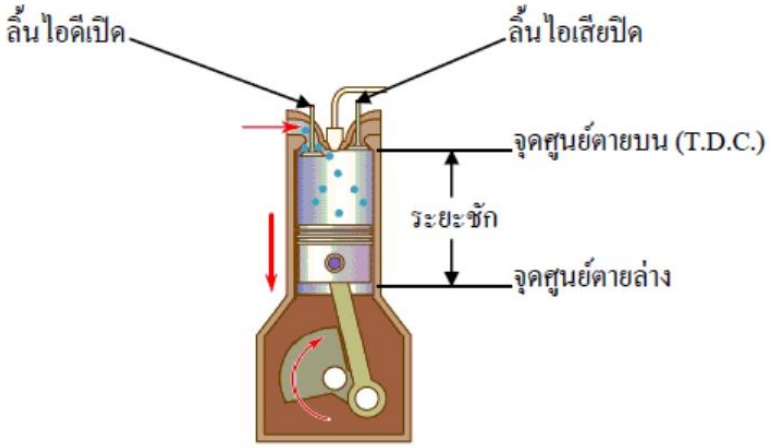
ลำดับที่	รายการที่ทำการเปรียบเทียบ	เครื่องยนต์เบนซิน	เครื่องยนต์ดีเซล
1	ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง	100 %	70 %
2	อัตราส่วนการอัดตัว	6:1-11:1	14:1-25:1
3	ความดันสูงสุดปลายจังหวะอัด	160-260 psi	400-800 psi
4	อุณหภูมิสูงสุดปลายจังหวะอัด	400-600 $^{\circ}$ C	700-900 $^{\circ}$ C
5	ความดันสูงสุดจากการเผาไหม้	580-870 psi	945-1,305 psi
6	อุณหภูมิแก๊สไอเสีย (Full load)	700-1,000 $^{\circ}$ C	500-600 $^{\circ}$ C
7	แรงบิดที่ความเร็วต่ำ	ต่ำ	สูง
8	ความไม่สม่ำเสมอของรอบการทำงาน	100%	160%

2.4.1 หลักการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ

เครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ : ใน 2 รอบกลวัตร หรือ 1 วัฏจักรของการทำงาน ประกอบด้วย จังหวะ ดูด อัด ระเบิด คาย โดยลูกสูบจะขึ้น 2 ครั้ง (จังหวะอัด และ จังหวะคาย) ลง 2 ครั้ง (จังหวะระเบิด และ จังหวะดูด) เพลาข้อเหวี่ยงหมุน 2 รอบ (1 รอบ ขึ้น 1 ครั้ง ลง 1 ครั้ง) เกิดเป็นงาน 1 ครั้ง จะหมุนเวียนเป็นวัฏจักรอย่างนี้จนกว่าเครื่องจะหยุดทำงานจะประกอบด้วยจังหวะการทำงาน ดังนี้

1) จังหวะดูด (Intake Stroke or Suction Stroke)

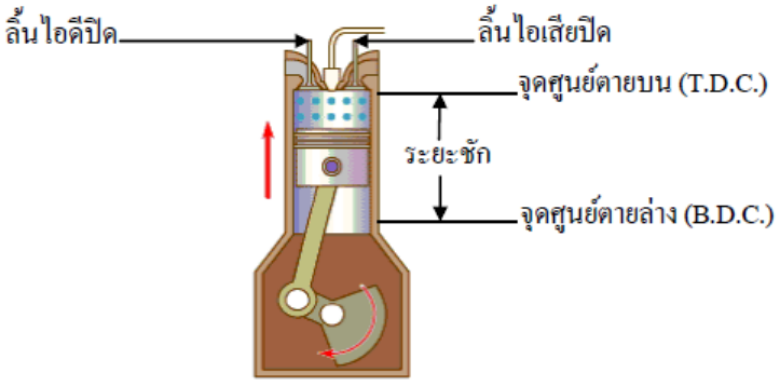
เมื่อลูกสูบเลื่อนตำแหน่งขึ้นสูงสุด คือ จุดศูนย์ตายบน (T.D.C. : Top Dead Center) เพลาข้อเหวี่ยงจะหมุนไปทิศทางตามเข็มนาฬิกา ทำให้ลิ้นไอดีเปิดและลิ้นไอเสียปิด ในขณะเดียวกันลูกสูบก็จะเลื่อนตำแหน่งลง อากาศจากภายนอกจะถูกดูดเข้ามาบรรจุภายในกระบอกสูบ โดยผ่านทางช่องลิ้นไอดี จนกระทั่งลูกสูบเลื่อนตำแหน่งลงมาถึงจุดศูนย์ตายล่าง (B.D.C. : Bottom Dead Center) คือ จุดที่ลูกสูบเลื่อนตำแหน่งลงต่ำสุด ในจังหวะนี้เพลาข้อเหวี่ยงจะหมุนไปได้ประมาณ 180 องศา



รูปที่ 2-11 จังหวะดูด

2) จังหวะอัด (Compression Stroke)

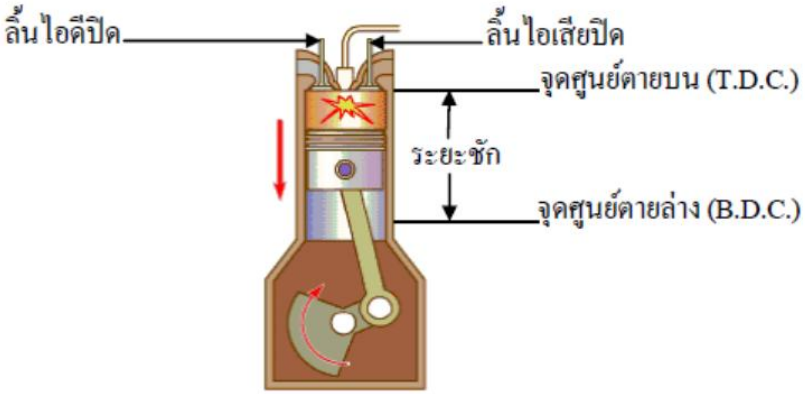
ในจังหวะนี้ ลูกสูบจะเลื่อนขึ้นจากตำแหน่งจุดศูนย์ตายล่างเพื่ออัดอากาศหรือที่เรียกว่า ไอดี ในขณะเดียวกันลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียจะปิดสนิททำให้อากาศถูกอัดตัวให้มีปริมาตรที่เล็กลงประมาณ 1 : 16 ของปริมาตรเดิม ความดันอากาศภายในกระบอกสูบสูงถึง 30-40 บาร์ อุณหภูมิไอดีประมาณ 600-700 $^{\circ}$C เพลาข้อเหวี่ยงหมุนต่อไปอีกประมาณ 180 องศา หรือครบ 1 รอบ



รูปที่ 2-12 จังหวะอัด

3) จังหวะระเบิด หรือจังหวะกำลัง (Power Stroke)

ในตำแหน่งอัดสุดหรือที่จุดศูนย์ตายบนนี้ลิ้นทั้งสองยังปิดสนิทอยู่ หัวฉีดจะฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงให้เป็นฝอยละอองเข้าไปภายในกระบอกสูบหรือห้องเผาไหม้เพื่อผสมกับไอดี ซึ่งความร้อนของอากาศที่ถูกอัดตัวและจุดฝอยละอองของน้ำมันเชื้อเพลิงให้เกิดการเผาไหม้อย่างรวดเร็ว อุณหภูมิที่เกิดจากการเผาไหม้ประมาณ 2,000-2,500 ^{O}C ทำให้แก๊สเกิดการขยายตัวผลักดันลูกสูบให้เลื่อนตำแหน่งลงจากจุดศูนย์ตายบนลงสู่ศูนย์ตายล่าง การส่งกำลังที่ได้รับผ่านสลักลูกสูบและก้านสูบไปหมุนเพลาข้อเหวี่ยง ในจังหวะนี้เพลาข้อเหวี่ยงหมุนไปได้อีกประมาณ 180 องศา รวมเป็น 540 องศา

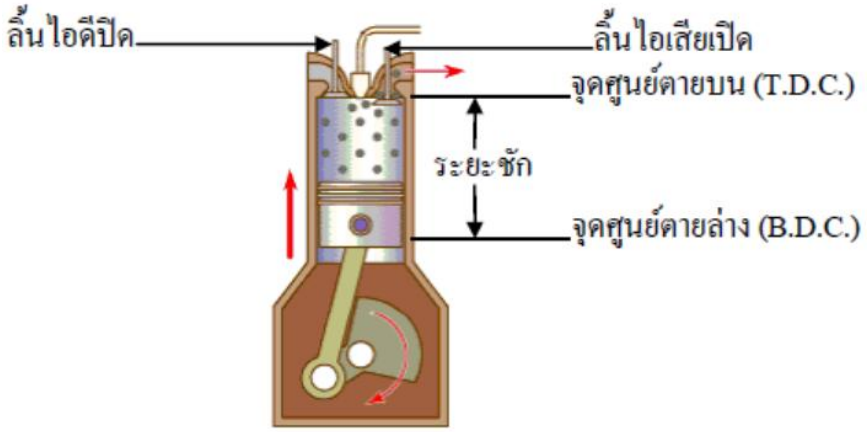


รูปที่ 2-13 จังหวะระเบิดหรือจังหวะกำลัง

3) จังหวะคาย (Exhaust Stroke)

ในจังหวะนี้ลิ้นไอเสียจะเปิดก่อนที่ลูกสูบจะเลื่อนตำแหน่งลงถึงจุดศูนย์ตายล่างเล็กน้อย แก๊สไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้จะถูกดันออกจากกระบอกสูบ ในขณะเดียวกันนี้เพลาข้อเหวี่ยงจะยังคงหมุนต่อไป และดันลูกสูบเลื่อนตำแหน่งขึ้นสู่จุดศูนย์ตายบน เพื่อขับไล่แก๊สไอเสียให้ออกไปจากกระบอกสูบ เมื่อลูกสูบเลื่อนตำแหน่งขึ้นถึงจุดศูนย์ตายบนลิ้นไอดีก็จะเริ่มเปิด ซึ่งลิ้นไอเสียยังเปิดอยู่ ณ ตำแหน่งนี้เป็นตำแหน่งที่ลิ้นไอดีกำลังจะเปิดและลิ้นไอเสียกำลังจะปิดสนิท เรียกว่า จังหวะโอเวอร์แล็ป (Overlap) และลูกสูบยังเลื่อนตำแหน่งลงเรื่อยๆ เพื่อดูดอากาศเข้า

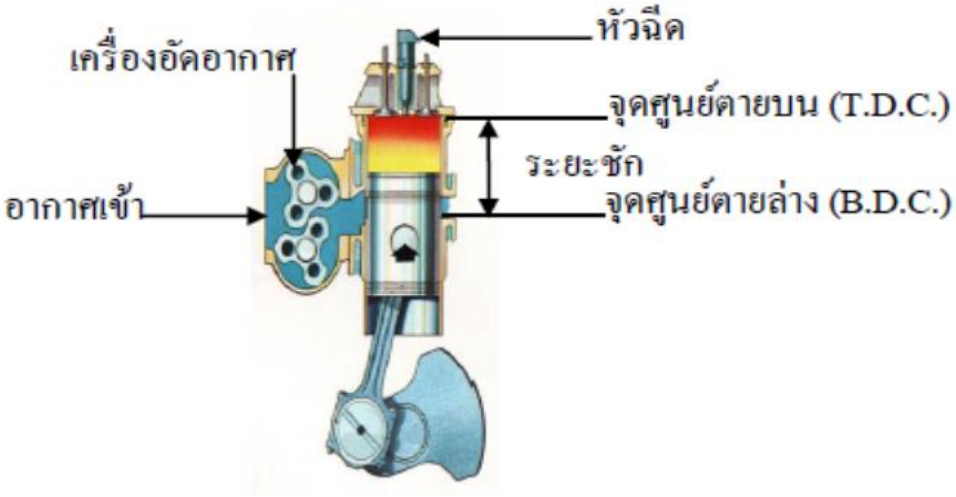
มาบรรจุภายในกระบอกสูบเหมือนเดิม เพลาข้อเหวี่ยงหมุนต่อไปอีกประมาณ 180 องศา รวมเป็น 720 องศา หรือครบ 2 รอบ เป็นการทำงานครบ 4 จังหวะของเครื่องยนต์ 1 กลวัตร คือ ดูด อัด ระเบิด และคาย



รูปที่ 2-14 จังหวะคาย

2.4.2 หลักการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล 2 จังหวะ

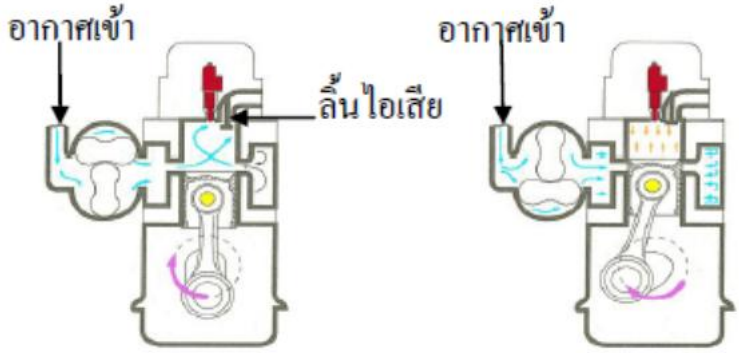
เครื่องยนต์ดีเซล 2 จังหวะ : ใน 1 รอบกลวัตร หรือ 1 วัฏจักรของการทำงาน ประกอบด้วย จังหวะ ดูด อัด ระเบิด คาย เช่นเดียวกับเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ แต่ลูกสูบจะขึ้น 1 ครั้ง (จังหวะดูด และ จังหวะอัด) ลง 1 ครั้ง (จังหวะระเบิด และ จังหวะคาย) เพลาข้อเหวี่ยงหมุน 1 รอบ เกิดเป็นงาน 1 ครั้ง จะหมุนเวียนเป็นวัฏจักรอย่างนี้จนกว่าเครื่องจะหยุดทำงาน จะประกอบด้วยจังหวะการทำงานดังนี้



รูปที่ 2-15 โครงสร้างและหลักการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล 2 จังหวะ

1) จังหวะดูดและจังหวะอัด

ลูกสูบจะเคลื่อนจากตำแหน่งศูนย์ตายล่างขึ้นไปเรื่อยๆ ขณะที่หัวลูกสูบอยู่ต่ำกว่าช่องอากาศ ไอดีจากเครื่องอัดอากาศเข้าบรรจุในกระบอกสูบทางรูรอบๆ กระบอกสูบและเข้าไปไล่ไอเสียออกทางลิ้นไอเสียออกจนหมดสิ้น เมื่อลูกสูบเลื่อนตำแหน่งขึ้นไปจนกว่าหัวลูกสูบปิดช่องอากาศไอดีที่ตำแหน่งนี้ลิ้นไอเสียจะยังคงปิดอยู่ทำให้อากาศภายในกระบอกสูบถูกอัดตัวให้มีปริมาตรเล็กลงเหลือประมาณ 14:1-22:1 ความดันภายในกระบอกสูบสูงถึง 30-35 บาร์ และอุณหภูมิสูงประมาณ 700-900 ^{O}C ซึ่งทำให้เพลาข้อเหวี่ยงหมุนไปได้ 180 องศา



รูปที่ 2-16 จังหวะดูด และจังหวะอัด

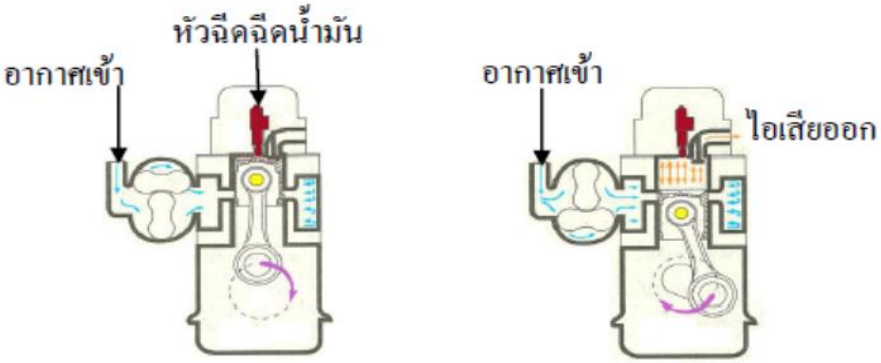
2) จังหวะระเบิดและจังหวะคาย

ก่อนที่ลูกสูบเลื่อนตำแหน่งขึ้นถึงศูนย์ตายบนเล็กน้อย หัวฉีดจะฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงให้เป็นฝอยละอองเข้าไปในห้องเผาไหม้ผสมกับอากาศที่ความดันสูงและร้อนจัดประมาณ 175-200 บาร์ เมื่อลูกสูบเลื่อนขึ้นก่อนถึงศูนย์ตายบน

การอัดตัวของอากาศกับฝอยละอองของน้ำมันเชื้อเพลิงเกิดการเผาไหม้ขึ้น ซึ่งปฏิกิริยาเคมีทำให้เกิดความร้อนขึ้นเป็นจำนวนมาก ความร้อนทำให้อากาศภายในห้องเผาไหม้ขยายตัวมีอุณหภูมิสูงขึ้นประมาณ 2,000-2,500 ^{O}C และมีความดันมหาศาลผลักดันให้ลูกสูบเลื่อนตำแหน่งไปยังจุดศูนย์ตายล่าง จังหวะนี้เป็นจังหวะที่เครื่องยนต์ให้พลังงานกับอุปกรณ์ภายนอก

เมื่อลูกสูบเลื่อนลงมาก่อนถึงตำแหน่งศูนย์ตายล่างลิ้นไอเสียจะเปิดเพื่อปล่อยไอเสียให้ออกไปจากกระบอกสูบ และเมื่อลูกสูบเลื่อนต่อไปอีกเล็กน้อยก็จะเปิดช่องอากาศไอดีทำให้อากาศถูกอัดโดยเครื่องอัด

อากาศเข้าไปยังกระบอกสูบขับไล่ไอเสียต่อไป เพื่อเริ่มต้นในจังหวะดูดต่อไป โดยเพลาข้อเหวี่ยงหมุนได้ครบ 360 องศา หรือ 1 รอบ ทำให้ได้งาน 1 ครั้ง



รูปที่ 2-17 จังหวะระเบิด และจังหวะคาย

2.5 จังหวะการทำงานของลิ้น (Valve timing diagram)

จังหวะการทำงานของลิ้นจะต้องมีความสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของลูกสูบเครื่องยนต์ (จังหวะการทำงานของเครื่องยนต์) ซึ่งเครื่องยนต์แต่ละรุ่นแต่ละยี่ห้อจะมีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับการออกแบบและวัตถุประสงค์ของการใช้งานเครื่องยนต์นั้นๆ หลักสำคัญ คือ เครื่องยนต์จะต้องทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ และเกิดสมรรถนะสูงสุดในการทำงาน ซึ่งส่งผลให้เกิดการประหยัดพลังงานเชื้อเพลิงได้

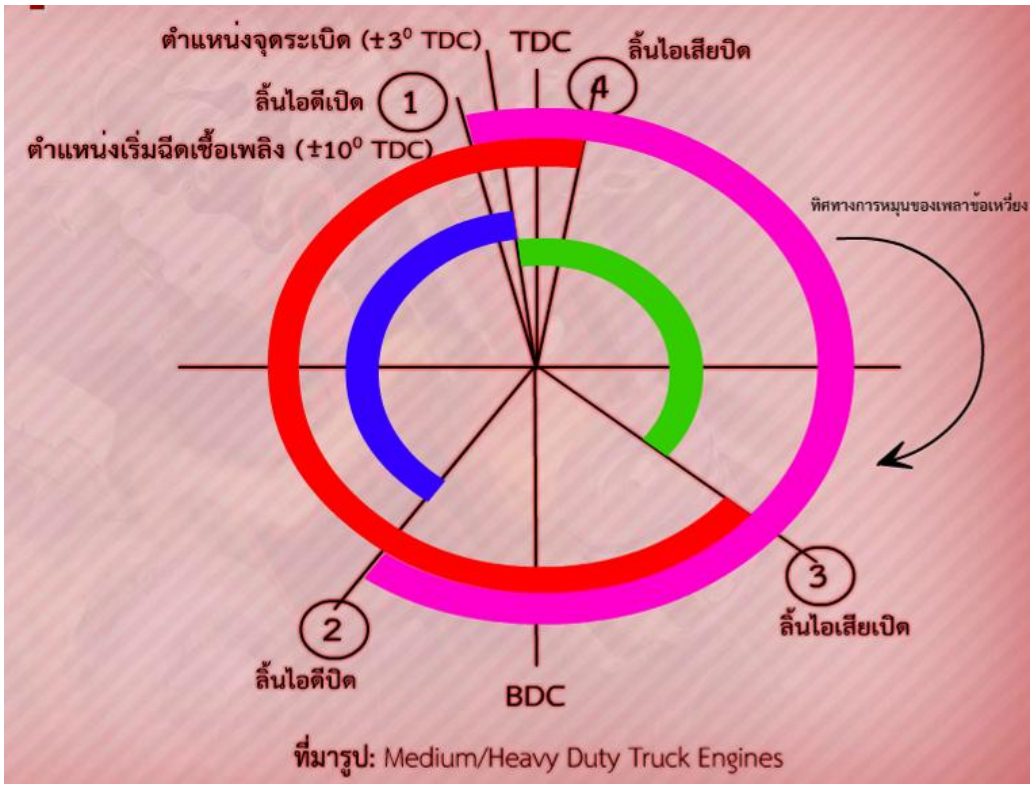
จังหวะการทำงานของลิ้น ของ เครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ

จังหวะดูด : ก่อนถึง T.D.C (จุดที่ 1) ลิ้นไอดีเปิด ลูกสูบจะเคลื่อนที่จนถึง จุดที่ 2 หลังจุด B.D.C ลิ้นไอดีปิด

จังหวะอัด : ต่อจากจังหวะดูดลิ้นไอดีและไอเสียต้องปิดสนิท และก่อนถึง T.D.C ประมาณ 10 องศา เชื้อเพลิงจะถูกฉีดเข้าห้องเผาไหม้

จังหวะระเบิด : ต่อจากจังหวะอัดขยับไปอีกนิดก่อนถึง T.D.C ประมาณ 3 องศา เชื้อเพลิงจะเกิดการเผาไหม้และระเบิดอย่างรุนแรง

จังหวะคาย : เมื่อเพลาข้อเหวี่ยงไปถึงก่อนถึง B.D.C (จุดที่ 3) ลิ้นไอเสียเปิด และเพลาหมุนไปจนถึงจุดที่ 1 ลิ้นไอดีเริ่มเปิด (ลิ้นไอดีไอเสียเปิดพร้อมกัน) และพอไปถึงจุดที่ 4 ลิ้นไอเสียปิด (ลิ้นไอดียังเปิดต่อไปจนถึงจุดที่ 2 จึงปิด)



รูปที่ 2-18 การปรับตั้งจังหวะการทำงานและลิ้นของเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ

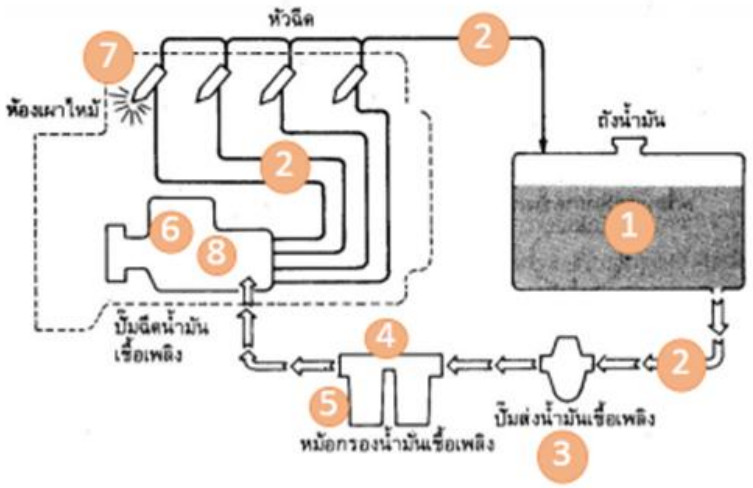
2.6 ระบบฉีดเชื้อเพลิงเครื่องยนต์ดีเซล

2.6.1 ส่วนประกอบหลักของระบบเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ดีเซล ได้แก่

1) **ถังเชื้อเพลิง (Fuel Tank)** ใช้เก็บน้ำมันและรับน้ำมันที่ไหลกลับจากหัวฉีด
2) **ท่อเชื้อเพลิง (Fuel line)** ทำจากเหล็กใช้เป็นช่องทางให้น้ำมันไหลไปยังอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในระบบ
3) **ปั๊มป้อนเชื้อเพลิง (Fuel Feed Pump)** หรือ ปั๊มแรงดันต่ำ ใช้ในการปั๊มน้ำมันจากถังเชื้อเพลิงผ่านหม้อกรองเชื้อเพลิงไปยังปั๊มฉีดเชื้อเพลิง
4) **หม้อกรองเชื้อเพลิง (Fuel Filter)** ใช้ในการกรองเศษสิ่งสกปรกที่ปนอยู่กับน้ำมัน เพื่อกันไม่ให้ปั๊มฉีดเชื้อเพลิง และหัวฉีดเชื้อเพลิงสึกหรอ ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ต่ำลง (ไม่ประหยัดน้ำมัน)
5) **ถ้วยดักตะกอน (Sedimenter)** ทำหน้าที่ดักตะกอนและน้ำที่ปนมากับน้ำมัน เพื่อป้องกันการอุดตันของหม้อกรองเชื้อเพลิง ถ้าน้ำเล็ดลอดเข้าสู่ระบบฉีดเชื้อเพลิงอาจทำให้ระบบเสียหายได้ ส่วนใหญ่มักอยู่รวมกับหม้อกรองเชื้อเพลิง
6) **ปั๊มฉีดเชื้อเพลิง (Injection Pump)** หรือ ปั๊มแรงดันสูง (220-345 bar)ใช้ในการปั๊มน้ำมันด้วยความดันสูงไปยังหัวฉีดเชื้อเพลิง ในปริมาณและเวลาที่ต้องการ

7) **หัวฉีดเชื้อเพลิง (Injector)** ใช้ในการกระจายน้ำมันเข้าห้องเผาไหม้โดยน้ำมันจะแตกตัวเป็นละอองละเอียด เพื่อทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ และทำหน้าที่ฉีดปริมาณน้ำมันให้เท่ากันทุกสูบเพื่อให้เครื่องยนต์เดินเรียบ

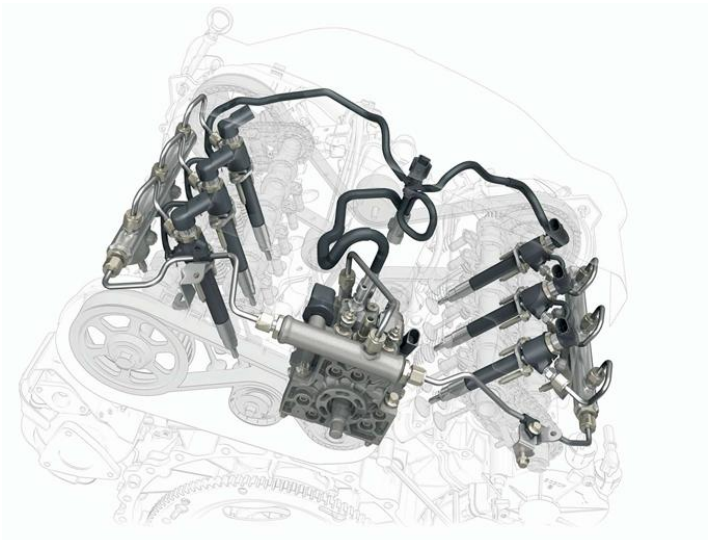
8) **เครื่องควบคุมความเร็ว (Governor)** ทำหน้าที่รักษาความเร็วของเครื่องยนต์ให้สม่ำเสมอทุกๆ ความเร็ว



รูปที่ 2-19 ส่วนประกอบหลักของระบบเชื้อเพลิงเครื่องยนต์ดีเซล

2.6.2 หน้าที่ และรูปแบบของหัวฉีดเชื้อเพลิง

หัวฉีดเชื้อเพลิง มีหน้าที่ กระจายและส่งผ่านเชื้อเพลิงที่มีความดันสูงจากปั๊มฉีดเชื้อเพลิง (เชื้อเพลิงความดันประมาณ 220-345 บาร์) เข้ากระบอกสูบ ซึ่งเชื้อเพลิงที่ฉีดจะต้องมี อัตราเร็วในการฉีดเชื้อเพลิงที่เหมาะสมกับความเร็ว การแตกตัวเป็นฝอยละเอียดที่ดีเพื่อการจับตัวกับออกซิเจน และการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอในกระบอกสูบแต่ละสูบ จะทำให้การเผาไหม้เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์และสม่ำเสมอ ส่งผลให้เครื่องยนต์เดินเรียบและให้กำลังงานที่สูงเกิดการประหยัดพลังงาน มีรูปแบบแบ่งได้ดังนี้

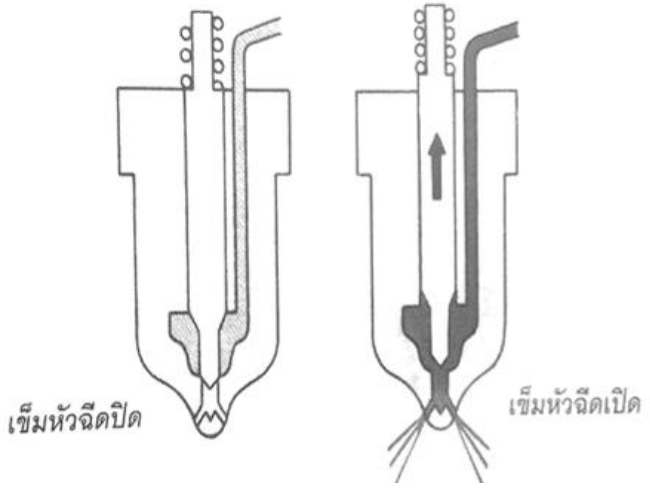


รูปที่ 2-20 หัวฉีดเชื้อเพลิง (ที่มารูปจาก: www.netcarshow.com/jaguar/2006-xj_2.7_diesel)

1) หัวฉีดแบบเข็มฉีดเลื่อนภายใน (Inward-opening nozzles)

ความดันเชื้อเพลิงจะกระทำต่อส่วนล่างสุดของเข็มหัวฉีดด้วยการยกเข็มขึ้นให้ลอยตัวขึ้น โดยการเอาชนะแรงสปริงแล้วเชื้อเพลิงแรงดันสูงจะถูกฉีดออก ซึ่งความดันเชื้อเพลิงสามารถปรับแต่งได้ด้วยการปรับความตึงของสปริง แบ่งย่อยตามลักษณะของนมหนูได้เป็น 3 แบบ ประกอบด้วย

- แบบรู (Hole type)
- แบบเข็ม (Pintle type)
- แบบเข็มและรูพิเศษ (Pintaux type)



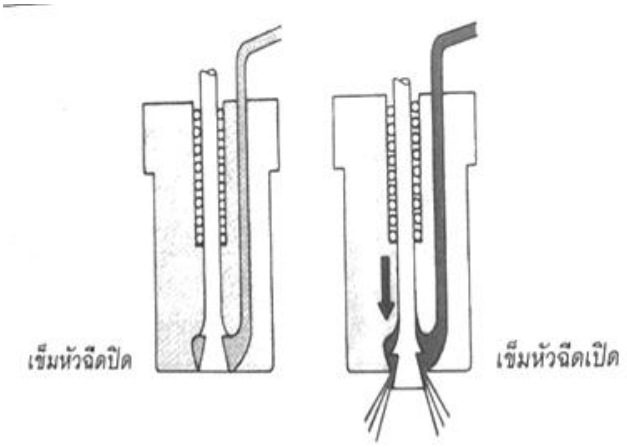
รูปที่ 2-21 หัวฉีดแบบเข็มฉีดเลื่อนภายใน (Inward-opening nozzles)

(ที่มารูปจาก: FOS Engines)

2) หัวฉีดแบบเข็มฉีดเลื่อนออกภายนอก (Outward-opening nozzles)

เข็มหัวฉีดจะเคลื่อนไปในทิศทางเดียวกับการไหลของเชื้อเพลิง ความดันเชื้อเพลิงจะกระทำต่อส่วนล่างสุดของเข็มหัวฉีดด้วยการดันเข็มลง โดยความดันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการดันเข็มของหัวฉีดชนิดนี้จะค่อนข้างต่ำ ทำให้เกิดการรั่วของเชื้อเพลิงเข้ากระบอกสูบได้ยาก แบ่งย่อยตามลักษณะของนมหนูได้เป็น 3 แบบ ประกอบด้วย

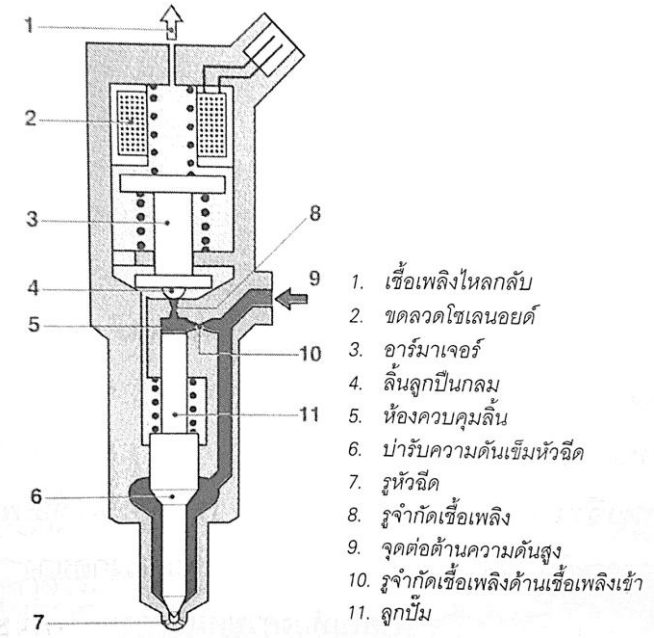
- แบบดอกเห็ด (Poppet type)
- แบบเข็ม (Pintle type)
- แบบหลายรู (Multi-orifice)



รูปที่ 2-22 หัวฉีดแบบเข็มฉีดเลื่อนออกภายนอก (Outward-opening nozzles)
(ที่มารูปจาก: FOS Engines)

3) หัวฉีดสำหรับระบบฉีดแบบท่อร่วมควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์

จะแตกต่างกับหัวฉีดทั้ง 2 แบบ ที่กล่าวมาข้างต้น คือ จะมีโซลีนอยด์ (Solenoid) และลิ้นลูกปืนกลม (Ball valve) เพิ่มเข้ามา เพื่อทำหน้าที่ควบคุมการทำงานหัวฉีด ด้วยไฟฟ้าจากชุดอิเล็กทรอนิกส์ ในรูปที่แสดงหัวฉีดอยู่ในสถานะปิดไม่จ่ายเชื้อเพลิง และเมื่อต้องการฉีดเชื้อเพลิง โซลีนอยด์ จะได้รับคำสั่งจากชุดควบคุมให้ดึง อาร์เมเจอร์ (หมายเลข 3) ขึ้นทำให้ลิ้นลูกปืนกลมเปิดทำให้ความดันเชื้อเพลิงที่กระทำกับบ่ารับความดันเข็มหัวฉีด (หมายเลข 6) มากกว่าความดันในห้องควบคุมลิ้น (หมายเลข 5) เข็มหัวฉีดจึงยกขึ้นเพื่อปล่อยเชื้อเพลิงแรงดันสูงเข้ากระบอกสูบ



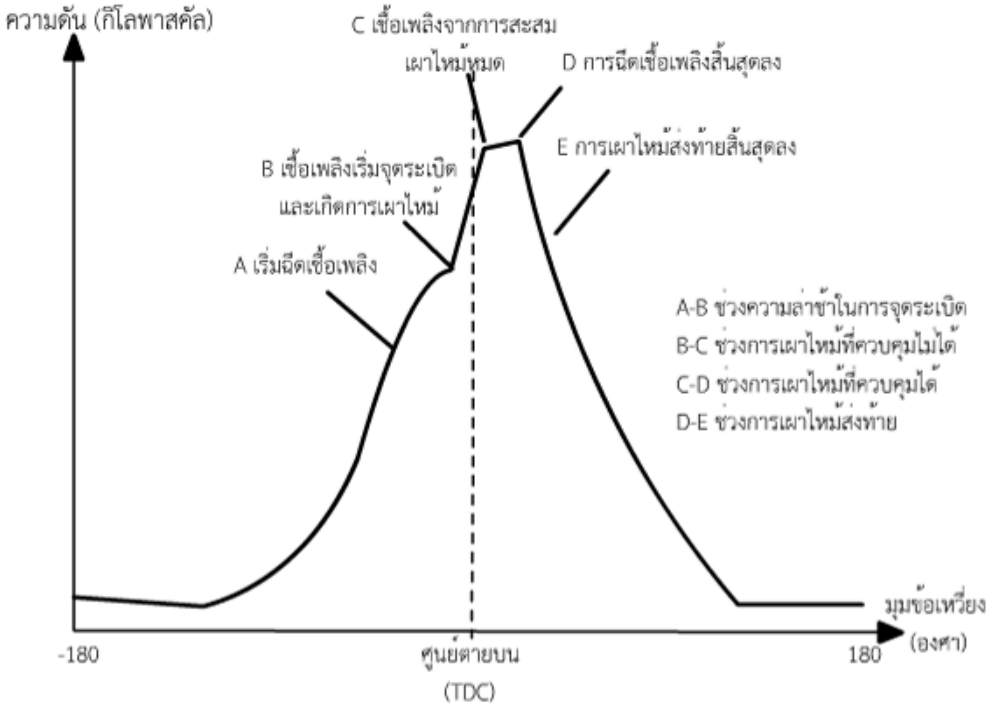
รูปที่ 2-23 หัวฉีดสำหรับระบบฉีดแบบท่อร่วมควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์
(ที่มารูปจาก: ทฤษฎีเครื่องยนต์ดีเซล โดย ประณต กุลประสูตร)

2.7 กระบวนการเผาไหม้และกราฟความดันในห้องเผาไหม้

กระบวนการเผาไหม้ (Combustion Process) เป็นปฏิกิริยาเคมีชนิดหนึ่ง คือ เมื่อน้ำมันดีเซลซึ่งมีองค์ประกอบของสารไฮโดรคาร์บอน (HC) เป็นส่วนใหญ่ ทำปฏิกิริยากับแก๊สออกซิเจน (O_2) ในอากาศที่ความดันสูงและอุณหภูมิสูง จะเกิดการลุกไหม้และปลดปล่อยพลังงานความร้อนออกมา โดยแก๊สไอเสียที่ได้จากการเผาไหม้ (ปล่อยทิ้งทางท่อไอเสีย) ประกอบด้วย ไอน้ำ (H_2O) แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และอากาศส่วนเกิน แต่ถ้า ปริมาณเชื้อเพลิงมากกว่าปริมาณอากาศตามทฤษฎี (A/F ที่เกิดขึ้นจริง มีค่าน้อยกว่า A/F ตามทฤษฎี) ในแก๊สไอเสียจะเกิดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ซึ่งเป็นแก๊สพิษขึ้น เมื่อสูดดมเข้าไปอาจทำให้หมดสติได้

2.7.1 กราฟความดันในห้องเผาไหม้ (Pressure Volume Diagram)

กราฟการเผาไหม้ แกนตั้ง คือ ความดันในกระบอกสูบ (ห้องเผาไหม้) แกนนอน คือ มุมของเพลาข้อเหวี่ยงนับเทียบกับจุด T.D.C. แบ่งได้เป็น 4 ช่วง ดังนี้



รูปที่ 2-24 กราฟการเผาไหม้ (ที่มารูปจาก: ทฤษฎีเครื่องยนต์ดีเซล โดย ประณต กุลประสูตร)

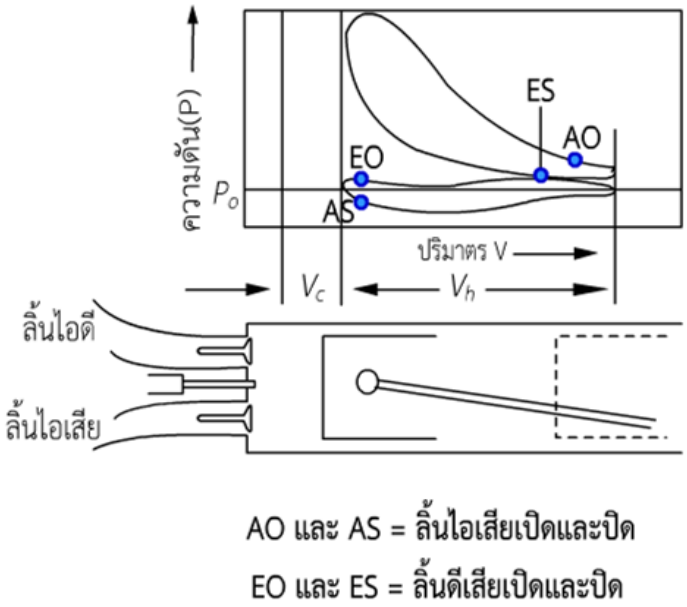
1) ช่วงที่ 1 (A-B) ช่วงความล่าช้าในการจุดระเบิด: ไอน้ำมันดีเซลผสมกับอากาศอัดในกระบอกสูบ อุณหภูมิของแก๊สผสมสูงขึ้นเรื่อยๆ จนถึงช่วงท้ายจุด B จึงเริ่มจุดระเบิดเริ่มต้นจากจุด A
2) ช่วงที่ 2 (B-C) ช่วงการเผาไหม้ที่ควบคุมไม่ได้: ต่อเนื่องมาจากช่วงที่ 1 เริ่มจากน้ำมันดีเซลจุดระเบิดและเกิดการเผาไหม้ (จุด B) ทำให้ความดันภายในกระบอกสูบเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและรุนแรงมาก เนื่องจากมีปริมาณน้ำมันดีเซลสะสมอยู่ในกระบอกสูบจำนวนหนึ่ง

พร้อมกับดันลูกสูบให้เคลื่อนที่ขึ้นไปยังจุด T.D.C หรือ เลยจุด T.D.C เล็กน้อย (จุด C) แล้วแต่การออกแบบเครื่องยนต์

3) ช่วงที่ 3 (C-D) ช่วงการเผาไหม้ควบคุมได้: ต่อเนื่องมาจากช่วงที่ 2 เริ่มจากจุดที่น้ำมันดีเซลสะสมอยู่เกิดการเผาไหม้จนหมด (จุด C) แต่หัวฉีดยังฉีดน้ำมันดีเซลเรื่อยๆ ทำให้การเผาไหม้ยังคงดำเนินต่อไป ซึ่งในช่วงนี้ความดันจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยจะขึ้นอยู่กับอัตราการฉีดน้ำมันดีเซลทำให้สามารถควบคุมการเผาไหม้ได้ และหยุดการฉีดน้ำมันดีเซลที่จุด D
4) ช่วงที่ 4 (D-E) ช่วงการเผาไหม้ส่งท้าย: ต่อเนื่องมาจากช่วงที่ 3 หลังจากที่หัวฉีดหยุดการฉีดน้ำมันดีเซล (จุด D) การเผาไหม้ยังดำเนินต่อจนถึงจุด E เนื่องจากว่ามีน้ำมันดีเซลบางส่วนยังไม่ถูกเผาไหม้ แต่ความดันในกระบอกสูบจะเริ่มลดลง เนื่องจากเพลาข้อเหวี่ยงเคลื่อนที่พาลูกสูบลงมายังตำแหน่ง B.D.C อีกทั้งยังไม่มีเชื้อเพลิงฉีดเพิ่มเข้าไปในกระบอกสูบแล้ว ปัจจุบันช่วงนี้ไม่มีความสำคัญต่อเครื่องยนต์ดีเซลแล้วเนื่องจากมีการควบคุมการเผาไหม้ด้วยคอมพิวเตอร์ทำให้การเผาไหม้มีความสมบูรณ์ตั้งแต่ช่วงที่ 3 แล้ว

2.7.2 กราฟความดันเผาไหม้น้ำมันดีเซล (P-V diagram)

- แกนตั้ง เป็นค่าความดันในกระบอกสูบ
- แกนนอน คือ ปริมาตรภายในกระบอกสูบ ณ ตำแหน่งต่างๆ ของลูกสูบ
- V_c คือ ปริมาตรภายในกระบอกสูบ ณ ตำแหน่งที่ลูกสูบอยู่ที่ T.D.C
- V_h คือ ผลต่างของปริมาตรภายในกระบอกสูบ ระหว่าง ตำแหน่งลูกสูบอยู่ที่ B.D.C กับตำแหน่งที่ลูกสูบอยู่ที่ T.D.C
- รูปด้านบนเป็นแสดงวัฏจักรการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซลจริง
- รูปด้านล่าง แสดงตำแหน่งของลูกสูบในกระบอกสูบที่จังหวะ ดูด อัด ระเบิด คาย
- จุดสีน้ำเงิน 4 จุด คือ จุดที่กำหนดจังหวะลิ้นไอดีไอเสีย เปิด/ปิด



รูปที่ 2.25 กราฟความดันกับปริมาตร (P-V diagram)
(ที่มารูปจาก: งานเครื่องยนต์ดีเซล โดย รศ.อำพล ซื่อตรง)

2.8 ลักษณะการฉีดน้ำมันดีเซล

ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ดีเซล จะทำให้เครื่องยนต์เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการทำงานได้นั้น จะต้องประกอบด้วยสิ่งสำคัญต่างๆ ดังนี้

2.8.1 ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง (Metering)

ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง คือ การแบ่งปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดเข้าไปภายในห้องเผาไหม้หรือปริมาณที่เหมาะสมกับภาระ (Load) ของเครื่องยนต์ และจะต้องมีการควบคุมปริมาณของน้ำมันเชื้อเพลิงที่จ่ายออกได้แน่นอนทุกครั้งเท่ากันทุกสูบตลอดเวลา ซึ่งจะทำให้เครื่องยนต์ทำงานด้วยความเร็วที่สม่ำเสมอ

2.8.2 การฉีดน้ำมันดีเซลในตำแหน่งที่ถูกต้อง (Timing)

การฉีดน้ำมันดีเซลในตำแหน่งที่ถูกต้อง คือ การเริ่มต้นฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของหัวฉีดในตำแหน่งหรือเวลาที่ถูกต้อง ตามความต้องการของเครื่องยนต์ เพื่อให้เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพที่เกิดจากการเผาไหม้สูงสุด ซึ่งเป็นการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ไม่มีควัน และทำให้ประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง ถ้าหัวฉีดทำการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงก่อนกำหนดมากเกินไป จะทำให้การเผาไหม้เกิดการล่าช้า เพราะอุณหภูมิของอากาศยังไม่สูงพอ ทำให้เครื่องยนต์เดินเบาไม่เรียบเกิดเสียงดัง และมีควันมาก แต่ถ้าหัวฉีดทำการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงหลังเวลาที่กำหนด จะทำให้น้ำมันเชื้อเพลิงเริ่มการเผาไหม้ เมื่อลูกสูบเลื่อนผ่านจุดศูนย์ตายบนไปแล้ว เครื่องยนต์จะร้อน กำลังของเครื่องยนต์จะตกทำให้เกิดการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงมากเกินไป

2.8.3 การฉีดน้ำมันดีเซลในอัตราที่เหมาะสม (Rate Control)

การฉีดน้ำมันดีเซลในอัตราที่เหมาะสม คือ ปริมาณของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดเข้าไปภายในห้องเผาไหม้ต่อหนึ่งหน่วยเวลาถ้าระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงมีอัตราการฉีดสูง และจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงจำนวนหนึ่ง ถูกฉีดให้หมดในเวลาอันสั้น ทำให้อัตราส่วนการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงต่ำ หมายความว่า ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่เท่ากันจะใช้เวลาในการฉีดยาวนานกว่า ดังนั้น Rate control จะมีลักษณะคล้ายกับTiming ถ้าอัตราส่วนการฉีดสูง ซึ่งโดยปกติจะใช้เวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงให้หมดในเวลา 0.002 วินาทีแต่จะใช้เวลาในการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงให้หมดจริงๆ ในเวลา 0.0004 วินาที คล้ายกับการฉีดก่อนกำหนด แต่ถ้าอัตราการฉีดต่ำก็จะคล้ายกับการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงหลังกำหนด

2.8.4 การฉีดน้ำมันดีเซลเป็นฝอยละออง (Atomization)

การฉีดน้ำมันดีเซลเป็นละออง คือการที่น้ำมันเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดเข้าไปภายในห้องเผาไหม้จะต้องเป็นฝอยละออง ตามความเหมาะสมกับชนิดของห้องเผาไหม้ จึงจะทำให้เครื่องยนต์สตาร์ทติดง่าย การเผาไหม้ที่สมบูรณ์หมดจด ห้องเผาไหม้บางแบบจะต้องการฝอยละอองที่หยาบ บางแบบต้องการฝอยละอองที่มีความละเอียด

2.8.5 การกระจายของฝอยละอองของน้ำมันเชื้อเพลิง (Distribution)

ในขณะที่หัวฉีดทำการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าไปภายในห้องเผาไหม้ ฝอยละอองของน้ำมันเชื้อเพลิงจะต้องแผ่กระจายไปยังห้องเผาไหม้ ผสมกับอากาศได้อย่างทั่วถึงจึงจะทำให้การเผาไหม้หมดจด กำลังของเครื่องยนต์ก็จะเพิ่มขึ้นด้วย

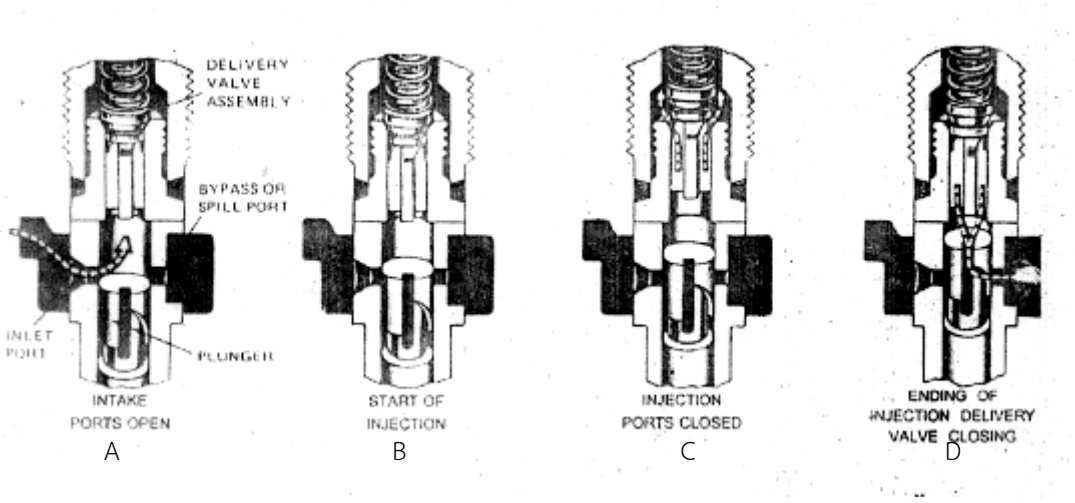
2.8.6 การเริ่มต้นและการสิ้นสุดการฉีดน้ำมันดีเซล

จากรูป A น้ำมันเชื้อเพลิงรอบๆ กระบอกปั๊ม (Barrel) และบนช่องว่างที่หัวปั๊ม โดยผ่านช่องทางน้ำมันเข้า (Inlet port) ในขณะที่ลูกปั๊ม (Plunger) อยู่ในตำแหน่งจุดศูนย์ตายล่าง

จากรูป B น้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกบรรจุอยู่ภายในกระบอกปั๊ม และบริเวณช่องว่างรอยผ่าต่างๆจนเต็ม ลูกปั๊มจะเคลื่อนที่ขึ้นไปในตำแหน่งจุดศูนย์ตายบน ทำให้ลูกปั๊มเปิดช่องทางน้ำมันเข้าและช่องทางน้ำมันออก

จากรูป C ลูกปั๊มจะเคลื่อนที่ขึ้นต่อไปอีก ทำให้น้ำมันเชื้อเพลิงถูกอัดตัวและถูกดันออกจากลิ้นส่งน้ำมันเชื้อเพลิง (Delivery valve) เข้าไปยังท่อทางน้ำมันของหัวฉีด

จากรูป D ลูกปั๊มจะเคลื่อนที่ต่อไปจนกระทั่งร่องเอียงอยู่ในตำแหน่งที่สิ้นสุดการฉีด



รูปที่ 2-26 แสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของปั๊มฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

2.9 คุณลักษณะและข้อดีข้อเสียของเครื่องยนต์ดีเซล

ตารางที่ 2-4 การเปรียบเทียบคุณลักษณะของเครื่องยนต์ดีเซลกับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

เครื่องยนต์ดีเซล	เครื่องยนต์แก๊สโซลีน
1. ขนาดใหญ่น้ำหนักมาก	1. ขนาดเล็ก น้ำหนักเบา
2. ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง	2. ใช้น้ำมันแก๊สโซลีน หรือน้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง
3. การจุดระเบิดใช้ความร้อนจากการอัดอากาศให้มีอุณหภูมิและความดันสูง	3. การจุดระเบิดใช้ประกายไฟฟ้าจากหัวเทียน
4. บำรุงรักษายาก ทนทานกว่า	4. บำรุงรักษาง่าย ทนทานน้อยกว่า
5. เครื่องเดินเสียงดัง และสั่นสะเทือนมาก	5. เครื่องเดินเสียงไม่ดัง และไม่สั่นสะเทือน

2.9.1 ข้อดีของเครื่องยนต์ดีเซลเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

1) เครื่องยนต์ดีเซลมีประสิทธิภาพทางความร้อนสูงกว่า ซึ่งหมายความว่า เครื่องยนต์ดีเซลจะสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงน้อยและประหยัดกว่าเครื่องยนต์แก๊สโซลีน
2) เครื่องยนต์ดีเซลมีความคงทนมากกว่า และไม่จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ไฟฟ้า เพื่อใช้เป็นตัวช่วยจุดระเบิด ซึ่งก็หมายความว่าเครื่องยนต์ดีเซลจะมีปัญหาข้อขัดข้องน้อยกว่าเครื่องยนต์แก๊สโซลีน
3) แรงบิดของเครื่องยนต์ดีเซลจะยังคงไม่เปลี่ยนแปลงที่ย่านความเร็วต่างๆ นั่นหมายความว่าเครื่องยนต์ดีเซลมีการทำงานที่ยืดหยุ่นและง่ายกว่าการทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน (ด้วยเหตุนี้ทำให้เครื่องยนต์ดีเซลมี ความเหมาะสมกับยวดยานขนาดใหญ่)

2.9.2 ข้อเสียของเครื่องยนต์ดีเซลเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

1) กำลังดันสูงสุดในการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลสูงเกือบเป็น 2 เท่า ของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนนั่นหมายความว่าเครื่องยนต์ดีเซลทำให้เกิดเสียงดัง และการสั่นสะเทือนสูงกว่า
2) เพราะเหตุว่ากำลังดันในการเผาไหม้สูงมาก เครื่องยนต์ดีเซลจำเป็นต้องผลิตขึ้นด้วยวัสดุต้านแรงกดดันสูง และต้องมีโครงสร้างที่แข็งแรงอย่างมาก นั่นหมายความว่าเครื่องยนต์ดีเซลจะมีน้ำหนักต่อแรงม้าสูงกว่าเครื่องยนต์ เบนซิน ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงกว่าด้วย
3) เครื่องยนต์ดีเซลต้องการระบบฉีดเชื้อเพลิงที่มีความเที่ยงตรงสูงมาก ซึ่งหมายความว่าจะทำราคาของเครื่องยนต์ดีเซลสูงขึ้น และยังต้องการการบำรุงรักษา ที่พิถีพิถันมากกว่าเครื่องยนต์แก๊สโซลีน
4) เครื่องยนต์ดีเซลมีอัตราส่วนกำลังอัดที่สูง จึงต้องการแรงในการหมุนที่สูงมาก ดังนั้นจำเป็นที่จะต้องใช้ อุปกรณ์ที่ช่วยในการหมุนขับ เช่น มอเตอร์สตาร์ทและแบตเตอร์รี่ที่มีกำลังและความจุสูงมากขึ้น

2.10 การอนุรักษ์พลังงานของเครื่องยนต์ดีเซล

เครื่องยนต์ดีเซล เป็นเครื่องยนต์สันดาปภายในที่ทำการเผาไหม้เชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้ เพื่อให้กำเนิดแก๊สอุณหภูมิและความดันสูง แล้วนำแก๊สนี้ไปใช้เป็น Working fluid โดยทำให้ขยายตัว เพื่อแปลงพลังงานความร้อนในแก๊สเป็นพลังงานกล

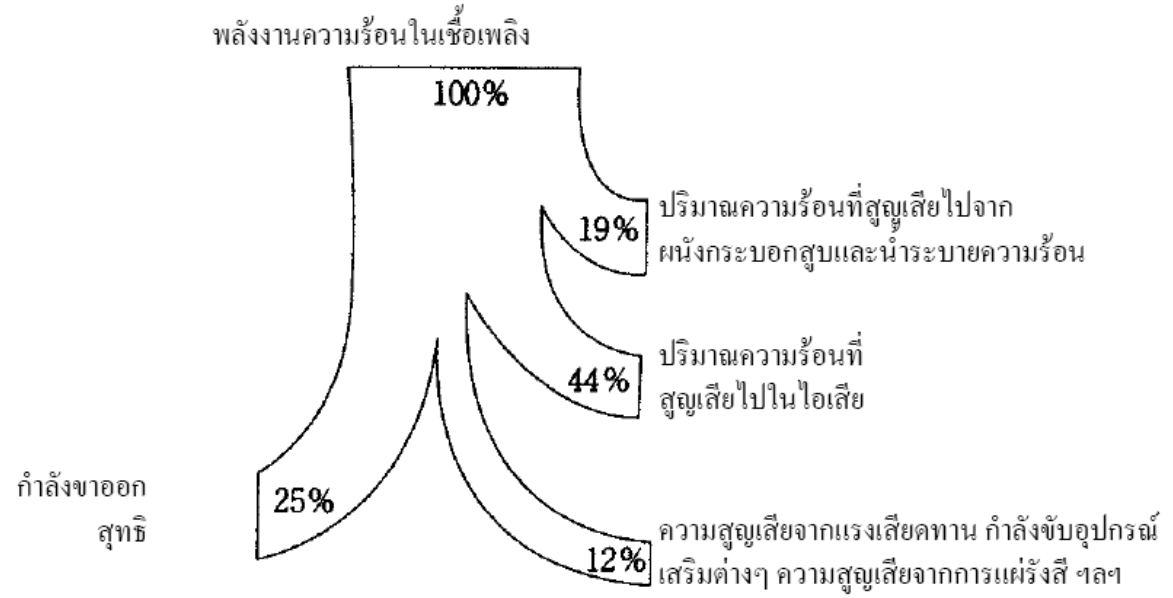
เครื่องยนต์ดีเซล จะดูดอากาศอย่างเดียวเข้าไปอัดในกระบอกสูบให้มีความดันและอุณหภูมิสูงก่อนหลังจากนั้นจึงฉีดละอองเชื้อเพลิงเข้าไปในกระบอกสูบให้จุดระเบิดด้วยตัวเองโดยไม่ต้องใช้พลังงานจากภายนอก ดังนั้น ในเครื่องยนต์ดีเซล เนื่องจากต้องอัดอากาศให้มีความดันสูงถึงอุณหภูมิจุดระเบิดด้วยตัวเอง โดยหลักการแล้วจึงมีอัตราส่วนกำลังอัดสูง และมีประสิทธิภาพความร้อนสูง สามารถใช้น้ำมันปิโตรเลียมและน้ำมันหนักที่มีจุดเดือดสูงและราคาถูกได้ แต่เดิมเคยใช้เป็นเครื่องยนต์ขนาดค่อนข้างใหญ่ที่มีความเร็วต่ำสำหรับเรือกำเนิดไฟฟ้า รถยนต์ขนาดใหญ่ เครื่องจักรก่อสร้าง ฯลฯ แต่ในปัจจุบัน มีการผลิตเครื่องยนต์ขนาดเล็กที่มีความเร็วสูงออกมาใช้แล้ว

ในเครื่องยนต์สันดาปภายใน ความร้อนจากการเผาไหม้ส่วนใหญ่จะปล่อยทิ้งเป็นแก๊สไอเสีย และสูญเสียไปถึงน้ำระบายความร้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเครื่องยนต์ดีเซลจะเดินเครื่องด้วยอัตราอากาศส่วนเกินสูงมาก ในเครื่องยนต์ธรรมดา จะมีอัตราอากาศส่วนเกินประมาณ 1.4-1.6 ที่กำลังขาออกที่พิกัด และเครื่องยนต์ Supercharge จะมีอัตราอากาศส่วนเกินสูงถึง 1.7-2.3 ยิ่งเครื่องยนต์ขนาดใหญ่ยิ่งมีแนวโน้มมีค่าสูงขึ้น ดังนั้นไอเสียเครื่องยนต์ดีเซลจึงมีอุณหภูมิค่อนข้างต่ำแต่มีปริมาณไอเสียมาก ในเครื่องยนต์ Supercharge ถึงแม้จะสามารถนำพลังงานความร้อนในไอเสียกลับมาใช้ได้ถึง 30% แต่โดยรวมๆ แล้วความสูญเสียในแก๊สไอเสียก็ยังมีค่าสูง

ระบบระบายความร้อนของเครื่องยนต์สันดาปภายใน ประกอบด้วยระบบอุณหภูมิสูงซึ่งใช้น้ำระบายความร้อนที่เสื้อสูบ และฝาสูบ กับระบบอุณหภูมิต่ำซึ่งใช้ระบายความร้อนน้ำมันหล่อลื่นและอากาศ ระบบอุณหภูมิสูงจะรักษาอุณหภูมิขาออกของน้ำระบายความร้อนไว้ที่ประมาณ 80-90°C ทำให้

- ลดความสูญเสียจากการระบายความร้อน
- ประหยัดน้ำมันเพราะเผาไหม้ได้ดีเนื่องจากห้องเผาไหม้มีอุณหภูมิสูงขึ้น
- ลดการกัดกร่อนของกรดไนตริกต่อ ปลอกสูบ แหวนลูกสูบ ฯลฯ และเพิ่มความทนทานต่อการเสียดสีเนื่องจากอุณหภูมิรอบๆ ห้องเผาไหม้สูงขึ้น
- ไอเสียมีอุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้สามารถนำความร้อนในไอเสียกลับมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและเพิ่มประสิทธิภาพในการนำกลับมาใช้ เป็นต้น

ในทางกลับกันระบบอุณหภูมิต่ำควรมีอุณหภูมิไม่เกิน 50°C เพื่อไม่ให้น้ำมันหล่อลื่นเสื่อมสภาพ ยิ่งเครื่องยนต์ที่ Supercharge มาก ปริมาณความร้อนของน้ำระบายความร้อนอากาศจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในเครื่องยนต์ดีเซล บางครั้งปริมาณความร้อนของระบบอุณหภูมิต่ำจะมีค่าถึง 30-40% ของปริมาณความร้อนของน้ำระบายความร้อนทั้งหมด



รูปที่ 2-27 ตัวอย่างสมดุลความร้อนของเครื่องยนต์ดีเซล

แบบประเมินผลการเรียน

หน่วยที่ 2

การทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล

คำสั่ง จงทำเครื่องหมาย X ลงข้อที่ถูกต้อง

1. เครื่องยนต์ดีเซล คืออะไร

ก. เครื่องยนต์ที่มีอัตราส่วนการอัดตัวสูงเป็นพิเศษ (14:1 - 25:1)
ข. เครื่องยนต์ที่ใช้หัวเทียนในการจุดระเบิด
ค. เครื่องยนต์ที่ใช้ความร้อนจากการอัดตัวของอากาศภายนอกกระบอกสูบ
ง. เครื่องยนต์ที่ใช้แก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิง

2. ศูนย์ตายบน (Top dead center: T.D.C) คือ

ก. จุดที่ลูกสูบเคลื่อนที่ลงต่ำสุด
ข. จุดที่ลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นสูงสุด
ค. จุดที่ลูกสูบเคลื่อนที่ลงสูงสุด
ง. จุดที่ลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นต่ำสุด

3. เทอร์โบชาร์จเจอร์ (Turbocharger) มีหน้าที่อะไรในระบบเครื่องยนต์ดีเซล

ก. อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับอัดไอดีเข้ากระบอกสูบ เพื่อเพิ่มกำลังเครื่องยนต์
ข. อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับอัดไอเสียเข้ากระบอกสูบ เพื่อเพิ่มกำลังเครื่องยนต์
ค. อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับลดอุณหภูมิความร้อนภายในเครื่องยนต์
ง. อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับระบายไอเสียออกจากเครื่องยนต์

4. ข้อใดเป็นค่าที่ใช้สำหรับวัดคุณสมบัติของการจุดระเบิดของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล

ก. ค่าซีเทน (Cetane number)
ข. ค่าการจุดติดไฟ (Fire Point)
ค. ค่าช่วงหน่วงติดไฟ (Ignition delay)
ง. ผิดทุกข้อ

5. ปัจจัยที่ช่วยลดการน็อก (Knocking) ในเครื่องยนต์ดีเซล

ก. การลดเวลาช่วงหน่วงติดไฟ.
ข. การลดอุณหภูมิและความดันของไอดี
ค. การลดความไม่สม่ำเสมอของเชื้อเพลิง
ง. ถูกทุกข้อ.

6. ข้อใดเรียงลำดับของวัฏจักรการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซลได้ถูกต้อง

ก. ดูด → ระเบิด → อัด → คาย
ข. อัด → ดูด → ระเบิด → คาย
ค. ดูด → อัด → ระเบิด → คาย
ง. ระเบิด → อัด → ดูด → คาย

7. การเผาไหม้ที่เกิดขึ้นในวัฏจักรช่วงจังหวะระเบิด (Power stroke) มีอุณหภูมิสูงสุดประมาณกี่ °C

ก. 100-500 °C
ข. 1,000-1,500 °C
ค. 2,000-2,500 °C
ง. 3,000-3,500 °C

8. เครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ เพลาข้อเหวี่ยงต้องหมุนกี่รอบ จึงเกิดเป็นงาน 1 ครั้ง

ก. 1 รอบ
ข. 2 รอบ
ค. 3 รอบ
ง. 4 รอบ

9. “จังหวะโอเวอร์แล็ป (Over Lap)” ในเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะคือข้อใด

ก. ตำแหน่งที่ลิ้นไอดีกำลังจะเปิดและลิ้นไอเสียกำลังจะปิดสนิท
ข. ตำแหน่งที่ลิ้นไอดีกำลังจะปิดและลิ้นไอเสียกำลังจะเปิดสนิท
ค. ตำแหน่งที่ลิ้นไอดีกำลังจะปิดและลิ้นไอเสียกำลังจะปิดสนิท
ง. ตำแหน่งที่ลิ้นไอดีกำลังจะเปิดและลิ้นไอเสียกำลังจะเปิดสนิท

10. เครื่องยนต์ดีเซล 2 จังหวะ เพลาข้อเหวี่ยงต้องหมุนได้ครบกี่องศา จึงเกิดเป็นงาน 1 ครั้ง

ก. 90 องศา
ข. 180 องศา
ค. 360 องศา
ง. 720 องศา

11. เป้าหมาย และหลักการสำคัญในการปรับตั้งเครื่องยนต์ดีเซล ตรงกับความหมายในข้อใดมากที่สุด

ก. เครื่องยนต์จะต้องทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ และเกิดสมรรถนะสูงสุดในการทำงาน
ข. เครื่องยนต์จะต้องทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ และเกิดสมรรถนะต่ำสุดในการทำงาน
ค. เครื่องยนต์จะต้องใช้เชื้อเพลิงเป็นจำนวนมาก เพื่อให้เกิดสมรรถนะต่ำสุดในการทำงาน
ง. เครื่องยนต์จะต้องใช้เชื้อเพลิงเป็นจำนวนมาก เพื่อให้เกิดสมรรถนะสูงสุดในการทำงาน

12. ข้อใด “ไม่ใช่” ส่วนประกอบหลักของระบบเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ดีเซล

ก. ถังเชื้อเพลิง
ข. หม้อกรองเชื้อเพลิง
ค. ปั๊มฉีดเชื้อเพลิง
ง. เครื่องควบคุมอุณหภูมิ

13. ข้อใด “ไม่ใช่”หน้าที่ของหัวฉีดเชื้อเพลิง

ก. ทำหน้าที่ส่งผ่านเชื้อเพลิงที่มีความดันสูงจากปั๊มฉีดเชื้อเพลิงเข้ากระบอกสูบ
ข. ทำหน้าที่การแตกตัวเชื้อเพลิงให้เป็นฝอยละเอียดที่ดีเพื่อการจับตัวกับออกซิเจน
ค. ทำหน้าที่กระจายเชื้อเพลิงให้สม่ำเสมอในกระบอกสูบแต่ละสูบ
ง. ทำหน้าที่กระจายและส่งผ่านเชื้อเพลิงที่มีความดันสูงจากปั๊มฉีดเชื้อเพลิงเข้าถังเก็บน้ำมันเชื้อเพลิง

14. ข้อใดเป็นรูปแบบหัวฉีดเชื้อเพลิง

ก. หัวฉีดแบบเข็มฉีดเลื่อนออกภายนอก
ข. หัวฉีดแบบเข็มฉีดเลื่อนออกด้านข้าง
ค. หัวฉีดสำหรับระบบฉีดแบบท่อร่วมควบคุมด้วยความดัน
ง. ถูกทุกข้อ

15. “กระบวนการเผาไหม้” จะเกิดขึ้นเมื่อใด

ก. เมื่อเชื้อเพลิงทำปฏิกิริยากับแก๊สออกซิเจน (O_2) ในอากาศที่ความดันสูงและอุณหภูมิสูง
ข. เมื่อเชื้อเพลิงทำปฏิกิริยากับแก๊สไฮโดรเจน (H_2) ในอากาศที่ความดันสูงและอุณหภูมิสูง
ค. เมื่อเชื้อเพลิงทำปฏิกิริยากับแก๊สไนโตรเจน (N_2) ในอากาศที่ความดันสูงและอุณหภูมิสูง
ง. ผิดทุกข้อ

16. กราฟความดันในห้องเผาไหม้ (Pressure Volume Diagram) สามารถแบ่งได้เป็นกี่ช่วง

ก. 1 ช่วง ข. 2 ช่วง
ค. 3 ช่วง ง. 4 ช่วง

17. “การเผาไหม้ควบคุมได้” อยู่ในช่วงใดของความดันในห้องเผาไหม้ (Pressure Volume Diagram)

ก. 1 ช่วง ข. 2 ช่วง
ค. 3 ช่วง ง. 4 ช่วง

18. ข้อใดต่อไปนี้ คือ คุณสมบัติของเครื่องยนต์ดีเซล

ก. เครื่องยนต์ดีเซลมีประสิทธิภาพทางความร้อนสูง จึงส่งผลทำให้สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงน้อยและประหยัดกว่าเครื่องยนต์เบนซิน
ข. แรงบิดของเครื่องยนต์ดีเซลจะยังคงไม่เปลี่ยนแปลงที่ย่านความเร็วต่างๆ
ค. เครื่องยนต์ดีเซลมีความคงทน
ง. ถูกทุกข้อ

19. ข้อใดเป็นแนวทางการอนุรักษ์พลังงานของเครื่องยนต์ดีเซล

ก. การนำความร้อนในไอเสียกลับมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
ข. การเพิ่มอุณหภูมิในการสันดาปของเครื่องยนต์
ค. การลดปริมาณน้ำระบายความร้อนที่เสื้อสูบ และฝาสูบ
ง. การเพิ่มปริมาณน้ำมันหล่อลื่นในเครื่องยนต์

20. ในข้อใดต่อไปนี้ก่อให้เกิดการสูญเสียปริมาณความร้อนของเครื่องยนต์ดีเซลมากที่สุด

ก. ปริมาณความร้อนที่สูญเสียไปจากผนังกระบอกสูบและน้ำระบายความร้อน
ข. ปริมาณความร้อนที่สูญเสียไปในไอเสีย
ค. ความสูญเสียจากแรงเสียดทาน กำลังขับอุปกรณ์เสริมต่างๆ ความสูญเสียจากการแผ่รังสี
ง. กำลังขาออกสุทธิ

รายวิชาที่ 2

เชื้อเพลิงและวัสดุหล่อลื่น

รหัส 2101 -2006 หน่วยที่ 14 ก๊าซชีวภาพ

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พ.ศ. 2556
ประเภทวิชาช่างอุตสาหกรรม
สาขาวิชาช่างยนต์

.....

จุดประสงค์สาขาวิชา

1. เพื่อให้สามารถประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะด้านภาษา วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ สังคมศึกษา สุขศึกษาและพลศึกษาในการพัฒนาตนเองและวิชาชีพ
2. เพื่อให้มีความเข้าใจหลักการบริหารและจัดการวิชาชีพ การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและหลักการงานอาชีพที่สัมพันธ์เกี่ยวข้องกับการพัฒนาวิชาชีพช่างยนต์ให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงและความก้าวหน้าของเศรษฐกิจ สังคม และเทคโนโลยี
3. เพื่อให้มีความเข้าใจในหลักการและกระบวนการทำงานในกลุ่มงานพื้นฐานด้านช่างยนต์
4. เพื่อให้สามารถปฏิบัติงานได้เหมาะสมกับความรู้ความสามารถของตน
5. เพื่อให้สามารถปฏิบัติงานด้านช่างยนต์ในสถานประกอบการและประกอบอาชีพอิสระ รวมทั้งการใช้ความรู้ และทักษะเป็นพื้นฐานในการศึกษาต่อในระดับสูงขึ้นได้
6. เพื่อให้มีความเข้าใจในการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าและอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม
7. เพื่อให้มีเจตคติที่ดีต่องานอาชีพ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ซื่อสัตย์สุจริต มีระเบียบวินัย มีความรับผิดชอบต่อสังคมสิ่งแวดล้อม ต่อต้านความรุนแรงและสารเสพติด

แผนการจัดการเรียนรู้

รหัสวิชา	**2101-2006**	**ชื่อรายวิชา**	**เชื้อเพลิงและวัสดุหล่อลื่น 2-0-2**
ระดับชั้น	**ประกาศนียบัตรวิชาชีพ**	**สาขาวิชา**	**ช่างยนต์**
ทฤษฎีรวม	**2 คาบ**	**ปฏิบัติรวม**	**0 คาบ 2 หน่วยกิต**

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาเกี่ยวกับแหล่งกำเนิดหลักการจำแนกชนิด คุณสมบัติของเชื้อเพลิง เชื้อเพลิงแข็ง เชื้อเพลิงเหลว เชื้อเพลิงแก๊ส กระบวนการผลิตปรับปรุงคุณภาพเชื้อเพลิง การเลือกใช้และการเก็บรักษาเชื้อเพลิง วัสดุหล่อลื่น สารหล่อเย็นและน้ำมันไฮดรอลิก

จุดประสงค์รายวิชา

1. เข้าใจชนิดและสมบัติของเชื้อเพลิง
2. เข้าใจกระบวนการผลิตเชื้อเพลิง วัสดุหล่อลื่นสารหล่อเย็นและน้ำมันไฮดรอลิก
3. เลือกใช้เชื้อเพลิงและวัสดุหล่อลื่นตามประเภทของเครื่องจักรกล
4. มีกิจนิสัยที่ดีในการทำงานรับผิดชอบประณีตรอบคอบตรงต่อเวลาสะอาดปลอดภัยและรักษาสภาพแวดล้อม

มาตรฐานรายวิชา

1. เข้าใจกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงและวัสดุหล่อลื่น
2. เลือกใช้เชื้อเพลิงยานยนต์
3. เลือกใช้วัสดุหล่อลื่นยานยนต์
4. เลือกใช้สารหล่อเย็นยานยนต์
5. เลือกใช้น้ำมันไฮดรอลิกยานยนต์

หน่วยการสอน

รหัส 2101-2006 วิชาเชื้อเพลิงและวัสดุหล่อลื่น จำนวน 4 ชั่วโมง/สัปดาห์

หน่วยที่	ชื่อหน่วยการสอน	จำนวนชั่วโมง
1	แหล่งกำเนิดและการผลิตปิโตรเลียม	4
2	การกลั่นและการผสมน้ำมัน	4
3	น้ำมันเบนซิน	6
4	น้ำมันแก๊สโซฮอล์	4
5	น้ำมันดีเซล	4
6	น้ำมันไบโอดีเซล	4
7	น้ำมันก๊าดและน้ำมันเตา	4
-	สอบกลางภาค	-
8	น้ำมันเครื่อง	4
9	น้ำมันเกียร์และจาระบี	4
10	น้ำมันไฮดรอลิกและเกียร์อัตโนมัติ	6
11	น้ำมันหล่อเย็นงานแปรรูปโลหะ	4
12	แหล่งก๊าซและการแยกก๊าซธรรมชาติ	4
13	ก๊าซ LPG และก๊าซ NGV	4
14	ก๊าซชีวภาพ	4
-	สอบปลายภาค	-
	รวม	60

เกณฑ์การประเมินผล
วิชา เชื้อเพลิงและวัสดุหล่อลื่น รหัส 2101-2006

รายการ	คะแนน	หมายเหตุ
1. คุณลักษณะที่ต้องการบูรณาการคุณธรรม จริยธรรมและคุณลักษณะอันพึงประสงค์	20	
2. ทดสอบ		
2.1 สอบปลายภาค	30	
3. ภาระงาน		
3.1 แบบฝึกหัด	30	
3.2 รายงาน	20	
รวม	**100**	

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน	ใบสาระการเรียน	หน่วยที่ 14
	ชื่อวิชา เชื้อเพลิงและวัสดุหล่อลื่น	เวลาเรียน 4 ชั่วโมง
	ชื่อหน่วย ก๊าซชีวภาพ	
ชื่อเรื่องหรือชื่องาน ก๊าซชีวภาพ		

สาระสำคัญ

ก๊าซชีวภาพ (Biogas) เป็นพลังงานทางเลือกที่สะอาด เกิดจากการนำของเสีย เช่น มูลสัตว์ น้ำเสียจากฟาร์มปศุสัตว์ น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ขยะ และของเหลือใช้ทางการเกษตร มาผ่านกระบวนการหมักเพื่อให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไร้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) โดยแบคทีเรียหลายจำพวกเมื่อสภาวะแวดล้อมเหมาะสม แบคทีเรียจะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว และย่อยสลายสารอินทรีย์ เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน จนกระทั่งในที่สุดเปลี่ยนสภาพไปเป็นก๊าซชีวภาพ

องค์ประกอบหลักของก๊าซชีวภาพ คือก๊าซมีเทน (CH_4) ซึ่งเป็นก๊าซที่ติดไฟ จึงนำไปใช้เป็นพลังงานทดแทนได้ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งเป็นก๊าซไม่ติดไฟ ดังนั้นคุณสมบัติของก๊าซชีวภาพจะขึ้นอยู่กับปริมาณของก๊าซมีเทน ซึ่งโดยทั่วไปแล้วก๊าซชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตรที่ประกอบด้วยก๊าซมีเทนร้อยละ 60 จะมีค่าความร้อนประมาณ 5,000-5,500 kcal ซึ่งเทียบกับน้ำมันดีเซล 0.6 ลิตร หรือน้ำมันเบนซิน 0.67 ลิตร หรือก๊าซ LPG 0.46 กิโลกรัม หรือไม้ฟืน 1.5 กิโลกรัม

เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีฟาร์มปศุสัตว์ ขยะ และโรงงานอุตสาหกรรมการเกษตรเป็นจำนวนมาก ดังนั้นของเสียที่เกิดจากฟาร์มปศุสัตว์ ขยะ และโรงงานอุตสาหกร รมการเกษตรจึงมีปริมาณสูงและมีสารอินทรีย์มาก จึงทำให้เกิดมลพิษต่อสภาพแวดล้อม

เรื่องที่จะศึกษา

1. ระบบหมักผลิตก๊าซและประโยชน์ของก๊าซชีวภาพ
2. กระบวนการย่อยสลายและอิทธิพลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ
3. ระบบหมักผลิตก๊าซชีวภาพแบบช้า
4. ระบบหมักผลิตก๊าซชีวภาพแบบเร็ว
5. กระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพจากระบบบำบัดน้ำเสีย

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายระบบหมักผลิตก๊าซและประโยชน์ของก๊าซชีวภาพได้
2. อธิบายกระบวนการย่อยสลายและอิทธิพลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพได้
3. อธิบายระบบหมักผลิตก๊าซชีวภาพแบบช้าได้
4. อธิบายระบบหมักผลิตก๊าซชีวภาพแบบเร็วได้
5. อธิบายกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพจากระบบบำบัดน้ำเสียได้
6. เพื่อให้มีกิจนิสัยที่ดีในการทำงานด้วยความเป็นระเบียบ สะอาด ประณีต ความปลอดภัยและรักษาสภาพแวดล้อม

หน่วยที่ 14
ก๊าซชีวภาพ

ไบโอแก๊สหรือก๊าซชีวภาพเป็นพลังงานสะอาดที่เกิดจากการนำของเสีย เช่น มูลสัตว์ทุกชนิด น้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์ น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น โรงงานแป้งมันสำปะหลัง โรงงานน้ำมันปาล์ม โรงงานผลไม้กระป๋อง โรงงานน้ำตาล โรงงานผลิตแอลกอฮอล์ โรงฆ่าสัตว์และขยะจากชุมชนหรือร้านค้า ภัตตาคาร ขยะหรือของเหลือใช้ทางการเกษตรมาผ่านกระบวนการหมักเพื่อให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ เมื่อสภาวะแวดล้อมเหมาะสม จะได้ก๊าซชีวภาพที่สามารถนำมาใช้เป็นพลังงานไฟฟ้าหรือความร้อนได้ ซึ่งปัจจุบันมีการผลิตและใช้ก๊าซชีวภาพอย่างแพร่หลาย ทั้งในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ โรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็ก และขนาดใหญ่ รวมถึงชุมชนทั่วไปอีกด้วย

14.1 ก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพ คือ ก๊าซที่เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยแบคทีเรียชนิดไม่ใช้ออกซิเจนในสภาวะไร้อากาศ องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ ประกอบด้วย ก๊าซมีเทน (CH_4) ประมาณ 60-80%, ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ประมาณ 20-40%, ก๊าซอื่นๆ เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) แอมโมเนีย (NH_3) และไอน้ำ (H_2O) ดังแสดงในตารางที่ 14-1

ตารางที่ 14-1 คุณสมบัติของก๊าซชีวภาพที่ความดัน 1 บรรยากาศ ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส

คุณสมบัติ	ปริมาณที่วัดได้
ปริมาณมีเทน (CH_4)	60-80 %
ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	20-40 %
ค่าความร้อนเฉลี่ย	21.60 MJ/m^3
ความเร็วเปลวไฟ	25 cm/sec
อัตราส่วนอากาศต่อก๊าซชีวภาพเฉลี่ย (A/F)	6.03 m^3/m^3
อุณหภูมิเผาไหม้ในอากาศ	650°C
ค่าความจุความร้อนจำเพาะ (C_P)	1.6 $kJ/m^3/^{\circ}C$
ความหนาแน่น (ρ)	1.15 kg/m^3

14.1.1 คุณสมบัติและประโยชน์ของก๊าซชีวภาพ เนื่องจากก๊าซชีวภาพมีก๊าซมีเทนเป็นส่วนประกอบหลัก จึงทำให้มีคุณสมบัติจุดติดไฟได้ดีและสามารถนำไปใช้เป็นพลังงานทดแทนในรูปต่าง ๆ ได้ เช่น

ก) เผาเพื่อใช้ประโยชน์จากความร้อนโดยตรง เช่น ใช้กับเครื่องกกลูกสุกร และหม้อต้มไอน้ำ (Steam Boiler) เป็นต้น

ข) เผาเพื่อให้ความร้อนและใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องจักรกลต่าง ๆ เช่น ใช้กับเครื่องยนต์เบนซินและเครื่องยนต์ดีเซล เป็นต้น

ค) เผาเพื่อให้ความร้อนและใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้า

ตารางที่ 14-2 แสดงก๊าซชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตร เทียบเท่ากับปริมาณเชื้อเพลิงอื่น ๆ

เชื้อเพลิง	ปริมาณ	หน่วย
ก๊าซหุงต้ม (LPG)	0.46	กิโลกรัม
น้ำมันดีเซล	0.60	ลิตร
น้ำมันเตา	0.55	ลิตร
ไฟฟ้า	1.20	กิโลวัตต์ ชั่วโมง

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพกับก๊าซชนิดอื่นๆ สามารถสรุปออกมาได้ดังตารางที่ 14-3

ตารางที่ 14-3 แสดงค่าความร้อนของก๊าซชนิดต่าง ๆ

ชนิดของก๊าซ	Gross Heating Value ($kcal/m^3$)	Net Heating Value ($kcal/m^3$)
บิวเทน	28,700	26,500
ก๊าซชีวภาพ (มีเทน 60%)	6,140	5,520
ไฮโดรเจน	2,890	2,450
มีเทน	9,000	8,100
ก๊าซธรรมชาติ	8,450 - 10,230	7,560 - 9,200
โพรเพน	22,900	21,050
ก๊าซหุงต้ม (LPG) (โพรเพน 70% บิวเทน 30%)	24,640	22,685

หมายเหตุ: Higher Heating Value (HHV) หรือ Gross Heating คือ การวัดค่าพลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้สมบูรณ์ โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเผาไหม้ทั้งหมดอยู่ในสภาวะก๊าซ

Lower Heating Value (LHV) หรือ Net Heating Value คือ การวัดค่าพลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้สมบูรณ์ โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเผาไหม้ทั้งหมดอยู่ในสภาวะก๊าซยกเว้นไอน้ำที่อยู่ในรูปของของเหลว

จากตารางที่ 14-3 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงจะกำหนดโดยปริมาณความร้อนที่ถูกปลดปล่อยออกมาโดยการเผาไหม้เชื้อเพลิงปริมาตร 1 m^3 อย่างสมบูรณ์ โดยค่าความร้อนที่นิยมทำการวัดมี 2 รูปแบบ คือ Lower Heating Value (LHV) หรือ Net Heating Value และ Higher Heating Value (HHV) หรือ Gross Heating Value ซึ่งความแตกต่างระหว่างค่าความร้อนทั้ง 2 แบบขึ้นอยู่กับรูปแบบการคำนวณพลังงานความร้อนของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเผาไหม้ เพราะในกระบวนการเผาไหม้จะมีน้ำเกิดขึ้นโดยอยู่ในสถานะเป็นไอน้ำ ซึ่งในการวัดค่าความร้อน ถ้ารวมพลังงานความร้อนที่ปล่อยออกมาเนื่องจากไอน้ำควบแน่นกลายเป็นน้ำจะเรียกค่าความร้อนนี้ ว่า Gross Heating Value

เมื่อนำค่าพลังงานความร้อนที่ได้จากก๊าซชีวภาพที่มีสัดส่วนของก๊าซมีเทน 60 % จำนวน 1 m^3 มาเปรียบเทียบกับพลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ จะมีค่าดังตารางที่ 14-4

ตารางที่ 14-4 เปรียบเทียบพลังงานความร้อนกับพลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ

ชนิดเชื้อเพลิง	ปริมาณเทียบเท่าก๊าซชีวภาพ 1 m^3
ก๊าซหุงต้ม (LPG)	0.46 กิโลกรัม
น้ำมันเบนซิน	0.67 ลิตร
น้ำมันดีเซล	0.60 ลิตร
น้ำมันเตา	0.55 ลิตร
พลังงานไฟฟ้า	1.20 - 1.40 กิโลวัตต์ - ชั่วโมง (ขึ้นอยู่กับเครื่องผลิตไฟฟ้า)
ไม้ฟืน	1.50 กิโลกรัม

14.1.2 ผลเสียเมื่อปล่อยก๊าซชีวภาพทิ้งสู่บรรยากาศ เนื่องจากก๊าซชีวภาพมีส่วนประกอบหลักเป็นก๊าซมีเทนซึ่งเป็นก๊าซที่ร่วมก่อภาวะเรือนกระจกที่ให้ผลรุนแรงกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ประมาณ 25 เท่า ดังนั้น หากปล่อยก๊าซชีวภาพทิ้งสู่บรรยากาศจะเป็นการเพิ่มอัตราการเกิดภาวะเรือนกระจกหรือเร่งให้โลกมีอุณหภูมิสูงมากขึ้น

รูปที่ 14-1 แสดงบ่อหมักก๊าซชีวภาพ

14.2 การปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพ

14.2.1 การดักน้ำในท่อส่งก๊าซชีวภาพ ปกติแล้วก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้มักจะมีความชื้นสูงเกือบถึงจุดอิ่มตัว เมื่อก๊าซชีวภาพไหลผ่านท่อส่งก๊าซที่ฝังอยู่ในดินที่มีอุณหภูมิต่ำมักจะทำให้ความชื้น (ไอน้ำ) ในก๊าซชีวภาพกลั่นตัวเป็นหยดน้ำและสะสมจนเกิดเป็นอุปสรรคในการส่งก๊าซไปตามท่อได้ ดังนั้นต้องมีการติดตั้งชุดดักน้ำก่อนนำก๊าซชีวภาพไปใช้งาน

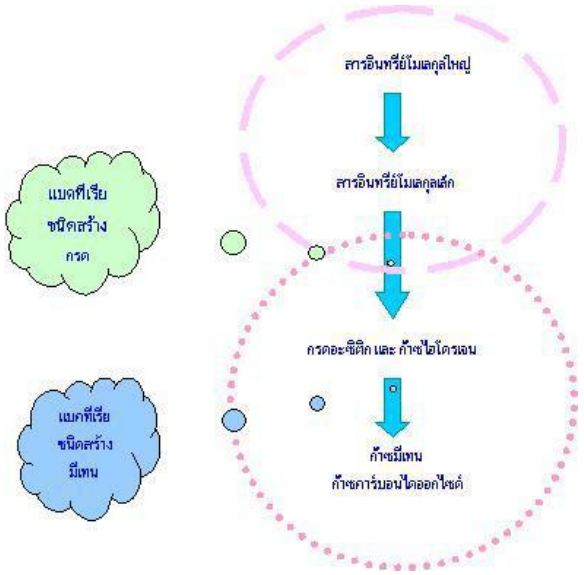
14.2.2 การปรับลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากก๊าซชีวภาพนี้จะปฏิบัติก็ต่อเมื่อมีความจำเป็น เช่น ในกรณีที่ก๊าซชีวภาพที่ได้มีสัดส่วนของก๊าซมีเทน (CH_4) ต่ำมากจนอยู่ในระดับที่จุดไฟติดยาก คือประมาณเปอร์เซ็นต์ CH_4 น้อยกว่า 45 เปอร์เซ็นต์ แต่ในระบบผลิตก๊าซชีวภาพสำหรับฟาร์มสุกรนั้นไม่มีปัญหาในเรื่องนี้ ดังนั้นการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จึงไม่จำเป็น

14.2.3 การปรับลดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ที่ปนเปื้อนในก๊าซชีวภาพนั้นมีคุณสมบัติเป็นก๊าซพิษ และเมื่อสัมผัสกับน้ำหรือไอน้ำจะเปลี่ยนสภาพเป็นกรดซัลฟูริค (H_2SO_4) ซึ่งเป็นสาเหตุของฝนกรดหรือไอกรดที่สามารถกัดกร่อนโลหะและวัสดุอุปกรณ์ได้ ดังนั้นการลดปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ในก๊าซชีวภาพก่อนการนำไปใช้ประโยชน์นั้นจะเป็นผลดีต่อสิ่งแวดล้อมโดยทั่วไปและจะช่วยยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ใช้ก๊าซด้วย

รูปที่ 14-2 แสดงบ่อหมักก๊าซชีวภาพที่ได้รับการปรับปรุงคุณภาพ

14.3 การย่อยสลายสารอินทรีย์

ขั้นตอนการย่อยสลายสารอินทรีย์ (ขั้นตอนการเกิดก๊าซชีวภาพ) การย่อยสลายสารอินทรีย์โดยแบคทีเรียในสภาวะไร้อากาศ (ไร้ออกซิเจน) ผลที่เกิดจากกระบวนการย่อยสลายส่วนใหญ่ คือ ก๊าซชีวภาพ ซึ่งมีองค์ประกอบหลักเป็นก๊าซมีเทน ขั้นตอนการย่อยสลายสารอินทรีย์ดังกล่าวแสดงดังภาพ



รูปที่ 14-3 แสดงขั้นตอนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไร้อากาศ

จากรูปที่ 14-3 อธิบายขั้นตอนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไร้อากาศ ได้ว่า ในสภาวะไร้อากาศหรือไร้ออกซิเจน สารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีนและไขมัน จะถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ที่แบคทีเรียชนิดสร้างกรดหลั่งออกมานอกเซลล์ ผลที่ได้จะทำให้สารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ถูกย่อยสลายกลายเป็นสารอินทรีย์โมเลกุลเล็ก เช่น น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว กรดอะมิโนและกรดไขมัน เป็นต้น หลังจากนั้น สารอินทรีย์โมเลกุลเล็กจะถูกแบคทีเรียดังกล่าวดูดซึมเข้าสู่เซลล์และหลั่งเอนไซม์เพื่อย่อยสลาย สารอินทรีย์ภายในเซลล์ให้กลายเป็น กรดอะซิติกและก๊าซไฮโดรเจนแล้วขับออกมานอกเซลล์ จากนั้นแบคทีเรียชนิดสร้างมีเทนจะย่อยสลายและเปลี่ยนกรดอะซิติกและไฮโดรเจนให้เป็น ก๊าซมีเทนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งก๊าซต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น (ก๊าซชีวภาพ) จะลอยตัวขึ้นเหนือผิวน้ำ และกระจายสู่บรรยากาศหรือถูกรวบรวมนำไปใช้ผลิตพลังงานทดแทน ต่อไป

14.4 กระบวนการผลิตและประโยชน์ของก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพเกิดจากปฏิกิริยาชีวเคมีของกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยแบคทีเรียในสภาพไร้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) แบ่งออกได้ 3 ขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 14-4

รูปที่ 14-4 กระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ

ขั้นที่ 1 การสลายโมเลกุลใหญ่ (Hydrolysis) ขั้นตอนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไร้อากาศ สารอินทรีย์ต่างๆ ที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมันจะถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ (น้ำย่อย) ที่ปล่อยออกมาจากแบคทีเรียพวก Hydrolytic Organism ชนิดสร้างกรดหลั่งออกมานอกเซลล์ ผลที่ได้คือทำให้สารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ถูกย่อยสลายแตกตัวกลายเป็นสารอินทรีย์โมเลกุลเล็ก เช่น น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว กรดอะมิโน และกรดไขมัน เป็นต้น

ขั้นที่ 2 การผลิตกรดอินทรีย์ (Acidogenesis) สารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลเล็กลงจะถูกแบคทีเรียพวกสร้างกรด (Acid Former) ดูดซึมเข้าสู่เซลล์ และหลั่งเอนไซม์เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ที่อยู่ภายในเซลล์ ให้กลายเป็นกรดอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Acid) และสารอื่นๆ กรดที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่ คือ กรดอะซีติค (Acetic Acid) กรดโพรพิโอนิค (Propionic Acid) และก๊าซไฮโดรเจนแล้วขับออกมาภายนอกเซลล์ของแบคทีเรีย

ขั้นที่ 3 การผลิตก๊าซมีเทน (Methanogenesis) แบคทีเรียชนิดสร้างมีเทนจะย่อยสลายและเปลี่ยนกรดอะซิติกและไฮโดรเจนให้กลายเป็น ก๊าซมีเทนและ

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อกรดอินทรีย์ระเหยง่ายถูกย่อยสลายเป็นก๊าซมีเทน (CH_4) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ส่วนใหญ่นั้น อาจมีก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ไนโตรเจน (N_2) และไฮโดรเจน (H_2) และไอน้ำผสมอยู่ด้วย ซึ่งรวมเรียกกันว่า “ก๊าซชีวภาพ” หลังจากนั้นจะลอยตัวขึ้นเหนือผิวน้ำ และกระจายสู่บรรยากาศหรือถูกรวบรวมนำไปใช้เป็นพลังงานทดแทนต่อไป

14.5 รูปแบบบ่อหมักก๊าซชีวภาพสำหรับฟาร์มสุกร

รูปแบบบ่อหมักก๊าซชีวภาพที่มีการส่งเสริมให้นำมาใช้จัดการน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสุกรเพื่ออนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม ในปัจจุบัน ได้แก่

14.5.1 บ่อโดมคงที่ (Fixed Dome) เป็นบ่อหมักก๊าซชีวภาพที่มีการส่งเสริมให้ใช้ในฟาร์มเลี้ยงสุกรขนาดเล็ก (ฟาร์มที่เลี้ยงสุกรเทียบเท่าสุกรขุน ไม่เกิน 500 ตัว) โดยได้มีการส่งเสริมในช่วงปี พ.ศ.2538 – 2544 ในโครงการส่งเสริมการผลิตก๊าซชีวภาพในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ ส่วนที่ 2 เกษตรกรรายย่อย (ระยะที่ 1 และระยะที่ 2) ซึ่งดำเนินโครงการโดยกรมส่งเสริมการเกษตร (กสก.) กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ สนับสนุนงบประมาณโครงการโดยกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (สพช.) หรือ สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) ในปัจจุบัน

14.5.2 บ่อหมักแบบรางตามด้วยบ่อหมักเร็วน้ำใส (Channel Digester + UASB) เป็นบ่อหมักก๊าซชีวภาพที่พัฒนาขึ้นโดยหน่วยบริการก๊าซชีวภาพ (ปัจจุบันคือ สถานเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ) ประกอบด้วย 2 องค์ประกอบหลักทำงานต่อเนื่องกัน คือ บ่อหมักแบบราง (Channel Digester) ทำงานต่อเนื่องด้วยบ่อหมักเร็วน้ำใส (UASB : Upflow Anaerobic Sludge Blanket) ซึ่งบ่อหมักดังกล่าวได้มีการส่งเสริมให้ใช้ในฟาร์มเลี้ยงสุกรขนาดกลางและขนาดใหญ่มาตั้งแต่ปี พ.ศ.2538 - 2546 ในโครงการส่งเสริมการผลิตก๊าซชีวภาพในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ ส่วนที่ 1 : ฟาร์มขนาดกลางและขนาดใหญ่ (ระยะที่ 1 และระยะที่ 2) ดำเนินโครงการโดยหน่วยบริการก๊าซชีวภาพหรือสถานเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สนับสนุนงบประมาณโครงการโดย กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (สพช.) หรือ สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) ในปัจจุบัน

14.5.3 บ่อหมักเร็วน้ำข้น (H-UASB : High suspension solids - Upflow Anaerobic Sludge Blanket) เป็นบ่อหมักที่หน่วยบริการก๊าซชีวภาพพัฒนาขึ้นโดยปรับปรุงจากบ่อหมักแบบ Channel Digester + UASB เพื่อให้สามารถรองรับและบำบัดน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพและเสถียรภาพมากยิ่งขึ้น บ่อหมักดังกล่าวได้เริ่มนำมาใช้งานในฟาร์มเลี้ยงสุกรขนาดใหญ่ในโครงการฯ ระยะที่ 2 จำนวน 2 ฟาร์ม คิดเป็นปริมาตรบ่อหมักรวม 12,000 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งจากการติดตามผลการทำงาน พบว่า บ่อหมักดังกล่าวสามารถทำงานได้ดีเกินคาดหมาย จึงถูกนำมาใช้ส่งเสริมในฟาร์มเลี้ยงสุกรขนาดใหญ่ให้แพร่หลายมากยิ่งขึ้นในโครงการฯ ระยะที่ 3

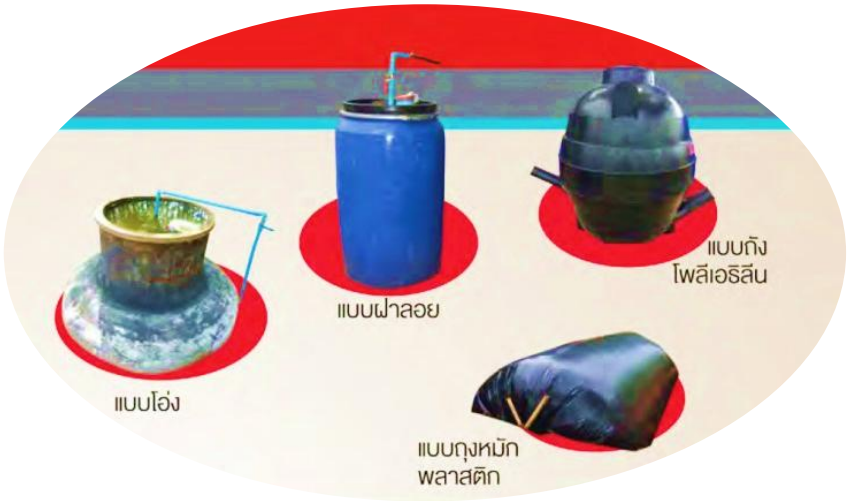
14.5.4 บ่อ Covered Lagoon เป็นบ่อหมักก๊าซชีวภาพอีกรูปแบบหนึ่ง ส่วนใหญ่มีโครงสร้างเป็นบ่อดิน ด้านบนคลุมด้วยผืนพลาสติกขนาดใหญ่เพื่อรวบรวมก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นก่อนนำก๊าซไปใช้ประโยชน์ บ่อหมักแบบนี้ได้มีการนำมาใช้งานเมื่อประมาณ 3-5 ปีที่ผ่านมา จึงถือว่ายังอยู่ในช่วงต้น ๆ ของอายุการใช้งานของบ่อซึ่งประเมินไว้ที่ประมาณ 15 ปี ปัจจุบันจึงยังไม่มีข้อมูลผลการทำงานของบ่อ Covered Lagoon ที่สมบูรณ์เพียงพอ และจำเป็นต้องติดตามผลการใช้งานของบ่อดังกล่าวต่อไป

รูปที่ 14-5 แสดงน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสุกรนำมาใช้เป็นน้ำหมักก๊าซชีวภาพ

14.6 เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพ

สำหรับเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพที่นิยมสร้างในประเทศไทย สามารถแบ่งได้ 3 ภาคใหญ่ๆ ประกอบด้วย

14.6.1 ภาคครัวเรือน



รูปที่ 14-6 การผลิตก๊าซชีวภาพภาคครัวเรือน

1) **แบบฝาลอย** เป็นรูปแบบที่อยู่ในประเทศอินเดีย เนปาล ถูกนำเข้ามาเผยแพร่ประเทศไทย เมื่อประมาณปี พ.ศ.2519 เพื่อใช้ในการจัดมูลของสัตว์เลี้ยงที่กองอยู่ใต้ถุนบ้าน และแก้ปัญหาด้านสุขอนามัยกำจัดแหล่งเพาะพันธุ์เชื้อโรค ก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นถือว่าเป็นเพียงผลพลอยได้ จากนั้น พพ. ได้ทำการปรับปรุงระบบฝาครอบแช่ในบ่อมูล โดยการทำบ่อกักเก็บมูลด้านบนในส่วนที่ฝาครอบเก็บก๊าซ เป็นบ่อ 2 ชั้น เพื่อหล่อน้ำในวงนอกป้องกันก๊าซรั่วออกและยังทำให้ฝาครอบเหล็กเก็บก๊าซแช่อยู่ในน้ำที่หล่อ ไม่สัมผัสกับมูลโดยตรง สามารถยืดอายุการใช้งานของฝาครอบ

2) **แบบโอ่ง** เป็นรูปแบบที่ออกแบบโดย พพ. เมื่อประมาณ พ.ศ.2522 มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการที่จะใช้วัสดุที่มี และใช้งานในท้องถิ่นสามารถนำมาประยุกต์ใช้งาน และเป็นแบบของประเทศไทย ร่วมกับฝาครอบเก็บก๊าซ
3) **แบบถังโพลีเอทิลีน** ได้นำระบบแบบถุงของไต้หวัน มาปรับปรุงให้ใช้วัสดุที่ผลิตในประเทศ และมีราคาถูก รูปร่างมีลักษณะทรงกระบอกวางแนวนอนทำจาก PVC เช่น PVC ที่มีปริมาตรประมาณ 8 ลบ.ม. จะมีกำลังผลิตก๊าซชีวภาพได้ประมาณ 2 ลบ.ม/วัน
4) **แบบถุงหมักพลาสติก** จะใช้ถังโพลีเอทิลีนสำเร็จรูปเป็นถังหมักแล้วทำการต่อท่อก๊าซด้านบนของถังเพื่อดึงก๊าซชีวภาพที่ได้ไปพักในถังเก็บก๊าซก่อนที่จะดึงก๊าซชีวภาพไปใช้งานจริง

14.6.2 ฟาร์มปศุสัตว์

1) **UASB** (Up Flow Anaerobic Sludge Blanket) ประหยัดพื้นที่ มีค่าบำรุงรักษา และค่าดูแลระบบสูง ต้องใช้ความเชี่ยวชาญ
2) **Covered Lagoon** เป็นระบบที่ใช้ผ้าใบยางหรือพลาสติกคลุมเหนือบ่อรวบรวมมูลสัตว์หรือน้ำเสีย ง่ายต่อการบำรุงรักษาใช้พื้นที่มาก
3) **Fixed Dome** ลงทุนต่ำทำได้ง่าย ส่วนประกอบของระบบไม่มีการเคลื่อนที่
4) **Plug Flow Digester** หลักการคล้าย Covered Lagoon แต่ภายในบ่อจะมีแผ่นคอนกรีตกั้นเพื่อบังคับการไหลของน้ำเสีย

รูปที่ 14-7 การผลิตก๊าซชีวภาพฟาร์มปศุสัตว์

14.6.3 โรงงานอุตสาหกรรม

1) UASB (Up Flow Anaerobic Sludge Blanket) ประหยัดพื้นที่ มีค่าบำรุงรักษา และค่าดูแลระบบสูง ต้องใช้ความเชี่ยวชาญ
2) AF (Anaerobic Filter) เป็นระบบที่มีตัวกลางให้จุลินทรีย์ยึดเกาะ
3) CSTR (Completely Stirred Tank Reactor) ภายในระบบมีการกวนผสมน้ำเสียอย่างทั่วถึง

4) MCL (Modified Covered Lagoon) เป็นระบบที่พัฒนามาจาก Covered Lagoon แต่มีการเพิ่มประสิทธิภาพโดยเพิ่มการสัมผัสระหว่างจุลินทรีย์และของเสีย และเพิ่มระบบดึงกากตะกอนจากระบบ

รูปที่ 14-8 การผลิตก๊าซชีวภาพโรงงานอุตสาหกรรม

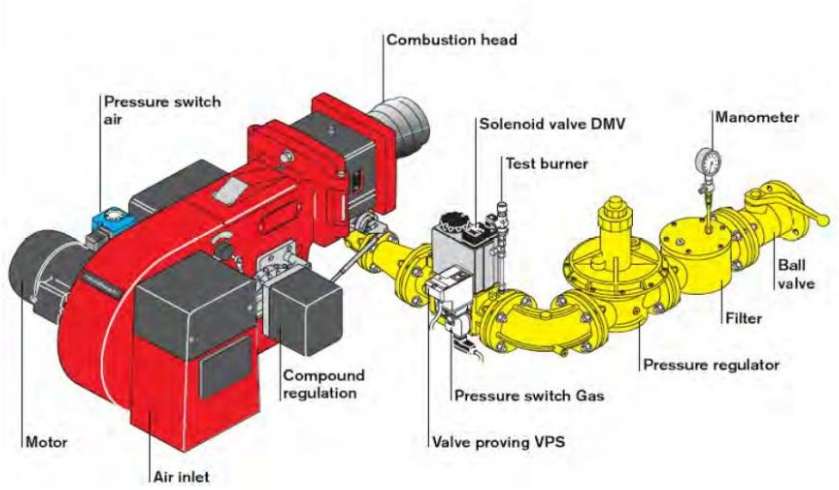
14.7 ประโยชน์ของก๊าซชีวภาพ

สำหรับประโยชน์ของก๊าซชีวภาพสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ด้าน ได้แก่

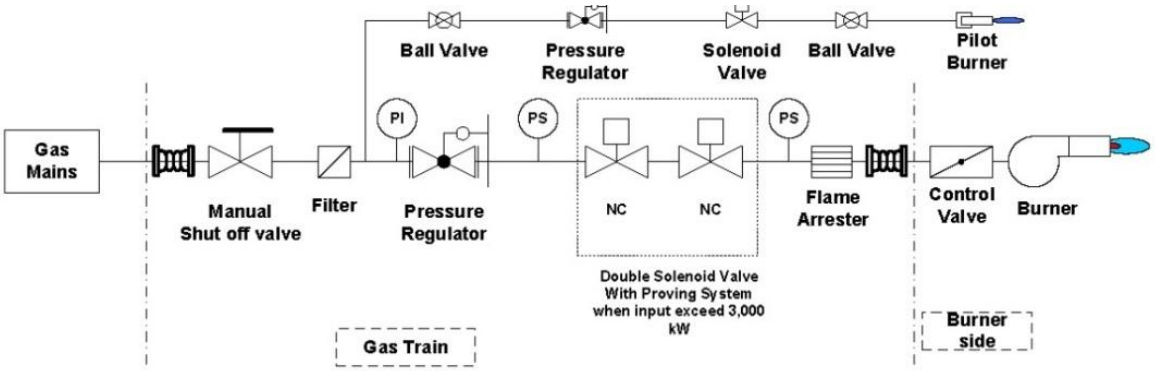
14.7.1 ประโยชน์ด้านพลังงาน

1) เผาเพื่อใช้ประโยชน์จากความร้อนโดยตรง เช่น ใช้กับเครื่องกกลูกสุกร และ หม้อต้มไอน้ำ (Steam Boiler) เป็นต้น

รูปที่ 14-9 หม้อน้ำ

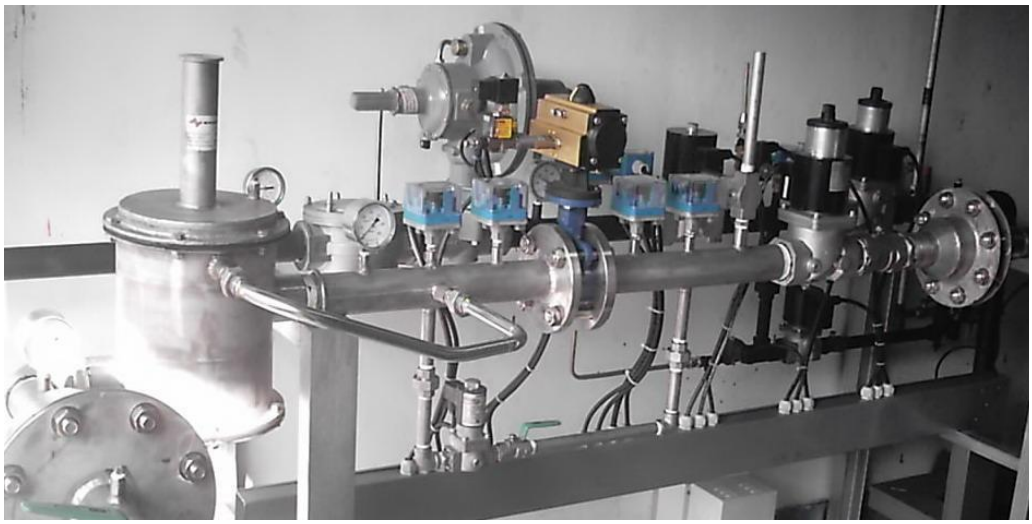


ก. หัวเผาก๊าซชีวภาพ



ข. ชุดอุปกรณ์ก๊าซ (Gas train) สำหรับหัวเผาก๊าซชีวภาพ

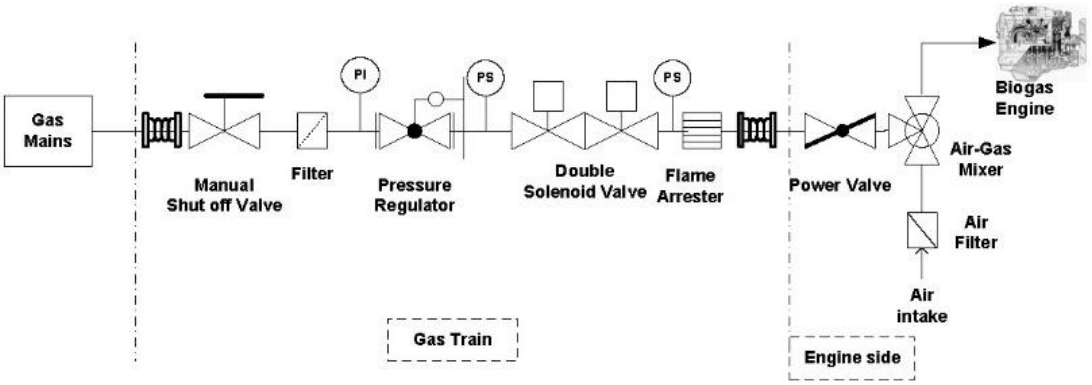
รูปที่ 14-10 ระบบหัวเผาก๊าซชีวภาพ



รูปที่ 14-11 แสดงหัวพ่นไฟเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพและ LPG

2) **ใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์สันดาปภายในเพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงานกล** เช่น เครื่องยนต์เบนซิน และเครื่องยนต์ดีเซล โดยมีชุดอุปกรณ์ต่างๆ ประกอบด้วย

- เครื่องยนต์สันดาปภายในแบบลูกสูบเป็นเสมือนห้องเผาไหม้
- ชุดอุปกรณ์ก๊าซ (Gas train) ก่อนเข้าเครื่องยนต์
- ชุดควบคุมความดันเชื้อเพลิงก๊าซ (Pressure Regulator) เพื่อรักษาความดันของเชื้อเพลิงที่เข้าเครื่องยนต์ให้สม่ำเสมอ
- คาร์บูเรเตอร์ชุดผสมเชื้อเพลิงกับอากาศทำหน้าที่ผสมอากาศกับเชื้อเพลิงให้ทั่วถึง ก่อนป้อนเข้าเผาไหม้ในกระบอกสูบ
- ระบบควบคุมอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง เพื่อทำการวัดปริมาณเชื้อเพลิง และคุมอัตราการป้อนอากาศเข้าผสมกับเชื้อเพลิงในอัตราส่วนที่กำหนดโดยวาล์วควบคุมเชื้อเพลิงทำหน้าที่เร่ง/หรี่อัตราการไหลของเชื้อเพลิงที่จะเข้าไปผสมกับอากาศที่คาร์บูเรเตอร์ หรือที่หัวผสม (Mixer) โดยตัวควบคุมการทำงานของวาล์ว(Actuator) จะรับสัญญาณจากระบบควบคุมความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ซึ่งได้รับสัญญาณจาก Sensor ตรวจจับความเร็วรอบมาอีกทอดหนึ่ง



รูปที่ 14-12 ชุดอุปกรณ์เครื่องยนต์สันดาปภายในแบบใช้ก๊าซชีวภาพ

2.1) การใช้ก๊าซชีวภาพในเครื่องยนต์ดีเซล ซึ่งมีระบบการควบคุมการฉีดน้ำมันแบบ Direct Injection แต่เนื่องจากเครื่องยนต์ประเภทนี้มีอุณหภูมิในห้องเผาไหม้สูง จึงทำให้ห้องผสมก่อน (Pre chamber engine) มีอุณหภูมิสูงตามไปด้วย ทำให้ไม่สามารถควบคุมการจุดระเบิดได้ ดังนั้นการประยุกต์ใช้ก๊าซชีวภาพกับเครื่องยนต์ดีเซลจะใช้เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลร่วมด้วย การทำงานของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพร่วมกับน้ำมันดีเซลนี้จะทำงานที่ค่า λ < 1.9 (λ (Lean–burn range) หมายถึง อัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิงที่ใช้งานจริงต่ออัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงทางทฤษฎี) ทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์สูงขึ้นถึง 15% เมื่อเทียบกับเครื่องยนต์ 4 จังหวะ (Spark ignition) ที่มีขนาดเดียวกัน โดยที่มีการผสมน้ำมันดีเซลร่วม 10-18%

ก๊าซชีวภาพกับเครื่องยนต์สันดาปภายในมีอยู่ 4 รูปแบบด้วยกัน คือ

- เครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซชีวภาพโดยเฉพาะ (เครื่องนำเข้าจากต่างประเทศ) มีประสิทธิภาพประมาณ 40%

- เครื่องยนต์เบนซิน หรือ ดีเซลขนาดเล็ก ได้แก่ เครื่องตัดหญ้า เครื่องยนต์ต้นกำลังขนาด 5-12 แรงม้า นำมาดัดแปลงให้สามารถใช้ก๊าซชีวภาพร่วมกับน้ำมันเบนซินหรือดีเซล โดยการทดแทนการใช้น้ำมันดีเซลได้ประมาณ 80-90%
- เครื่องยนต์ดีเซลขนาดกลาง นำมาดัดแปลงให้สามารถใช้ก๊าซชีวภาพ ร่วมกับน้ำมันดีเซลโดยการทดแทนการใช้น้ำมันดีเซลได้ประมาณ 80%
- เครื่องยนต์เบนซิน หรือดีเซล ขนาดกลางและใหญ่ นำมาดัดแปลงให้สามารถใช้ก๊าซชีวภาพได้ 100% มีประสิทธิภาพประมาณ 20-25%

2.2) การใช้ก๊าซชีวภาพในเครื่องยนต์ CBG โดยนำก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ ไปผ่านกระบวนการการกำจัด ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และความชื้น จากนั้นนำไปอัดลงถังที่แรงดัน 200 บาร์เกจ เรียกก๊าซชีวภาพในรูปแบบนี้ว่า ก๊าซไบโอมีเทนอัด หรือ CBG (Compressed Bio-methane Gas) ซึ่งสามารถนำไปใช้ทดแทน NGV ที่ใช้กับรถยนต์ได้

รูปที่ 14-13 ระบบผลิต CBG

ตารางที่ 14-5 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของ CBG กับ NGV และ LPG (ที่มา: www.erdi.cmu.ac.th)

ข้อเปรียบเทียบ	ก๊าซ CBG	ก๊าซ NGV	ก๊าซ LPG
สถานะ	เป็นก๊าซ	เป็นก๊าซ	เป็นก๊าซ และเก็บในรูปของเหลว ที่ความดัน 7 บาร์
น้ำหนัก	เบากว่าอากาศไม่มีการสะสม เมื่อเกิดการรั่วไหล	เบากว่าอากาศไม่มีการสะสม เมื่อเกิดการรั่วไหล	หนักกว่าอากาศจึงเกิดการสะสม ซึ่งเป็นอันตราย
การติดไฟ ** (Flammability limit, %โดยปริมาตร)	5 – 15 %	5 – 15 %	2.0 - 9.5 %
อุณหภูมิที่ติดไฟ (Ignition Temperature)	650 °C	650 °C	481 °C

หมายเหตุ: ** การติดไฟ (Flammability limit) เป็นขอบเขตการเผาไหม้ที่ต้องมีสัดส่วนของ ไอเชื้อเพลิงในอากาศที่จะลุกไหม้ได้เมื่อมีประกายไฟ หรือมีความร้อนสูงถึงอุณหภูมิติดไฟ

ตารางที่ 14-6 การเปรียบเทียบสมรรถนะและมลพิษของรถยนต์ที่ใช้ก๊าซ CBG (ที่มา: www.erdi.cmu.ac.th)

ชนิดเชื้อเพลิง	สมรรถนะรถยนต์		มลพิษของรถยนต์	
	Max. HP	Max. Torque	HC (ppm)	CO (% by Vol.)
Gasohol 91 E10	95.40	150.60	110	0.11
NGV / CNG	85.20	135.70	110	0.01
CBG (CH4 85% Vol.)	84.40	132.30	80	0.02
ค่ามาตรฐานกรมการขนส่งทางบก /2554			<600	<4.5 (เบนซิน) <2 (NGV)

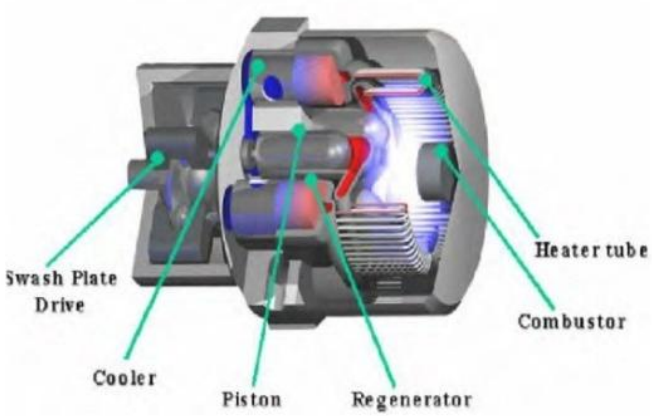
3) ประโยชน์ของการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์ด้านใช้ในด้านการผลิตพลังงานไฟฟ้า มีรายละเอียดดังนี้

- เครื่องยนต์สันดาปภายใน ใช้หลักการทำงานเดียวกับเครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน ก๊าซชีวภาพจะถูกป้อนเข้าสู่กระบอกสูบในเครื่องยนต์ ลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นเพื่ออัดความดันในกระบอกสูบ เกิดการจุดระเบิดพร้อมดันลูกสูบและคายไอเสีย ลูกสูบที่เคลื่อนที่ขึ้นลงเชื่อมต่อเข้ากับเพลาข้อเหวี่ยง พลังงานที่ได้จากการขับเพลาให้หมุนนี้จะส่งต่อไปขับชุดกำเนิดไฟฟ้า (Generator) เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าต่อไป นอกจากนี้ในระบบที่มีขนาดใหญ่ไอเสียที่ได้เพียงพอที่จะนำไปใช้ผลิตไอน้ำ เพื่อป้อนเข้ากับกังหันไอน้ำผลิตไฟฟ้าได้อีกครั้งหนึ่ง โดยเรียกระบบการผลิตร่วมนี้ว่า ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าความร้อนร่วม (Cogeneration) เครื่องยนต์ 4 จังหวะที่ใช้กับก๊าซชีวภาพนี้ เดิมทีเป็นเครื่องยนต์ที่ใช้กับก๊าซธรรมชาติ แต่ดัดแปลงมาให้สามารถใช้งานกับก๊าซชีวภาพได้ เป็นเครื่องยนต์ชนิดจุดระเบิดด้วยหัวเทียน(Ignition spark plug) ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพอยู่ในช่วงไม่เกิน 34-40% ขนาดของเครื่องยนต์ที่มีอยู่ในตลาดตั้งแต่ 1 kW ถึง 2 MW เครื่องยนต์ทำงานที่ความเร็วรอบ 1,500 รอบต่อนาที

รูปที่ 14-14 เครื่องยนต์สันดาปภายใน

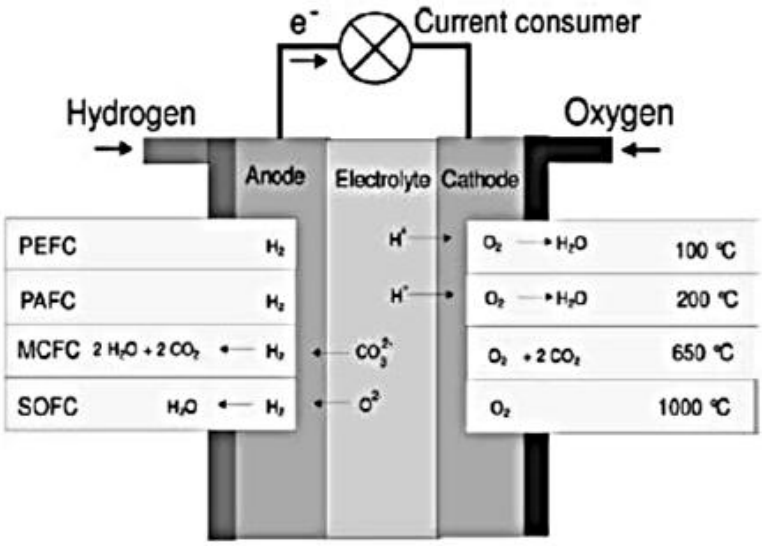
- เครื่องยนต์สเตอริ่ง (Stirling engine) เป็นเครื่องยนต์ความร้อนชนิดหนึ่งที่มีความแตกต่างจากเครื่องยนต์สันดาปภายในทั่วไป คือ ภายในกระบอกสูบของเครื่องยนต์ สเตอริ่ง จะมีก๊าซที่บรรจุและผนึกอยู่ภายในไม่สามารถรั่วไหลออกมาได้ จึงไม่ต้องมีวาล์วไอเสียเหมือนกับเครื่องยนต์ก๊าซโซลีนหรือดีเซล และไม่มีการจุดระเบิดของหัวเทียน หรือน้ำมันเชื้อเพลิง พลังงานของเครื่องยนต์สเตอริ่งมาจาก

ความร้อนภายนอกกระบอกสูบจึงไม่มีการเผาไหม้ภายในกระบอกสูบ ลักษณะการทำงานอาศัยการเปลี่ยนแปลงความดันของก๊าซที่อยู่ภายในกระบอกสูบดันลูกสูบให้เคลื่อนที่ไปหมุนเพลา ข้อดีของเครื่องยนต์ผลิตไฟฟ้าชนิดสเตอริ่งนี้ คือ การทำงานของเครื่องยนต์มีเสียงเงียบ ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 24-38 % ไอเสียมีอุณหภูมิ 250-300 ^{O}C. ขนาดของเครื่องยนต์ไม่เกิน 150 kW_e



รูปที่ 14-15 เครื่องยนต์สเตอริ่ง

- เซลล์เชื้อเพลิง (Fuel cell) คือ อุปกรณ์ที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมี-ไฟฟ้าระหว่างออกซิเจนกับไฮโดรเจน ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงพลังงานของเชื้อเพลิงไปเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยตรง ไม่ต้องผ่านการเผาไหม้ทำให้ไม่ก่อมลภาวะทางอากาศ ทั้งยังมีประสิทธิภาพสูงกว่าเครื่องยนต์ที่เผาไหม้ 1-3 เท่า ขึ้นอยู่กับชนิดของเซลล์เชื้อเพลิง และชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้ แนวทางการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ในเซลล์เชื้อเพลิง ก๊าซชีวภาพจำเป็นต้องผ่านขั้นตอนการปรับปรุงหลายขั้นตอน โดยเริ่มจากขั้นตอนการทำความสะอาดก๊าซ การแยกก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ขั้นตอนการเปลี่ยนก๊าซมีเทนให้เป็นก๊าซไฮโดรเจนด้วยกระบวนการ Reforming และ Converting ซึ่งยุ่งยากมาก



รูปที่ 14-16 เซลล์เชื้อเพลิง

14.7.2 ประโยชน์ด้านการเกษตร

สำหรับเกษตรกรและฟาร์มทั้งหลาย สามารถใช้กระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพให้เกิดประโยชน์ 2 ทาง ได้แก่ การทำเป็นปุ๋ย และการทำเป็นอาหารสัตว์

- **การทำเป็นปุ๋ย** กากที่ได้จากการหมักก๊าซชีวภาพเราสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยได้ดีกว่ามูลสัตว์สด ๆ และปุ๋ยคอก ทั้งนี้เนื่องจากในขณะที่มีการหมัก จะมีการเปลี่ยนแปลงสารประกอบไนโตรเจนในมูลสัตว์ ทำให้พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้กากตะกอนที่ผ่านระบบก๊าซชีวภาพแล้ว เช่น มูลสัตว์จะเป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณภาพ เพราะยังคงมีสารอาหารซึ่งมีธาตุหลักสำคัญต่างๆ อยู่ ได้แก่ ไนโตรเจน (ประมาณ 0.6%) ฟอสฟอรัส ประมาณ 0.4%) โปแตสเซียม (ประมาณ 0.1%) ซึ่งสามารถนำไปใช้เพาะปลูกพืชและ/หรือปรับปรุงบำรุงดินได้เป็นอย่างดี และจะช่วยส่งเสริมทำให้เกิดการหมุนเวียนเอามวลชีวภาพกลับมาใช้อย่างคุ้มค่า ทั้งยังปลอดภัยจากโรคพยาธิต่างๆ อีกด้วย
- **การทำเป็นอาหารสัตว์** โดยนำส่วนที่เหลือจากการหมัก นำไปตากแห้ง แล้วนำไปผสมเป็นอาหารสัตว์ให้โคและสุกรกินได้ แต่ทั้งนี้มีข้อจำกัด คือ ควรใส่อยู่ระหว่าง 5-10 กิโลกรัมต่อส่วนผสมทั้งหมด 100 กิโลกรัม จะทำให้สัตว์เจริญเติบโตตามปกติและเป็นการลดต้นทุนการผลิตอีกด้วย

14.7.3 ประโยชน์ด้านการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและการพัฒนาคุณภาพชีวิต

- **<u>กลิ่น</u>** ระบบก๊าซชีวภาพจะช่วยลดกลิ่นรบกวนจากของเสียที่เกิดขึ้นจากกิจกรรม หรือกระบวนการผลิตลงได้เป็นอย่างดี เนื่องจากระบบก๊าซชีวภาพเป็นระบบปิด และก๊าซชีวภาพที่จุดไฟติดแล้วจะไม่มีกลิ่น รวมทั้งกากตะกอนและน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจะไม่มีปัญหาเรื่องกลิ่นรบกวนอีก
- **<u>แมลงวัน</u>** เนื่องจากของเสียและน้ำเสียจะถูกส่งลำเลียงเข้าสู่ระบบก๊าซชีวภาพทุกวัน จึงทำให้แมลงวันไม่สามารถใช้ของเสียและน้ำเสียเหล่านั้นเป็นแหล่งเพาะพันธุ์และแพร่ขยายพันธุ์ได้ และซึ่งจะเป็นการตัดวงจรชีวิตของแมลงวัน ทำให้ปริมาณของแมลงวันที่สามารถเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยภายในฟาร์มปศุสัตว์ลดลงเป็นอย่างมาก
- **<u>น้ำเสีย</u>** ระบบก๊าซชีวภาพ และระบบบำบัดขั้นหลัง ที่มีขนาดเหมาะสมจะสามารถบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นได้ทั้งหมด ซึ่งน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วจะสามารถหมุนเวียนนำกลับมาใช้ประโยชน์ในการทำความสะอาดโรงเรือนเลี้ยงสัตว์หรือบริเวณโรงงานที่ไม่ต้องการความสะอาดของน้ำมากนัก และ/หรือใช้เพื่อการเพาะปลูกได้ ในฤดูฝนน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วนี้ จะถูกปล่อยออกสู่แหล่งน้ำภายนอกโดยไม่มีปัญหาต่อสภาพแวดล้อมอีกต่อไป
- **<u>การแพร่กระจายของก๊าซมีเทน</u>** ก๊าซมีเทนที่ถูกปล่อยสู่บรรยากาศโลก เป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งที่เป็นสาเหตุของปรากฏการณ์เรือนกระจกซึ่งทำให้โลกมีสภาพร้อนขึ้น ดังนั้น การใช้ก๊าซมีเทนที่ผลิตได้จากระบบก๊าซชีวภาพเป็นพลังงานทดแทนอย่างเต็มที่ จะสามารถลดปริมาณก๊าซมีเทนที่ถูกปล่อยทิ้งในบรรยากาศได้อีกทางหนึ่งด้วย

14.8 การออกแบบและความปลอดภัยในระบบการผลิตก๊าซชีวภาพ

14.8.1 การออกแบบระบบท่อส่งก๊าซชีวภาพ

การออกแบบระบบท่อผลิตก๊าซชีวภาพมีความจำเป็นและสำคัญต่อระบบการผลิตก๊าซชีวภาพ ซึ่งมีรายละเอียดพอสังเขป ดังนี้

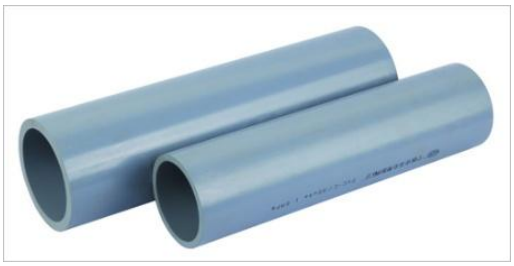
- อุณหภูมิที่ออกแบบและอุณหภูมิใช้งาน อุณหภูมิสำหรับการออกแบบควรคิดเป็น 1.5 เท่าของอุณหภูมิใช้งาน
- ความดันที่ออกแบบและความดันใช้งาน การลำเลียงก๊าซชีวภาพในระบบท่อในสภาวะความดันไม่เกิน 680 มิลลิบาร์เกจ ซึ่งในระบบลำเลียงก๊าซควรมีการติดตั้งวาล์วระบายความดันไว้เพื่อป้องกันความเสียหายเมื่อมีความดันเกินความดันสูงสุดของการใช้งาน
- การกำหนดขนาดท่อสำหรับก๊าซชีวภาพ ควรรองรับอัตราการไหลได้ 1.3 เท่าของอัตราการไหลเฉลี่ย
- การหาความดันลดหรือความดันสูญเสีย (Pressure drop/Head loss) ในระบบท่อ ขึ้นอยู่กับชนิดของท่อ ขนาดท่อ ความยาวท่อ และวาล์วต่างๆ ในระบบ
- การกำหนดจุดดึงก๊าซออกจากบ่อผลิตก๊าซชีวภาพ ให้ปลายท่ออยู่เหนือระดับน้ำอย่างน้อย 50 เซนติเมตร เพื่อป้องการคราบสกปรกต่างๆ
- การกำหนดสีของท่อ แสดงดังตารางที่ 14-7

ตารางที่ 14-7 สีท่อตามลักษณะการใช้งาน

ชนิดท่อ	สีท่อ
ท่อน้ำเสียเข้าระบบ	สีเทา
ท่อวนน้ำเสีย	สีเทาคาดเหลือง
ท่อน้ำเสียออกจากถังผลิตก๊าซชีวภาพ	สีเทา
ท่อดึงตะกอนทิ้ง	สีน้ำตาลคาดส้ม
ท่อวนตะกอน	สีน้ำตาลคาดเหลือง
ท่อก๊าซชีวภาพ	สีเหลือง/ส้ม/แดง

- วัสดุที่ใช้ทำท่อก๊าซชีวภาพ ที่นิยมได้แก่ HDPE CPVC และท่อสแตนเลส ท่อที่เป็นพลาสติกจะมีราคาที่ถูกกว่าท่อสแตนเลส แต่จะมีความแข็งแรงทนทานน้อยกว่า มีโอกาสแตกเนื่องจากอุบัติเหตุง่ายกว่า และในส่วนใหญ่ในส่วนของท่อก๊าซที่มีอุณหภูมิสูงหรือความดันสูง ควรที่จะใช้ท่อที่เป็นสแตนเลส

ก. ท่อ HDPE



ข. ท่อ CPVC

รูปที่ 14-17 ตัวอย่างท่อที่ใช้ในระบบก๊าซชีวภาพ

- การวางท่อ และการกำหนดระยะของ Support ควรวางอยู่เหนือพื้นดิน เพื่อความสะดวกในการตรวจสอบ ซ่อมบำรุง และการระบายน้ำออกจากท่อ สำหรับท่อก๊าซในแนวนอนควรมีการวางท่อให้มีความลาดเอียง 1:100 และต้องมีอุปกรณ์ระบายน้ำที่จุดต่ำสุด

14.8.2 แนวทางการออกแบบและสร้างความปลอดภัยในระบบการผลิตก๊าซชีวภาพ

จะต้องพิจารณาดังต่อไปนี้

1) ทำเลที่ตั้งสำหรับก่อสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพ

- กำหนดระยะห่างจากชุมชนที่เห็นว่าจำเป็นไม่น้อยกว่า 100 เมตร
- กำหนดระยะห่างจากแนวสายไฟฟ้าแรงสูงพาดผ่านไม่น้อยว่า 6 เมตร
- กำหนดระยะห่างจากถนนสาธารณะไม่น้อยกว่า 6 เมตร
- ตรวจสอบทิศทางลม ไม่ออกแบบระบบผลิตก๊าซชีวภาพขวางทิศทางลม แต่หากไม่สามารถเลือกได้ ควรจะเลือกทิศทางมีแนวต้นไม้ หรืออาคารเพื่อช่วยต้านแรงลมที่จะปะทะถังหมักโดยตรง

2) สภาพกายภาพของดินบริเวณก่อสร้าง

สภาพชั้นดินบริเวณก่อสร้างต้องรับแรงได้มากพอ หากมีความแข็งแรงไม่มากพอต้องตอกเสาเข็มเพิ่มความแข็งแรง หลีกเลี่ยงบริเวณที่มีน้ำใต้ดินไหลผ่าน

3) การออกแบบก่อสร้าง

ต้องมีการคุมงาน และดำเนินการก่อสร้างตามที่ออกแบบไว้อย่างรัดกุม หลีกเลี่ยงการก่อสร้างในฤดูฝน

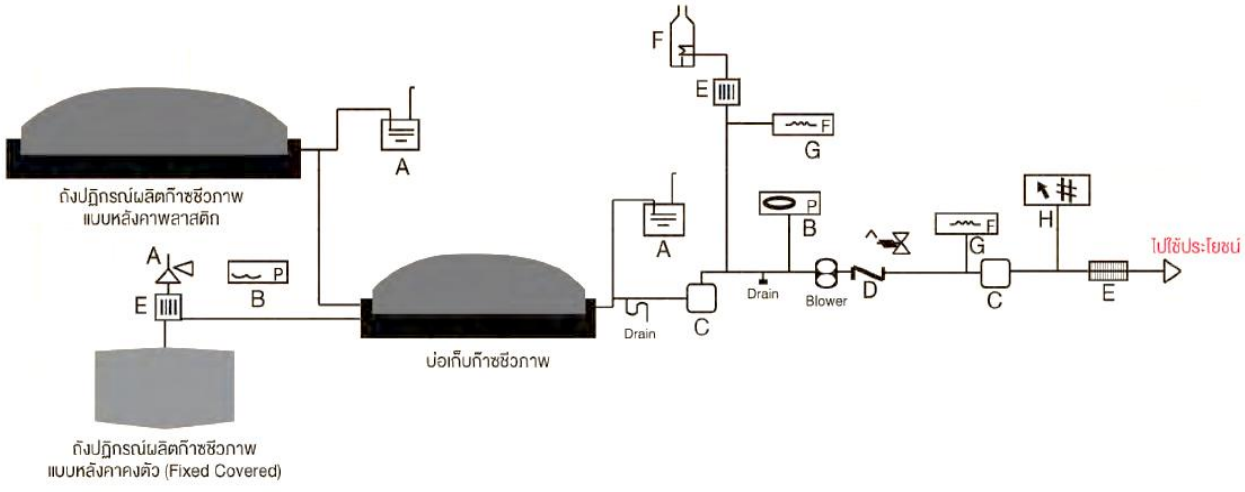
4) การเลือกวัสดุและอุปกรณ์ในการก่อสร้าง

- วัสดุทำบ่อหมัก (Digester) หรือปูพื้นบ่อ (Lining) ควรเป็นโครงสร้างที่แข็งแรง ใช้เหล็กป้องกันการกัดกร่อนและใช้พลาสติก HDPE ปูพื้นป้องกันการรั่วซึม กรณีที่เป็นบ่อหมักแบบ cover lagoon

- วัสดุเก็บกักก๊าซชีวภาพโครงสร้างแข็งต้องมีการเคลือบสารป้องกันการกัดกร่อน ถ้าเป็นโครงสร้างอ่อนมักใช้ PVC, HDPE หรือ Membrane ความสูงของส่วนเก็บก๊าซชีวภาพ หากมีความสูงมากจะทำให้เกิดการต้านลมส่งผลให้มีการฉีกขาดได้ง่าย ไม่ควรสูงเกิน 10 เมตร แรงดันภายในบ่อเก็บก๊าซชีวภาพ ในกรณีโครงสร้างแข็งไม่ควรเกิน 60 mbar และโครงสร้างอ่อนไม่เกิน 3 mbar
- การติดตั้งอุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยในกระบวนการผลิตระบบป้องกันฟ้าผ่าต้องมีระบบป้องกันฟ้าผ่าโดยตรง (Direct Lightning Stroke) ซึ่งระบบป้องกันฟ้าผ่านี้ต้องผ่านมาตรฐานข้อกำหนดของ วสท. “มาตรการฟ้าผ่าสำหรับสิ่งปลูกสร้าง” ระบบสายดินต้องมีการติดตั้งสายดินซึ่งต้องผ่านมาตรฐานข้อกำหนด วสท. “มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ.2545”

14.8.3 อุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยและแผนผังการติดตั้งอุปกรณ์ในระบบผลิตก๊าซชีวภาพ

มีอยู่ 8 ชนิด ดังแสดงในรูปที่ 14-18



รูปที่ 14-18 อุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยและแผนผังการติดตั้งอุปกรณ์ในระบบผลิตก๊าซชีวภาพ

โดยที่

A คือ อุปกรณ์ควบคุมและระบายแรงดัน มีหน้าที่ป้องกันความดันในเส้นท่อหรือถังสูงเกินกว่าค่าที่กำหนดเพื่อระบายก๊าซออกก่อนที่จะเกิดความเสียหาย

B คือ อุปกรณ์วัดความดัน มีหน้าที่ตรวจวัดแรงดันตามจุดต่างๆ

C คือ ระบบดักละอองน้ำและระบายน้ำออกจากท่อ มีหน้าที่เมื่อละอองน้ำทำปฏิกิริยากับก๊าซไข่เน่าจะมีฤทธิ์เป็นกรดกัดกร่อน ทำความเสียหายแก่เครื่องจักร จึงต้องมีอุปกรณ์ดักละอองน้ำ เช่น Knock out drum หรือ ไซโคลน และอุปกรณ์ระบายน้ำออกจากระบบ เช่น อุปกรณ์ระบายน้ำแบบตัว T หรือตัว U, วาล์วระบายอัตโนมัติ

D คือ วาล์วความดันต้านกลับ มีหน้าที่สร้างความดันต้านกลับในระบบท่อของของไหล เพื่อควบคุมแรงดันภายในท่อให้เป็นไปตามต้องการ หรือเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการไหลย้อนกลับของของไหลที่บริเวณปั๊ม หรือเพื่อควบคุมแรงดันด้านออกของของไหลให้มีแรงดันตามต้องการ

E คือ อุปกรณ์ป้องกันการย้อนของเปลวไฟ มีหน้าที่ลดอุณหภูมิให้ต่ำกว่าค่าอุณหภูมิติดไฟของก๊าซ โดยการติดตั้งอุปกรณ์นี้ ควรปฏิบัติตามมาตรฐาน ATEX; EN12874:2001 ซึ่งต้องป้องกันเปลวไฟย้อนกลับได้ไม่น้อยกว่า 30 นาที ส่วนใหญ่ที่ติดตั้งจะใช้แบบอยู่ในท่อ (in-line) อยู่ระหว่างถังก๊าซชีวภาพกับจุดที่ท่อก๊าซออกสู่บรรยากาศหรือไปยังจุดใช้งานที่มีการเผาไหม้

F คือ ระบบเผาก๊าซทิ้ง มีหน้าที่ควบคุมแรงดัน และระบายก๊าซชีวภาพส่วนเกินทิ้งโดยการเผา

G คือ อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของก๊าซ มีหน้าที่ตรวจสอบอัตราการไหลของก๊าซ โดยใช้ควบคู่กับอุปกรณ์วัดความดันของก๊าซ สามารถเป็นตัวบ่งชี้ปริมาณก๊าซที่สะสมตัวอยู่ในบ่อเก็บก๊าซชีวภาพได้ ถ้ามีอัตราการไหลมากโดยไม่มีการใช้ปั๊มแสดงว่ามีก๊าซสะสมมากนั่นเอง

H คือ อุปกรณ์ตรวจวัดคุณสมบัติและองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ มีหน้าที่วัดความเข้มข้นขององค์ประกอบก๊าซชีวภาพ แล้วนำไปคำนวณค่าพลังงานที่ได้หรือเพื่อใช้ตรวจสอบเมื่อองค์ประกอบก๊าซบางตัวเกินค่ามาตรฐานที่กำหนด เช่น ก๊าซไข่เน่าเกิน 500 ppm หรือ ก๊าซออกซิเจนเกิน 4% โดยปริมาตร จะส่งเสียงเตือน

14.9 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตก๊าซชีวภาพ

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตก๊าซชีวภาพ ในอุตสาหกรรมแต่ละประเภท โดยเริ่มจากเทคโนโลยีที่ใช้สร้าง ค่าก่อสร้างระบบ ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ ค่าดำเนินการระบบ ค่าบำบัดน้ำเสียที่ลดได้ การคืนทุน และ การนำก๊าซชีวภาพไปใช้งาน สามารถสรุปออกมาได้ดังตารางที่ 14-8

ตารางที่ 14-8 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตก๊าซชีวภาพ

ประเภทอุตสาหกรรม	เทคโนโลยีที่ใช้	ค่า COD Loading (กก.COD/วัน)	ค่าก่อสร้างระบบ (บาท)	ก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ (ลบ.ม./วัน)	ค่าดำเนินการระบบ (บาท/วัน)	ลดค่าบำบัดน้ำเสีย (บาท/ปี)	การคืนทุน (ปี)	การนำก๊าซชีวภาพไปใช้
แป้งมันสำปะหลัง	UASB	76,500	109,000,000	17,600	20,000	8,400,000	2.60	ทดแทนน้ำมันเตา
	AFF	76,500	121,500,000	17,600	20,000	8,400,000	2.90	ทดแทนน้ำมันเตา
	MCL	76,500	68,400,000	17,600	20,000	8,400,000	1.60	ทดแทนน้ำมันเตา
อาหารและเครื่องดื่ม	UASB	5,000	40,000,000	1,380	3,600	-	17.11	ทดแทนน้ำมันเตา
	AFF	5,000	44,000,000	1,380	3,600	-	18.78	ทดแทนน้ำมันเตา
	MCL	5,000	25,000,000	1,700	3,600	-	7.90	ทดแทนน้ำมันเตา
น้ำมันปาล์ม	UASB	75,400	81,000,000	14,800	21,000	-	5.00	ผลิตกระแสไฟฟ้า
	AFF	75,400	55,300,000	14,800	27,000	-	3.90	ผลิตกระแสไฟฟ้า
	MCL	75,400	47,000,000	14,800	21,000	-	2.90	ผลิตกระแสไฟฟ้า
สุราและเบียร์	UASB	96,300	124,400,000	9,300	5,200	4,620,000	4.20	ทดแทนน้ำมันเตา
	AFF	96,300	139,800,000	9,300	5,200	4,620,000	4.90	ทดแทนน้ำมันเตา
	MCL	96,300	83,200,000	9,300	5,200	4,620,000	2.90	ทดแทนน้ำมันเตา

แบบประเมินผลการเรียน
หน่วยที่ 14

ก๊าซชีวภาพ

คำสั่ง จงทำเครื่องหมาย X ลงข้อที่ถูกต้อง

1. ก๊าซชีวภาพคืออะไร

ก. ก๊าซที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติที่ได้จากการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะที่ปราศจากออกซิเจน
ข. ก๊าซที่เกิดจากการหมักย่อยสลายสิ่งมีชีวิต
ค. ก๊าซที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์
ง. ถูกทุกข้อ

2. ก๊าซชีวภาพประกอบด้วยแก๊สชนิดใด

ก. คาร์บอนไดออกไซด์ ออกซิเจน
ข. คาร์บอนไดออกไซด์ ออกซิเจน ไฮโดรเจนซัลไฟด์
ค. คาร์บอนไดออกไซด์ ออกซิเจน ไฮโดรเจนซัลไฟด์ ไนโตรเจน
ง. คาร์บอนไดออกไซด์ ออกซิเจน ไฮโดรเจนซัลไฟด์ ไนโตรเจน ไอน้ำ และมีเทน

3. ก๊าซชีวภาพมีส่วนประกอบของก๊าซชนิดใดมากที่สุด

ก. มีเทน
ข. คาร์บอนไดออกไซด์
ค. ไฮโดรเจนซัลไฟด์
ง. แอมโมเนีย

4. ก๊าซชีวภาพที่ความดัน 1 บรรยากาศ ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียสมีค่าความร้อนเฉลี่ยเท่าใด

ก. 21.60 J/m^3
ข. 21.60 kJ/ m^3
ค. 21.60 MJ/ m^3
ง. 21.60 GJ/ m^3

5. ข้อใดกล่าวถูกต้อง

ก. พลังงานความร้อนที่ได้จากก๊าซชีวภาพที่มีสัดส่วนของก๊าซมีเทน 60 % จำนวน 1 m^3 มีค่าเท่ากับน้ำมันเบนซิน 0.67 ลิตร

ข. พลังงานความร้อนที่ได้จากก๊าซชีวภาพที่มีสัดส่วนของก๊าซมีเทน 60 % จำนวน 1 m^3 มีค่าเท่ากับก๊าซหุงต้ม (LPG) 1.5 กิโลกรัม

ค. พลังงานความร้อนที่ได้จากก๊าซชีวภาพที่มีสัดส่วนของก๊าซมีเทน 60 % จำนวน 1 m^3 มีค่าเท่ากับน้ำมันดีเซล 0.55 ลิตร

ง. พลังงานความร้อนที่ได้จากก๊าซชีวภาพที่มีสัดส่วนของก๊าซมีเทน 60 % จำนวน 1 m^3 มีค่าเท่ากับน้ำมันเตา 0.60 ลิตร

6. ขั้นตอนของการผลิตก๊าซชีวภาพมีกี่ขั้นตอน อะไรบ้าง

ก. 1 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการสลายโมเลกุลใหญ่

ข. 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการสลายโมเลกุลใหญ่ และขั้นตอนการผลิตกรดอินทรีย์

ค. 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการสลายโมเลกุลใหญ่ ขั้นตอนการผลิตกรดอินทรีย์ และขั้นตอนการผลิตก๊าซมีเทน

ง. ผิดทุกข้อ

7. ขั้นตอน Hydrolysis เป็นขั้นตอนที่ย่อยสลายอะไร

ก. กรดอะซิติก และไฮโดรเจน

ข. สารอินทรีย์ที่อยู่ภายในเซลล์

ค. โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน

ง. ถูกทุกข้อ

8. ข้อใดไม่ใช่เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพที่นิยมสร้างในประเทศไทย

ก. ภาคครัวเรือน

ข. ภาคอุตสาหกรรม

ค. ภาคฟาร์มปศุสัตว์

ง. ภาคเศรษฐกิจ

9. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับ Covered Lagoon

ก. ประหยัดพื้นที่ มีค่าบำรุงรักษา และค่าดูแลระบบสูง ต้องใช้ความเชี่ยวชาญ

ข. ใช้ผ้าใบยางหรือพลาสติกคลุมเหนือบ่อรวบรวมมูลสัตว์หรือน้ำเสีย ง่ายต่อการบำรุงรักษา

ค. ภายในบ่อจะมีแผ่นคอนกรีตกั้นเพื่อบังคับการไหลของน้ำเสีย

ง. ลงทุนต่ำทำได้ง่าย ส่วนประกอบของระบบไม่มีการเคลื่อนที่

10. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับ Up Flow Anaerobic Sludge Blanket

ก. ประหยัดพื้นที่ มีค่าบำรุงรักษา และค่าดูแลระบบสูง ต้องใช้ความเชี่ยวชาญ

ข. เป็นระบบที่มีตัวกลางให้จุลินทรีย์ยึดเกาะ

ค. ภายในระบบมีการกวนผสมน้ำเสียอย่างทั่วถึง

ง. เป็นระบบที่พัฒนามาจาก Covered Lagoon แต่มีการเพิ่มประสิทธิภาพโดยเพิ่มการสัมผัสระหว่างจุลินทรีย์และของเสีย และเพิ่มระบบดึงกากตะกอนจากระบบ

11. ข้อใดไม่ใช่เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพภาคโรงงานอุตสาหกรรม

ก. Up Flow Anaerobic Sludge Blanket

ข. Completely Stirred Tank Reactor

ค. Covered Lagoon

ง. Modified Covered Lagoon

12. ข้อใดไม่ใช่ประโยชน์ของก๊าซชีวภาพ

ก. ประโยชน์ด้านพลังงาน

ข. ประโยชน์ด้านการเกษตร

ค. ประโยชน์ด้านการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและการพัฒนาคุณภาพชีวิต

ง. ผิดทุกข้อ

13. ข้อใดเป็นประโยชน์ด้านพลังงานของก๊าซชีวภาพโดยการเผาเพื่อใช้ประโยชน์จากความร้อนโดยตรง

ก. หม้อต้มไอน้ำ

ข. เครื่องยนต์เบนซิน

ค. เครื่องยนต์ดีเซล

ง. เครื่องยนต์สเตอริ่ง

14. เหตุใดการใช้ก๊าซชีวภาพในเครื่องยนต์ดีเซล จึงต้องใช้เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลร่วมด้วย

ก. เครื่องยนต์มีอุณหภูมิในห้องเผาไหม้สูง ทำให้ไม่สามารถควบคุมการจุดระเบิดได้

ข. เครื่องยนต์ไม่สามารถเผาไหม้ได้ เพราะมีเชื้อเพลิงแต่ก๊าซชีวภาพ

ค. เครื่องยนต์เผาไหม้ไม่หมด

ง. ผิดทุกข้อ

15. ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของเครื่องยนต์ก๊าซชีวภาพมีค่าอยู่ในช่วงเท่าใด

ก. ไม่เกิน 14-20 %

ข. ไม่เกิน 24-30 %

ค. ไม่เกิน 34-40 %

ง. ไม่เกิน 44-50 %

16. ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของเครื่องยนต์สเตอริ่งมีค่าอยู่ในช่วงเท่าใด

ก. 14-38 %

ข. 24-38 %

ค. 34-48 %

ง. 44-58 %

17. เซลล์เชื้อเพลิง (Fuel cell) สามารถเปลี่ยนแปลงพลังงานของเชื้อเพลิงไปเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยตรง มีประสิทธิภาพสูงกว่าเครื่องยนต์ที่เผาไหม้กี่เท่า

ก. 1-3 เท่า

ข. 4-6 เท่า

ค. 7-9 เท่า

ง. 10-12 เท่า

18. ของเหลือทิ้งจากการผลิตก๊าซชีวภาพสามารถนำไปใช้เป็นประโยชน์ได้ ยกเว้น ข้อใด

ก. การนำไปทำเป็นปุ๋ย

ข. การนำไปทำเป็นอาหารสัตว์

ค. การนำไปทำเป็นยารักษาโรค

ง. การนำไปทำเป็นก้อนเชื้อเพลิง

19. ข้อใดกล่าวถึงการออกแบบท่อส่งก๊าซชีวภาพ ผิด

ก. วัสดุที่นิยมใช้ทำท่อก๊าซชีวภาพ คือ เหล็กกล้า

ข. อุณหภูมิสำหรับการออกแบบควรคิดเป็น 1.5 เท่าของอุณหภูมิใช้งาน

ค. ขนาดท่อสำหรับก๊าซชีวภาพ ควรรองรับอัตราการไหลได้ 1.3 เท่าของอัตราการไหลเฉลี่ย

ง. การกำหนดจุดดึงก๊าซออกจากบ่อผลิตก๊าซชีวภาพ ให้ปลายท่ออยู่เหนือระดับน้ำอย่างน้อย 50 เซนติเมตร

20. ท่อก๊าซชีวภาพควรออกแบบให้เป็นสีอะไร

ก. สีเทา

ข. สีน้ำตาลคาดส้ม

ค. สีน้ำตาลคาดเหลือง

ง. สีเหลือง

21. การออกแบบทำเลที่ตั้งระบบการผลิตก๊าซชีวภาพ ข้อใดกล่าวผิด

ก. กำหนดระยะห่างจากชุมชนที่เห็นว่าจำเป็นไม่น้อยกว่า 100 เมตร

ข. กำหนดระยะห่างจากแนวสายไฟฟ้าแรงสูงพาดผ่านไม่น้อยว่า 60 เมตร

ค. กำหนดระยะห่างจากถนนสาธารณะไม่น้อยกว่า 6 เมตร

ง. ไม่ออกแบบระบบผลิตก๊าซชีวภาพขวางทิศทางลม

22. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตก๊าซชีวภาพ ในอุตสาหกรรมจะพิจารณาจากอะไร

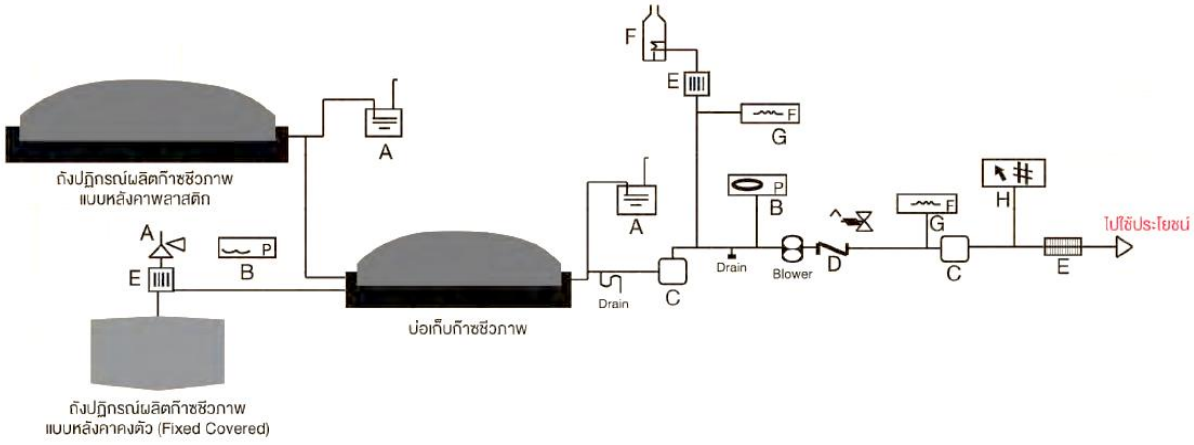
ก. เทคโนโลยีที่ใช้สร้าง และค่าก่อสร้างระบบ

ข. ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ และค่าดำเนินการระบบ

ค. การคืนทุน และการนำก๊าซชีวภาพไปใช้งาน

ง. ถูกทุกข้อ

จงใช้รูปต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 23-25



23. ตัวอักษร B คืออะไร

ก. อุปกรณ์ควบคุมและระบายแรงดัน

ข. อุปกรณ์วัดความดัน

ค. วาล์วความดันต้านกลับ

ง. ผิดทุกข้อ

24. ตัวอักษร F คืออะไร

ก. ระบบเผาก๊าซทิ้ง มีหน้าที่ควบคุมแรงดัน

ข. อุปกรณ์ควบคุมและระบายแรงดัน

ค. ระบบดักละอองน้ำและระบายน้ำออกจากท่อ

ง. ผิดทุกข้อ

25. ตัวอักษร H คืออะไร

ก. วาล์วความดันต้านกลับ

ข. อุปกรณ์ป้องกันการย้อนของเปลวไฟ

ค. อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของก๊าซ

ง. อุปกรณ์ตรวจวัดคุณสมบัติและองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ

รายวิชาที่ 3

เครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ

รหัส 2101-2008 หน่วยที่ 3 วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พ.ศ. 2556
ประเภทวิชาช่างอุตสาหกรรม
สาขาวิชาช่างยนต์

.....

จุดประสงค์สาขาวิชา

1. เพื่อให้สามารถประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะด้านภาษา วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ สังคมศึกษา สุขศึกษาและพลศึกษาในการพัฒนาตนเองและวิชาชีพ
2. เพื่อให้มีความเข้าใจหลักการบริหารและจัดการวิชาชีพ การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและหลักการงานอาชีพที่สัมพันธ์เกี่ยวข้องกับการพัฒนาวิชาชีพช่างยนต์ให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงและความก้าวหน้าของเศรษฐกิจ สังคม และเทคโนโลยี
3. เพื่อให้มีความเข้าใจในหลักการและกระบวนการทำงานในกลุ่มงานพื้นฐานด้านช่างยนต์
4. เพื่อให้สามารถปฏิบัติงานได้เหมาะสมกับความรู้ความสามารถของตน
5. เพื่อให้สามารถปฏิบัติงานด้านช่างยนต์ในสถานประกอบการและประกอบอาชีพอิสระ รวมทั้งการใช้ความรู้ และทักษะเป็นพื้นฐานในการศึกษาต่อในระดับสูงขึ้นได้
6. เพื่อให้มีความเข้าใจในการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าและอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม
7. เพื่อให้มีเจตคติที่ดีต่องานอาชีพ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ซื่อสัตย์สุจริต มีระเบียบวินัย มีความรับผิดชอบต่อสังคมสิ่งแวดล้อม ต่อต้านความรุนแรงและสารเสพติด

แผนการจัดการเรียนรู้

ชื่อรายวิชา	**เครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ**	**รหัสวิชา**	**2101-2008**	**1-3-2**
ระดับชั้น	**ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)**	**สาขาวิชา**	**ช่างยนต์**	
ทฤษฎี	**1 ชั่วโมง**	**ปฏิบัติ**	**3 ชั่วโมง**	**รวม 2 หน่วยกิต**

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับหลักการของเครื่องทำความเย็น การถ่ายเทของความร้อน ชนิดของความร้อน ความดัน ส่วนประกอบและหลักการทำงานของเครื่องทำความเย็นระบบอัดไอ สารทำความเย็น น้ำมันหล่อลื่นงานท่อ งานเชื่อมประสานท่อ ต่อวงจรไฟฟ้า วงจรทางกล การทำสุญญากาศ การบรรจุสารทำความเย็นในเครื่องทำความเย็น และเครื่องปรับอากาศ

จุดประสงค์รายวิชา

1. เข้าใจหลักการทำงานเครื่องทำความเย็น
2. ใช้เครื่องมือในการปฏิบัติงานทางกลและทางไฟฟ้าของเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ
3. มีความรับผิดชอบตรงต่อเวลา มีกิจนิสัยในการทำงานและเจตคติที่ดี

สมรรถนะรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการของเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ
2. ประกอบติดตั้งและทดสอบท่อเครื่องทำความเย็น
3. ตรวจซ่อมเครื่องทำความเย็น

หน่วยการสอน

รหัส 2101-2008 วิชา เครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ จำนวน 4 ชั่วโมง / สัปดาห์

หน่วยที่	ชื่อหน่วยการสอน	จำนวนชั่วโมง
1	ประวัติการทำความเย็น	4
2	หลักพื้นฐานของการทำความเย็น	4
3	วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ	4
4	การทำงานของเครื่องทำความเย็นแบบอัดไอ	4
5	อุณหภูมิและการเปลี่ยนอุณหภูมิ	4
6	การควบคุมอุณหภูมิ	4
7	การควบคุมความดัน	4
8	โหลดความร้อนของการทำความเย็น	4
9	เครื่องอัดและมอเตอร์	4
10	เครื่องควบแน่น	4
11	อีวาพอเรเตอร์	4
12	ตัวควบคุมสารทำความเย็น	4
13	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ	4
14	สารทำความเย็นและน้ำมันเครื่องเย็น	4
15	ประสิทธิภาพของการทำความเย็น	4
16	การตรวจซ่อม-แก้ปัญหา ระบบการทำความเย็นเบื้องต้น	8
	สอบปลายภาค	4
	รวม	72

เกณฑ์การประเมินผล

วิชา เครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ รหัส 2101-2008

รายการ	คะแนน	หมายเหตุ
1. คุณลักษณะที่ต้องการบูรณาการคุณธรรม จริยธรรมและคุณลักษณะอันพึงประสงค์	20	
2. ทดสอบ		
2.1 แบบทดสอบหลังเรียน	5	
2.2 สอบปลายภาค	30	
3. ภาระงาน		
3.1 แบบฝึกหัด	5	
3.2 การปฏิบัติการทดลอง	30	
3.3 รายงานผลการทดลอง	10	
รวม	**100**	

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน	ใบสาระการเรียน	หน่วยที่ 3
	ชื่อวิชา เครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ	เวลาเรียน 4 ชั่วโมง
	ชื่อหน่วย วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ	
ชื่อเรื่องหรือชื่องาน วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ		

สาระสำคัญ

การทำความเย็นและปรับอากาศที่มีใช้โดยทั่วไปแบ่งได้ 2 ประเภท คือ แบบที่ใช้กลไกและแบบไม่ใช้กลไก แบบใช้กลไกเป็นที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ส่วนแบบไม่ใช้กลไกเมื่อสามารถแก้ไขได้ต้องเปลี่ยนทิ้งและไม่สามารถรับรองงานขนาดใหญ่ได้ ส่วนการปรับอากาศที่ใช้ในงานอุตสาหกรรม สามารถแบ่งตามประเภทของงานได้ 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ อุตสาหกรรมประเภทแช่แข็งส่งออก และประเภทการแพทย์

การปรับอากาศในงานอุตสาหกรรมหมายถึงการปรับอากาศให้มีอุณหภูมิและความชื้น ความต้องการในงานอุตสาหกรรมแต่ละอย่าง เช่น ห้องทดลอง ความชื้นและอุณหภูมิอยู่กับงานที่ทดลอง เช่น ในการศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์ ที่อุณหภูมิต่ำอาจจะต้องทำอุณหภูมิให้ต่ำลงถึง -62 $^{\circ}$C และนอกจากนี้ยังสามารถที่จะศึกษาผลที่เกิดขึ้นของสิ่งมีชีวิต โดยการควบคุมความชื้นและอุณหภูมิต่าง ๆ กัน ในบางครั้งการปรับอากาศให้สบายสำหรับคนทำงานในห้องทดลองก็เป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้การทำงานและการวัดข้อมูลต่าง ๆ ได้ผลดีขึ้น ผิดพลาดน้อยลงถึงไม่มี

เรื่องที่จะศึกษา

1 กฎการทำความเย็น
2 ธรรมชาติของอากาศ
3 ความกดดันบรรยากาศ
4 ความสุขสบายของร่างกาย
5 การถ่ายเทความร้อนของร่างกาย
6 วงจรทางกลการทำความเย็นแบบอัดไอ

จุดประสงค์การเรียนรู้

1 อธิบายกฎของการทำความเย็นได้
2 อธิบายธรรมชาติของอากาศได้
3 อธิบายความกดดันบรรยากาศได้
4 อธิบายความสุขสบายของร่างกายได้
5 อธิบายร่างกายถ่ายเทความร้อนได้
6 อธิบายวงจรทางกลการทำความเย็นแบบอัดไอได้
7 อธิบายวัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ และอุปกรณ์หลักของระบบการทำความเย็นแบบอัดไอ
8 อธิบายประสิทธิภาพการทำความเย็น
9 อธิบายชนิด และการเลือกวาล์วลดความดันให้เหมาะสม
10 อธิบายการเดินท่อน้ำยาให้เหมาะสม
11 อธิบายแนวทางการประหยัดพลังงานสำหรับระบบทำความเย็น

หน่วยที่ 3
วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ

3.1 กฎของการทำความเย็น

ตามธรรมชาติของการเกิดความร้อนความเย็นในระบบการทำความเย็นจะเกิดขึ้นตามกฎ 5 ข้อคือ

1) ของเหลวจะดูดความร้อน ขณะที่ตัวมันเองเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นแก๊ส และจะคายความร้อน เมื่อเปลี่ยนสถานะจากแก๊สเป็นของเหลว
2) อุณหภูมิขณะเปลี่ยนสภาวะจะคงที่แต่อุณหภูมินี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามแรงดัน
3) ความร้อนจะเคลื่อนที่จากสิ่งที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปยังอุณหภูมิที่ต่ำกว่าหรือจากร้อนไปเย็นเสมอ
4) วัสดุที่ใช้สำหรับส่วนที่ทำความเย็นและส่วนที่กลั่นตัว จะต้องมีคุณสมบัติเป็นตัวนำที่ดี
5) พลังงานความร้อนและพลังงานรูปอื่นๆ สามารถเปลี่ยนกลับกันได้

3.2 ธรรมชาติของอากาศ

อากาศในโลกที่เราหายใจอยู่นี้จากปริมาณ 100% มีส่วนประกอบ คิดเป็นร้อยละโดยปริมาตร ดังนี้

- ไนโตรเจน 78.084%
- ออกซิเจน 20.947%
- คาร์บอนไดออกไซด์ 0.032%
- นีออน 0.002%
- ฮีเลียม 0.001%
- แก๊สอื่นๆ 0.001%

3.3 ความกดดันบรรยากาศ

ความดันเป็นแรงที่กระทำต่อหน่วยพื้นที่ หรือเป็นการวัดความหนาแน่นของที่กระทำบนผิววัตถุบนพื้นผิวโลกที่เราอาศัยอยู่นี้ มีความกดดันของบรรยากาศ ซึ่งกดอยู่บนผิวของวัตถุทุกชนิดแม้แต่ตัวเราเองก็มีแรงกดอัดจากธรรมชาติ ประมาณ 14.7 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ถ้าคิดตามหลักวิชาการแล้วเหมือนเรากำลังแบกช้างไว้ทั้งตัวตลอดเวลาโดยไม่รู้ตัวเลย ผลเกี่ยวเนื่องจากปรากฏการณ์อันนี้ในระบบการทำความเย็นต้องเอาชนะแรงกดดันบรรยากาศนี้ในการทำสุญญากาศของระบบซึ่งจะเรียนถึงต่อไป

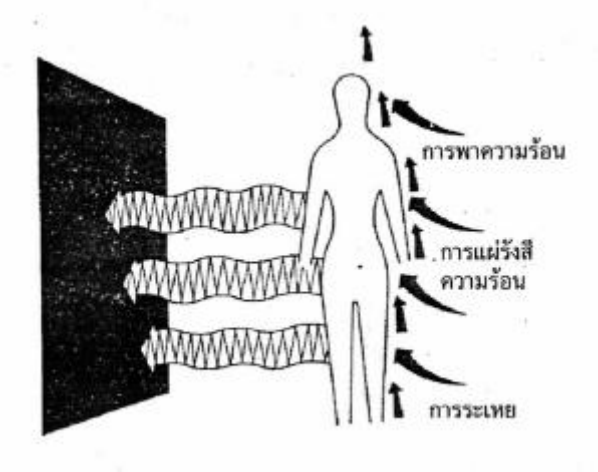
3.4 ความสุขสบายของร่างกาย

อุณหภูมิปกติของร่างกายคนเราคือ 37 °C อุณหภูมินี้บางครั้งเรียกว่าอุณหภูมิใต้ผิว ซึ่งตรงข้ามกับอุณหภูมิผิว การทำความเข้าใจการที่ร่างกายคงไว้ซึ่งอุณหภูมินี้จะช่วยให้เข้าใจถึงกระบวนการปรับอากาศเพื่อให้ร่างกายได้รับความสุขสมบูรณ์

ร่างกายสร้างความร้อน อาหารที่เรารับประทานเข้าไปประกอบด้วยความร้อนในรูปของแคลอรี ปริมาณความร้อน 1 แคลอรี ซึ่งใช้แสดงค่าความร้อนของอาหารคือปริมาณความร้อนที่ต้องการใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำจำนวน 1 กรัม ให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นจากเดิม 1 $^{\circ}C$

ปริมาณความร้อน 252 แคลอรี = 1 บีทียู ปริมาณความร้อน 1 แคลอรี คือปริมาณความร้อนที่ทำให้น้ำหนัก 1 กรัม มีอุณหภูมิเปลี่ยนจากเดิม 1 $^{\circ}C$

เมื่อแคลอรีเข้าสู่ร่างกายจะถูกเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานและถูกสะสมไว้ใช้ในอนาคต และเพื่อให้มีความสุขสบาย ความร้อนที่สร้างขึ้นจะต้องถ่ายเทออกจากร่างกาย เนื่องจากร่างกายสร้างความร้อนมากกว่าที่ต้องการ ความร้อนจึงจำเป็นต้องถูกถ่ายเทออกจากร่างกายอย่างสม่ำเสมอ ร่างกายถ่ายเทความร้อนออกโดยกระบวนการธรรมชาติซึ่งเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ



รูปที่ 3-1 แสดงร่างกายถ่ายเทความร้อน

3.5 การถ่ายเทความร้อนของร่างกาย

3.5.1 การพาความร้อน

ในการถ่ายเทความร้อนออกจากร่างกายโดยกระบวนการพาความร้อนจะขึ้นอยู่กับปรากฏการณ์ 2 อย่างคือ

1) ความร้อนไหลจากพื้นที่ผิวที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ตัวอย่างเช่น ความร้อนจะไหลจากร่างกายเข้าสู่อากาศรอบตัวซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิของผิวหนัง
2) อากาศเมื่อได้รับความร้อนจะลอยตัวสูงขึ้น สังเกตได้จากควันบุหรี่ซึ่งจะลอยตัวขึ้นสู่ที่สูงเมื่อปรากฏการณ์ทั้งสองประยุกต์เข้ากับกระบวนการถ่ายเทความร้อนของร่างกายก็จะเกิดสิ่งต่างๆ เหล่านี้คือ
    - ร่างกายถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศรอบๆ ตัว ซึ่งร้อนน้อยกว่า
    - อากาศรอบตัวเริ่มอุ่นขึ้นและลอยตัวสูงขึ้นตามธรรมชาติของกฎการเกิดลมบกลมทะเล
    - เมื่ออากาศอุ่นลอยตัวสูงขึ้น อากาศที่เย็นกว่าก็จะไหลเข้ามาแทนที่ การพาความร้อนก็สมบูรณ์

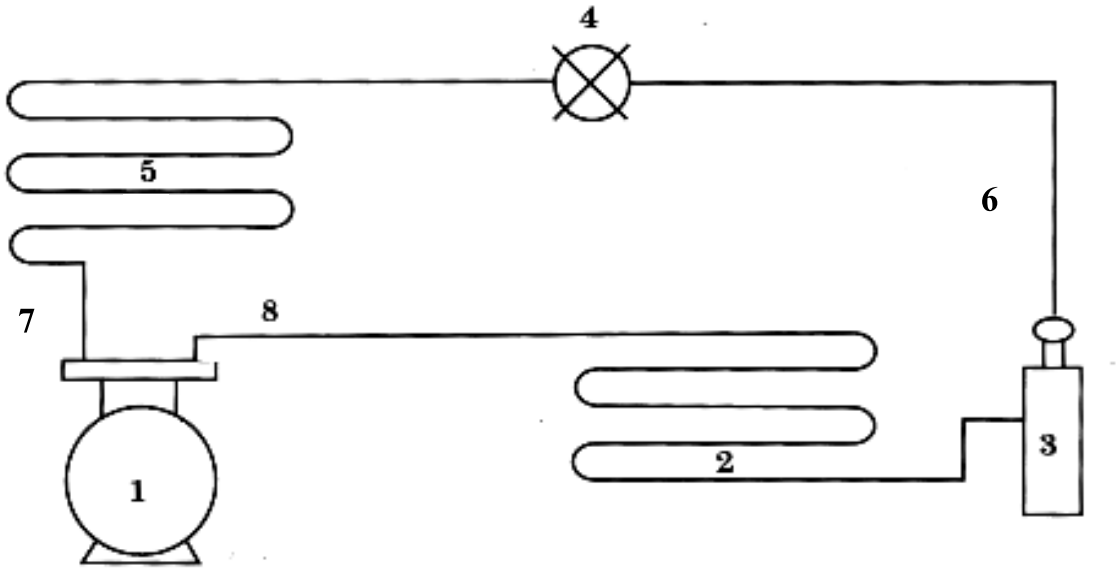
3.5.2 การแผ่รังสีความร้อน

การแผ่รังสีความร้อน คือกระบวนการซึ่งความร้อนเคลื่อนที่จากจุดกำเนิดไปสู่เทหวัตถุโดยอาศัยรังสีความร้อน เช่น การที่ดวงอาทิตย์ส่งถ่ายความร้อนมายังผิวโลก การแผ่รังสีไม่ต้องการการเคลื่อนที่ของอากาศเพื่อให้เกิดการเคลื่อนย้ายความร้อน

3.5.3 การระเหย

เป็นกระบวนการที่น้ำกลายเป็นไอ เมื่อน้ำระเหยจากผิวที่ร้อนจะดูดรับความร้อนเพื่อการเปลี่ยนสถานะทำให้น้ำที่เหลือมีอุณหภูมิต่ำลง กระบวนการเช่นนี้จะเกิดอย่างสม่ำเสมอ บนผิวหนังของร่างกายน้ำได้ถูกถ่ายเทออกจากรูเล็กๆ ของผิวหนัง เมื่อน้ำระเหยออกไปก็ถ่ายเทความร้อนออกจากร่างกาย

3.6 วงจรทางกลการทำความเย็นแบบอัดไอ



รูปที่ 3-2 แสดงวงจรทางกลระบบการทำความเย็นแบบอัดไอ

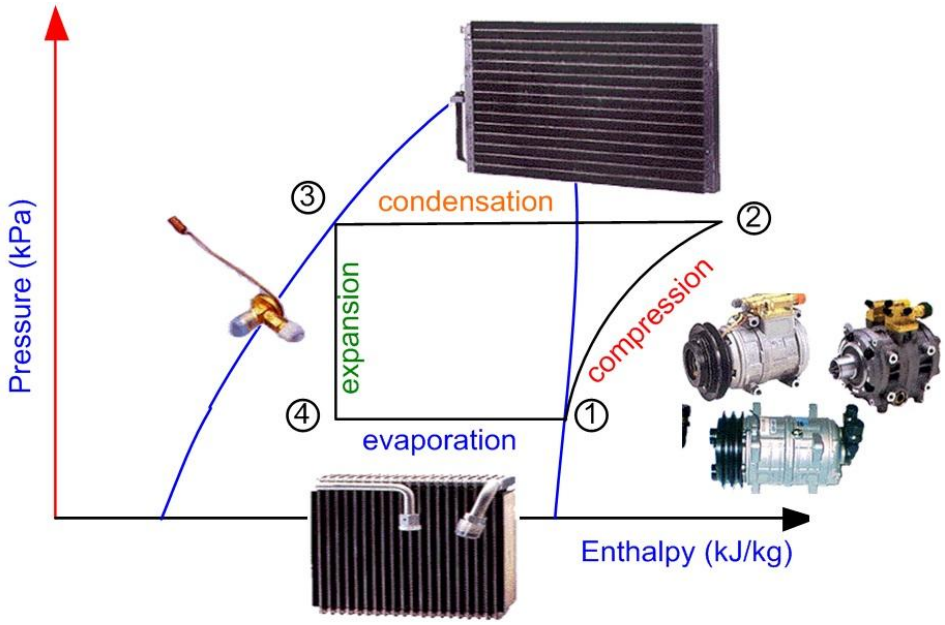
หมายเลข 1 คือ มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ มีหน้าที่ ดูดและอัดไอน้ำยา
หมายเลข 2 คือ คอนเดนเซอร์ มีหน้าที่ ระบายความร้อนให้กับน้ำยาเพื่อกลั่นตัวเป็นของเหลว
หมายเลข 3 คือ ถังพักน้ำยาเหลว มีหน้าที่ พักน้ำยาเหลวที่เหลวไม่หมดจากคอนเดนเซอร์
หมายเลข 4 คือ ชุดควบคุมการไหลของน้ำยา มีหน้าที่ ควบคุมการไหลของน้ำยาเพื่อให้เดือดในอีวา-พอเรเตอร์
หมายเลข 5 คือ อีวาพอเรเตอร์ มีหน้าที่ เป็นที่ให้น้ำยาเดือดเพื่อดึงความร้อนออกจากบริเวณรอบๆ
หมายเลข 6 คือ ท่อน้ำยาเหลว มีหน้าที่ ต่อเชื่อมระบบระหว่างคอนเดนเซอร์กับวาล์วลดความดัน
หมายเลข 7 คือ ท่อซักชั่น มีหน้าที่ ต่อเชื่อมระบบระหว่างอีวาพอเรเตอร์กับคอมเพรสเซอร์
หมายเลข 8 คือ ท่อดิสชาร์ท มีหน้าที่ ต่อเชื่อมระบบระหว่างคอมเพรสเซอร์กับคอนเดนเซอร์

การทำงานของส่วนประกอบ

1) มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ เป็นอุปกรณ์หลักที่สำคัญของวงจรน้ำยาเครื่องทำความเย็นทำหน้าที่ในการดูดและอัดน้ำยาในสถานะแก๊ส โดยดูดแก๊สที่มีอุณหภูมิและความดันต่ำ จากคอยล์เย็น และอัดให้มีความดันสูงและอุณหภูมิสูงส่งเข้าไปกลั่นตัวเป็นน้ำยาเหลวด้วยการระบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์
2) ท่อดูด (Suction Line) เริ่มตั้งแต่ทางออกของอีวาพอเรเตอร์ สารทำความเย็นจะดูดความร้อนส่วนหนึ่ง ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นจากจุดอิ่มตัวกลายเป็นไอซูเปอร์ฮีตกระบวนการไอซูเปอร์ฮีตจะสร้างความมั่นใจว่าสารทำความเย็นที่กำลังจะเข้าสู่คอมเพรสเซอร์เป็นไอทั้งหมด
3) ท่ออัด (Discharge Line) คอมเพรสเซอร์จะอัดไอสารทำความเย็นความดันสูง ที่มีอุณหภูมิเป็นซูเปอร์ฮีตเข้าสู่ท่ออัด เพื่อพาไปควบแน่นความร้อนที่คอนเดนเซอร์ ซึ่งระหว่างท่ออัดนี้สารทำความเย็นจะมีการคายความร้อนออกส่วนหนึ่ง เพื่อลดอุณหภูมิจากจุดซูเปอร์ฮีตเป็นจุดอิ่มตัวเพื่อส่งไปควบแน่นที่คอนเดนเซอร์ กระบวนการลดความร้อนจากจุดซูเปอร์ฮีตลงเรื่อยๆ นี้เรียกว่า ดีซูเปอร์ฮีต
4) ท่อของเหลว (Liquid Line) เป็นท่อเชื่อมระหว่างคอนเดนเซอร์ กับเป็นวาล์วลดความดัน (ชุดควบคุมปริมาณน้ำยา) สารทำความเย็นที่ควบแน่นเป็นของเหลวอิ่มตัวจะผ่านท่อของเหลว โดยก่อนเข้าสู่วาล์วลดความดัน จะมีการดึงความร้อนส่วนหนึ่งออกจากของเหลวอิ่มตัว เพื่อให้มีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดอิ่มตัว เรียกว่า การทำของเหลวเย็นยิ่ง และเรียกของเหลวที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดอิ่มตัวว่า ของเหลวเย็นยิ่ง
5) คอนเดนเซอร์ เป็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ ใช้พัดลมช่วย มอเตอร์ที่ใช้เป็นแบบพีเอสซีต่อกับพัดลมระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์
6) อีวาพอเรเตอร์ ใช้โบลเวอร์หรือใบพัดกรงกระรอกกระจายอากาศด้านล่างของอีวาพอเรเตอร์มีถาดรองน้ำจากการควบแน่น เพื่อถ่ายเททิ้งออกไป ครีบของอีวาพอเรเตอร์ เป็นทองแดง หรืออะลูมิเนียม แต่ส่วนใหญ่เป็นอะลูมิเนียม ครีบทองแดงจะใช้กับภูมิอากาศที่ใกล้ทะเล เพื่อป้องกันการกัดกร่อน แต่ราคาจะสูงกว่าครีบอะลูมิเนียม
7) แคปทิ้วป์ เนื่องจากระบบมีความยาวไม่มาก และมีขนาดเล็กจึงใช้แคปทิ้วป์เป็นวาล์วลดความดัน โดยส่วนหนึ่งของแคปทิ้วป์จะติดตั้งแนบติดหรือพันโดยรอบกับท่อดูด เพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อเพิ่มผลการทำความเย็นของอีวาพอเรเตอร์
8) ชุดควบคุมการทำงาน เทอร์โมสตัตใช้ชนิดเบลโล ติดตั้งอยู่ภายในกล่องควบคุมที่มีปุ่มปรับ ลด-เพิ่มอุณหภูมิ หรืออาจมีปุ่มปรับตั้งการควบคุมมอเตอร์บังคับทิศทางลมเย็น สำหรับกระเปาะของเทอร์-โมสตัตจะติดตั้งอยู่ก่อนทางเข้าอีวาพอเรเตอร์ (วัดอุณหภูมิลมรีเทิร์น, Return air) เพื่อตรวจจับอุณหภูมิของอากาศในห้องปรับอากาศ

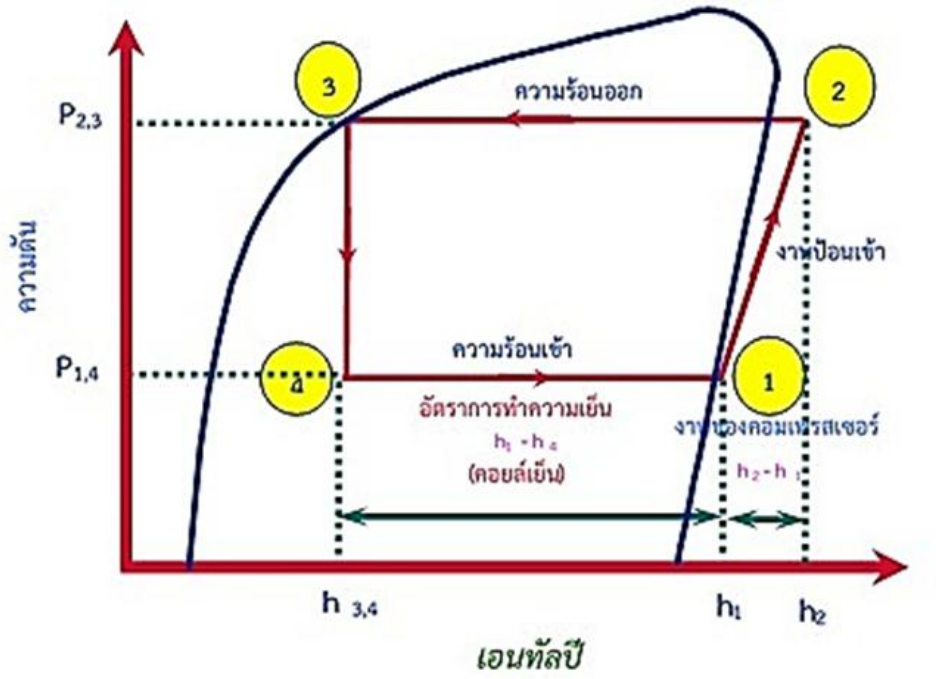
3.7 วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ

วัฏจักร คือ การที่ระบบที่สภาวะเริ่มต้นหนึ่งๆ ดำเนินกระบวนการไปสู่สภาวะต่างๆ และสามารถกลับเข้าสู่สภาวะเริ่มต้นเดิมได้อีกครั้ง เช่น วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ ซึ่งการทำงานจะเป็นแบบวัฏจักรจนกว่าจะปิดเครื่องทำความเย็น



รูปที่ 3-3 วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ

วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ เริ่มจากความร้อนถ่ายเทสู่สารทำความเย็นที่อีวาพอเรเตอร์ (ระบบมีความดันและอุณหภูมิต่ำ) จากนั้นสารทำความเย็นได้รับพลังงานที่คอมเพรสเซอร์ (ระบบมีความดันและอุณหภูมิสูงขึ้น) แล้วสารทำความเย็นถูกส่งต่อไปที่คอนเดนเซอร์เพื่อถ่ายเทความร้อนสู่สิ่งแวดล้อม (ความดันคงที่อุณหภูมิลดลง) และเมื่อสารทำความเย็นไหลผ่านวาล์วลดความดัน ทำให้ระบบมีความดันและอุณหภูมิลดลงและกลับสู่สภาวะเริ่มต้นต่อไป

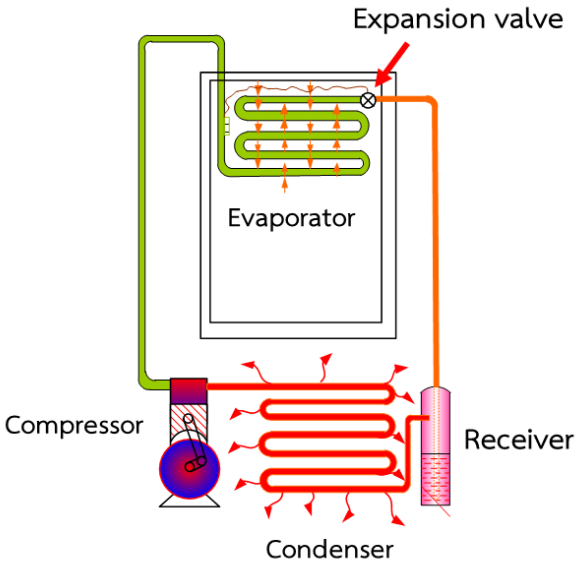


รูปที่ 3-4 กระบวนการทำงานของวัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ

- กระบวนการ 1-2 เป็นกระบวนการอัดตัวแบบ Isentropic compression (เอนโทรปีคงที่) โดยคอมเพรสเซอร์จะทำการอัดสารทำความเย็นในสภาวะไออิ่มตัว ให้มีความดันเท่ากับความดันที่คอยล์ร้อน
- กระบวนการ 2-3 เป็นกระบวนการถ่ายเทความร้อนที่ความดันคงที่แบบย้อนกลับได้ โดยสารทำความเย็นที่อยู่ในสภาวะไอดง (Superheated vapor) จะถูกทำให้เย็นลงจนเกิดการกลั่นตัวของสารทำความเย็น
- กระบวนการ 3-4 เป็นกระบวนการขยายตัว หรือ กระบวนการลดความดัน โดยสารทำความเย็นที่อยู่ในสภาวะของเหลวจะถูกลดความดันลงมากลายเป็นของผสมที่ความดันที่คอยล์เย็น
- กระบวนการ 4-1 เป็นกระบวนการรับความร้อนที่ความดันคงที่ ซึ่งทำให้สารทำความเย็นเดือดจนกลายเป็นไออิ่มตัว

3.8 อุปกรณ์หลักของระบบการทำความเย็นแบบอัดไอ

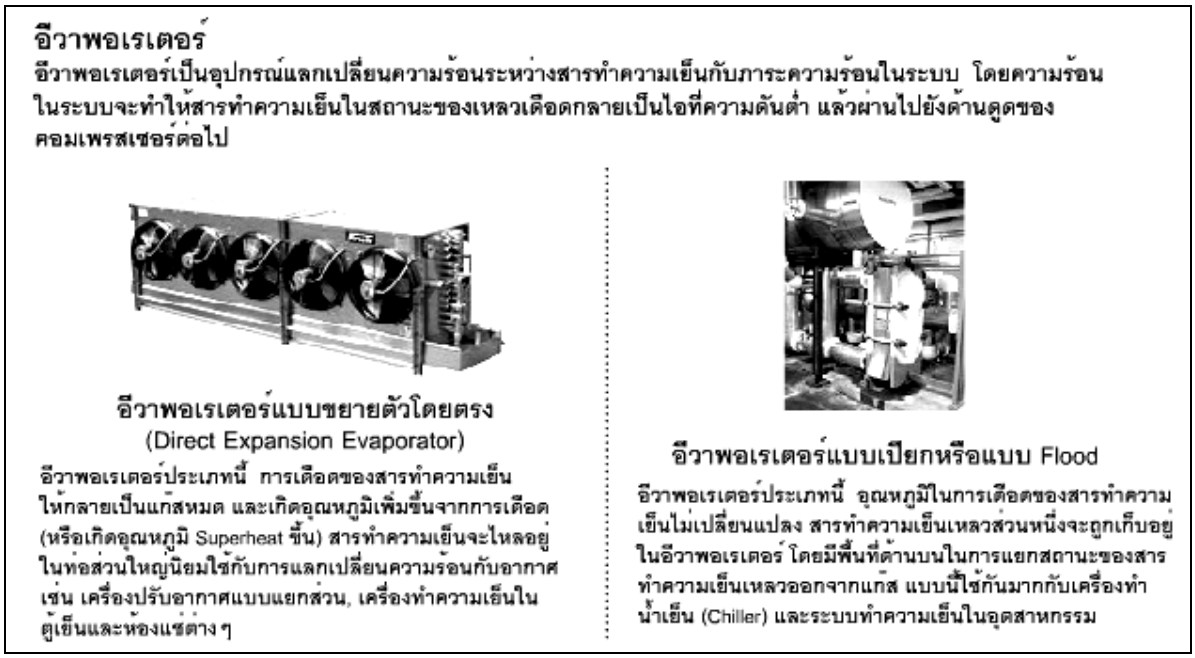
ระบบทำความเย็นและ ปรับอากาศที่ใช้ในปัจจุบันอาศัยการทำงานแบบอัดไอน้ำยาทำความเย็นด้วยคอมเพรสเซอร์เพื่อนำน้ำยาที่ทำความเย็นแล้วกลับมาใช้อีก น้ำยาทำความเย็นจะไหลเวียนภายในระบบปิดอยู่ตลอดเวลา ในระบบทำความเย็นแบบอัดไอ ประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลัก คือ คอยล์เย็น คอมเพรสเซอร์ คอนเดนเซอร์ และอุปกรณ์ควบคุมการไหล ซึ่งอุปกรณ์แต่ละส่วนมีหน้าที่ดังนี้



รูปที่ 3-5 อุปกรณ์หลักของระบบการทำความเย็นแบบอัดไอ

3.8.1 อีวาพอเรเตอร์ (Evaporator)

อีวาพอเรเตอร์ หรือเครื่องระเหย หรือคอยล์เย็น ทำหน้าที่ดูดความร้อนออกจากบริเวณรอบ ๆ เพื่อทำให้น้ำยาเปลี่ยนสถานะเป็นไอ เพื่อทำให้บริเวณปรับอากาศเย็นขึ้น



รูปที่ 3-6 อีวาพอเรเตอร์

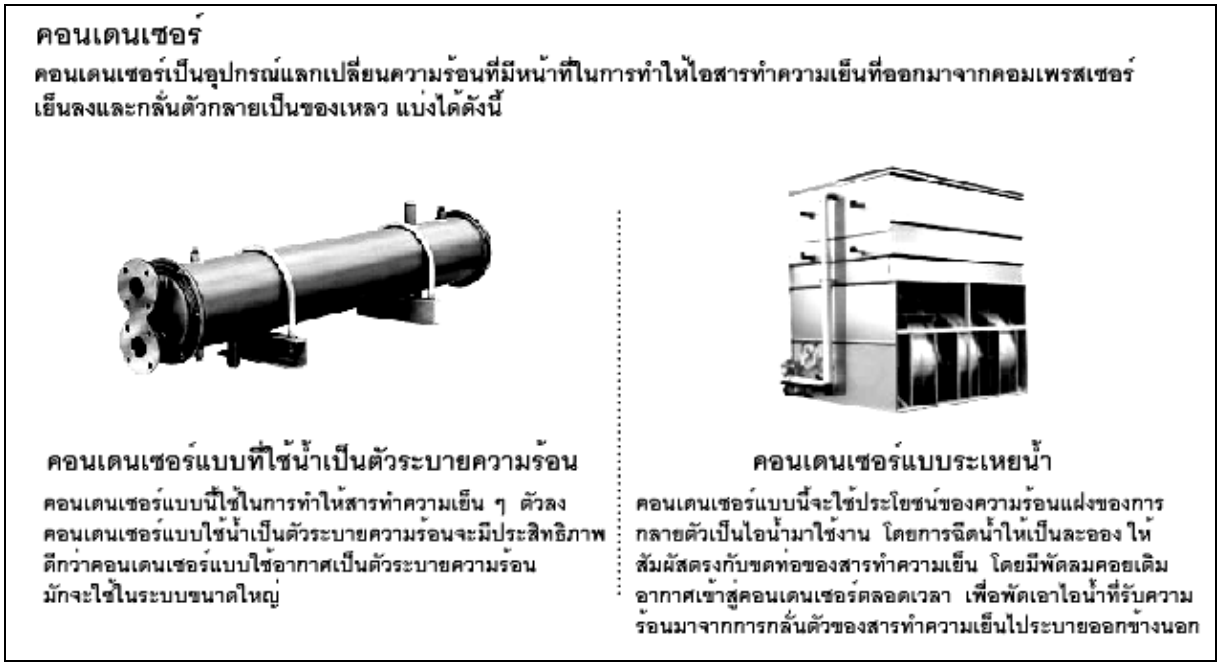
3.8.2 คอมเพรสเซอร์ (Compressor)

คอมเพรสเซอร์ หรือ เครื่องอัดไอ ทำหน้าที่ดูดน้ำยาในสภาพที่เป็นไอจากคอยล์เย็น และอัดให้มีความดันสูงขึ้นจนสามารถส่งไปควบแน่นได้ที่คอนเดนเซอร์

รูปที่ 3-7 คอมเพรสเซอร์ หรือ เครื่องอัดไอ

3.8.3 คอนเดนเซอร์ (Condenser)

คอนเดนเซอร์ หรือ คอยล์ร้อน ทำหน้าที่ระบายความร้อนออกจากน้ำยาเพื่อควบแน่นเป็นของเหลวและส่งเข้ารีซีฟเวอร์



รูปที่ 3-8 คอนเดนเซอร์ หรือ คอยล์ร้อน

3.8.4 รีซีฟเวอร์ (Receiver)

รีซีฟเวอร์ หรือ ท่อพักน้ำยาเหลว ทำหน้าที่สะสมของเหลวที่ออกจากคอนเดนเซอร์เพื่อจ่ายให้กับเครื่องระเหยได้ตลอดเวลาในการทำงาน

3.8.5 วาล์วลดความดัน (Expansion valve หรือ Throttling valve)

วาล์วลดความดัน ทำหน้าที่ลดความดันของน้ำยาที่ออกจากคอยล์ร้อน โดยคงที่เอนทาลปีของสารทำความเย็นไว้ เพื่อจ่ายให้กับเครื่องระเหยต่อไป

รูปที่ 3-9 วาล์วลดความดัน

3.9 ประสิทธิภาพการทำความเย็น

3.9.1 สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น

ประสิทธิภาพของระบบทำความเย็นจะแสดงในรูปของค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (Coefficient of Performance, COP) ค่า COP หมายถึง อัตราส่วนระหว่างปริมาณพลังงานความร้อนที่ถูกดูดซับโดยคอยล์เย็น (ปริมาณความเย็นที่ทำได้) ต่อพลังงานที่ระบบใช้การวิเคราะห์ค่า COP ของระบบทำความเย็นทำโดยใช้แผนภาพความดัน-เอนทาลปีจากแผนภาพด้านบน ค่า COP ของระบบทำความเย็นจะคำนวณได้จาก

สัมประสิทธิ์สมรรถนะ

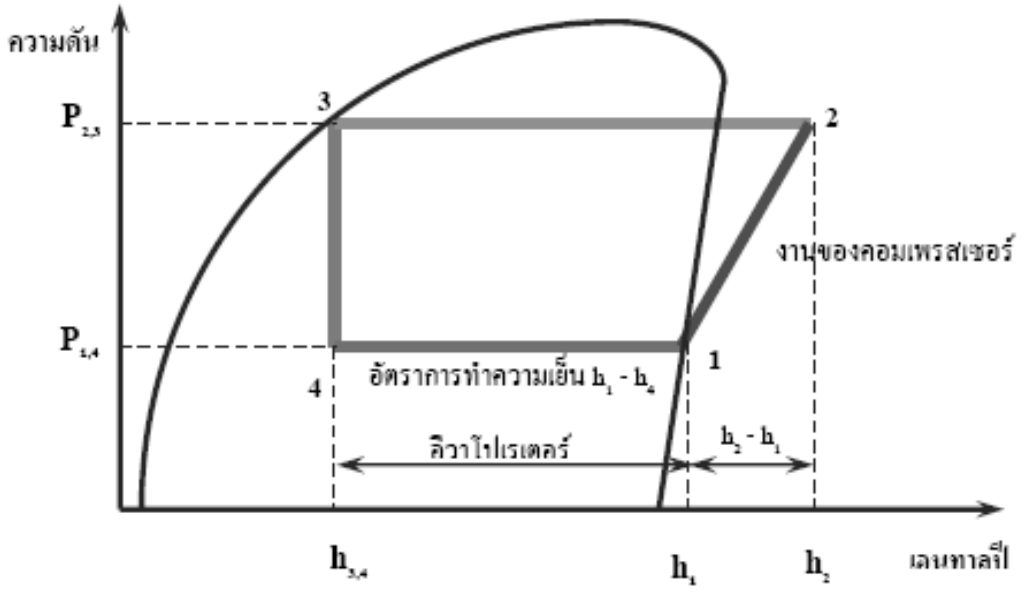
(Coefficient of Performance: COP)

$$COP = \frac{\text{ความร้อนที่สามารถดึงออกจากบริเวณทำความเย็น } (h_1-h_4)}{\text{งานป้อนสุทธิ } (h_2-h_1)}$$

โดยที่ h_1 คือ เอนทาลปีของสารทำความเย็นที่เข้าคอมเพรสเซอร์, kJ/kg

h_2 คือ เอนทาลปีของสารทำความเย็นที่ออกจากคอมเพรสเซอร์, kJ/kg

h_4 คือ เอนทาลปีของสารทำความเย็นก่อนเข้าคอยล์เย็น (เท่ากับเอนทาลปีของสารทำความเย็นที่ออกจากคอยล์ร้อน), kJ/kg



รูปที่ 3-10 แผนภาพความดัน-เอนทาลปีของวัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ

3.9.2 อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน

อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio, EER) คือ ประสิทธิภาพในการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำความเย็น มีหน่วยเป็น (Btu/hr/W) หรือค่า EER คืออัตราส่วนของ ปริมาณความเย็นที่เครื่องทำความเย็นสามารถทำได้ (Output) กับกำลังไฟฟ้าที่ระบบทำความเย็นใช้ในการทำความเย็น (Input) ระบบทำความเย็นที่มีค่า EER ยิ่งสูงก็แสดงว่า ระบบทำความเย็นนั้นยิ่งมีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานที่ดียิ่งขึ้น

อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน

(Energy Efficiency Ratio: EER)

$$EER = \frac{\text{ความร้อนที่สามารถดึงออกจากบริเวณทำความเย็น (BTU/hr)}}{\text{กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (W)}}$$

3.9.3 การเพิ่มประสิทธิภาพของการทำความเย็น

1) การเพิ่มประสิทธิภาพการทำความเย็นของระบบอัดไอ

- ออกแบบให้ระบบทำความเย็นมีอุณหภูมิคอยล์เย็นที่เหมาะสมกับภาระ เพราะถ้าออกแบบให้มีอุณหภูมิต่ำเกินความจำเป็น คอมเพรสเซอร์จะทำงานหนักแต่ได้ความสามารถในการทำความเย็นต่ำ
- เลือกวาล์วลดความดันให้เหมาะสมกับลักษณะของภาระของคอยล์เย็น เช่น ถ้าภาระคอยล์เย็นมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ควรใช้วาล์วลดความดันแบบปรับด้วยอุณหภูมิแบบอิเล็กทรอนิคส์แทนที่จะใช้แบบปรับด้วยมือ
- เลือกใช้คอมเพรสเซอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงและเหมาะสมกับภาระ เช่น สำหรับภาระคอยล์เย็นที่ไม่คงที่และมีความแตกต่างกันมาก ควรเลือกใช้ Multi-stage compressor หรือแบบ Inverter แทน Single stage compressor ซึ่งจะทำให้การควบคุมอุณหภูมิมีความแม่นยำมากขึ้นและที่สำคัญ ประหยัดพลังงานในการทำความเย็น เพราะกำลังไฟฟ้าที่ใช้จะถูกเปลี่ยนโดยอัตโนมัติตามภาระคอยล์เย็นที่เกิดขึ้น
- ทำการบำรุงรักษาคอยล์เย็นให้สะอาด และไม่มีน้ำแข็งไปเกาะสะสมที่แผงแลกเปลี่ยนความร้อนมากเกินไป ทำให้อากาศสามารถไหลผ่านได้ตามที่ออกแบบไว้
- ออกแบบให้ระบบทำความเย็นมีอุณหภูมิคอยล์ร้อนเหมาะสมกับสภาพอากาศในสถานที่ใช้งานนั้นๆ เพราะถ้าออกแบบให้มีอุณหภูมิสูงเกินไป เช่น ควรจะอยู่ที่ 40 $^{\circ}$C แต่ออกแบบไว้ที่ 55 $^{\circ}$C คอมเพรสเซอร์จะทำงานหนักแต่ได้ความสามารถในการทำความเย็นต่ำ

- ไม่ควรติดตั้งคอยล์ร้อนไว้ในจุดที่อุณหภูมิสูง หรือมีแสงแดดส่องถึงตลอดเวลา และไม่ควรทิ้งให้คอยล์ร้อนสกปรก เพราะจะทำให้ความสามารถของการระบายความร้อนของสารทำความเย็นที่อยู่ภายในท่อลดลง ส่งผลให้น้ำยาร้อนขึ้นกว่าที่ควรจะเป็น ประสิทธิภาพก็จะต่ำลง
- เดินท่อให้สั้นที่สุดเท่าที่จะสั้นได้ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต เพราะการเดินท่อน้ำยายาวเกินไปทำให้คอมเพรสเซอร์ต้องทำงานหนักขึ้น และเกิดการสูญเสียพลังงานระหว่างทางมากกว่าปกติ
- ฉนวนกันความเย็นและความร้อน การขาดและการเสื่อมสภาพของฉนวนจะส่งผลกระทบต่อการทำงานโดยรวมของเครื่องทำความเย็น คือ จะทำให้เกิดความร้อนรั่วไหลเข้ามาในบริเวณพื้นที่ที่ต้องการความเย็น ซึ่งเป็นการเพิ่มภาระงานให้กับระบบ และจะทำให้อุณหภูมิของสารทำความเย็นที่ไหลเข้าคอมเพรสเซอร์มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น เป็นสาเหตุทำให้การทำงานของคอมเพรสเซอร์เพิ่มขึ้น
- ลดอุณหภูมิสารทำความเย็นก่อนเข้าวาล์วลดความดัน มีด้วยกันหลายวิธีเช่น ใช้อากาศรอบๆ ที่อุณหภูมิต่ำกว่าช่วยลดอุณหภูมิสารทำความเย็นเหลว หรือใช้อุปกรณ์เสริมช่วยลดอุณหภูมิสารทำความเย็นเหลว เป็นต้น

2) การเพิ่มประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อนของคอยล์ร้อน

- ติดตั้งในบริเวณที่สามารถระบายความร้อนได้สะดวก
- การติดตั้งควรเว้นระยะห่างจากกำแพงมาถึงด้านหลังเครื่องไม่น้อยกว่า 10 ซม. และเว้นระยะด้านหน้าเครื่องไม่น้อยกว่า 70 ซม.
- ติดตั้งในบริเวณที่ไม่โดนฝนสาดได้ง่าย เพราะจะทำให้คอยล์ร้อนผุกร่อนได้ง่าย
- ติดตั้งในบริเวณไม่ถูกแสงแดดส่องโดยตรงตลอดเวลา
- ตัวเครื่องควรยกระดับให้พ้นจากพื้นดินอย่างน้อย 10 ซม. หรือพ้นจากระดับที่น้ำท่วมถึง และในบริเวณที่สามารถซ่อมบำรุงได้ง่าย
- ทำความสะอาดแผงแลกเปลี่ยนความร้อนอยู่เสมอ

3) การเพิ่มประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อนของคอยล์เย็น

- ไม่ตั้งอุณหภูมิให้ต่ำเกินไป
- ล้างทำความสะอาดแผงคอยล์เย็นอย่างสม่ำเสมอ
- ตรวจสอบถาดน้ำหรือท่อน้ำทิ้งว่าสกปรกหรืออุดตันหรือไม่ ถ้ามีให้แก้ไขโดยการทำความสะอาดหรือเปลี่ยนท่อน้ำใหม่
- ไม่ควรนำต้นไม้หรือสิ่งที่ทำให้เกิดความชื้นมาไว้ในห้องปรับอากาศ เพราะจะเป็นการเพิ่มภาระให้กับคอยล์เย็น
- ห้องที่ปรับอากาศหรือห้องทำความเย็นไม่ควรมีจุดรั่วไหลของอากาศเย็น เพราะจะทำให้เพิ่มภาระให้กับคอยล์เย็น

3.10 การเลือกวาล์วลดความดันให้เหมาะสม

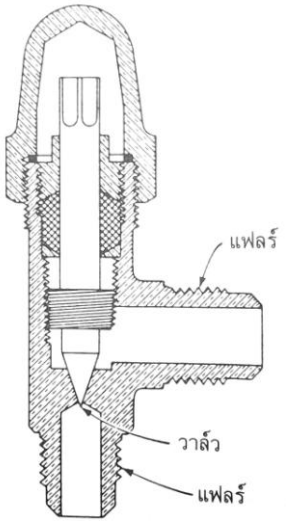
ตารางที่ 3-1 ชนิดของวาล์วลดความดันและการเลือกใช้งาน

ชนิดวาล์วลดความดัน	การเลือกใช้งาน
1. แบบปรับด้วยมือ (HEV)	เหมาะกับเครื่องทำความเย็นขนาดใหญ่ที่ภาระทางคอยล์เย็นไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก แต่ส่วนใหญ่ติดเพื่อบายพาสสารทำความเย็นสำหรับการซ่อมบำรุง
2. แบบปรับอัตโนมัติ (AEV)	เหมาะกับเครื่องทำความเย็นขนาดเล็ก หรือระบบการทำความเย็นแบบแห้งที่ภาระทางคอยล์เย็นคงที่ และจะทำงานที่ความดันคงที่ ไม่สามารถใช้กับระบบที่มีความดันต่ำได้
3. แบบทำงานด้วยอุณหภูมิ (TEV)	ใช้ในระบบทำความเย็นเชิงพาณิชย์เป็นส่วนใหญ่ การเลือกใช้ต้องทราบข้อมูลความสามารถของระบบทำความเย็น เพื่อนำไปเลือกขนาดของวาล์ว ซึ่งเป็นตัวกำหนดปริมาณของสารทำความเย็น และลดความดันสารทำความเย็นให้เหมาะสมกับแต่ละช่วงอุณหภูมิของคอยล์เย็น
4. ท่อแคพิลลารี (CAP)	ส่วนใหญ่ใช้กับ เครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก ตู้เย็น หรือตู้น้ำเย็น ตู้แช่ เหมาะกับระบบที่ใช้คอมเพรสเซอร์แบบหุ้มปิด ราคาถูกการทำงานง่ายไม่ซับซ้อน
5. ลูกลอยด้านความดันต่ำ (LSF)	เหมาะสำหรับระบบทำความเย็นที่ใช้คอยล์เย็นแบบแช่สารทำความเย็น (น้ำยาท่วม)
6. ลูกลอยด้านความดันสูง (HSF)	เหมาะสำหรับระบบทำความเย็นที่ใช้คอยล์เย็นแบบแช่สารทำความเย็นหรือคอยล์เย็นแบบแห้ง

3.11 ชนิดของวาล์วลดความดัน

3.11.1 วาล์วลดความดันแบบปรับด้วยมือ (Hand expansion valve)

ควบคุมการปิด-เปิดความกว้างของวาล์วด้วยการใช้มือปรับ

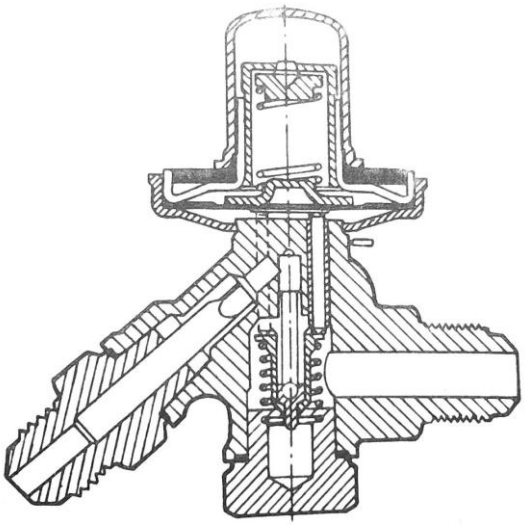


รูปที่ 3-11 วาล์วลดความดันแบบปรับด้วยมือ

(ที่มารูป: สมศักดิ์ สุโมตยกุล “เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ”, พ.ศ. 2549)

3.11.2 วาล์วลดความดันแบบปรับอัตโนมัติ (Automatic expansion valve)

อาศัยความดันของคอยล์เย็นควบคุมการปิด-เปิดความกว้างของวาล์วแบบอัตโนมัติ

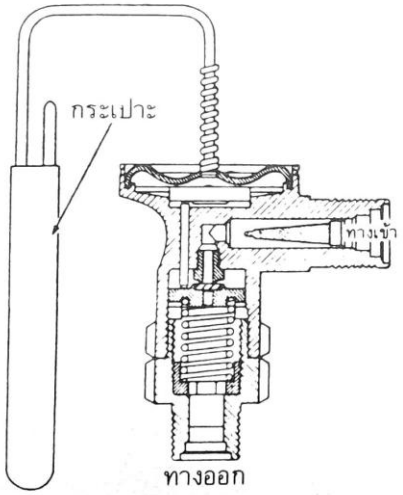


รูปที่ 3-12 วาล์วลดความดันแบบปรับอัตโนมัติ

(ที่มารูป: สมศักดิ์ สุโมตยกุล “เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ”, พ.ศ. 2549)

3.11.3 วาล์วลดความดันแบบทำงานด้วยอุณหภูมิ (Thermostatic expansion valve)

ควบคุมการปิด-เปิดความกว้างของวาล์วด้วยอุณหภูมิน้ำยาบริเวณท่อทางออกของคอยล์เย็น โดยใช้กระเปาะวัดความร้อน

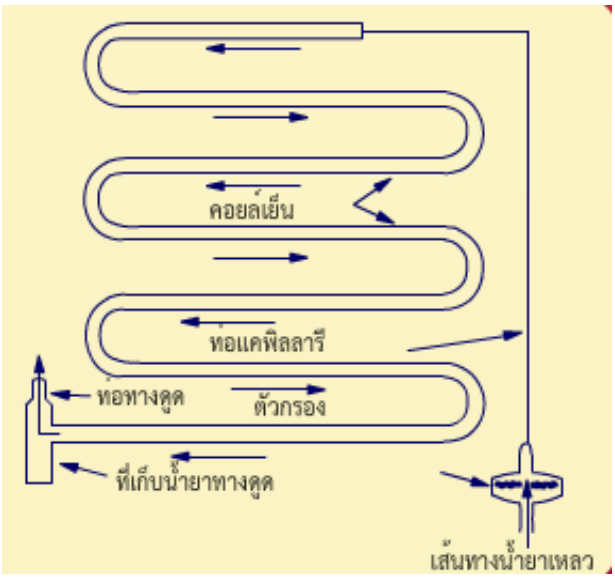


รูปที่ 3-13 วาล์วลดความดันแบบทำงานด้วยอุณหภูมิ

(ที่มารูป: สมศักดิ์ สุโมตยกุล “เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ”, พ.ศ. 2549

3.11.4 ท่อแคพิลลารี (Capillary tube)

ติดตั้งระหว่างคอยล์ร้อนและคอยล์เย็น โดยสารทำความเย็นที่ออกจากคอยล์ร้อนจะไหลผ่านท่อแคพิลลารีที่มีขนาดรูเล็กมากๆ ทำให้เกิดความต้านทานทำให้ความดันและอุณหภูมิของสารทำความเย็นลดต่ำลง

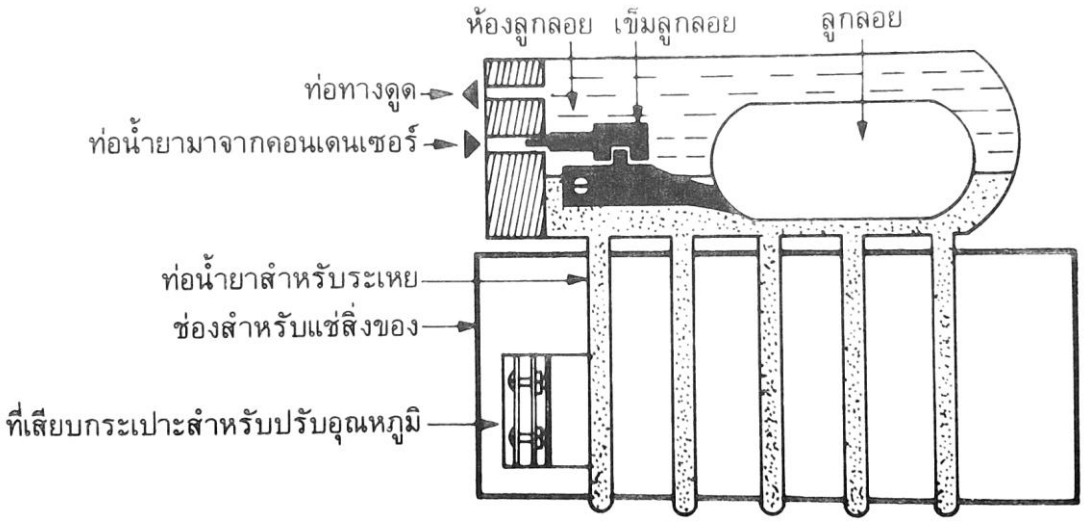


รูปที่ 3-14 ท่อแคพิลลารี (Capillary tube)

(ที่มารูป: รวบรวมบทความจากวารสารเทคนิค“ระบบปรับอากาศ-ทำความเย็น”, พ.ศ. 2553)

3.11.5 ลูกลอยด้านความดันต่ำ (Low side float)

อาศัยแรงลอยตัวของลูกลอยที่อยู่ในอ่างสารทำความเย็นในการเปิด-ปิดวาล์ว โดยติดตั้งอยู่ในคอยล์เย็นซึ่งอยู่ด้านความดันต่ำควบคุมปริมาณสารทำความเย็นในคอยล์เย็นให้คงที่เสมอ

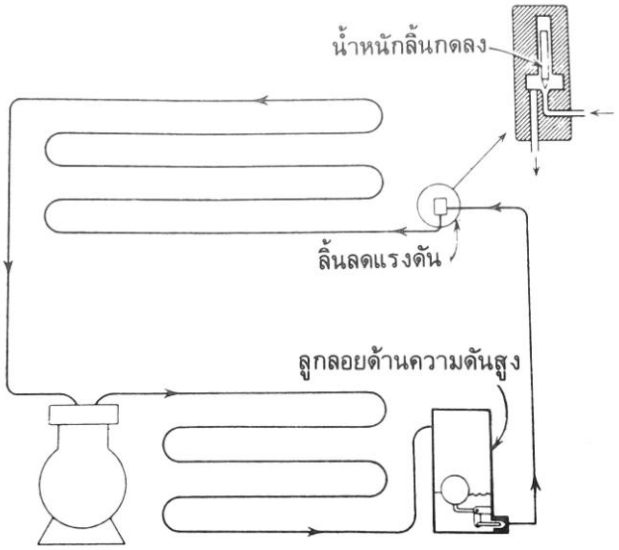


รูปที่ 3-15 ลูกลอยด้านความดันต่ำ

(ที่มารูป: สมศักดิ์ สุโมตยกุล “เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ”, พ.ศ. 2549)

3.11.6 ลูกลอยด้านความดันสูง (High side float)

อาศัยแรงลอยตัวของลูกลอยที่อยู่ในอ่างสารทำความเย็นในการเปิด-ปิดวาล์ว โดยติดตั้งระหว่างคอยล์ร้อนและคอยล์เย็นซึ่งอยู่ด้านแรงดันสูง



รูปที่ 3-16 ลูกลอยด้านความดันสูง

(ที่มารูป: สมศักดิ์ สุโมตยกุล “เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ”, พ.ศ. 2549)

3.12 การเดินท่อน้ำยาให้เหมาะสม

3.12.1 การเดินท่อน้ำยาให้เหมาะสม

แนวทางและหลักการเดินท่อน้ำยาให้เหมาะสม มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ขนาดท่อจะต้องมีขนาดใหญ่พอที่จะส่งสารทำความเย็นไปยังคอยล์เย็น เพื่อสร้างความเย็นได้ตามต้องการ
2) วิธีการติดตั้งท่อต้องทำให้น้ำมันหล่อลื่นกลับเข้าคอมเพรสเซอร์ได้โดยไม่ตกค้างในระบบ และต้องป้องกันสารทำความเย็นเหลวกลับเข้าคอมเพรสเซอร์ทั้งในระหว่างช่วงกำลังทำงานและในช่วงหยุดทำงาน
3) ท่อทางเดินสารทำความเย็นจะต้องมีขนาดเหมาะสม เพื่อลดความดันตกภายในท่อให้น้อยที่สุด และระบบสามารถทำงานได้ประสิทธิภาพสูงสุด
4) ขนาดของท่อทางเดินสารทำความเย็นและความเร็วของสารทำความเย็นในท่อจะต้องเหมาะสม เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาเรื่องเสียงดังภายในระบบท่อ
5) ระบบทำความเย็นเป็นระบบใด ใช้สารทำความเย็นชนิดไหน เพื่อเลือกชนิดและวัสดุที่ทำท่อให้เหมาะสม เช่น ไม่ควรใช้ท่อทองแดงกับสารทำความเย็นประเภทแอมโมเนียเพราะแอมโมเนียจะกัดท่อทองแดง
6) ราคาของท่อแต่ละชนิด
7) รูปแบบของลักษณะการต่อท่อที่ใช้

3.12.2 การเดินท่อส่งสารทำความเย็นออกจากคอมเพรสเซอร์

1) ความเร็วสูงสุดของสารทำความเย็นต้องไม่เกิน 1,200 m/min เพื่อไม่ให้เกิดเสียงดัง และความเร็วต่ำสุดของท่อแนวนอน คือ 150 m/min ท่อแนวตั้ง คือ 300 m/min
2) ความดันตกคร่อมระหว่างท่อต้องลดลงไม่เกิน 4 psig (สำหรับ R-12) และไม่เกิน 6 psig (สำหรับ R-22)
3) กรณีที่คอมเพรสเซอร์ตั้งอยู่ในระดับที่ต่างกับคอยล์ร้อน มากกว่า 2.5 m สำหรับท่อในแนวดิ่งต้องมีจุดดักน้ำมันหล่อลื่น และสำหรับท่อในแนวนอนให้เดินท่อเอียงลงจากคอมเพรสเซอร์ เพื่อไม่ให้น้ำมันหล่อลื่นไหลกลับเข้าคอมเพรสเซอร์
4) กรณีที่คอมเพรสเซอร์ตั้งอยู่ในระดับที่ต่างกับคอยล์ร้อน น้อยกว่า 2.5 m ควรติดตั้งท่อในแนวนอนให้มีความลาดเอียงลงจากคอมเพรสเซอร์ 1.5 cm ทุกๆ ความยาวท่อ 3 m

3.12.3 การเดินท่อส่งสารทำความเย็นออกจาก คอยล์ร้อน

1) ขนาดท่อต้องใหญ่พอ เพื่อไม่ให้สารทำความเย็นตกค้างในคอยล์ร้อน ซึ่งจะทำให้คอมเพรสเซอร์ทำงานหนัก ทำให้ประสิทธิภาพการทำความเย็นลดต่ำลง
2) ควรให้ท่อระหว่างคอยล์ร้อนและท่อพักน้ำยาเหลวมีระยะสั้นที่สุด และให้คอยล์ร้อนอยู่เหนือท่อพักน้ำยาเหลว
3) กรณีคอยล์ร้อนระบายความร้อนด้วยอากาศควรเดินท่อให้ท่อพักน้ำยาเหลวอยู่ในบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ เช่น ในอาคาร

3.12.4 การเดินท่อส่งสารทำความเย็นเหลว

1) ความเร็วสารทำความเย็นสูงสุดต้องไม่เกิน 108 m/min
2) ความดันตกคร่อมระหว่างท่อต้องลดลงไม่เกิน 4 psig (สำหรับ R-12) และไม่เกิน 6 psig (สำหรับ R-22)

3.12.5 การเดินท่อส่งสารทำความเย็นเข้าคอมเพรสเซอร์

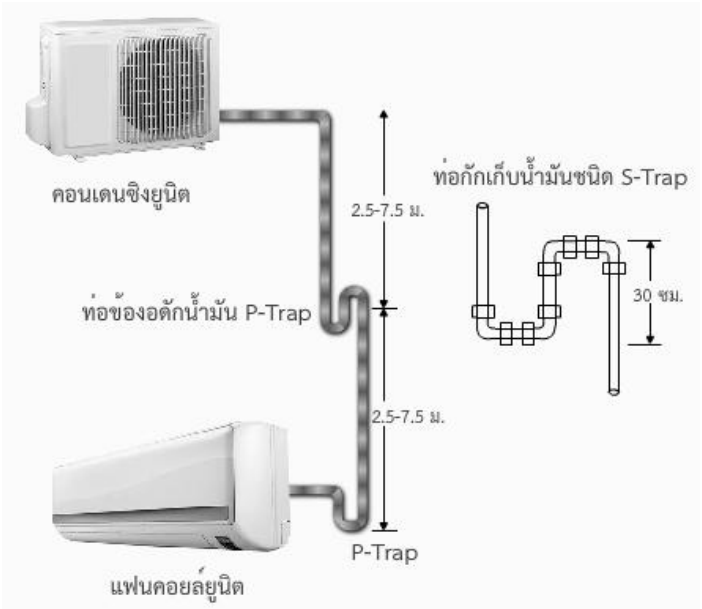
1) กรณีเครื่องปรับอากาศ ความดันตกคร่อมระหว่างท่อต้องลดลงไม่เกิน 2 psig (สำหรับ R-12) และไม่เกิน 3 psig (สำหรับ R-22)
2) กรณีเครื่องทำความเย็น ความดันตกคร่อมระหว่างท่อต้องลดลงไม่เกิน 1 psig (สำหรับ R-12) และไม่เกิน 1.5 psig (สำหรับ R-22)
3) ความเร็วสูงสุดของสารทำความเย็นต้องไม่เกิน 1,200 m/min เพื่อไม่ให้เกิดเสียงดัง และความเร็วต่ำสุดของท่อแนวนอน คือ 150 m/min ท่อแนวตั้ง คือ 300 m/min

3.12.6 ท่อที่ใช้เป็นข้อต่อ ข้องอ

ความดันตกคร่อมที่ลดลงเนื่องจาก ข้อต่อ และข้องอต่างๆ มีความสำคัญไม่แพ้ท่อตรง เพราะมีผลกับความดันที่ลดลงอย่างมาก ซึ่งค่าความต้านทานที่ทำให้ความดันลดลงนั้น สามารถดูได้จากบริษัทผู้ผลิตวัสดุนั้นๆ

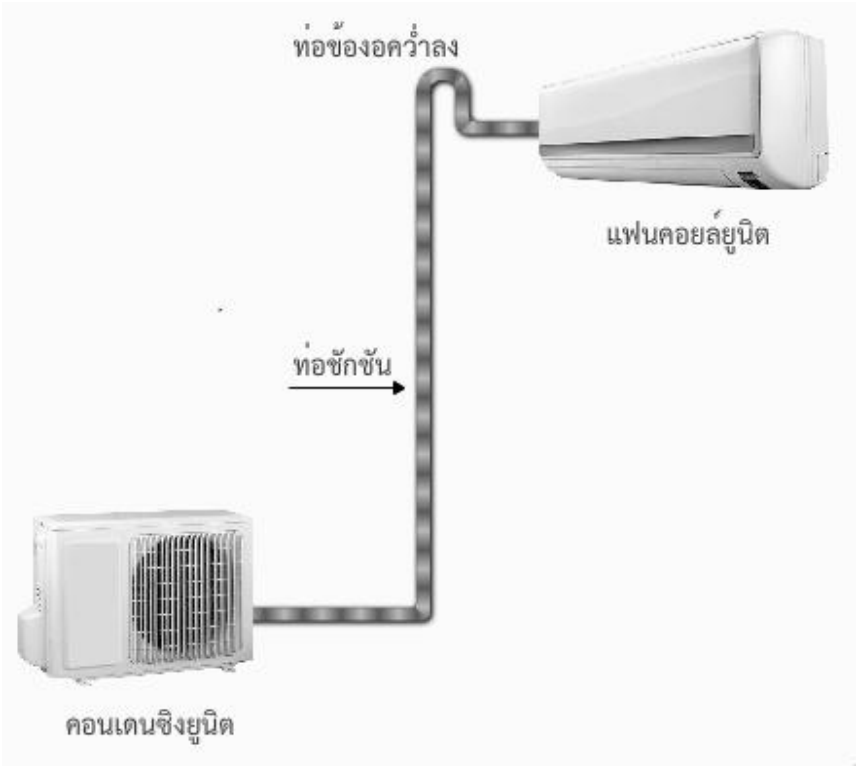
3.12.7 การวางท่อทางเดินสารทำความเย็น

1) กรณีที่ติดตั้ง คอยล์ร้อน สูงกว่า คอยล์เย็น ตั้งแต่ 2.5 m ขึ้นไป ทุกๆ ความสูง 7.5 เมตร ท่อในแนวดิ่งจะต้องมีข้องอไว้กักเก็บน้ำมันหล่อลื่น เพื่อแยกน้ำมัน หล่อลื่นเอาไว้เมื่อคอมเพรสเซอร์หยุดทำงาน และเมื่อคอมเพรสเซอร์เริ่มทำงานใหม่จะสามารถดูดน้ำมันหล่อลื่นไปใช้ใหม่ได้



รูปที่ 3-17 การวางท่อทางเดินสารทำความเย็น กรณีที่ติดตั้ง คอยล์ร้อน สูงกว่า คอยล์เย็น
(ที่มารูป: วีรศักดิ์ มโนน้อม และ สมชาย วณารักษ์ “เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ”, พ.ศ. 2556)

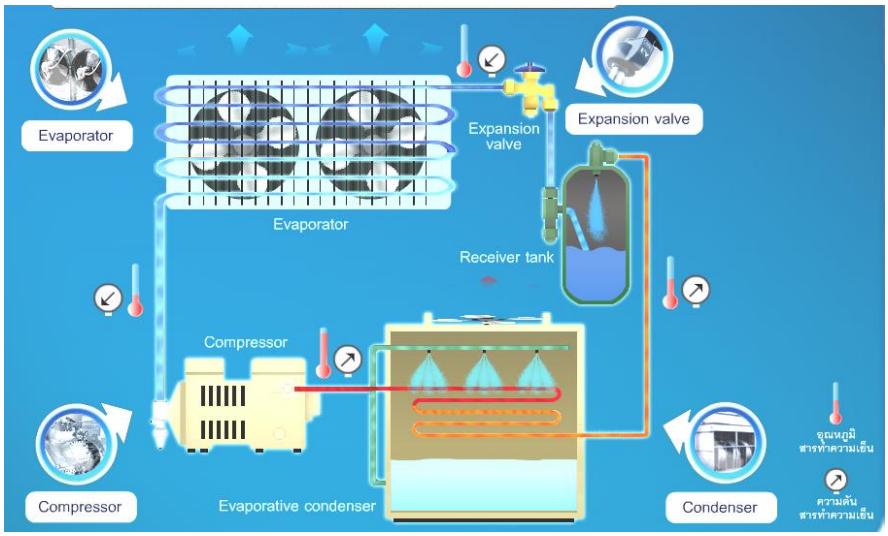
2) กรณีที่ คอยล์เย็น สูงกว่า คอยล์ร้อน จะต้องต่อข้องอในลักษณะคว่ำลงไว้ที่ท่อทางออกของคอยล์ร้อน เพื่อป้องกันสารทำความเย็นเหลวไหลกลับเข้า คอมเพรสเซอร์



รูปที่ 3-18 การวางท่อทางเดินสารทำความเย็น กรณีที่ คอยล์เย็น สูงกว่า คอยล์ร้อน
(ที่มารูป: วีรศักดิ์ มโนน้อม และ สมชาย วณารักษ์ “เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ”, พ.ศ. 2556)

3.13 แนวทางการประหยัดพลังงานสำหรับระบบทำความเย็น

ระบบทำความเย็นอุตสาหกรรมเป็นระบบที่ใช้พลังงานไฟฟ้าในสัดส่วนที่สูงเมื่อเทียบกับระบบอื่นๆ ภายในโรงงาน การประหยัดพลังงานสามารถทำได้โดยการปรับปรุงประสิทธิภาพและการใช้งานของอุปกรณ์หลัก 4 อย่างดังนี้



รูปที่ 3-19 อุปกรณ์หลักในระบบทำความเย็น

แนวทางการประหยัดพลังงานสำหรับระบบทำความเย็น (Refrigeration System) | รายละเอียดอุปกรณ์

Compressor

1. ขนาดและชุดควบคุมคอมเพรสเซอร์ต้องถูกต้องเหมาะสมกับภาระความเย็น
2. คอมเพรสเซอร์ต้องทำงานที่อุณหภูมิควบแน่นต่ำสุดและอุณหภูมิอิแวปพอเรเตอร์สูงสุด
3. หมั่นบำรุงรักษาคอมเพรสเซอร์อย่างสม่ำเสมอ
4. เลือกใช้มอเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง

Evaporator

1. พื้นที่ผิวของอิวาพอเรเตอร์ต้องมากพอเพื่อให้การถ่ายเทความร้อนทำได้สูงสุด
2. ใช้พัดลมและมอเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงในห้องเย็นและห้องแช่แข็ง
3. อุณหภูมิของอิวาพอเรเตอร์ควรจะปรับให้สูงที่สุดเท่าที่ทำได้
4. ละลายน้ำแข็งที่คอยล์เย็น เพราะน้ำแข็งที่เกาะคอยล์ทำให้สมรรถนะของระบบลดลง
5. ควบคุมความร้อนภายนอกไม่ให้เข้ามาในห้องเย็นมากเกินไป

Condensor

1. อุณหภูมิการควบแน่นควรต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้เพื่อลดการใช้พลังงาน
2. เดินพัดลมคอนเดนเซอร์และเครื่องสูบน้ำให้มากตัวที่สุดเพื่อให้อุณหภูมิควบแน่นต่ำสุด
3. ทำความสะอาดหัวฉีด (Spray nozzles) ของคอนเดนเซอร์อย่างสม่ำเสมอ
4. รักษาพื้นผิวของคอนเดนเซอร์ให้สะอาดและน้ำที่ใช้ต้องผ่านการปรับสภาพแล้ว
5. ไล่อากาศและก๊าซที่ไม่กลั่นตัวออกจากคอนเดนเซอร์ให้หมด

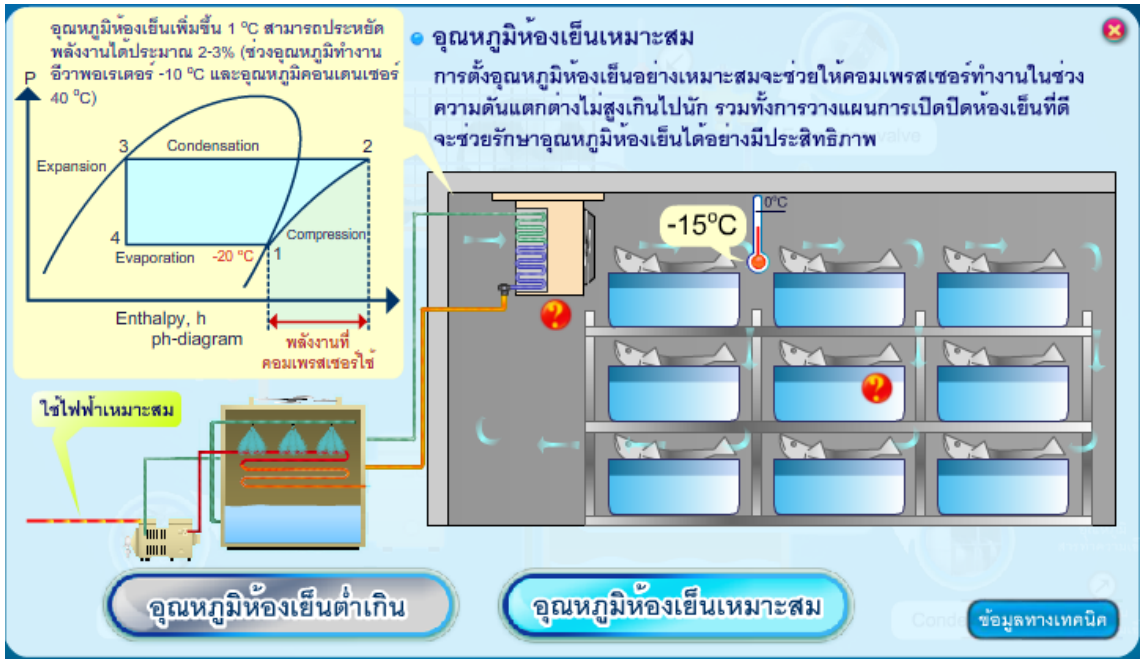
Expansion device

1. เปลี่ยนการควบคุมแรงดันใน Evaporator ด้วยการหรี่วาล์วมาเป็นการควบคุมแบบป้อนน้ำยาตามภาระความเย็น

3.13.1 อีวาพอเรเตอร์

การทำความเย็นสำหรับห้องเย็นควรตั้งอุณหภูมิการใช้งานให้สูงสุดโดยไม่กระทบต่อผลิตภัณฑ์ จะทำให้อุณหภูมิที่อีวาพอเรเตอร์สูงขึ้นช่วยให้ประหยัดพลังงานได้

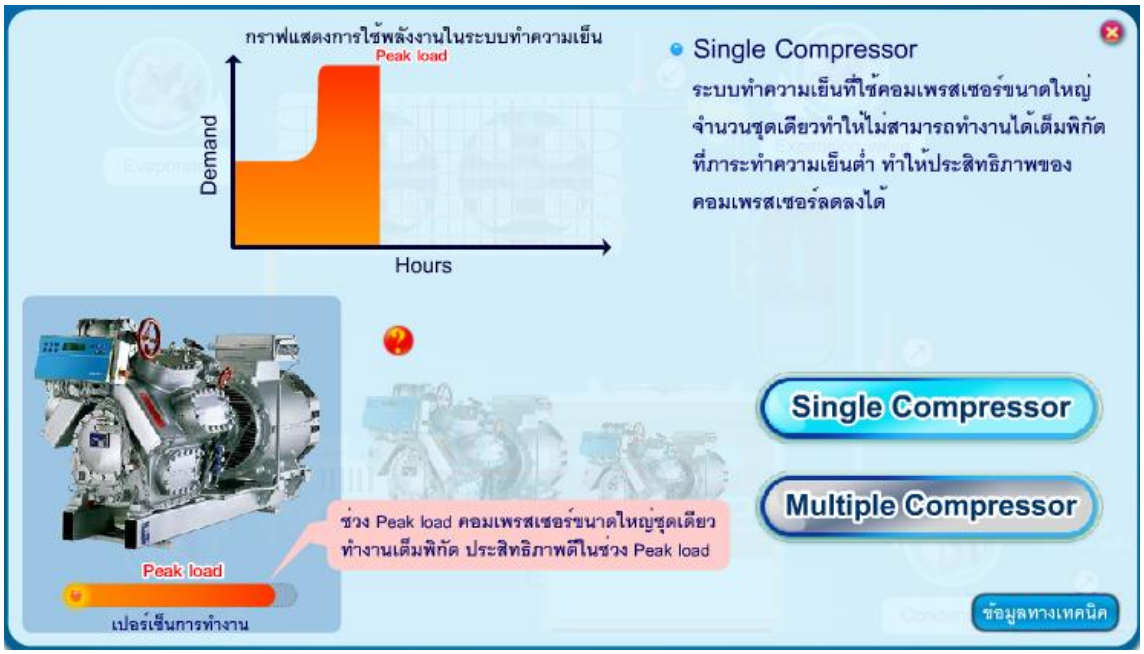
รูปที่ 3-20 อุปกรณ์อีวาพอเรเตอร์ เมื่อปรับอุณหภูมิห้องเย็นต่ำเกิน



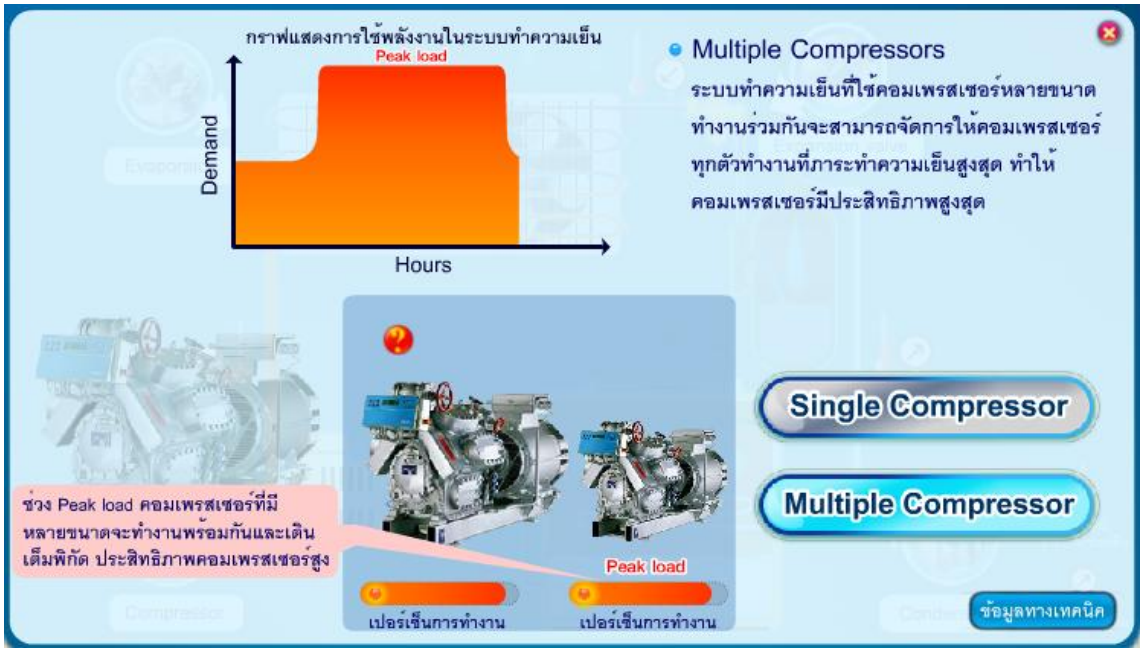
รูปที่ 3-21 อุปกรณ์อีวาพอเรเตอร์ เมื่อปรับอุณหภูมิห้องเย็นเหมาะสม

3.13.2 คอมเพรสเซอร์

คอมเพรสเซอร์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานสูงสุดในระบบทำความเย็นการควบคุมให้คอมเพรสเซอร์ทำงานที่ภาระเต็มพิกัดจะทำให้ประสิทธิภาพคอมเพรสเซอร์สูงสุด



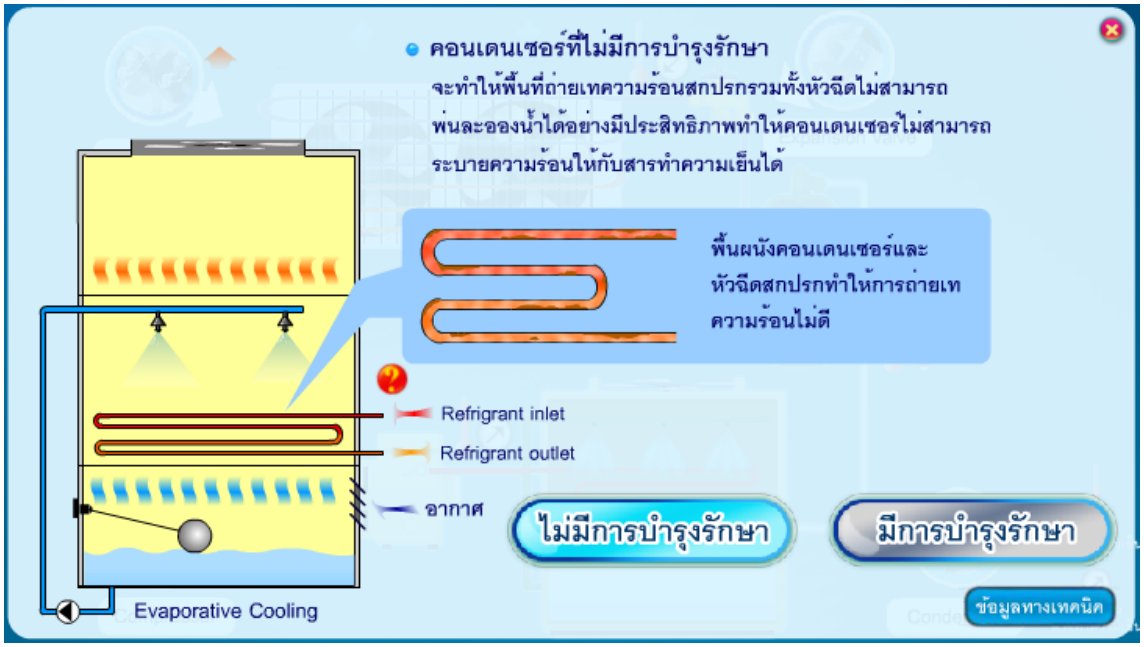
รูปที่ 3-22 แนวทางการประหยัดพลังงานในอุปกรณ์คอมเพรสเซอร์ แบบตัวเดียว



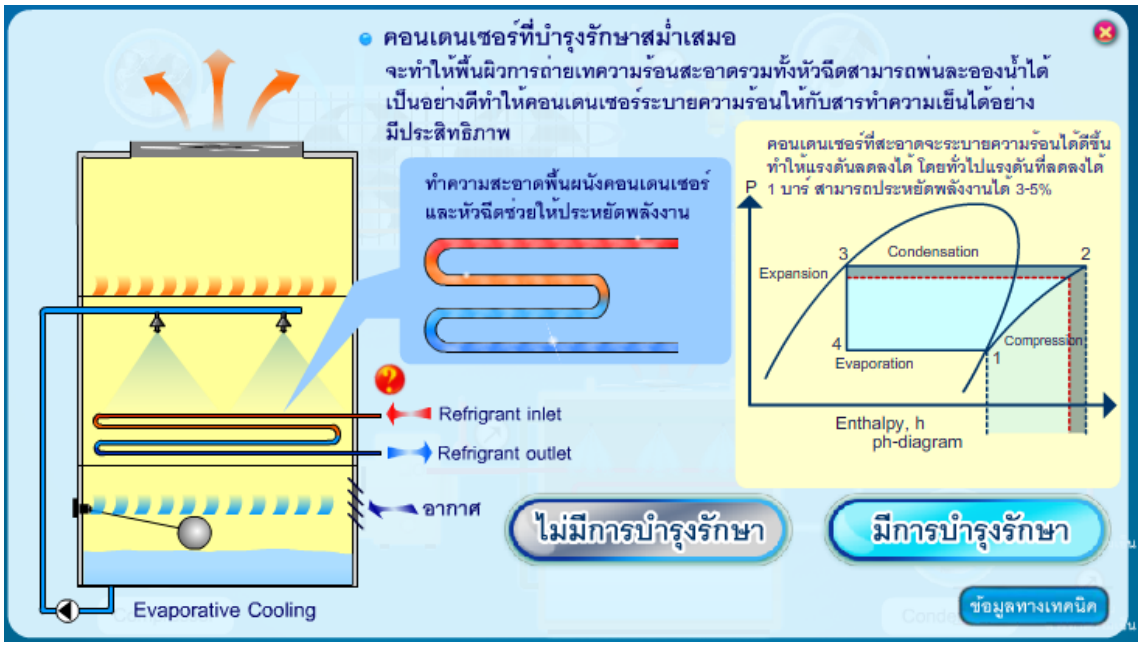
รูปที่ 3-23 แนวทางการประหยัดพลังงานในอุปกรณ์คอมเพรสเซอร์ แบบหลายตัว

3.13.3 คอนเดนเซอร์

การรักษาพื้นผิวของคอนเดนเซอร์ให้สะอาดและน้ำที่ใช้ได้ผ่านการปรับสภาพรวมถึงการทำความสะอาดหัวฉีด (Nozzle) ของคอนเดนเซอร์จะทำให้การถ่ายเทความร้อนดีขึ้น



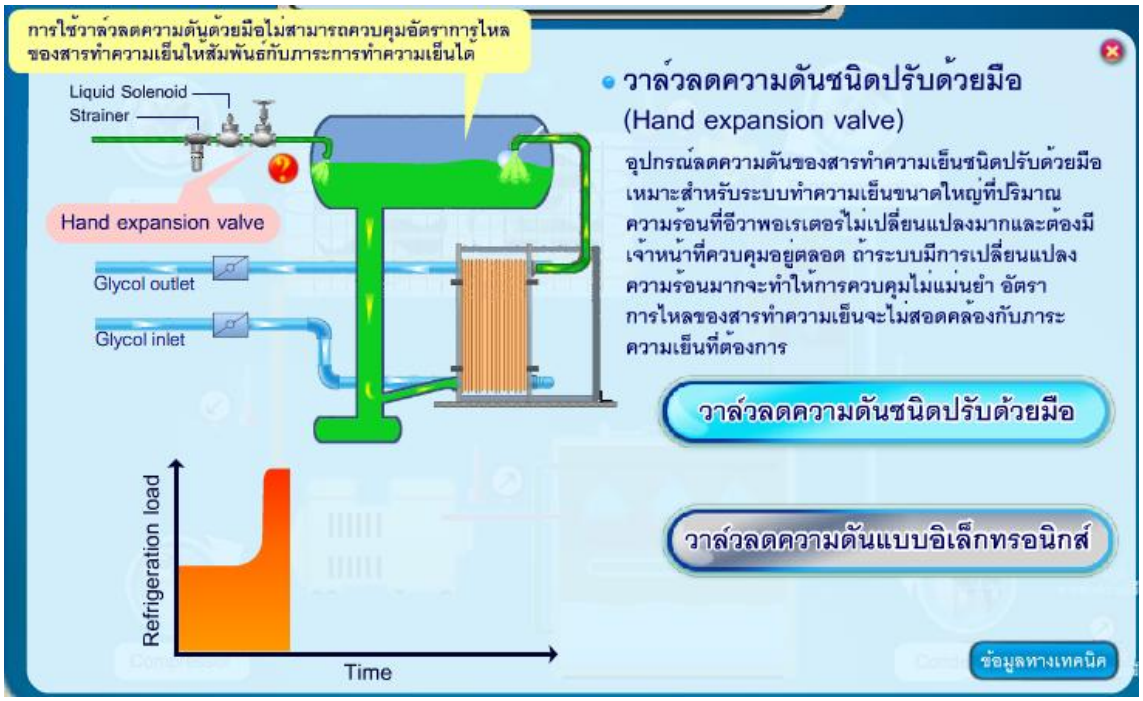
รูปที่ 3-24 การไม่มีการบำรุงรักษาอุปกรณ์คอนเดนเซอร์



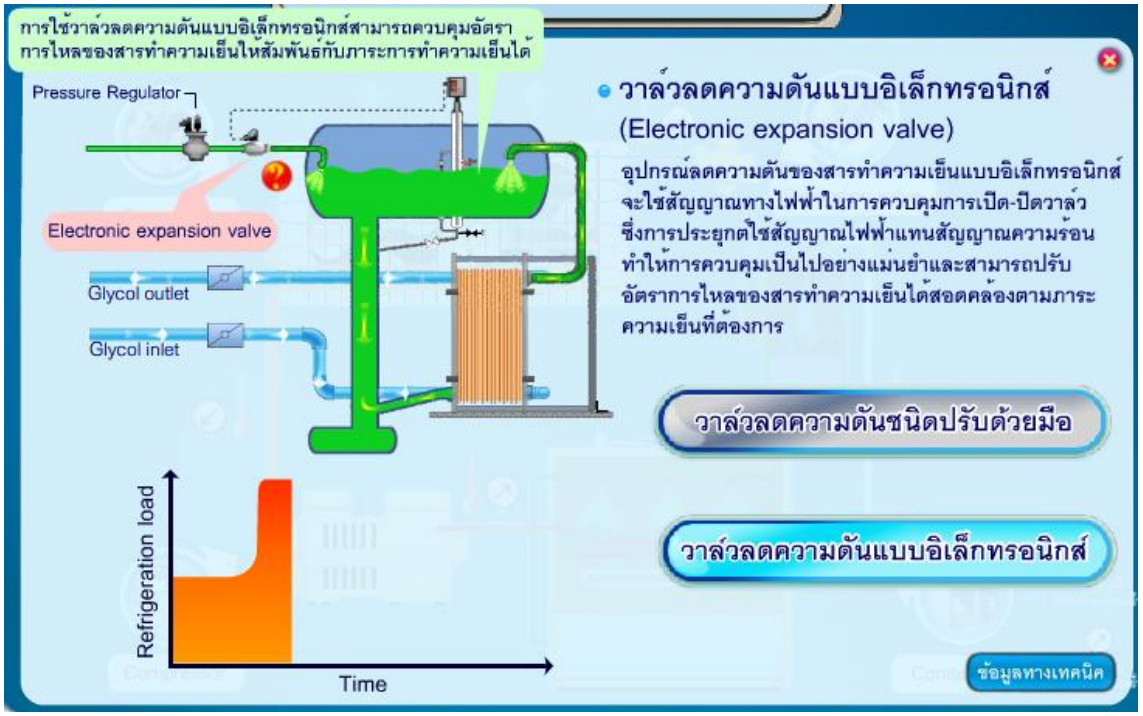
รูปที่ 3-25 การบำรุงรักษาอุปกรณ์คอนเดนเซอร์

3.13.4 วาล์วลดความดัน

อุปกรณ์ลดความดันจะทำให้สารทำความเย็นมีความดันลดลงและปรับการไหลเวียนของสารทำความเย็นให้สอดคล้องกับปริมาณความเย็นที่ต้องการ



รูปที่ 3-26 แนวทางการประหยัดพลังงานในอุปกรณ์วาล์วลดความดัน ชนิดปรับด้วยมือ



รูปที่ 3-27 แนวทางการประหยัดพลังงานในอุปกรณ์วาล์วลดความดัน แบบอิเล็กทรอนิกส์

แบบประเมินผลการเรียน

หน่วยที่ 3

วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ

คำสั่ง จงทำเครื่องหมาย X ลงข้อที่ถูกต้อง

1. ข้อใดต่อไปนี้ไม่ได้อยู่ในกฎ 5 ข้อ ของการทำความเย็น

ก. ของเหลวจะดูดความร้อน ขณะที่ตัวมันเองเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นแก๊ส และจะคายความร้อน เมื่อเปลี่ยนสถานะจากแก๊สเป็นของเหลว

ข. อุณหภูมิขณะเปลี่ยนสภาวะจะคงที่ แต่อุณหภูมินี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามแรงโน้มถ่วงของโลก

ค. ความร้อนจะเคลื่อนที่จากสิ่งที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปยังอุณหภูมิที่ต่ำกว่าหรือจากร้อนไปเย็นเสมอ

ง. วัสดุที่ใช้สำหรับส่วนที่ทำความเย็นและส่วนที่กลั่นตัว จะต้องมีคุณสมบัติเป็นตัวนำที่ดี

2. ธรรมชาติของอากาศที่เราหายใจอยู่มีส่วนประกอบของธาตุใดมากที่สุด

ก. ไนโตรเจน ข. ออกซิเจน

ค. คาร์บอนไดออกไซด์ ง. นีออน

3. ข้อใดเป็นแรงกดอัดจากธรรมชาติ ที่กระทำต่อมนุษย์ที่อาศัยอยู่บนโลก

ก. 14.7 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ข. 41.7 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

ค. 71.4 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ง. ไม่มีข้อใดถูกต้อง

4. ข้อใดเป็นอุณหภูมิปกติของร่างกายของมนุษย์

ก. 25 $^{\circ}$C ข. 27 $^{\circ}$C

ค. 37 $^{\circ}$C ง. 35 $^{\circ}$C

5. กระบวนการธรรมชาติใดไม่ได้อยู่ในกระบวนการถ่ายเทความร้อนออกจากร่างกายมนุษย์

ก. การนำความร้อน ข. การพาความร้อน

ค. การแผ่รังสีความร้อน ง. การระเหย

6. ข้อใด “ไม่ใช่” อุปกรณ์ในวงจรทางกลการทำความเย็นแบบอัดไอ

ก. คอมเพรสเซอร์ ข. คอนเดนเซอร์

ค. ท่อดิสชาร์ท ง. ท่อน้ำยาแข็ง

7. ในวัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ กระบวนการอัดตัวแบบ Isentropic compression (เอนโทรปีคงที่) เกิดขึ้นที่อุปกรณ์ใด

ก. คอมเพรสเซอร์ ข. อีวาพอเรเตอร์
ค. คอนเดนเซอร์ ง. วาล์วลดความดัน

8. ในวัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ กระบวนการขยายตัว หรือ กระบวนการลดความดันเกิดขึ้นที่อุปกรณ์ใด

ก. คอมเพรสเซอร์ ข. อีวาพอเรเตอร์
ค. คอนเดนเซอร์ ง. วาล์วลดความดัน

9. ข้อใดเป็นหน้าที่ของ “อีวาพอเรเตอร์ (Evaporator)” ในวัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ

ก. ทำหน้าที่ดูดความร้อนออกจากบริเวณรอบๆ เพื่อทำให้น้ำยาเปลี่ยนสถานะเป็นไอ เพื่อทำให้บริเวณปรับอากาศเย็นขึ้น
ข. ทำหน้าที่คายความร้อนออกจากบริเวณรอบๆ เพื่อทำให้น้ำยาเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว เพื่อทำให้บริเวณปรับอากาศเย็นขึ้น
ค. ทำหน้าที่ดูดความร้อนออกจากภายนอก เพื่อทำให้น้ำยาเปลี่ยนสถานะเป็นไอ เพื่อทำให้บริเวณปรับอากาศเย็นขึ้น
ง. ทำหน้าที่คายความร้อนออกจากภายนอก เพื่อทำให้น้ำยาเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว เพื่อทำให้บริเวณปรับอากาศเย็นขึ้น

10. ข้อใดไม่ใช่ประเภทของ “คอมเพรสเซอร์ (Compressor)” ในวัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ

ก. คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ ข. คอมเพรสเซอร์แบบสกรู
ค. คอมเพรสเซอร์แบบใบพัด ง. คอมเพรสเซอร์แบบหอยโข่ง

11. ข้อใดเป็นหน้าที่ของ “คอนเดนเซอร์ (Condenser)” ในวัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ

ก. ระบายความร้อนออกจากน้ำยาเพื่อระเหยกลายเป็นไอและส่งเข้าอีวาพอเรเตอร์
ข. ระบายความร้อนออกจากน้ำยาเพื่อระเหยกลายเป็นไอและส่งเข้ารีซีฟเวอร์
ค. ระบายความร้อนออกจากน้ำยาเพื่อควบแน่นเป็นของเหลวและส่งเข้ารีซีฟเวอร์
ง. ระบายความร้อนออกจากน้ำยาเพื่อควบแน่นเป็นของเหลวและส่งเข้าคอมเพรสเซอร์

12. ข้อใดไม่ใช่ประเภทของ “วาล์วลดความดัน (Expansion valve หรือ Throttling valve)” ในวัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ

ก. วาล์วลดควมดันชนิดปรับด้วยมือ ข. วาล์วลดความดันชนิดปรับด้วยไฟฟ้า
ค. วาล์วลดความดันแบบเทอร์โมสแตติก ง. วาล์วลดความดันแบบอิเล็กทรอนิกส์

13. สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (Coefficient of Performance, COP) หมายถึงคำอธิบายในข้อใดต่อไปนี้

ก. อัตราส่วนระหว่างปริมาณพลังงานความร้อนที่ถูกดูดซับโดยคอยล์ร้อน (ปริมาณความร้อนที่ทำได้) ต่อพลังงานที่ระบบใช้

ข. อัตราส่วนระหว่างปริมาณพลังงานความร้อนที่ถูกดูดซับโดยคอยล์เย็น (ปริมาณความเย็นที่ทำได้) ต่อพลังงานที่ระบบใช้

ค. อัตราส่วนของ ปริมาณความร้อนที่เครื่องทำความเย็นสามารถทำได้ (output) กับกำลังไฟฟ้าที่ระบบทำความเย็นใช้ในการทำความเย็น (input)

ง. อัตราส่วนของ ปริมาณความเย็นที่เครื่องทำความเย็นสามารถทำได้ (output) กับกำลังไฟฟ้าที่ระบบทำความเย็นใช้ในการทำความเย็น (input)

14. การกระทำในข้อใดต่อไปนี้ เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการทำความเย็น

ก. ออกแบบให้ระบบทำความเย็นมีอุณหภูมิคอยล์เย็นที่เหมาะสมกับภาระ

ข. เลือกวาล์วลดความดันให้เหมาะสมกับลักษณะของภาระของคอยล์เย็น

ค. เลือกใช้คอมเพรสเซอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงและเหมาะสมกับภาระ

ง. ถูกทุกข้อ

15. ข้อใดเป็นแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อนของคอยล์ร้อน

ก. การติดตั้งควรเว้นระยะห่างจากกำแพงมาถึงด้านหลังเครื่องไม่น้อยกว่า 5 ซม. และเว้นระยะด้านหน้าเครื่องไม่น้อยกว่า 30 ซม.

ข. ติดตั้งในบริเวณไม่ถูกแสงแดดส่องโดยตรงตลอดเวลา

ค. ตัวเครื่องไม่ควรยกระดับให้พ้นจากพื้นดิน หรือพ้นจากระดับที่น้ำท่วมถึง และในบริเวณที่สามารถซ่อมบำรุงได้ง่าย

ง. ถูกทุกข้อ

16. วาล์วลดความดันชนิดใดมีความเหมาะสมในการใช้งานร่วมกับ เครื่องทำความเย็นขนาดเล็ก หรือระบบการทำความเย็นแบบแห้ง ที่ภาระทางคอยล์เย็นคงที่ และจะทำงานที่ความดันคงที่ ไม่สามารถใช้กับระบบที่มีความดันต่ำได้

ก. แบบปรับด้วยมือ (HEV)
ข. แบบทำงานด้วยอุณหภูมิ (TEV)
ค. แบบปรับอัตโนมัติ (AEV)
ง. ลูกลอยด้านความดันสูง (HSF)

17. แนวทางการประหยัดพลังงานสำหรับระบบทำความเย็นโดยการตั้งอุณหภูมิห้องเย็นให้มีความเหมาะสมกับการใช้งาน ด้วยการเพิ่มอุณหภูมิห้องเย็นเพิ่มขึ้น 1 $^{\circ}$C จะสามารถประหยัดพลังงานได้กี่เปอร์เซนต์ ณ ช่วงอุณหภูมิทำงานอีวาพอเรเตอร์ -10 $^{\circ}$C และอุณหภูมิคอนเดนเซอร์ 40 $^{\circ}$C

ก. 2-3 %
ข. 5-10 %
ค. 15-20 %
ง. 25-30 %

18. ข้อใดเป็นแนวทางการประหยัดพลังงานสำหรับระบบทำความเย็น ที่อุปกรณ์คอนเดนเซอร์

ก. การทำความสะอาดหัวฉีด (Nozzle) ของคอนเดนเซอร์

ข. การเปลี่ยนคอนเดนเซอร์ชุดใหม่

ค. การทำความสะอาดพื้นผิวของคอนเดนเซอร์ และการนำน้ำที่ใช้ไปผ่านการปรับสภาพ
จะทำให้การถ่ายเทความร้อนดีขึ้น

ง. ข้อ ก และ ค เป็นคำตอบถูกต้อง

19. คอนเดนเซอร์ที่สะอาดจะช่วยทำให้แรงดันลดลงกี่บาร์ และสามารถประหยัดพลังงานได้กี่เปอร์เซนต์

ก. 1 บาร์ และ 3-5 %

ข. 2 บาร์ และ 3-5 %

ค. 1 บาร์ และ 7-10 %

ง. 2 บาร์ และ 7-10 %

20. แนวทางการประหยัดพลังงานในระบบทำความเย็น ควรใช้วาล์วลดความดันแบบไหน

ก. วาล์วลดความดันชนิดปรับด้วยมือ

ข. วาล์วลดความดันแบบอิเล็กทรอนิกส์

ค. วาล์วลดความดันแบบปรับอัตโนมัติ

ง. วาล์วลดความดันแบบทำงานด้วยอุณหภูมิ

รายวิชาที่ 4

งานนิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์เบื้องต้น

รหัส 2100-1009 หน่วยที่ 2 ระบบการผลิตและจ่ายลม

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พ.ศ. 2556
ประเภทวิชาช่างอุตสาหกรรม
สาขาวิชาช่างยนต์

.....

จุดประสงค์สาขาวิชา

1. เพื่อให้สามารถประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะด้านภาษา วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ สังคมศึกษา สุขศึกษาและพลศึกษาในการพัฒนาตนเองและวิชาชีพ
2. เพื่อให้มีความเข้าใจหลักการบริหารและจัดการวิชาชีพ การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและหลักการงานอาชีพที่สัมพันธ์เกี่ยวข้องกับการพัฒนาวิชาชีพช่างยนต์ให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงและความก้าวหน้าของเศรษฐกิจ สังคม และเทคโนโลยี
3. เพื่อให้มีความเข้าใจในหลักการและกระบวนการทางานในกลุ่มงานพื้นฐานด้านช่างยนต์
4. เพื่อให้สามารถปฏิบัติงานได้เหมาะสมกับความรู้ความสามารถของตน
5. เพื่อให้สามารถปฏิบัติงานด้านช่างยนต์ในสถานประกอบการและประกอบอาชีพอิสระ รวมทั้งการใช้ความรู้ และทักษะเป็นพื้นฐานในการศึกษาต่อในระดับสูงขึ้นได้
6. เพื่อให้มีความเข้าใจในการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าและอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม
7. เพื่อให้มีเจตคติที่ดีต่องานอาชีพ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ซื่อสัตย์สุจริต มีระเบียบวินัยมีความรับผิดชอบต่อสังคมสิ่งแวดล้อม ต่อต้านความรุนแรงและสารเสพติด

แผนการจัดการเรียนรู้

รหัสวิชา 2100-1009 **ชื่อรายวิชา งานนิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์เบื้องต้น 1-3-2**
ระดับชั้น ประกาศนียบัตรวิชาชีพ **สาขาวิชาช่างยนต์**
ทฤษฎีรวม 1 คาบ **ปฏิบัติรวม 3 คาบ** 2 **หน่วยกิต**

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับโครงสร้าง สัญลักษณ์ หลักการทำงานเบื้องต้น การใช้งานของอุปกรณ์ วงจรการทำงานเบื้องต้นแบบต่างๆ การทดสอบอุปกรณ์ การอ่าน การเขียน และต่อวงจรการทำงานแบบต่าง ๆ วงจรควบคุมทิศทาง วงจรปรับความเร็ว วงจรเรียงลำดับ วงจรหน่วงเวลา และวงจรอื่น ๆ เป็นวงจรควบคุมด้วยมือ (Manual) และควบคุมโดยอัตโนมัติ (Automatic) ของระบบนิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์เบื้องต้น

จุดประสงค์รายวิชา

1. รู้และเข้าใจเกี่ยวกับระบบนิวเมติกและไฮดรอลิกส์เบื้องต้น
2. มีทักษะเกี่ยวกับอ่านและเขียนวงจร ต่อวงจรควบคุมการทำงานระบบนิเมติกและไฮดรอลิกส์
3. มีเจตคติและกิจนิสัยที่ดีในการทำงานด้วยความละเอียดรอบคอบ ปลอดภัย เป็นระเบียบสะอาด ตรงต่อเวลามีความซื่อสัตย์ รับผิดชอบ และรักษาสภาพแวดล้อม

สมรรถนะรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการของระบบนิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์ตามคู่มือ
2. ทดสอบและควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง และหม้อแปลงไฟฟ้า
3. ต่อวงจรควบคุมการทำงานระบบไฮดรอลิกส์
4. ติดตั้งระบบนิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์ ควบคุมด้วยมือและระบบอัตโนมัติ

หน่วยการสอน

รหัส 2100-1009 วิชา งานนิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์เบื้องต้น จำนวน 4 ชั่วโมง / สัปดาห์

หน่วยที่	ชื่อหน่วยการสอน	จำนวนชั่วโมง
1	หลักการเบื้องต้นของระบบนิวเมติกส์	8
2	ระบบการผลิตและจ่ายลม	4
3	อุปกรณ์ทำงานในระบบนิวเมติกส์	4
4	วาล์วควบคุมทิศทาง	8
5	วาล์วควบคุมลมไหลทางเดียว	4
6	วาล์วควบคุมอัตราการไหล	4
7	วาล์วควบคุมความดัน	4
8	วาล์วหน่วงเวลา	4
9	ตัวนับ	4
10	การเขียนวงจรนิวเมติกส์	4
11	พื้นฐานระบบไฮดรอลิกส์	4
12	อุปกรณ์ต้นกำลังระบบไฮดรอลิกส์	8
13	อุปกรณ์ทำงานในระบบไฮดรอลิกส์	4
14	วาล์วไฮดรอลิกส์	4
	สอบปลายภาค	4
	รวม	72

เกณฑ์การประเมินผล

วิชา งานนิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์เบื้องต้น รหัส 2100-1009

เกณฑ์การประเมินผล

รายการ	คะแนน
1. คุณลักษณะที่ต้องการบูรณาการคุณธรรม จริยธรรมและคุณลักษณะอันพึงประสงค์	20
2. ทดสอบ	
2.1 แบบทดสอบหลังเรียน	5
2.2 สอบปลายภาค	30
3. ภาระงาน	
3.1 แบบฝึกหัด	5
3.2 การปฏิบัติการทดลอง	30
3.3 รายงานผลการทดลอง	10
รวม	**100**

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน	ใบสาระการเรียน	หน่วยที่ 2
	ชื่อวิชา งานนิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์เบื้องต้น	เวลาเรียน 4 ชั่วโมง
	ชื่อหน่วย ระบบการผลิตและจ่ายลม	
ชื่อเรื่องหรือชื่องาน ระบบการผลิตและจ่ายลม		

สาระสำคัญ

ระบบการผลิตและจ่ายลมจะมีส่วนประกอบในระบบที่สำคัญ คือ เครื่องอัดอากาศ มอเตอร์ไฟฟ้า ถังเก็บลม สวิตช์ความดัน อุปกรณ์ระบายน้ำ วาล์วนิรภัย อุปกรณ์กำจัดความชื้นและอุปกรณ์กรองลม

เรื่องที่จะศึกษา

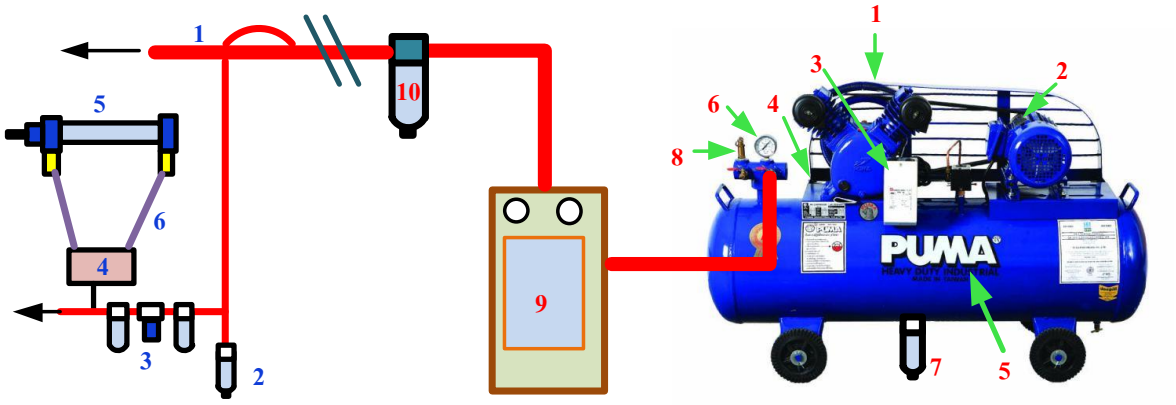
1. โครงสร้างระบบการผลิตและจ่ายลม
2. เครื่องอัดอากาศ
3. ถังเก็บลม
4. มอเตอร์ไฟฟ้า
5. เครื่องระบายความร้อน
6. เครื่องกำจัดความชื้น
7. เกจความดัน
8. อุปกรณ์กรองลมท่อลมหลัก
9. อุปกรณ์ระบายน้ำ
10. วาล์วนิรภัย
11. วาล์วกันกลับ
12. ท่อส่งจ่ายลม
13. ชุดปรับคุณภาพลมอัด

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกส่วนประกอบของระบบการผลิตและใช้ลม
2. บอกหน้าที่และการทำงานของเครื่องอัดอากาศ
3. ระบุชื่อและหน้าที่ของอุปกรณ์ในระบบผลิตและจ่ายลม
4. แสดงออกด้านการตรงต่อเวลา ความสนใจใฝ่รู้ ความซื่อสัตย์ สุจริต ความมีน้ำใจและแบ่งบัน ความร่วมมือ ความมีมารยาท

บทที่ 2
ระบบการผลิตและจ่ายลม

2.1 โครงสร้างระบบการผลิตและจ่ายลม



รูปที่ 2-1 ระบบการผลิตและลมจ่าย

ตารางที่ 2-1 ส่วนประกอบของระบบการผลิตและการใช้ลม

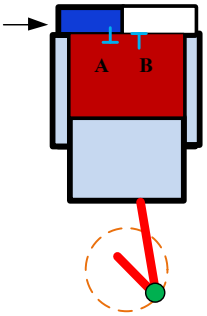
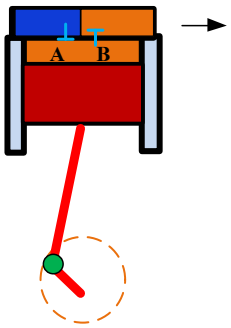
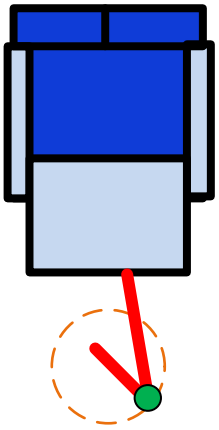
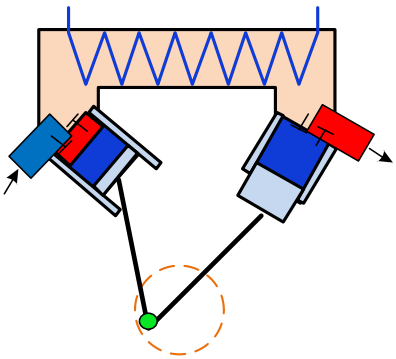
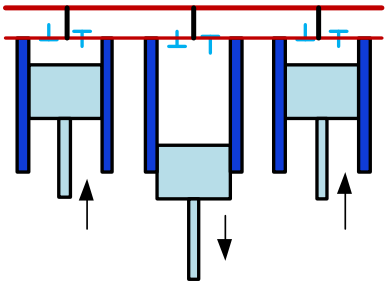
ระบบการผลิตและส่งจ่ายลมอัด (Production System)	ระบบการใช้ลมอัด (Consumption System)
1. เครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) 2. มอเตอร์ไฟฟ้า (Electric Motor) 3. สวิตช์ความดัน (Pressure Switch) 4. วาล์วป้องกันการไหลย้อนกลับ (Check Valve) 5. ถังเก็บลม (Air Tank) 6. เกจความดัน (Pressure Gauge) 7. อุปกรณ์ระบายน้ำ (Water Drain) 8. วาล์วนิรภัย (Safety Valve) 9. อุปกรณ์กำจัดความชื้น (Air Dryer) 10. อุปกรณ์กรองลม (Air Filter)	1. ท่อส่งจ่ายลม (Ducting Work) 2. อุปกรณ์ระบายน้ำ (Water Drain) 3. ชุดปรับคุณภาพลม (Service Unit) 4. วาล์วควบคุมทิศทาง (Directional Control Valve) 5. อุปกรณ์ทำงาน (Working Element) 6. อุปกรณ์ควบคุมความเร็ว (Speed Control)

2.2 เครื่องอัดอากาศ

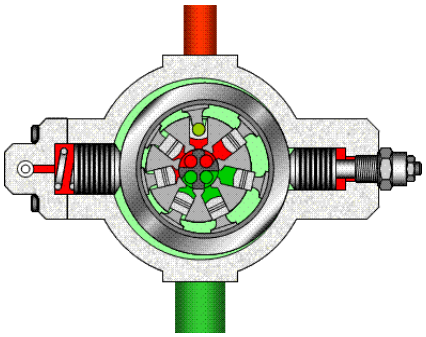
เครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) มีหน้าที่เปลี่ยนพลังงานกลให้อยู่ในรูปพลังงานลมอัด โดยที่ตัวเครื่องอัดอากาศเข้ามาทางท่อดูดแล้วอัดให้มีความดันเพิ่มขึ้น จากนั้นจึงส่งอากาศที่ถูกอัดแล้วไปเก็บยังถังพักลม ก่อนที่จะถูกส่งไปใช้งานในระบบนิวเมติกส์

รูปที่ 2-2 เครื่องอัดอากาศ

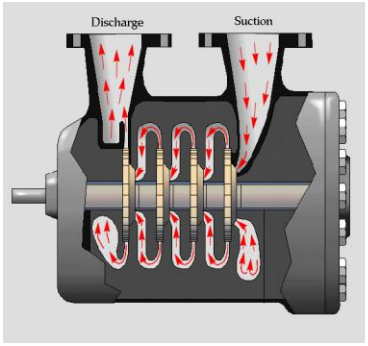
ตารางที่ 2-2 การทำงานและคุณสมบัติของเครื่องอัดอากาศ

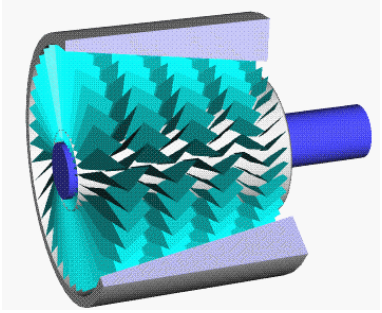
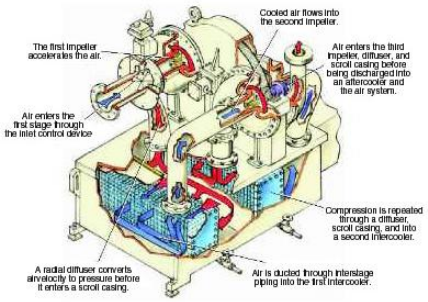
ประเภทเครื่องอัดอากาศ		ความดัน	อัตราการส่งลม
1 แบบลูกสูบ (Piston compressor) จังหวะดูด เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ลง วาล์ว A จะเปิดอากาศเข้า วาล์ว B จะปิด  จังหวะอัด เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้น วาล์ว A จะปิด วาล์ว B จะเปิดให้อากาศที่ถูกอัดไหลออกไปเข้าถังลม  		4-10 บาร์	150 ถึง 250,000 m^3/hr
		15-30 บาร์	
		150 บาร์ขึ้นไป	

ตารางที่ 2-3 การทำงานและคุณสมบัติของเครื่องอัดอากาศ

ประเภทเครื่องอัดอากาศ		ความดัน	อัตราการส่งลม
2 แบบแผ่นไดอะแฟรม (Diaphragm Compressor)	หลักการทำงานเหมือนกับแบบลูกสูบเพียงแต่มีแผ่นไดอะแฟรมเป็นตัวกันไม่ให้อากาศสัมผัสกับลูกสูบ อากาศที่ได้จึงสะอาด ปราศจากการปนเปื้อนของน้ำมันหล่อลื่น เครื่องอัดอากาศแบบนี้นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร และเคมี	3-5 บาร์	
3 แบบสกรู (Screw Compressor)	เมื่อเกลียวสกรูทั้งคู่หมุนเข้าหากัน ลมจะถูกดูดเข้าทางลมเข้า และถูกอัดให้ไหลไปตามร่องสกรูออกทางช่องลมออก	1-25 บาร์	800-500,000 m^3/hr
4 แบบใบพัดเลื่อน (Sliding Vance) 	เมื่อโรเตอร์ที่วางเยื้องศูนย์อยู่กับช่องอัดอากาศ หมุนไปรอบๆ ใบพัดจะเลื่อนสั้นเข้า และยาวออกไปตามลักษณะการเยื้องศูนย์ จึงเกิดการดูดและอัดลมจากทางเข้าไปยังทางออก	0.2-8 บาร์	250-15,000 m^3/hr

ตารางที่ 2-4 การทำงานและคุณสมบัติของเครื่องอัดอากาศ

<table>
<tr><th colspan="2">ประเภทเครื่องอัดอากาศ</th><th>ความดัน</th><th>อัตราการไหล</th></tr>
<tr><td>5 แบบกังหัน (Turbo Compressor)
 </td><td> 

แบบ Radial Flow</td><td rowspan="2">0.8-4 บาร์</td><td rowspan="2">52,000-500,000 m^3/hr</td></tr>
<tr><td>เมื่อใบพัดหมุนอากาศจะถูกดูดทางด้านลมเข้า ไหลออกไปเพิ่มปริมาณและแรงดันด้านลมออก</td><td> 
แบบ Axial Flow</td></tr>
<tr><td colspan="2">6 แบบใบพัด (Centrifugal Compessor)
 

แบบใบพัด (Centrifugal Compessor)</td><td>0.6-300 บาร์</td><td>300-200,000 m^3/hr</td></tr>
</table>

การพิจารณาเลือกชนิดของเครื่องอัดอากาศ

มีข้อพิจารณาดังนี้

1 อัตราการจ่ายลม m^3/hr

2 แรงดันลม bar

ตัวอย่างที่ 2-1 ถ้าต้องการอัตราการจ่ายลม 10,000 m^3/hr ที่แรงดัน 100 bar จะเลือกเครื่องอัดอากาศชนิดใด

วิธีทำ ให้ลากเส้นอัตราการจ่ายลม 10,000 m^3/hr ที่แรงดัน 100 bar ในแนวนอนจุดที่เส้นทั้งสองมาบรรจบกันอยู่ในกรอบของเครื่องอัดลมแบบลูกสูบ เครื่องอัดอากาศที่จะเลือกจึงเป็นแบบลูกสูบ (Piston Compressor)

การเลือกประเภท และขนาดเครื่องอัดอากาศ หากเราทราบปริมาณการใช้อากาศอัด และระดับความดันที่ใช้งาน ตลอดจนการขยายโรงงานในอนาคต ก็จะทำให้สามารถเลือกประเภทและขนาดเครื่องอัดอากาศได้อย่างถูกต้อง เช่น ระบบอัดอากาศต้องการใช้งานที่ความดัน 25 bar ก็ควรเลือกเครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบแทนการใช้แบบสกรู หรือการเลือกเครื่องอัดอากาศที่มีขนาดใหญ่ หรืออัดแบบหลายๆ ขั้น (Multi-Stage) จะให้ประสิทธิภาพการใช้งานที่ดีกว่า และประหยัดพลังงานอีกด้วย ในการประหยัดพลังงานในเครื่องอัดอากาศยังมีอีกหลายวิธีการ ดังต่อไปนี้

2.2.1 การลดอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าเครื่องอัดอากาศ

หากเครื่องอัดอากาศ ดูดอากาศที่มีอุณหภูมิสูงเข้าสู่เครื่องอัดอากาศ ที่อุณหภูมิสูงนี้จะมีปริมาตรจำเพาะของอากาศมาก ขณะที่อัตราการไหลเชิงมวลเท่ากัน เครื่องอัดอากาศจะใช้พลังงานมากขึ้น แต่ถ้าหากอากาศที่ดูดเข้าเครื่องมีอุณหภูมิต่ำ จะทำให้มีความหนาแน่นของอากาศสูงกว่า ***โดยทั่วไปถ้าอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าเครื่องอัดสูงขึ้นทุกๆ 3 $^{\circ}C$ จะส่งผลให้เครื่องอัดอากาศใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้น 1%***

<u>ขั้นตอนการสำรวจและดำเนินการ</u>

1 ดำเนินการติดตั้งระบบท่อเพื่อดึงอากาศจากรอบ ๆ ตัวเครื่องที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าภายในเครื่องและปรับปรุงสภาพห้องเครื่องอัดอากาศ ให้อากาศสามารถถ่ายเทได้ดีขึ้น

2 ตรวจวัดค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้และสัดส่วนการทำงาน (% On load) ของเครื่องอัดอากาศก่อนการปรับปรุง เพื่อใช้ในการคำนวณผลการประหยัดที่ได้รับจากมาตรการ

3 วิเคราะห์ผลการประหยัดพลังงาน

ยกตัวอย่าง โรงงานแห่งหนึ่งบริเวณที่ตั้งเครื่องอัดอากาศ ล้อมรอบด้วยกำแพงทึบไม่มีอากาศถ่ายเทรอบบริเวณมีอุณหภูมิสูง ประมาณ 43 $^{\circ}C$ ซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศด้านนอก ซึ่งอากาศด้านนอกมีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 38 $^{\circ}C$

การวิเคราะห์ผล : ถ้าอุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้าเครื่องมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมภายนอกมาก เครื่องอัดอากาศจะต้องดูดลมร้อนเข้าสู่เครื่องอัดอากาศ เพราะอุณหภูมิสูงจะทำให้ปริมาตรจำเพาะของอากาศมาก ดังนั้น ที่อัตราการไหลเชิงมวลเท่ากัน เครื่องอัดอากาศจะใช้พลังงานมากขึ้น

วิธีการ : ทำการลดอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าเครื่องอัด โดยการเปลี่ยนกำแพงทึบให้มีช่องสำหรับอากาศไหลผ่านได้ หรือเปลี่ยนจากกำแพงอิฐบล็อกเดิมเป็นตาข่ายเหล็กแทน เพื่อให้การระบายอากาศดีขึ้น

รูปแสดงก่อนการปรับปรุง

รูปแสดงหลังการปรับปรุง

ผลการประหยัด : ประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ 1,097.47 kWh/ปี คิดเป็นเงิน 3,248.51 บาท/ปี เงินลงทุน 20,000 บาท ระยะเวลาคืนทุน 6.16 ปี

ในการติดตั้งเครื่องอัดอากาศนั้น ***ตำแหน่งที่ติดตั้งระยะห่างระหว่างเครื่องอัดอากาศกับผนังอาคารหรือส่วนอื่นๆ จะต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 1.5 m.*** เพื่อให้เกิดการหมุนเวียนถ่ายเทความร้อนได้สะดวก ตลอดจนสะดวกแก่การปฏิบัติงาน และอุณหภูมิภายในห้องเครื่อง ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในห้องเครื่องกับภายนอกห้องหาก***แตกต่างกันเกิน 3 C^{o} จะทำให้เกิดการสิ้นเปลื้องถึง 1%***

2.2.2 การเลือกเดินเครื่องอัดอากาศประสิทธิภาพสูง

ประสิทธิภาพของเครื่องอัดอากาศ ประเมินจากพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อการผลิตอากาศอัด 1 หน่วย โดยทำการเปรียบเทียบที่ระดับความดันเดียวกัน เครื่องที่ใช้กำลังไฟฟ้าน้อยกว่า และใช้เวลาในการอัดน้อยกว่าจะเป็นเครื่องที่มีประสิทธิภาพที่ดีกว่า การเลือกใช้เครื่องอัดอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงกว่า จะช่วยให้ลดการใช้พลังงานลงได้ และควรตรวจสอบประสิทธิภาพอย่างสม่ำเสมอเพื่อจัดการการเดินเครื่องอัดอากาศ

<u>ขั้นตอนการสำรวจและดำเนินการ</u>

1. ตรวจสอบการใช้พลังงานของเครื่องอัดอากาศ โดยจับเวลาการอัดอากาศเข้าถังเปล่าจนถึงระดับความดันใช้งาน
2. กำหนดเวลาการเดินเครื่องอัดอากาศที่ประสิทธิภาพสูงให้มากขึ้น
3. คำนวณผลประหยัด

ยกตัวอย่าง โรงงานแห่งหนึ่งติดตั้งเครื่องอัดอากาศแบบสกรู ขนาดพิกัด 6.1 m^3/min จำนวน 2 ชุด โดยเดินสลับไปมาซึ่งเครื่องอัดอากาศแต่ละชุดจะมีประสิทธิภาพไม่เท่ากัน

รูปที่ 2-3 ระบบอัดอากาศในโรงงาน

การวิเคราะห์ผล : จากการตรวจสอบเครื่องอัดอากาศ แต่ละเครื่องพบว่า เครื่องอัดอากาศ NO.042 ใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปริมาณลม ต่ำกว่า NO.043 ดังแสดงในตาราง

เครื่องอัดอากาศ	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kW)		ปริมาณอากาศ (m^3/min)	kW/ m^3/min
	Load	Unload		
NO.042	**46.29**	**16.09**	**6.81**	**6.80**
NO.043	**37.78**	**14.68**	**4.95**	**7.63**

**หมายเหตุ : ตรวจวัดที่ Pressure 6.0 Bar_g*

วิธีการ : ทำการเดินเครื่อง NO.042 จากเดิมปีละ 150 วัน เป็นเดินสัปดาห์ละ 5 วัน คิดเป็นปีละ 260 วัน เพิ่มขึ้นจากเดิม 110 วัน และทำการเดินเครื่อง NO.043 สัปดาห์ละ 1 วัน

ผลการประหยัด : จากการดำเนินการ จำนวน 25 วัน/เดือน เมื่อคิดผลใน 1 ปี พบว่าสามารถประหยัดพลังงานได้ 10,307.4 kWh/year คิดเป็นเงิน 28,963.79 บาท / ปี

2.2.3 การเดินเครื่องอัดอากาศตามโหลดใช้งาน

การจัดการระบบการเดินเครื่องอัดอากาศให้เหมาะสมกับโหลดการใช้งานนั้นจะทำให้การใช้งานเครื่องอัดอากาศมีประสิทธิภาพมากขึ้นและสามารถลดการใช้พลังงานในระบบอดอากาศลงได้

<u>ขั้นตอนการสำรวจและดำเนินการ</u>

1. ตรวจสอบการใช้ทำงานของเครื่องอัดอากาศ โดยจับเวลาการอัดอากาศเข้าถังเปล่า จนถึงระดับความดันใช้งาน
2. กำหนดเวลาการเดินเครื่องอัดอากาศแต่ละเครื่อง ให้เหมาะสมกับช่วงเวลาและความต้องการปริมาณลมที่เพียงพอต่อการผลิต
3. คำนวณผลประหยัด

ยกตัวอย่าง โรงงานแห่งหนึ่งมีการติดตั้งใช้งานเครื่องอัดอากาศ จำนวน 2 ชุด ประกอบด้วยเครื่องอัดอากาศขนาด 75 kW และขนาด 55 kW ปกติมีการเดินใช้งานทั้ง 2 ชุด ทำการเดินใช้งานเฉลี่ย 24 ชั่วโมง/วัน 300 วัน/ปี การใช้งานส่วนใหญ่จะใช้เครื่องมือใช้ลมและการเป่าทำความสะอาดชิ้นงาน โดยความดันต้องการใช้งานประมาณ 6.5 ถึง 7.5 บาร์เกจ

รูปที่ 2-4 ระบบอัดอากาศในโรงงาน

การวิเคราะห์ผล : จากการตรวจสอบการใช้งานเครื่องอัดอากาศ พบว่า มีการใช้งานลมในช่วงกลางวันในการผลิตมาก ส่วนในช่วงกลางคืนหลายส่วนไม่ได้มีการผลิต แต่ยังคงมีการเปิดใช้งานทั้ง 2 ชุด เมื่อทำการการตรวจสอบการทำงานเครื่องอัดอากาศในเวลากลางวัน พบว่าเครื่องอัดอากาศชุด 55 kW ซึ่งเป็นชุดเล็กจะเดิน Unload ตลอดเวลาทำให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานจำนวนมาก และในช่วงกลางคืนเมื่อเดินเครื่องอัดอากาศทั้ง 2 ชุด จะมีการทำงานช่วง Unload มาก

วิธีการ : จัดระบบการเดินเครื่องอัดอากาศให้เหมาะสมกับโหลดใช้งานจริงในแต่ละช่วงเวลาโดยในช่วงกลางวันทำการเดินเครื่อง 75 kW เพียงชุดเดียว และส่วนในช่วงกลางคืนทำการเดินเครื่อง 55 kW

ผลการประหยัด : จากการดำเนินการ พบว่าสามารถประหยัดพลังงานได้ 84,060 kWh/year คิดเป็นเงิน 299,253.6 บาท / ปี

ข้อเสนอแนะ : ควรมีการจัดทำแผนตรวจสอบและบำรุงรักษาอุปกรณ์ต่างๆ ตั้งแต่เครื่องอัดอากาศ ระบบส่งจ่าย ท่อ ข้อต่อ อุปกรณ์ใช้งาน และความเหมาะสมในการใช้งานลมอัดคือควรใช้ความเร็วลมหรือใช้ปริมาณลม เป็นต้น และตรวจสอบการรั่วไหลของลมอย่างน้อยปีละ 2 ครั้ง

2.2.4 การปิดเครื่องอัดอากาศเมื่อไม่ใช้งาน

เครื่องอัดอากาศที่ใช้กันแพร่หลายในอุตสาหกรรม โดยมากเป็นเครื่องอัดอากาศชนิดสกูร ซึ่งจะมีภาวะ Unload เกิดขึ้นอยู่ระยะหนึ่ง บางรุ่นจะสามารถปรับตั้งได้ว่าให้เครื่องเข้าสู่ Stand By Mode หลังจากการ Unload ต่อเนื่อง อย่างไรก็ดีการปล่อยให้เครื่องเกิด Load ก็ยังคงใช้กำลังไฟฟ้าประมาณ 30% ของพิกัด ดังนั้น เมื่อไม่มีความต้องการใช้งานในกระบวนการผลิต การเปิดเครื่องอัดอากาศทิ้งไว้ จะทำให้มีโอกาสที่เครื่องจะทำงานเนื่องจากการรั่วไหล และจะเกิดช่วงเวลา Unload ตามมา ซึ่งไม่เกิดประโยชน์และสิ้นเปลืองพลังงาน

ขั้นตอนการสำรวจและดำเนินการ

1. การดำเนินการกำหนดเวลาการปิดใช้งานเครื่องอัดอากาศ
2. กำหนดตัวบุคคลที่รับผิดชอบ และประชาสัมพันธ์ให้พลังงานที่มีส่วนเกี่ยวข้องรับทราบ
3. ประเมินผลการดำเนินการ

ยกตัวอย่าง โรงงานแห่งหนึ่งมีการติดตั้งใช้งานเครื่องอัดอากาศ ในกระบวนการผลิต แต่ในช่วงเวลาพักเที่ยงไม่มีการผลิต ประกอบกับระบบอากาศอัดของโรงงานมีการรั่วของอากาศอัดอยู่ประมาณ 5-10 % ซึ่งอยู่ในช่วงค่ายอมรับทั่วไป จึงทำให้เครื่องอัดอากาศทำงานอยู่และทำให้ปริมาตรลมในถังเก็บลดลง ถึงแม้ไม่มีการใช้งานก็ตาม

วิธีการ : ทำการปิดเครื่องอัดอากาศเมื่อไม่ใช้งานทันที ในช่วงเวลา 12.00 น. – 13.00 น. ซึ่งเป็นช่วงไม่มีพนักงานปฏิบัติการอยู่แล้ว และทำการตรวจเช็คซ่อมแซมการรั่วของระบบอัดอากาศเป็นประจำ

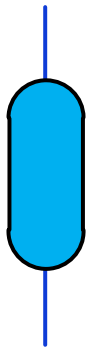
ผลการประหยัด : จากการดำเนินการ พบว่าสามารถประหยัดพลังงานได้ 1,837.78 kWh/year คิดเป็นเงิน 4,998.76 บาท / ปี โดยไม่มีการลงทุน

ข้อเสนอแนะ : อัตราการใช้พลังงานในเครื่องอัดอากาศที่ความดัน 7 bar เท่ากับ 3.2 LPS/1 kW

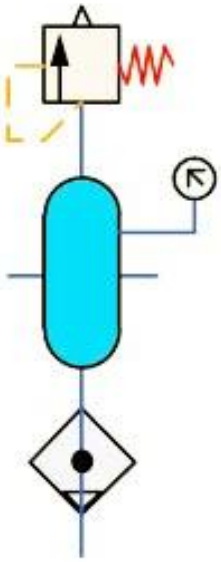
2.3 ถังเก็บลม

2.3.1 หน้าที่ของถังเก็บลม

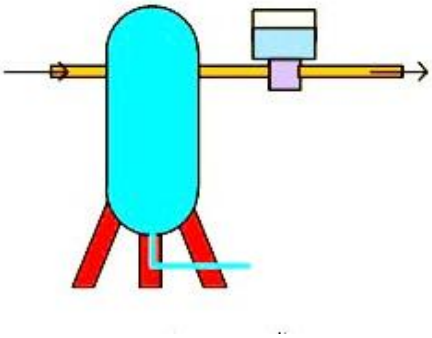
1. เก็บรักษาแรงดันลมให้มีค่าเหมาะสมต่อการใช้งาน
2. เก็บรักษาปริมาณลมให้เพียงพอต่อการใช้งาน
3. แยกไอน้ำที่ปะปนมากับลมอัดให้กลั่นตัวเป็นหยดน้ำ
4. ระบายความร้อนลมอัด
5. ติดตั้งอุปกรณ์ประกอบ เช่น เกจความดัน วาล์วระบายน้ำ วาล์วนิรภัย วาล์วปิด-เปิด



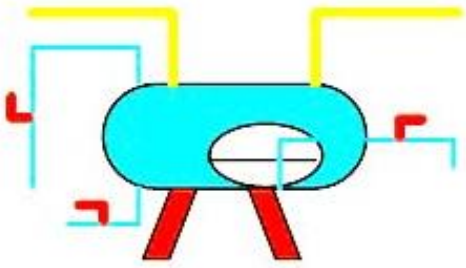
รูปที่ 2-5 สัญลักษณ์ย่อ



รูปที่ 2-6 สัญลักษณ์เต็ม



รูปที่ 2-7 แบบตั้ง



รูปที่ 2-8 แบบนอน

2.3.2 การพิจารณาการเลือกขนาดถังเก็บลม มี 2 วิธี

1. วิธีที่ 1 หาขนาดจากตารางกราฟ โดยพิจารณาจาก

(1) ปริมาณการใช้ลมในระบบ m^3/min

(2) ค่าความดันแตกต่างในท่อ ΔP

(3) จำนวนครั้งในการตัดต่อ/ชั่วโมง Z

ตัวอย่างที่ 2-2 การหาขนาดถังเก็บลมจากกราฟ

ปริมาณการจ่ายลมอัด V = 40 m^3/min

จำนวนครั้งการตัดต่อมอเตอร์ Z = 20 ครั้ง/ชั่วโมง

ค่าความดันแตกต่างของแรงดันในท่อ $\Delta P = 0.25 \times 10^2$ kPa

ขนาดของถังลมอัด = ?

จากกราฟจะได้ขนาดของถัง $V_B = 100\ m^3$

2. วิธีที่ 2 เลือกจากตาราง Engineering Toolbox

ตารางที่ 2-5 Engineering Toolbox

Airflow Capacity		Recommended Receiver Volume		
(cfm)	(m/h)	(cubic feet)	(gal)	(m^3)
100	170	13	100	0.4
200	340	27	200	0.8
300	510	40	300	1.1
400	680	54	400	1.5
500	850	67	500	1.9
700	1275	101	700	2.9
1000	1700	134	1000	3.8
1500	2550	201	1500	5.7
2000	3400	268	2000	7.6
3000	5100	402	3000	11.4
4000	6800	536	4000	15.2
5000	8500	670	5000	19.0
7500	12750	1005	7500	28.5
10000	17000	1340	10000	38.0

ตัวอย่างที่ 2-3 การหาขนาดถังเก็บลมจากตาราง Engineering Toolbox ถ้าต้องการปริมาณ 170 m^3/min จะได้ขนาดถังเก็บลมเท่ากับ 0.4 m^3

2.3.3 การควบคุมเครื่องอัดอากาศ

1. หน้าที่

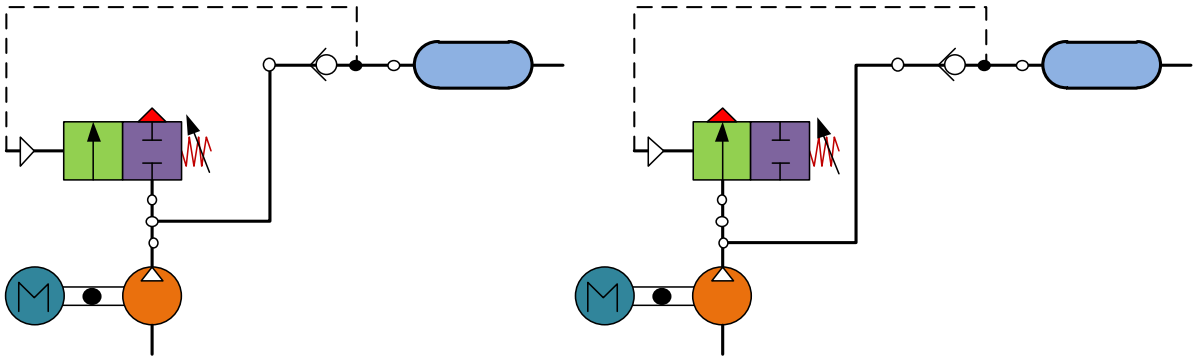
(1) หยุดจ่ายลมเมื่อความดันสูงถึงระดับที่ตั้งค่าเอาไว้

(2) สั่งจ่ายลมเมื่อความดันต่ำลงถึงระดับที่ตั้งค่าเอาไว้

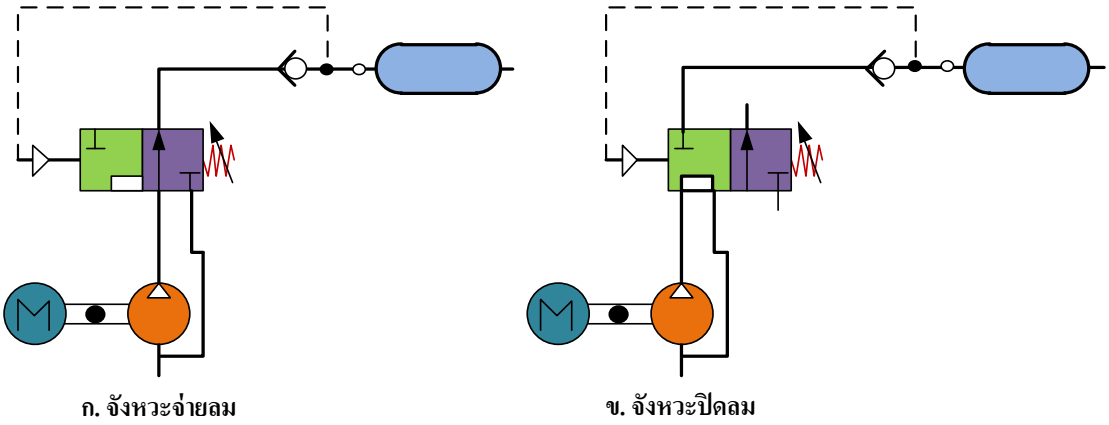
2. วิธีควบคุมเครื่องอัดอากาศมี 2 แบบ คือ

(1) การควบคุม On-Off เป็นวิธีควบคุมที่มอเตอร์ไฟฟ้า ทำงานได้โดยจ่ายกระแสไฟฟ้า ให้มอเตอร์เมื่อความดันในถังเก็บลมต่ำลงถึงระดับที่กำหนด และตัดกระแสไฟฟ้าให้มอเตอร์เมื่อความดันในถังเก็บลมสูงถึงระดับกำหนด

(2) การควบคุมแบบ Unloading Regulation วิธีการนี้มอเตอร์ไฟฟ้าจะไม่หยุดหมุน การควบคุมกระทำได้โดยการปิด-เปิดวาล์วจ่ายลม โดยวาล์วจะปิดการจ่ายลมเข้าถังเก็บลมเมื่อความดันสูง มอเตอร์หมุนโดยไม่มีโหลด และเปิดจ่ายลมเมื่อความดันต่ำ



รูปที่ 2-9 การควบคุมแบบระบายลมอัด Exhaust Regulation



รูปที่ 2-10 การควบคุมแบบปิด Shut-Off Regulation

2.4 มอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้าในการผลิตลม มีหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล เพื่อหมุนขับเคลื่อนอัดอากาศให้เปลี่ยนเป็นพลังงานลมอัด ขนาดของกำลังขับ (HP) มอเตอร์ไฟฟ้า จะเปลี่ยนไป ตามความจุของถังเก็บลม เช่น มอเตอร์ขนาด 10 HP จะใช้ถังลมขนาด 0.2 m^3 ดังตาราง

ตารางที่ 2-6 Engineering Toolbox

Compressor Power		Recommended Receiver Volume		
(hp)	(kW)	(cubic feet)	(gal)	(m^3)
5	3.7	3	20	0.1
7.5	5.6	4	30	0.1
10	7.5	5	40	0.2

Compressor Power		Recommended Receiver Volume		
(hp)	(kW)	(cubic feet)	(gal)	(m^3)
15	11.2	8	60	0.2
20	14.9	11	80	0.3
25	18.7	13	100	0.4
30	22.4	26	120	0.5
40	29.8	21	160	0.6
50	37.3	27	200	0.8
60	44.8	32	240	0.9
75	56.0	40	300	1.1
100	74.6	54	400	1.5
125	93.3	67	500	1.9
200	149.2	107	800	3.0
350	261.1	188	1400	5.3
450	335.7	241	1800	6.8
500	373.0	268	2000	7.6

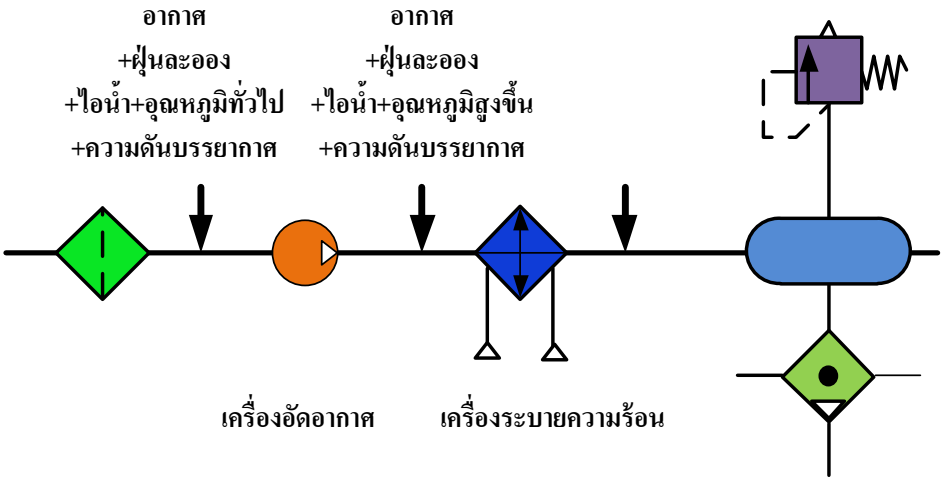
2.5 เครื่องระบายความร้อน

2.5.1 หน้าที่

1. ลดอุณหภูมิลมอัด
2. ลดความชื้น
3. ลดฝุ่นละออง

2.5.2 วิธีการติดตั้ง

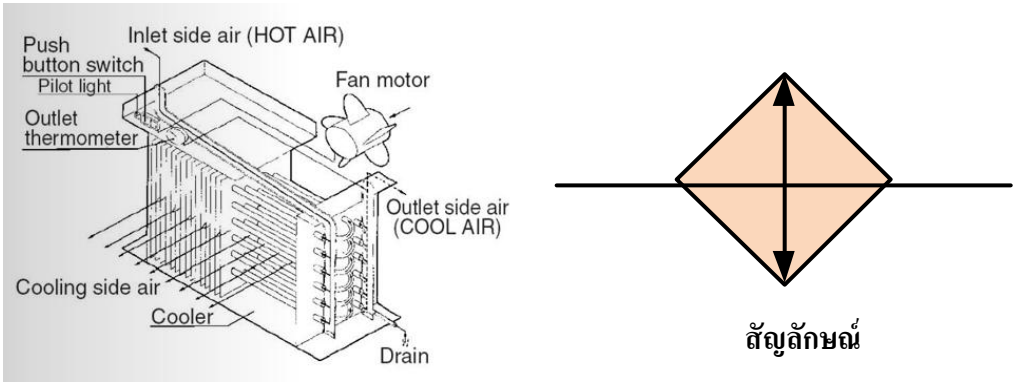
- ติดตั้งได้ทั้งก่อนและหลังลมเข้าถังเก็บลม



รูปที่ 2-11 วิธีการติดตั้งเครื่องระบายความร้อน

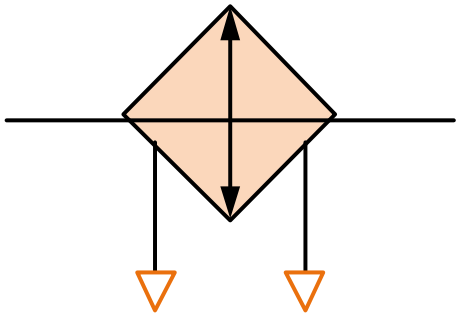
2.5.3 ชนิดของเครื่องระบายความร้อน

1 เครื่องระบายความร้อนแบบใช้ลมเป่าระบายความร้อน ลมจะไหลไปตามท่อ ความร้อนจะถ่ายเทไปตามครีบ พัดลมที่เป่าจะช่วยระบายความร้อนให้อุณหภูมิของลมอัดเย็นลง ไอน้ำที่กลั่นตัวเป็นหยดน้ำจะไหลไปที่ระบบระบายน้ำ



รูปที่ 2-12 เครื่องระบายความร้อนแบบใช้ลมเป่าและสัญลักษณ์

2 เครื่องระบายความร้อนแบบใช้น้ำหล่อเย็น ลักษณะของเครื่องระบายความร้อนแบบนี้ภายในประกอบด้วยท่อและครีบที่ทำด้วยทองแดง เป็นลักษณะฟินคอยล์อยู่ภายในท่อใหญ่ ดังรูปที่ 2-11 น้ำที่จะทำการหล่อเย็น จะไหลอยู่ภายในท่อของคอยล์ ส่วนลมอัดนี้จะไหลปะทะครีบของคอยล์น้ำที่ตัวเสื้อของเครื่องระบายความร้อนนี้จะติดเทอร์โมมิเตอร์เพื่อดูอุณหภูมิของลมอัดที่ออกไปใช้งาน ถ้าอุณหภูมิของลมอัดสูงกว่าปกติ จะต้องเพิ่มปริมาณน้ำที่ไหลหมุนเวียนให้มากขึ้น เครื่องระบายความร้อนแบบนี้ เหมาะกับโรงงานอุตสาหกรรมใหญ่เพราะการติดตั้งเครื่องระบายความร้อนแบบนี้จะต้องมีคูลลิ่ง สำหรับหล่อเย็นน้ำที่ระบายความร้อนจาก ลมอัดออกไป

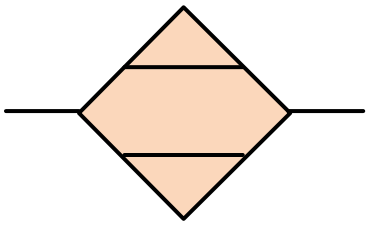


สัญลักษณ์

รูปที่ 2-13 สัญลักษณ์เครื่องระบายความร้อนแบบใช้น้ำหล่อเย็น

2.6 เครื่องกำจัดความชื้น

เครื่องกำจัดความชื้น (Air Dryer) มีหน้าที่กำจัดความชื้นที่เหลือมาจากเครื่องระบายความร้อนและถังเก็บลมอัดซ้ำอีก



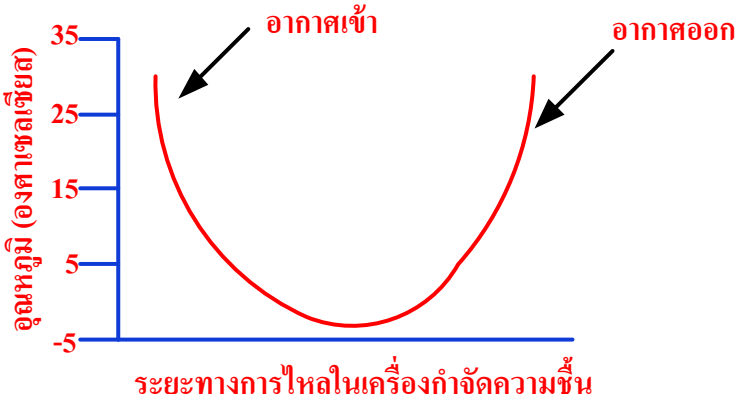
สัญลักษณ์

รูปที่ 2-14 สัญลักษณ์เครื่องกำจัดความชื้น

2.6.1 เครื่องกำจัดความชื้นด้วยความเย็น (Refrigerated Air Dryer)

รูปที่ 2-15 เครื่องกำจัดความชื้นด้วยความเย็น

ลักษณะการทำงานของเครื่องกำจัดความชื้นชนิดนี้จะคล้ายกับเครื่องทำความเย็น ลมอัดที่ชื้นและมีอุณหภูมิสูงจะไหลตามท่อเข้าไปในห้องทำความเย็น แล้วไหลผ่านออกไปทางท่อลมออก กระบวนการทำงานของเครื่องคือ ทำให้อากาศที่ไหลเข้าเย็นลงเพื่อกำจัดความชื้นแล้วทำให้อากาศที่ไหลออก ร้อนขึ้นถึงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการใช้งาน



รูปที่ 2-16 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศในเครื่องกำจัดความชื้น

2.6.2 เครื่องกำจัดความชื้นแบบดูดความชื้น

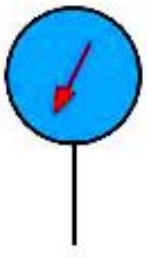
หลักการทำงานของเครื่องกำจัดความชื้นชนิดนี้คือ ควบคุมลมอัดให้ไหลเข้าไปผ่านสารเคมีไอน้ำที่ปะปนมากับลมจะถูกสารเคมีดูดซับเอาไว้ ทำให้อากาศที่ไหลผ่านออกไป มีความชื้นน้อยลง

- ลมที่ไหลผ่านออกจาก T_1 ส่วนหนึ่งถูกนำไปใช้งานอีกส่วนจะนำไปไล่ความชื้นออกจาก T_2
- เมื่อลมไหลผ่าน T_2 จะนำกลับไปใช้งานและกลับมาไล่ความชื้นออกจาก T_1
- T_1 และ T_2 จะทำงานสลับกันไปมาด้วยวาล์วควบคุมทิศทางโดยมีการตั้งเวลาควบคุม เช่น ทำงานสลับกันทุกๆ 1 นาที

2.7 เกจความดัน

เกจความดัน (Pressure Gauge) มีหน้าที่แสดงระดับความดันลมอัด มีหน่วยเป็น bar และ PSI

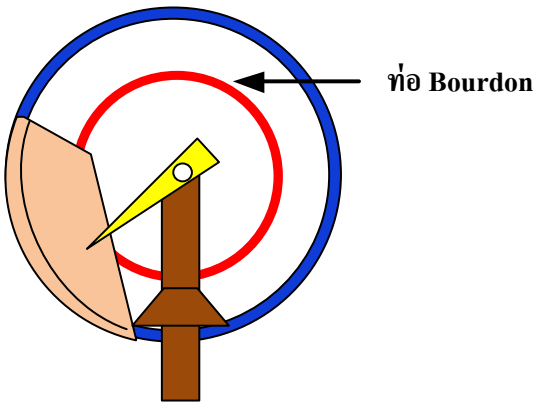
เกจความดัน



สัญลักษณ์

รูปที่ 2-17 เกจความดันและสัญลักษณ์

หลักการทำงานของเกจความดัน เมื่อมีแรงดันลมเข้า ท่อ Bourdon จะถูกยืดออก ปลายท่อที่ยึดติดกับกลไกลการหมุนจะพาเฟืองและเข็มบอกระดับความดันหมุนตามไปด้วย เมื่อแรงดันลดลง ท่อ Bourdon จะงอกลับ เข็มจะหมุนกลับด้วย



รูปที่ 2-18 โครงสร้างเกจความดัน

เกจความดันมีความสำคัญในการตรวจสอบค่าความดันภายในระบบใน ***การปรับลดความดันของอากาศอัดที่เครื่องอัดอากาศให้เหมาะสม*** เครื่องจักรและอุปกรณ์ในอุตสาหกรรมทั่วไป ต้องการความดันของอากาศอัดประมาณ 4-6 bar ดังนั้นหากทำการปรับลดความดันอากาศที่ผลิตต้นทาง ให้สูงกว่าความต้องการใช้งานเพียงเล็กน้อย ก็จะสามารถลดการใช้พลังงานในระบบอัดอากาศได้

<u>แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ</u>

1. ตรวจสอบการทำงานในระบบของเครื่องอัดอากาศในโรงงาน เช่น ค่าความดันที่ตั้ง , กำลังไฟฟ้าที่ใช้งาน และระยะเวลาทำงานในช่วงต่อและตัดโหลด
2. สำรวจเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้อากาศอัด เพื่อหาค่าแรงดันที่ใช้งานสูงสุด
3. จัดแบ่งการใช้งานลมอัดให้เป็นสัดส่วน
4. ตรวจสอบการทำงานของเครื่องอัดอากาศหลังจากปรับลดแล้ว

ยกตัวอย่าง

โรงงานแห่งหนึ่งใช้อากาศอัดของเครื่องอัดอากาศทั้งหมด 5 เครื่อง เครื่องละ 22 kW จ่ายอากาศไปใช้ในเครื่องอัดดอกยางโดยมีการใช้งานที่ความดัน 2 ระดับ คือ ระดับต่ำ 7-8 บาร์ และระดับสูง 15 บาร์ ซึ่งมีการเดินท่อจ่ายลมอัดแยกเป็นเครื่องๆ ไม่ต่อรวมกันทั้งระบบ และตั้งค่าความดันใช้งาน ที่ 15 บาร์ ทุกเครื่อง

การวิเคราะห์ผล : เนื่องจากการผลิตอากาศอัด ที่ความดันสูง เป็นการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้ามากกว่าการผลิตอากาศอัดที่ความดันต่ำกว่า จึงควรปรับปรุงโดยการจัดแบ่งการใช้งานลมอัดให้เป็นส่วน จัดให้เครื่องที่ใช้ความดันเท่ากันอยู่บนท่อส่งจ่ายระบบเดียวกัน จะทำให้เครื่อง 1,3,4 และ 5 เหลือ 8-10 บาร์ได้

วิธีการ : ทำการจัดให้เครื่องที่ใช้ความดันเท่ากันอยู่บนท่อส่งจ่ายระบบเดียวกัน จะทำให้เครื่อง 1,3,4 และ 5 เหลือ 8-10 บาร์

รูปแสดงก่อนปรับปรุง

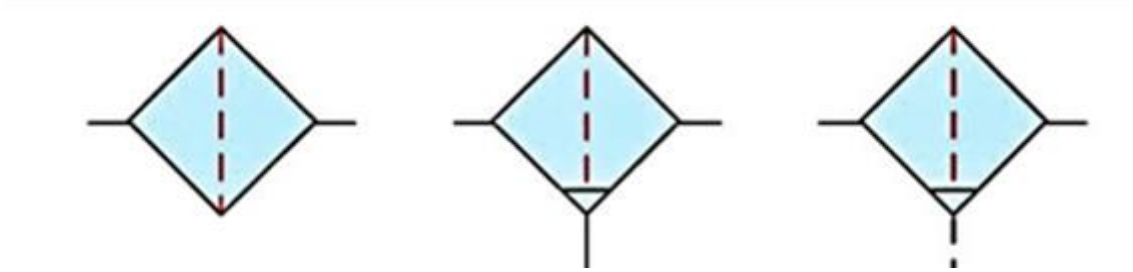
รูปแสดงหลังปรับปรุง

ผลการประหยัด : จากการดำเนินการ พบว่าสามารถประหยัดพลังงานได้ 1,837.78 kWh/year คิดเป็นเงิน 4,998.76 บาท / ปี มีการลงทุน 25,000 บาท ระยะเวลาคืนทุน 0.31 ปี

ข้อเสนอแนะ : การลดความดันผลิตลงทุก ๆ 1 bar สามารถประหยัดพลังงานลงได้ 10%

2.8 อุปกรณ์กรองลมท่อลมหลัก

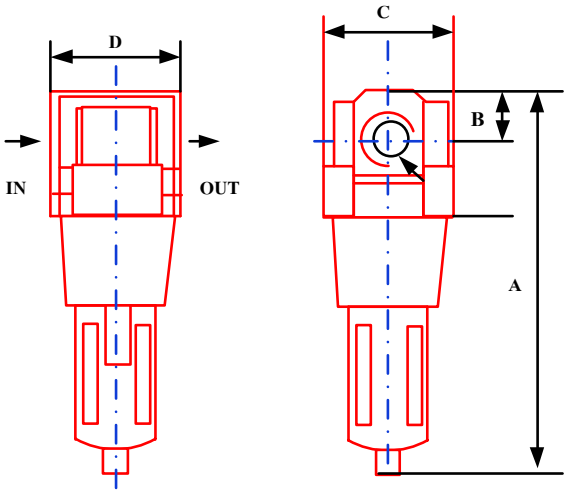
อุปกรณ์กรองลมท่อลมหลัก (Main Line Filter) มีหน้าที่จับฝุ่นละออง น้ำ และน้ำมัน ในท่อลมหลัก



ก.ชนิดกรองอย่างเดียว ข.ชนิดระบายน้ำด้วยมือ ค.ชนิดระบายน้ำอัตโนมัติ

รูปที่ 2-19 สัญลักษณ์อุปกรณ์กรองลม

รูปที่ 2-20 อุปกรณ์กรองลม

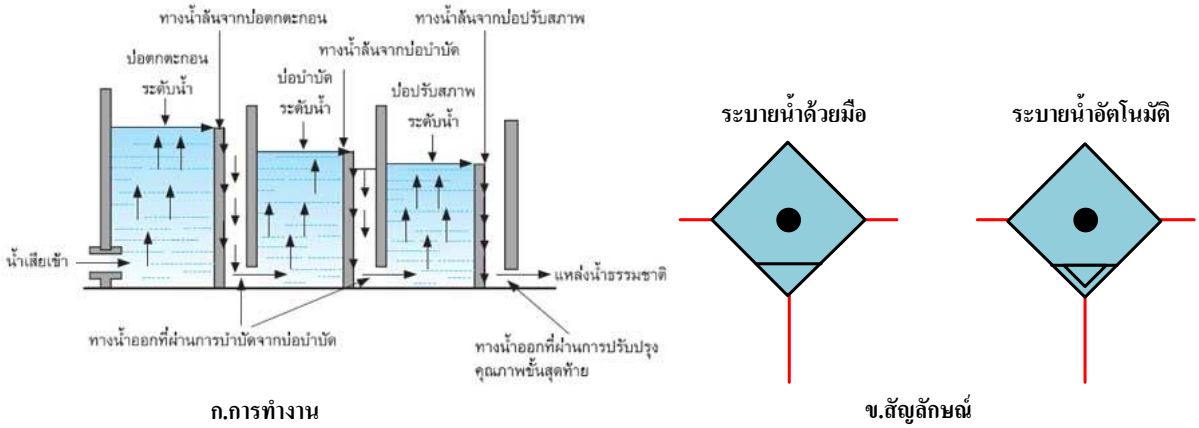


รูปที่ 2-21 โครงสร้างอุปกรณ์กรองลม

หลักการทำงาน ลมอัดเมื่อไหลเข้ามาปะทะเกล็ดเบนทิศทางจะทำให้ลมหมุนวนเหวี่ยงให้ไอน้ำและน้ำมันตกลงด้านล่าง ส่วนฝุ่นละอองจะตกค้างอยู่ที่ไส้กรอง ปล่อยให้อากาศที่สะอาดไหลผ่านออกไปใช้งาน ทางด้านล่างจะมีแผ่นกะบังป้องกันฝุ่นและน้ำ

2.9 อุปกรณ์ระบายน้ำ

อุปกรณ์ระบายน้ำ มีหน้าที่ระบายน้ำออกจากอุปกรณ์ที่เกิดจากการกลั่นตัวของไอน้ำออกสู่ภายนอก



รูปที่ 2-22 การทำงานของอุปกรณ์ระบายน้ำและสัญลักษณ์

2.10 วาล์วนิรภัย

วาล์วนิรภัย (Safety Valve) มีหน้าที่กำจัดความดันในถังเก็บลมไม่ให้เกินค่าที่กำหนด

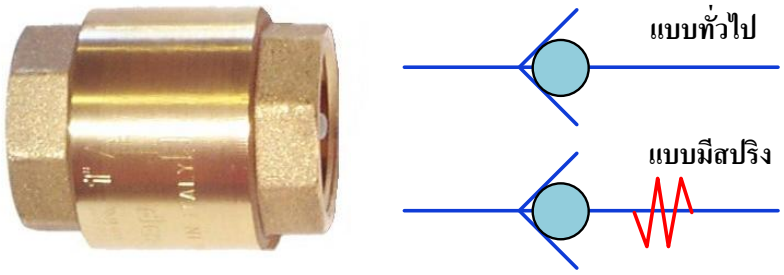
1. ถ้าความดันในถังเก็บลมเกินค่าที่กำหนด วาล์วนิรภัยจะเปิดระบายลมทิ้ง
2. วาล์วจะเปิดเมื่อความดันภายในมีค่าต่ำกว่าค่ากำหนด

รูปที่ 2-23 วาล์วนิรภัยและสัญลักษณ์

2.11 วาล์วกันกลับ

วาล์วกันกลับ (Check Valve) มีหน้าที่ป้องกันการไหลย้อนกลับของลม ในระบบผลิตลมอัด วาล์วกันกลับมีหน้าที่ ดังนี้

1. ปล่อยให้ลมอัดไหลผ่านในจังหวะเครื่องอัดอากาศอัดลมเข้าถังเก็บลม
2. ปิดไม่ให้ลมไหลย้อนกลับในจังหวะดูดอากาศเข้าลูกสูบ และเมื่อเครื่องอัดอากาศหยุดการทำงาน



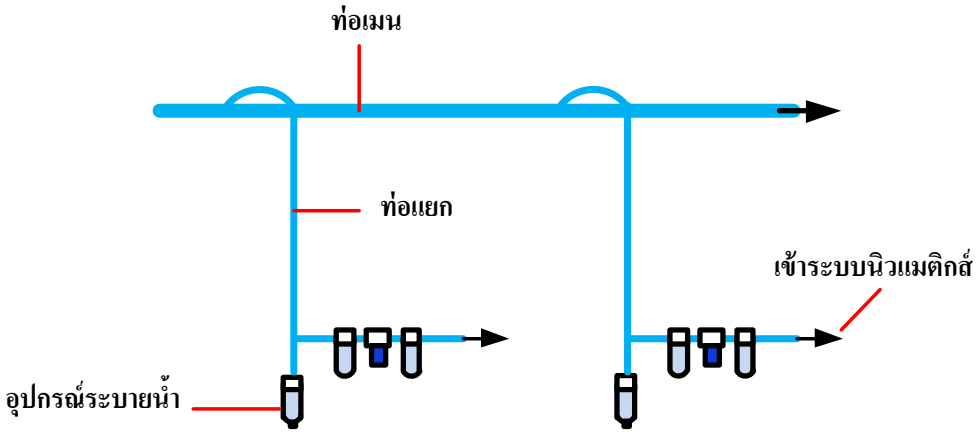
ก.วาล์วกันกลับ **ข.สัญลักษณ์**

รูปที่ 2-24 วาล์วกันกลับและสัญลักษณ์

2.12 การติดตั้งท่อลม

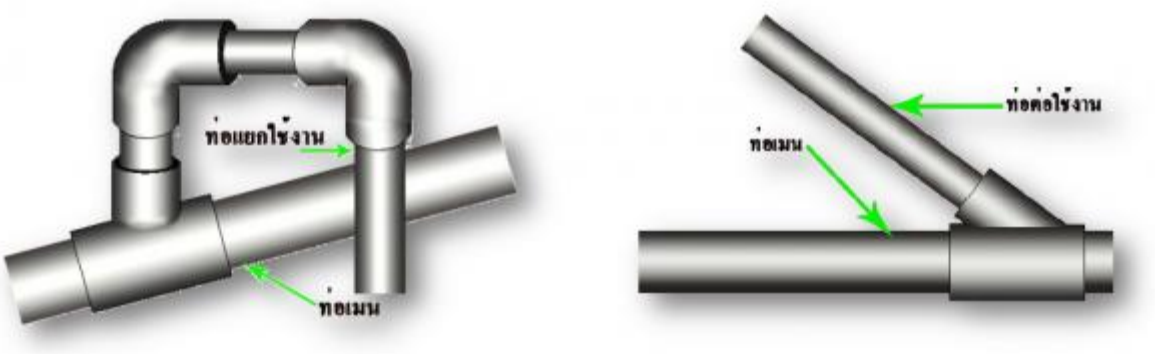
2.12.1 การติดตั้งท่อลม

1. วางท่อเมนในแนวนอน ให้ลาดเอียงไปทางปลายท่อเพื่อให้น้ำกลั่นตัวไหลไปที่อุปกรณ์ระบายน้ำได้
2. ต่อท่อแยกลมออกจากท่อเมนทางด้านบนเพื่อป้องกันน้ำเข้าในระบบ
3. ติดตั้งอุปกรณ์ระบายน้ำที่ปลายท่อลมที่ส่งจ่ายไปยังจุดต่างๆ



รูปที่ 2-25 การติดตั้งท่อลม

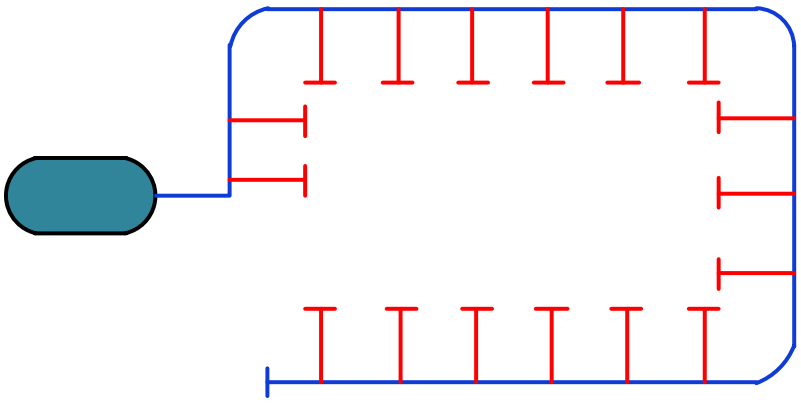
2.12.2 วิธีการแยกท่อลม



รูปที่ 2-26 วิธีการแยกท่อลม

2.12.3 การเดินท่อเมนในโรงงานอุตสาหกรรม สามารถแบ่งได้ดังนี้

1. การเดินท่อเมนแบบแยกสาขา



รูปที่ 2-27 การเดินท่อลมแบบแยกสาขา

ข้อดี **สิ้นเปลืองอุปกรณ์ไม่มาก**

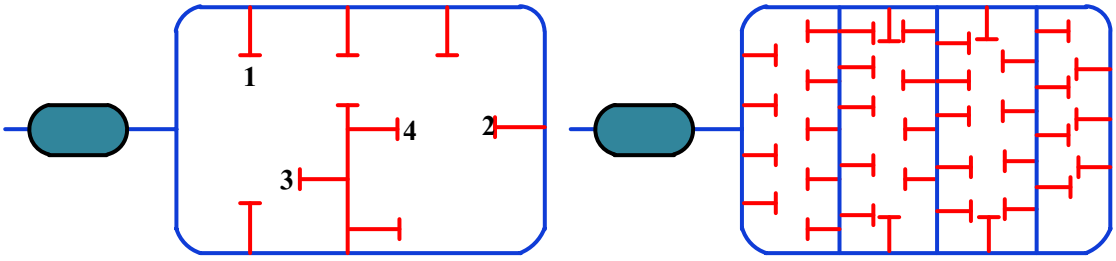
ข้อเสีย 1 ถ้าเพิ่มอุปกรณ์นิวเมติกส์เข้าไปมากๆ อุปกรณ์ตัวสุดท้ายจะมีปริมาณลมอัดและความดันไม่เพียงพอ

2 หากมีการซ่อมแซมท่อเมน ต้องหยุดจ่ายลมตลอดสาย ทำให้ต้องหยุดการทำงานด้วย

ข้อแนะนำ

1 เหมาะสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็กเท่านั้น

2 การเดินท่อเมนแบบวงแหวน (Ring Circuit)



ก.แบบที่ 1 **ข.แบบที่ 2**

รูปที่ 2-28 การเดินท่อลมแบบวงแหวน

ข้อดี	สามารถเพิ่มอุปกรณ์นิวเมติกส์ได้มาก โดยไม่สูญเสียความดัน
ข้อเสีย	หากสูญเสียแรงดัน ณ จุดใดจุดหนึ่ง จุดอื่นๆ จะสูญเสียไปด้วย
ข้อแนะนำ	เหมาะสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่

ในระบบส่งจ่ายลมอัด มักจะเกิดปัญหาเกิดการรั่วไหลของอากาศ โดยเฉพาะบริเวณ ข้อต่อจุดและสายอ่อนใช้งาน โดยทั่วไปโรงงานที่ไม่ได้ดูแลตรวจสอบการรั่วของอากาศอย่างสม่ำเสมอจะพบว่ามีการรั่วไหลมากถึง 70% ของความต้องการอากาศอัด แต่โดยส่วนมากจะมีอากาศรั่วไหลสูงประมาณ 30% ซึ่งมาตรฐานการรั่วของอากาศอัดที่ยอมรับ และมีการดูแลที่ดีมากจะมีการรั่วไหลไม่เกินอยู่ที่ 5% หากมีการรั่วไหลไม่เกิน 10% (หรือประสิทธิภาพการส่งอากาศอัดในระบบท่อส่งสูงกว่า 90%) ก็ถือว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานดีเช่นกัน ดังนั้น การดูแลตรวจสอบระบบอากาศอัดอย่างสม่ำเสมอเพื่อป้องกันการรั่วไหลของอากาศอัดนั้น จะช่วยประหยัดค่าไฟฟ้าได้มาก ดังแสดงในตาราง

ปริมาณอากาศรั่ว ที่ความดัน 700 kPa (7 bar)	เทียบเท่าขนาดรู เป็น มม.	พลังงานสูญเปล่า kWh : หน่วย	มูลค่าต่อปี (บาท)
0.2	0.7	239	598
0.8	0.8	958	2,395
3.2	1.6	3830	9,575
12.8	3.2	15,322	38,305
51.2	6.7	61,344	153,360
207.8	12.7	245,146	612,865

คิดจากการทำงาน 12 ชม./วัน 300 วัน/ปี ค่าไฟฟ้า 2.50 บาท/หน่วย

2.12.4 มาตรการทดสอบลมรั่วภายในระบบ

การสำรวจหาจุดรอยรั่วสามารถทำได้หลายวิธี เช่น หูฟังเสียง ใช้สายตาสังเกต น้ำสบู่หรือแชมพู แต่วิธีที่ดีที่สุดในการตรวจสอบการรั่วไหล คือ การใช้เครื่องตรวจจับแบบใช้อัตราโซนิกหรือคลื่นความถี่สูง ซึ่งสามารถตรวจจับเสียงฟู่ของอากาศรั่วซึ่งมีความถี่สูงได้ วิธีการหาปริมาณการรั่วไหลของอากาศอัดทำได้ดังนี้

1. ปิดอุปกรณ์ใช้อากาศอัดทั้งหมด
2. เดินเครื่องอัดอากาศ
3. บันทึกเวลาการเดินรับภาระ และขณะไม่รับภาระ

จากนั้นนำมาคำนวณหาปริมาณอากาศรั่วไหล ดังนี้

สมการ

$$L = Q \times \frac{T_L}{(T_L + T_{UL})}$$

L	=	ปริมาณอากาศรั่วไหล	(CFM)
Q	=	อัตราการไหลของอากาศ	(CFM)
T_L	=	เวลาเดินขณะรับภาระ	(วินาที)
T_{UL}	=	เวลาเดินขณะไม่รับภาระ	(วินาที)

ตัวอย่างการคำนวณ ทำการทดสอบระบบอัดอากาศในช่วงกลางวัน ซึ่งไม่มีการใช้งานอุปกรณ์ในระบบอัดอากาศ โดยการเดินเครื่อง ขนาด 600 CFM โดยมีการทำงานดังนี้

เวลาขณะ LOAD (T_L)	=	30 Sec.
เวลาขณะ UNLOAD (TU_L)	=	240 Sec.
เพราะฉะนั้น อากาศรั่วไหลในระบบ	=	$\frac{\mathbf{T_L}}{\mathbf{(T_L+T_{UL})}} = \frac{\mathbf{30}}{\mathbf{(30+240)}}$
	=	0.1111 x 100% = 11.11%
อัตราการผลิตอากาศอัดของเครื่อง	=	600 CFM
ปริมาณอากาศอัดที่รั่วไหล	=	0.1111 x 600 = 66.66 CFM

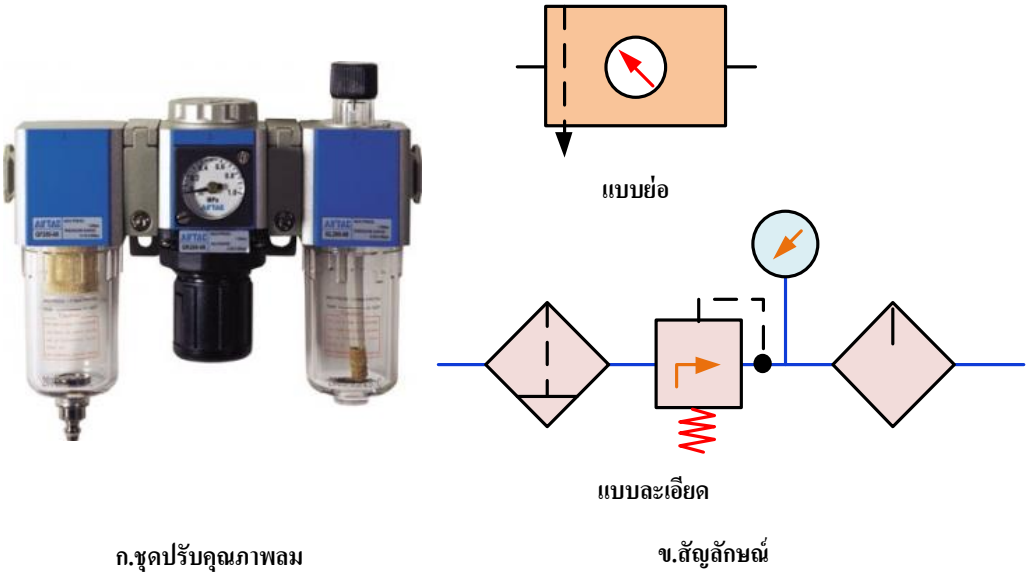
วิธีการ การหยุดยั้งการรั่วไหลสามารถทำได้ดังนี้ การปิดรอยต่อให้แน่นๆ , การเปลี่ยนทดแทนอุปกรณ์ที่ทำงานผิดปกติ เช่น ข้อต่อ ท่อ หัวจ่าย จุดต่อ จุดระบาย และอุปกรณ์ดักจับทั้งหลาย ในหลายๆ กรณี การรั่วไหลอาจเกิดจากการทำความสะอาดร่องเกลียวที่ไม่ดีหรือการอุดรอยต่อของเกลียวอย่างไม่เหมาะสม , การเลือกใช้ส่วนประกอบที่มีคุณภาพสูง และทำการใช้น้ำยาปิดผนึกอย่างเหมาะสม เพื่อไม่ให้เกิดรอยรั่วในอนาคต

ยกตัวอย่าง จากการสำรวจโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไปจะมีเปอร์เซ็นต์การรั่วของอากาศอยู่ที่ 15-30% ในขณะที่ค่าที่ยอมรับได้อยู่ที่ 5% ภายหลังการแก้ไขจุดรั่วไหล ทางโรงงานสามารถลดเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลได้ 8% คิดเป็นค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่ประหยัดได้ 196,997 บาท/ปี โดยมีการลงทุนประมาณ 30,000 บาท

รูปที่ 2-29 รูปแสดงตัวอย่างบริเวณที่มีการรั่วไหลของอากาศอัดก่อนและหลังปรับปรุง

2.13 ชุดปรับคุณภาพลมอัด

ชุดปรับคุณภาพลมอัด (Service Unit) เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยในการทำความสะอาด ปรับแต่งค่าความดัน รวมทั้งบางกรณีอาจมีการผสมน้ำมันหล่อลื่นเข้าไปในลมอัดด้วย เพื่อยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์นิวเมติกส์

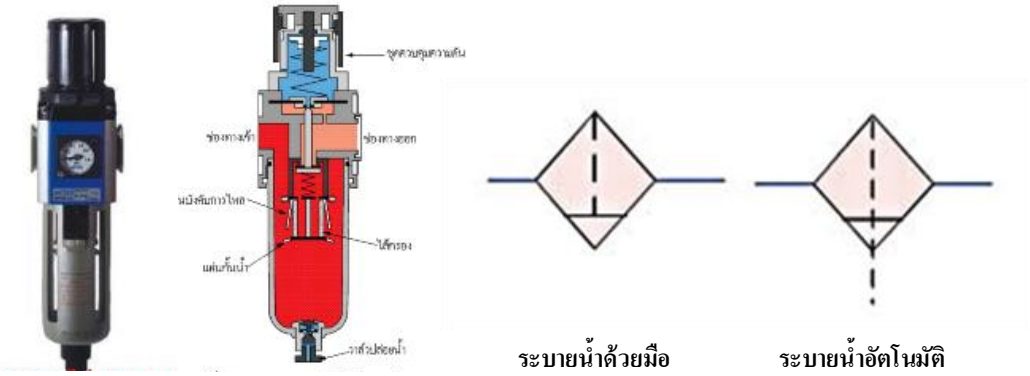


รูปที่ 2-30 ชุดปรับคุณภาพลมอัดและสัญลักษณ์

ชุดปรับคุณภาพลมอัดประกอบด้วย ตัวกรอง (Filter) วาล์วปรับลดและควบคุมแรงดันตัวจ่ายน้ำมันหล่อลื่น (Lubricator)

2.13.1 ตัวกรอง (Filter)

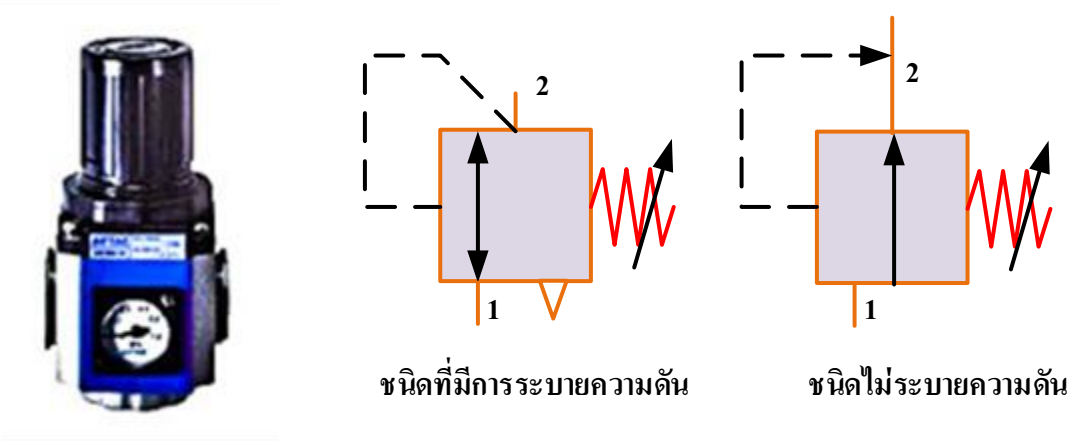
ตัวกรองทำหน้าที่กรองฝุ่นละอองและน้ำที่ปะปนมากับลมอัด เพื่อให้ได้ลมอัดที่มีความสะอาดก่อนนำไปใช้งาน



รูปที่ 2-31 ตัวกรองและสัญลักษณ์

2.13.2 วาล์วปรับลดและควบคุมแรงดัน (Regulator)

วาล์วปรับลดและควบคุมแรงดันจะทำหน้าที่ควบคุมความดัน ลมอัดทางด้านลมอัด ให้คงที่ โดยปกติดันด้านลมเข้า จะมีค่าความดันสูง และเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ดังนั้นวาล์วควบคุมแรงดันจึงทำหน้าที่ปรับความดันให้ค่าความดันของลมอัดมีความดันเท่ากับ ความดัน ใช้งานในระบบนิวเมติกส์ และรักษาแรงดันให้มีค่าคงที่ตามที่ตั้งค่าไว้



รูปที่ 2-32 วาล์วปรับลดและควบคุมแรงดัน และสัญลักษณ์

2.13.3 ตัวจ่ายน้ำมันหล่อลื่น (Lubricator)

ตัวจ่ายน้ำมันหล่อลื่น มีหน้าที่จ่ายน้ำมันหล่อลื่นให้กับอุปกรณ์นิวเมติกส์ โดยจะปะปนไปกับลมอัด เพื่อหล่อลื่นอุปกรณ์ต่างๆ ปัจจุบันอุปกรณ์นิวเมติกส์มักจะผลิตจากวัสดุที่ไม่ต้องการ การหล่อลื่นจากน้ำมัน ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องติดตั้งตัวจ่ายน้ำมันหล่อลื่น เข้ากับชุดปรับคุณภาพลมอัดได้

รูปที่ 2-31 ตัวจ่ายน้ำมันหล่อลื่นและสัญลักษณ์

หลักการทำงาน ตัวจ่ายน้ำมันหล่อลื่นจะอาศัยหลักการของช่องแคบที่ความดันแตกต่างกัน ความดันบริเวณช่องแคบจะลดลง น้ำมันจึงถูกดูดขึ้นมาจากภาชนะผสมกับลมอัดไหลเป็นละอองไปกับลมอัด

2.14 การบำรุงรักษาชุดบริการลมอัด

กฎเกณฑ์ที่จำเป็นที่จะต้องปฏิบัติอยู่เป็นประจำมีดังต่อไปนี้

1 หม้อกรองลมอัด

1. ระดับน้ำภายในกระเป๋าพลาสติกจะต้องตรวจสอบทุก วัน ไม่ให้สูงเกินขีดที่กำหนดไว้และต้องระบายน้ำทิ้งเป็นประจำ
2. ไส้กรองอากาศ จะต้องทำความสะอาดสม่ำเสมอตามระยะเวลาที่ผู้ผลิตกำหนด
3. กระเป๋าและชิ้นส่วนภายในที่เป็นพลาสติก ห้ามล้างทำความสะอาดด้วยสารที่ทำลายพลาสติก เช่น Trichloroethylene เป็นต้น

2 ตัวควบคุมความดัน อุปกรณ์ชิ้นนี้ไม่จำเป็นต้องบำรุงรักษาหากติดตั้งอยู่ต่อจากชุดกรองลม

3 เกจความดัน

1. ระวังอย่าตั้งความดันสูงเกินกว่าขีดกำหนด
2. ก่อนจ่ายลมผ่านเข้าในวงจร ควรคลายตัวตั้งความดันให้ต่ำที่สุด แล้วค่อยๆ ปรับเพิ่มขึ้นจนถึงค่าที่ต้องการ เพื่อป้องกันการสะบัด กระแทกของเข็มวัด และชุดกลไกลภายใน

4 ตัวผสมละอองน้ำมันหล่อลื่น

1. ต้องตรวจสอบระดับน้ำมันภายในหระเป๋าเป็นประจำและเติมให้ได้ระดับตามที่ต้องการอยู่เสมอ
2. น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้มีความหนืด 2-4°C ที่ 20°C หรือ SAE 10
3. เมื่อมีน้ำผสมเข้ากับน้ำมันหล่อลื่นภายในกระเป๋า น้ำมันจะเปลี่ยนเป็นขุ่นขาว หรือเทาให้รีบล้างและเปลี่ยนน้ำมันใหม่ทันที

แบบประเมินผลการเรียน
หน่วยที่ 2

ระบบการผลิตและจ่ายลม

คำสั่ง จงทำเครื่องหมาย X ลงข้อที่ถูกต้อง

1. การกำหนดขนาดของเครื่องอัดอากาศที่จะพิจารณาอันดับแรกคือข้อใด

ก. ชนิดเครื่องอัดอากาศ
ข. ประสิทธิภาพของเครื่องอัดอากาศ
ค. ปริมาตรการผลิตเครื่องอัดอากาศ
ง. อัตราการจ่ายลมอัด

2. อุณหภูมิอากาศก่อนเข้าเครื่องอัดสูงขึ้นทุกๆ 3 $^{\circ}C$ จะส่งผลให้เครื่องอัดอากาศใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้นเท่าไหร่

ก. 1%
ข. 2%
ค. 3%
ง. 4%

3. ในการติดตั้งเครื่องอัดอากาศนั้น ตำแหน่งที่ติดตั้งระยะห่างระหว่างเครื่องอัดอากาศกับผนังอาคาร หรือส่วนอื่นๆ จะต้องมีค่าไม่น้อยกว่ากี่เมตร เพื่อให้เกิดการหมุนเวียนถ่ายเทความร้อนได้สะดวก

ก. 0.5 m.
ข. 1 m.
ค. 1.5 m.
ง. 2 m.

4. หน้าที่เปลี่ยนพลังงานกลให้อยู่ในรูปพลังงานนิวเมติกส์คือข้อใด

ก. เครื่องอัดอากาศ
ข. ถังเก็บลม
ค. เครื่องกำจัดความชื้น
ง. เกจวัดความดัน

5. เครื่องอัดอากาศแบบใดให้ความดันมากที่สุด

ก. แบบลูกสูบ
ข. แบบไดอะแฟรม
ค. แบบสกรู
ง. แบบใบพัด

6. วิธีการควบคุมเครื่องอัดอากาศในงานอุตสาหกรรมควรใช้แบบใด

ก. แบบ On-Off
ข. แบบ Unloading Control
ค. แบบ Alternating Control
ง. แบบ Flow Control

7. วิธีการติดตั้งเครื่องระบายความร้อนข้อใดถูกต้อง

ก. ติดตั้งก่อนเข้าถังเก็บลม
ข. ติดตั้งหลังลมเข้าถังเก็บ
ค. ติดตั้งได้ทั้งก่อนหรือหลังลมเข้าถังเก็บลม
ง. ติดตั้งก่อนต่อท่อมน

8. เครื่องระบายความร้อนแบบใช้น้ำหล่อเย็นเหมาะกับสถานที่ใด

ก. ห้องทดลอง
ข. อาคารขนาดใหญ่
ค. โรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็ก
ง. โรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่

9. การกำจัดความชื้นด้วยสารเคมีคือหลักการของเครื่องกำจัดความชื้นแบบใด

ก. แบบใช้ความเย็น
ข. แบบดูดความชื้น
ค. แบบระบายลมออก
ง. แบบระบายลมเข้า

10. หน่วยวัดของเกจวัดความดันนิยมใช้หน่อยใด

ก. bar
ข. PSI
ค. Bar หรือ PSI
ง. Bar และ PSI

11. การปรับลดความดันในการผลิตลงทุก ๆ 1 bar สามารถประหยัดพลังงานลงได้กี่เปอร์เซ็นต์

ก. 1 %
ข. 5 %
ค. 10%
ง. 15 %

12. อุปกรณ์ระบายน้ำประกอบอยู่ในอุปกรณ์อะไร

ก. เครื่องอัดอากาศ
ข. ถังเก็บลม
ค. กรองลม
ง. ท่อลม

13. อุปกรณ์ใดทำหน้าที่ป้องกันการไหลย้อนกลับของลม

ก. วาล์วนิรภัย
ข. วาล์วกันกลับ
ค. กรองลม
ง. เกจวัดความดัน

14. ในระบบส่งจ่ายลมอัด มักจะเกิดปัญหาเกิดการรั่วไหลของอากาศ บริเวณที่พบมากที่สุดคือส่วนไหนในระบบอัดอากาศ

ก. เครื่องอัดอากาศ
ข. ข้อต่อจุดและสายอ่อน
ค. อุปกรณ์ระบายน้ำ
ง. ถังเก็บลม

15. จากข้อ 14 จากตรวจโดยทั่วไปโรงงานที่ไม่ได้ดูแลตรวจสอบการรั่วของอากาศอย่างสม่ำเสมอ จะมีเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของอากาศโดยส่วนมากอยู่กี่เปอร์เซ็นต์ของความต้องการอากาศอัด

ก. 30 %
ข. 50 %
ค. 70 %
ง. 80 %

16. จากข้อ 15 มาตรฐานการรั่วของอากาศอัดที่ยอมรับได้อยู่ที่กี่เปอร์เซ็นต์ของระบบอัดอากาศในโรงงาน

ก. 0-5 %
ข. 5-10 %
ค. 15-20 %
ง. 25-30 %

17. จากข้อ 16 ประสิทธิภาพการส่งพลังงานอากาศอัดในระบบท่อส่งควรสูงกว่าเท่าไรเมื่อเทียบกับปริมาณอากาศที่ใช้ (ไม่ใช่ปริมาณอากาศผลิต)

ก. 10 %
ข. 50 %
ค. 70 %
ง. 90 %

18. การสำรวจหาจุดรอยรั่วสามารถทำได้หลายวิธี วิธีไหนที่ดีที่สุดในการตรวจสอบการรั่วไหล

ก. หูฟังเสียง
ข. ใช้สายตาสังเกต
ค. น้ำสบู่หรือแชมพู
ง. เครื่องตรวจจับแบบใช้อัตราโซนิกหรือคลื่นความถี่สูง

19. ในการตรวจสอบการรั่วไหลของลม ควรทำการตรวจสอบอย่างน้อยปีละกี่ครั้ง

ก. 1 ครั้ง
ข. 2 ครั้ง
ค. 3 ครั้ง
ง. 4 ครั้ง

20. จงหาปริมาณอากาศอัดที่รั่วไหลขอบระบบอัดอากาศ เมื่อเครื่องอัดอากาศมีขนาด 500 CFM โดยมีการทำงานดังนี้

เวลาขณะ LOAD (T_L) = 30 Sec.
เวลาขณะ UNLOAD (TU_L) = 270 Sec.

ก. 0.1 CFM
ข. 0.11 CFM
ค. 50 CFM
ง. 55.56 CFM