เครื่องจักรกล งานก่อสร้าง

ให้ความรู้ขั้นพื้นฐานจนถึงขั้นนำไปปฏิบัติงานจริง

SPED
inspiration starts here

วีระศักดิ์ กรัยวิเชียร

ซีเอ็ด

เครื่องจักรกลงานก่อสร้าง

รศ. วีระศักดิ์ กรัยวิเชียร

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

SE-ED
inspiration starts here

บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)
SE-EDUCATION PUBLIC COMPANY LIMITED

ค้นหาหนังสือที่ต้องการ ได้เร็ว ทันใจ ที่ **www.se-ed.com**

เครื่องจักรกลงานก่อสร้าง

โดย วีระศักดิ์ กรัยวิเชียร

สงวนลิขสิทธิ์ในประเทศไทยตาม พ.ร.บ. ลิขสิทธิ์ © พ.ศ. 2556 โดย วีระศักดิ์ กรัยวิเชียร
ห้ามคัดลอก ลอกเลียน ดัดแปลง ทำซ้ำ จัดพิมพ์ หรือกระทำอื่นใด โดยวิธีการใดๆ ในรูปแบบใดๆ
ไม่ว่าส่วนหนึ่งส่วนใดของหนังสือเล่มนี้ เพื่อเผยแพร่ในสื่อทุกประเภท หรือเพื่อวัตถุประสงค์ใดๆ
นอกจากจะได้รับอนุญาต

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ

วีระศักดิ์ กรัยวิเชียร.
เครื่องจักรกลงานก่อสร้าง. --กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2556.
1. เครื่องจักรกล
I. ชื่อเรื่อง.
621.8

ISBN(e-book) : 978-616-08-0991-2

SE-ED
inspiration starts here

ผลิตและจัดจำหน่ายโดย

บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)
SE-EDUCATION PUBLIC COMPANY LIMITED

อาคารทีซีไอเอฟ ทาวเวอร์ ชั้น 19 เลขที่ 1858/87-90 ถนนบางนา-ตราด แขวงบางนา
เขตบางนา กรุงเทพฯ 10260 โทรศัพท์ 0-2739-8000

[หากมีคำแนะนำหรือติชม สามารถติดต่อได้ที่ comment@se-ed.com]

คำนำ

ปัจจุบันเครื่องจักรกลได้เข้ามามีบทบาทมาก ไม่ว่าจะเป็นในด้านการผลิตและการก่อสร้าง ทั้งนี้เนื่องจากความต้องการที่จะให้ได้ผลผลิตและงานก่อสร้างที่มีคุณภาพดีมีประสิทธิภาพสูงสุด นอกจากนี้ในประเทศเราซึ่งถือว่าเป็นประเทศกำลังพัฒนา เครื่องจักรกลงานก่อสร้างนับว่าเป็นปัจจัยสำคัญที่จะเร่งรัดการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นถนนหนทาง เขื่อนกักเก็บน้ำ ระบบชลประทาน อาคาร ให้แล้วเสร็จภายในเวลาอันสั้น

เครื่องจักรกลงานก่อสร้างที่ใช้กันอยู่ในประเทศเราส่วนใหญ่เป็นเครื่องจักรกลที่ผลิตมาจากต่างประเทศ ดังนั้นเราซึ่งอยู่ในฐานะผู้ใช้งานเครื่องจักรกลเหล่านี้ จึงต้องใช้งานให้เกิดประโยชน์สูงสุด ซึ่งจะต้องมีการเลือกเครื่องจักรกลที่เหมาะสม มีการใช้งาน การบำรุงรักษา และการซ่อมที่ถูกต้อง นอกจากนี้ยังต้องมีการบริหารงานอย่างมีประสิทธิภาพอีกด้วย

SE-ED
inspiration starts here

หนังสือเล่มนี้ได้เรียบเรียงขึ้นเพื่อที่จะให้ผู้ที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักรกลงานก่อสร้าง สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าวข้างต้นได้ในระยะเวลาอันสั้น โดยผู้เรียบเรียงได้พยายามรวบรวมเรื่องราวต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักรกล งานก่อสร้าง ตั้งแต่ความรู้พื้นฐานจนถึงขั้นที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในการปฏิบัติงานจริง นอกจากนั้นหนังสือเล่มนี้ยังได้เรียบเรียงขึ้นเพื่อใช้เป็นตำราหลักในการสอนวิชา "เครื่องจักรกลงานก่อสร้าง" ของภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และผู้เรียบเรียงเองก็หวังว่าคงจะสามารถใช้ประกอบการสอนวิชาในลักษณะเดียวกันนี้ในสถาบันการศึกษาอื่น ๆ อีกด้วย

หนังสือเล่มนี้ได้แบ่งออกเป็น 4 ส่วน โดยส่วนแรกคือบทที่ 1 เป็นบทนำซึ่งอธิบายถึงความสำคัญของเครื่องจักรกลในงานก่อสร้าง ส่วนที่สองตั้งแต่บทที่ 2 ถึงบทที่ 6 จะอธิบายถึงแบบ ชนิด และหลักการทำงานของระบบที่สำคัญ ๆ ต่าง ๆ ของเครื่องจักรกล ส่วนที่สามตั้งแต่บทที่ 7 ถึงบทที่ 12 จะอธิบายถึงเครื่องจักรกลประเภทต่าง ๆ และส่วนสุดท้ายคือบทที่ 13 และบทที่ 14 จะอธิบายถึงการเลือกค่าใช้จ่ายและการบริหารเครื่องจักรกลงานก่อสร้าง

ผู้เรียบเรียงขอขอบคุณคณาจารย์ของภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ผู้ร่วมงานทุกท่านที่ได้เคยร่วมงานครั้งเมื่อผู้เรียบเรียงทำงานอยู่ที่

สำนักงานเร่งรัดพัฒนาชนบท กระทรวงมหาดไทย คุณยงยศ ต่วนทอง ซึ่งเป็นผู้พิมพ์ต้นฉบับครั้งแรก และกองบรรณาธิการแผนกตำราของบริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด ที่มีส่วนสำคัญยิ่งในการทำให้หนังสือเล่มนี้สำเร็จลงด้วยดี หากผู้อ่านมีข้อคิดเห็นใด ๆ เกี่ยวกับหนังสือเล่มนี้ ผู้เรียบเรียงยินดีรับคำติชมและข้อเสนอแนะจากทุก ๆ ท่าน

รศ. วีระศักดิ์ กรัยวิเชียร
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

SE-ED
inspiration starts here

สารบัญ

บทที่ 1 งานก่อสร้างกับเครื่องจักรกล 11

ประเภทของงานก่อสร้าง 11
ขั้นตอนของงานก่อสร้าง 12
ปัจจัยในการวางแผนงานก่อสร้าง 12
แผนงานก่อสร้าง 13
แผนการใช้เครื่องจักรกล 14
แผนการใช้บุคลากร 15
แผนการใช้วัสดุและด้านการเงิน 16
การควบคุมโครงการ 17
ค่าใช้จ่ายของเครื่องจักรกลในงานก่อสร้าง 18
ประเภทของเครื่องจักรกลที่ใช้ในงานก่อสร้าง 19
ระบบที่สำคัญของเครื่องจักรกลงานดิน 20
คำถามท้ายบท 21

บทที่ 2 เครื่องยนต์สำหรับเครื่องจักรกลงานก่อสร้าง 22

หลักการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล 22
ระบบและชิ้นส่วนที่สำคัญของเครื่องยนต์ดีเซล 25
กำลังงานของเครื่องยนต์ดีเซล 32
ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ดีเซล 34
คุณสมบัติของเครื่องยนต์ดีเซลอื่น ๆ 36
การแสดงสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซล 38
ชนิดของกำลังงานเบรกที่แสดงในกราฟสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซล 40
มาตรฐานการวัดกำลังงานเบรกของเครื่องยนต์ดีเซล 41
กำลังงานของเครื่องยนต์กับเครื่องจักรกล 42
การเปรียบเทียบแบบต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ดีเซลของเครื่องจักรกลหนัก 47

SE-ED
inspiration starts here

บทที่ 3 ระบบถ่ายทอดกำลัง 51
วิธีการถ่ายทอดกำลัง 51
หน้าที่ของระบบถ่ายทอดกำลัง 58
แบบของระบบถ่ายทอดกำลังของเครื่องจักรกลงานก่อสร้าง 59
อุปกรณ์ที่สำคัญของระบบถ่ายทอดกำลัง 60
ข้อดีข้อเสียของระบบถ่ายทอดกำลังแต่ละแบบ 78
คำถามท้ายบท 81

บทที่ 4 ระบบบังคับเลี้ยวและเบรก 82
ระบบบังคับเลี้ยว 82
ระบบเบรก 91
แบบของระบบเบรก 91
เครื่องช่วยเบรก 99
คำถามท้ายบท 101

บทที่ 5 ระบบเครื่องล่างและยาง 102
ระบบเครื่องล่าง 102
ยาง 109
โครงสร้างของยาง 110
แบบของโครงสร้างของยาง 110
ขนาดของยาง 111
การรับแรงกดของยาง 113
ชนิดของยางสำหรับเครื่องจักรกลงานก่อสร้าง 115
การเพิ่มน้ำหนักที่กดลงบนยาง 118
อุปกรณ์ห่อหุ้มยาง 118
คำถามท้ายบท 120

บทที่ 6 ระบบไฮดรอลิก 121
อุปกรณ์ที่สำคัญของระบบไฮดรอลิก 121
แบบของระบบไฮดรอลิก 122
ปั๊มไฮดรอลิก 128
สมรรถนะของปั๊มไฮดรอลิก 141
วาล์วไฮดรอลิก 141
กระบอกไฮดรอลิก 149

SE-ED
inspiration starts here

มอเตอร์ไฮดรอลิก 151
ถังอัด 154
เครื่องกรองน้ำมันไฮดรอลิก 155
ถังน้ำมันไฮดรอลิก 156
เครื่องหล่อเย็นน้ำมันไฮดรอลิก 157
อุปกรณ์อื่น ๆ 157
สัญลักษณ์ของอุปกรณ์ 158
คำถามท้ายบท 159

บทที่ 7 รถแทรกเตอร์ 160
รถแทรกเตอร์ตีนตะขาบ 160
รถดันดินตีนตะขาบ 163
ลักษณะการใช้งานของรถดันดินตีนตะขาบ 165
คุณสมบัติของวัสดุที่ทำงานโดยเครื่องจักรกล 169
ปริมาณงานที่รถดันดินสามารถทำได้ 170
ตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณงานของรถดันดิน 175
คราดที่ใช้กับรถแทรกเตอร์ตีนตะขาบ 180
รถแทรกเตอร์ล้อยาง 180
รถแทรกเตอร์ตีนตะขาบของบริษัทผู้ผลิตต่าง ๆ 182
คำถามท้ายบท 184

บทที่ 8 รถขุดตัก 185
โครงสร้างของรถขุดตัก 185
รถขุดตักแบบตักเข้าหาตัวรถ 187
ระบบไฮดรอลิกของรถขุดตักแบบตักเข้าหาตัวรถ 187
สมรรถนะของรถขุดตักแบบเข้าหาตัวรถ 188
ปริมาณงานที่รถขุดตักแบบตักเข้าหาตัวเองสามารถทำได้ 191
ตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณงานของรถขุดตัก 194
รถขุดตักแบบขุดตักเข้าหาตัวรถชนิดอื่น 197
รถขุดตักแบบตักออกจากตัวรถ 199
รถขุดตักแบบคีบและแบบลากดึง 199
รถขุดตักของบริษัทผู้ผลิตต่าง ๆ 202
คำถามท้ายบท 205

SE-ED
inspiration starts here

บทที่ 9 รถตัก **206**

รถตักด้านหน้าแบบตีนตะขาบ 206
รถตักด้านหน้าแบบล้อยาง 208
สมรรถนะของรถตัก 209
ลักษณะการทำงานของรถตัก 213
ปริมาณที่รถตักด้านหน้าสามารถทำได้ 215
ตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณของรถตัก 219
รถตักด้านหน้าของบริษัทผู้ผลิตต่าง ๆ 220
คำถามท้ายบท 224

บทที่ 10 รถเกลี่ย **225**

โครงสร้างของรถเกลี่ย 225
ส่วนประกอบที่สำคัญของรถเกลี่ย 227
ระบบไฮดรอลิกของรถเกลี่ย 231
ลักษณะการทำงานของรถเกลี่ย 232
ปริมาณงานที่รถเกลี่ยสามารถทำได้ 234
ตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณงานของรถเกลี่ย 237
อุปกรณ์ที่ติดตั้งเพิ่มเติมของรถเกลี่ย 239
รถเกลี่ยของบริษัทผู้ผลิตต่าง ๆ 240
คำถามท้ายบท 242

บทที่ 11 เครื่องบดอัด **243**

ชนิดของดิน 243
คุณสมบัติของดิน 244
การทดสอบดิน 246
ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและความหนาแน่นของดิน 247
การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและความหนาแน่นของดิน 248
เครื่องบดอัด 253
ปริมาณงานที่เครื่องบดอัดสามารถทำได้ 260
รถบดอัดของบริษัทผู้ผลิตต่าง ๆ 261
คำถามท้ายบท 263

SE-ED
inspiration starts here

บทที่ 12 เครื่องจักรกลงานก่อสร้างประเภทอื่น ๆ 264

เครื่องอัดอากาศ 264

เครื่องสูบน้ำ 266

เครื่องตอกเสาเข็ม 269

เครื่องจักรกลงานคอนกรีต 270

ปั้นจั่น 273

เทาเวอร์เครน 281

ลิฟต์ 283

รถบรรทุก 284

คำถามท้ายบท 286

บทที่ 13 ค่าใช้จ่ายและการเลือกเครื่องจักรกล 287

ค่าใช้จ่ายของเครื่องจักรกล 287

ตัวอย่างการคิดค่าใช้จ่ายของเครื่องจักรกล 295

การเลือกเครื่องจักรกล 296

คำถามท้ายบท 300

บทที่ 14 การบริหารงานด้านเครื่องจักรกลงานก่อสร้าง 301

ปัญหาของงานด้านเครื่องจักรกล 301

หลักในการบริหารงาน 302

วงจรของงานด้านเครื่องจักรกล 302

การวางแผนงานด้านเครื่องจักรกล 303

การจัดแบ่งงานด้านเครื่องจักรกล 307

การควบคุมงานด้านเครื่องจักรกล 307

การเก็บประวัติของเครื่องจักรกล 308

การประเมินผลงานด้านเครื่องจักรกล 309

คำถามท้ายบท 333

บรรณานุกรม 334

SE-ED
www.se-ed.com/ebook-store

งานก่อสร้างกับเครื่องจักรกล 1

ในปัจจุบันเครื่องจักรกลประเภทและชนิดต่าง ๆ ได้เข้ามามีบทบาททั้งในด้านการผลิต การก่อสร้างและการอำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวันเป็นอย่างมาก ทั้งนี้เนื่องจากความต้องการที่จะได้ผลผลิตและงานก่อสร้างที่มีคุณภาพดี ความสะดวกรวดเร็วในการผลิตและการทำงาน รวมทั้งต้องการลดค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ลงให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

เพื่อสนองตอบความต้องการดังกล่าว โรงงานผู้ผลิตเครื่องจักรกลได้ผลิตเครื่องจักรกลออกมามากมายหลายประเภท หลายชนิด และหลายขนาด บางชนิดสามารถทำงานได้หลายอย่าง บางชนิดก็ทำงานได้อย่างเดียว ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องเรียนรู้เครื่องจักรกลประเภทต่าง ๆ เพื่อที่จะสามารถเลือกเครื่องจักรกลประเภท ชนิด และขนาดให้เหมาะสมกับงานก่อสร้างและการผลิต ซึ่งจะเป็นปัจจัยหนึ่งที่เป็นผลให้การก่อสร้างและการผลิตมีประสิทธิภาพสูงสุด

SE-ED
inspiration starts here

ประเภทของงานก่อสร้าง

งานก่อสร้างก็คือการดำเนินงานเพื่อสร้างสิ่งของซึ่งค่อนข้างถาวรขึ้นมาเพื่อสนองความต้องการและอำนวยความสะดวกแก่มนุษย์ งานก่อสร้างสามารถแบ่งตามลักษณะของสิ่งที่ถูกสร้างขึ้นมาได้เป็น

1. งานก่อสร้างบ้านเรือนสำหรับอยู่อาศัย
2. งานก่อสร้างด้านพัฒนาอุตสาหกรรม ได้แก่ โรงงาน และโรงเก็บของ
3. งานก่อสร้างถนน สะพาน และอุโมงค์
4. งานก่อสร้างอาคารสาธารณะ เช่น โรงแรม สถานที่ทำงาน โรงเรียนและโรงพยาบาล
5. งานก่อสร้างโครงการด้านพลังงาน เช่น โรงจักรไฟฟ้า เขื่อนเก็บกักน้ำเพื่อใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า สายส่งไฟฟ้า และแท่นขุดเจาะน้ำมัน
6. งานก่อสร้างระบบชลประทาน รวมถึงเขื่อนเก็บกักน้ำ อาคารชลประทาน และคลองส่งน้ำ เป็นต้น
7. งานก่อสร้างด้านปรับปรุงที่ดิน งานเหมือง และงานเกษตรกรรม

8. งานก่อสร้างท่าเรือ สนามบิน และทางรถไฟ
9. งานก่อสร้างประเภทอื่น ๆ ที่ไม่รวมอยู่ในประเภทต่าง ๆ ข้างต้น

ขั้นตอนของงานก่อสร้าง

งานก่อสร้างประเภทต่าง ๆ ตามที่กล่าวมาแล้วนั้น โดยทั่วไปจะประกอบด้วยงานหลายลักษณะ และจะต้องทำเป็นขั้นตอน เช่น งานก่อสร้างถนนก็จะประกอบด้วยงานและขั้นตอนดังนี้ คือ

1. เคลื่อนย้ายเครื่องจักรไปที่หัวงาน และสร้างค่ายหัวงาน
2. งานบุกเบิกและถางแนวทาง
3. งานสร้างที่ระบายน้ำ
4. งานดินตัด ดินถม และงานบดอัด
5. งานผิวจราจร
6. งานเบ็ดเตล็ดและรื้อถอนค่ายหัวงาน

สำหรับงานก่อสร้างระบบประปาซึ่งใช้น้ำผิวดิน อาจจะประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้คือ

SE-ED
inspiration starts here

1. งานบุกเบิกและถางบริเวณอ่างเก็บน้ำ
2. งานก่อสร้างเขื่อนกักเก็บ และอาคารควบคุมต่าง ๆ
3. งานก่อสร้างโรงสูบ
4. งานก่อสร้างระบบส่งน้ำดิบ
5. งานก่อสร้างโรงกรอง
6. งานก่อสร้างระบบจ่ายน้ำ

ปัจจัยในการวางแผนงานก่อสร้าง

งานก่อสร้างก็เช่นเดียวกับงานอื่น ๆ ที่จะต้องมีการวางแผนงาน ในการวางแผนงานก่อสร้างจะต้องกำหนดปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ก่อนคือ

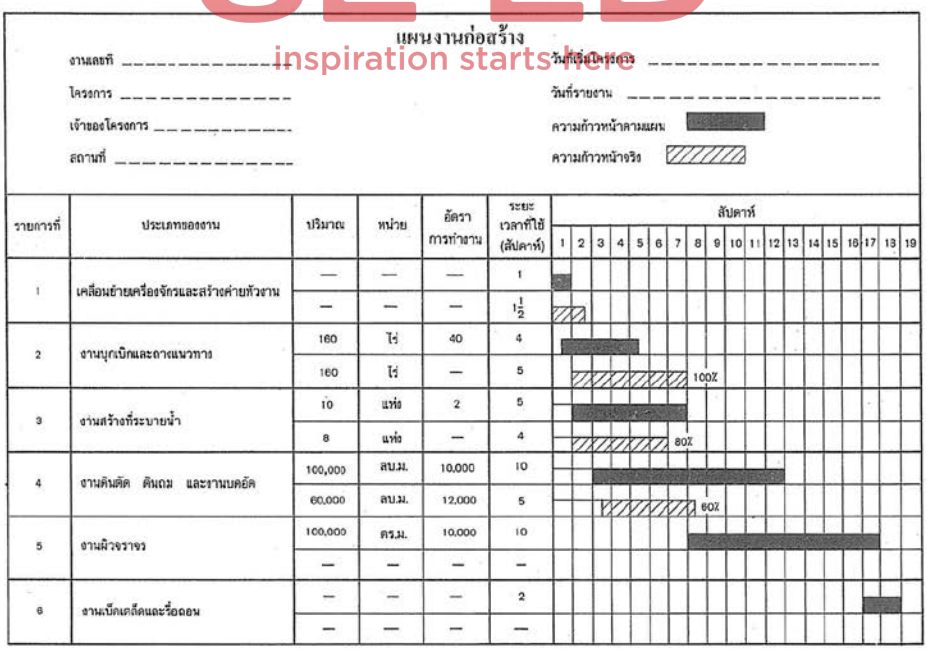
1. ระยะเวลาในการส่งวัสดุต่าง ๆ
2. ชนิด จำนวนเครื่องจักรกลที่ต้องการ และระยะเวลาที่ต้องการใช้งาน
3. ประเภทของช่าง คน ที่ต้องการ และระยะเวลาที่ต้องการใช้งาน
4. เงินทุนที่ต้องการใช้ในช่วงเวลาต่าง ๆ
5. ระยะเวลาที่ต้องการให้งานแล้วเสร็จ

แผนงานก่อสร้าง

เมื่อกำหนดปัจจัยต่าง ๆ ในการวางแผนงานก่อสร้างแล้ว ก็สามารถที่จะจัดทำแผนงานก่อสร้างได้ แผนงานก่อสร้างก็คือ กำหนดการดำเนินงานก่อสร้างแต่ละงานและแต่ละขั้นตอน ซึ่งนิยมจัดทำเป็นแผนภูมิแบบแท่ง โดยจะแสดงถึงปริมาณงานของแต่ละงาน หน่วยของงานแต่ละงาน อัตราในการทำงานแต่ละงาน และประมาณวันที่เริ่มต้นและวันที่แล้วเสร็จ นอกจากนี้ยังรวมเอาผลการปฏิบัติงานจริงเข้าไว้ในแผนภูมิแบบแท่งนี้ด้วย เพื่อที่จะแสดงถึงสถานการณ์ของโครงการก่อสร้างว่างานแต่ละงานนั้นแล้วเสร็จตามกำหนด แล้วเสร็จก่อนกำหนด หรือล่าช้ากว่ากำหนด ซึ่งหากว่างานล่าช้ากว่ากำหนดก็สามารถที่จะพิจารณาหาทางแก้ไขได้ทันที

การจัดทำกำหนดการก่อสร้างนี้ จะต้องแบ่งโครงการก่อสร้างออกเป็นงานลักษณะต่าง ๆ คิดปริมาณงานของแต่ละงานย่อย คิดอัตราทำงานของแต่ละงาน โดยคำนึงถึงวิธีการที่ประหยัดที่สุดทั้งในแง่ของคนทำงานและเครื่องจักรกล นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่กำหนดขึ้นด้วย ได้แก่ ระยะเวลาที่ต้องการให้งานแล้วเสร็จ เงินทุนที่ต้องการ จำนวนและประเภทของบุคลากรและเครื่องจักรกลที่ต้องการ และระยะเวลาในการส่งวัสดุต่าง ๆ เมื่อจัดทำกำหนดการก่อสร้างเสร็จแล้วก็ควรที่จะมีการศึกษาอย่างละเอียดอีกครั้งหนึ่ง เพื่อที่จะหากำหนดการที่ดีที่สุดและประหยัดที่สุด เช่น อาจจะเลื่อนกำหนดงานบางอย่างออกไปเพื่อที่จะรอโยกย้ายคนและเครื่องจักรกลจาก

SE-ED
inspiration starts here



รูปที่ 1.1

โครงการอื่นมาทำงาน ก็จะทำให้ประหยัดในแง่ของการที่จะต้องจ้างคนใหม่และซื้อเครื่องจักรใหม่เป็นต้น

ตัวอย่างของกำหนดการก่อสร้างของโครงการก่อสร้างถนน แสดงไว้ดังรูปที่ 1.1 ซึ่งแบ่งตามประเภทของงานคือ งานเคลื่อนย้ายเครื่องจักร และสร้างค่ายหัวงาน งานบุกเบิก และถางแนวทาง งานสร้างที่ระบายน้ำ งานดินตัด ดินถมและงานบดอัด งานผิวจราจร และงานเบ็ดเตล็ดและรื้อถอนค่ายหัวงาน งานแต่ละประเภทจะเริ่มต้นไม่พร้อมกัน เพราะบางงานจะต้องรอให้งานอื่นแล้วเสร็จเสียก่อน แต่ก็ไม่จำเป็นที่จะต้องให้แล้วเสร็จทั้งหมด ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับวิธีการก่อสร้าง ในตัวอย่างนี้จะเป็นการรายงานความก้าวหน้าจริงของงานด้วย ซึ่งอาจจะทำทุกเดือนหรือมากกว่านั้นก็ได้ โดยพิจารณาตามความเหมาะสม ความจำเป็นและความก้าวหน้าของงานแต่ละประเภท ซึ่งงานที่ทำได้จริงจะคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของงานทั้งหมดด้วย เพื่อให้สะดวกในการประเมินผลงาน

แผนการใช้เครื่องจักรกล

ในการจัดทำกำหนดการก่อสร้าง ซึ่งจะต้องมีการคิดปริมาณงาน อัตราการทำงานและระยะเวลาในการทำงาน การคิดคำนวณดังกล่าวนี้จะต้องมีการเลือกประเภท ชนิด ขนาด และจำนวนของเครื่องจักรกลที่ต้องใช้งาน โดยคำนึงถึงหลักการประหยัดเช่นเดียวกัน หลังจากเลือก

SE-ED
inspiration starts here

แผนการใช้เครื่องจักรกล

งานเลขที่ _____

โครงการ _____ สถานที่ _____

เจ้าของโครงการ _____ วันที่เริ่มโครงการ _____

รายการที่	ประเภทของเครื่องจักรกล	สัปดาห์																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	รถแทรกเตอร์ดันตะขาบ	2	2	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2								
2	รถขุดตักดินตะขาบ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
3	รถตักดินล้อยาง	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
4	รถบรรทุกเททาย	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4								
5	รถน้ำ	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2								
6	รถบดอัด					2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2				
7	รถเกลี่ยดิน					2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2				
8	รถลาดยาง								1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
9	รถบรรทุกพร้อมเครน	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
10	รถบรรทุก	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
11	รถตรวจการ	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			

รูปที่ 1.2

เครื่องจักรกลแล้ว ก็จัดทำแผนการใช้เครื่องจักรกลแต่ละประเภทให้สอดคล้องกับกำหนดการก่อสร้าง โดยจะกำหนดจำนวนของเครื่องจักรกลแต่ละประเภทที่จะใช้ในช่วงเวลาต่าง ๆ

ตัวอย่างของแผนการใช้เครื่องจักรกลแสดงไว้ตามรูปที่ 1.2 ซึ่งรวมเครื่องจักรกลแต่ละประเภทที่จะใช้งานในแต่ละสัปดาห์

แผนการใช้บุคลากร

จำนวนและประเภทของบุคลากรสามารถคิดได้จากวิธีการทำและปริมาณของงานแต่ละประเภท และเมื่อนำไปพิจารณาร่วมกับแผนงานก่อสร้างแล้วก็สามารถจัดทำเป็นแผนการใช้บุคลากรได้ ตามตัวอย่างในรูปที่ 1.3 ซึ่งจะแสดงถึงประเภทและจำนวนของบุคลากรที่ต้องการในแต่ละช่วงเวลา

แผนการใช้บุคลากรนี้ทำให้รู้ถึงความต้องการในการใช้บุคลากรแต่ละประเภท ตั้งแต่เริ่มโครงการจนกระทั่งแล้วเสร็จโครงการ ซึ่งจะสามารถจัดทำแผนการจัดหาบุคลากรได้อย่างมีประสิทธิภาพ

SE-ED
inspiration starts here

แผนการใช้บุคลากร

งานและที่ _____

โครงการ _____ สถานที่ _____

เจ้าของโครงการ _____ วันที่เริ่มโครงการ _____

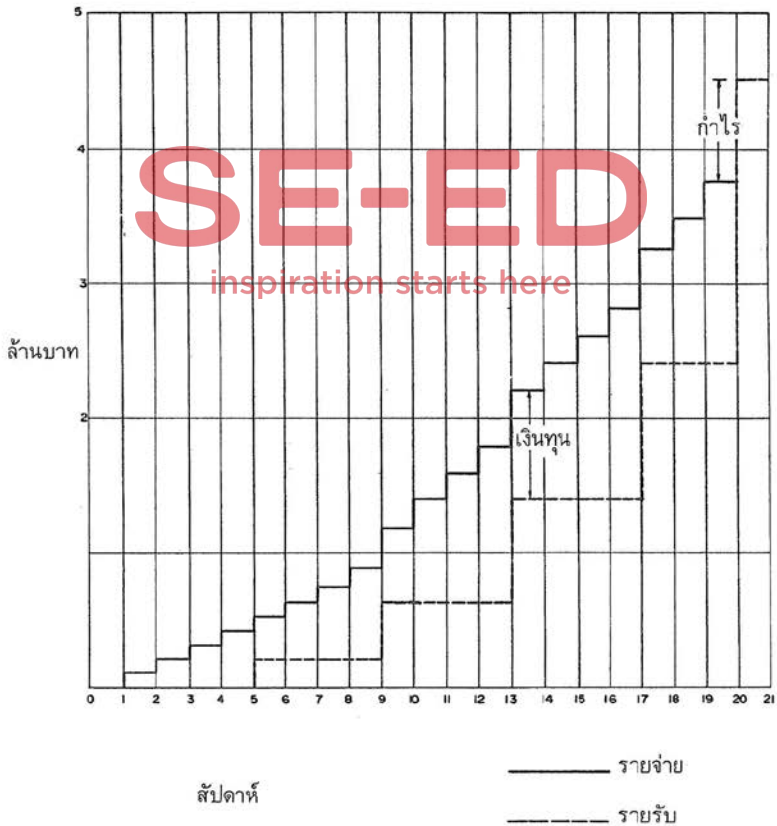
รายการที่	ประเภทของบุคลากร	สัปดาห์																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	ผู้จัดโครงการ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	วิศวกร	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	โฟร์แมน	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
4	ช่างสำรวจ	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	–
5	พนักงานขับเครื่องจักรกล	4	4	6	6	10	10	10	10	10	10	10	10	4	4	4	4	–	–	–	–
6	พนักงานขับรถ	7	7	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	3	3	3	3	3	2	–	–
7	ช่างซ่อมเครื่องจักรกล	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
8	คนงาน	4	4	4	4	8	8	8	8	8	8	8	8	4	4	4	4	4	4	4	4

รูปที่ 1.3

แผนการใช้วัสดุและแผนด้านการเงิน

เมื่อจัดทำแผนงานก่อสร้างเรียบร้อยแล้ว ก็สามารถจัดทำแผนการใช้วัสดุได้ โดยจะจัดทำเป็นแผนการสั่งวัสดุให้ทันต่อความต้องการแต่ละงาน ซึ่งทั่วไปแล้วก็จะสั่งวัสดุมาเผื่อไว้ล่วงหน้า แต่ก็ไม่ควรที่จะสั่งมาเผื่อไว้ล่วงหน้านานนัก เพราะวัสดุบางอย่างจะเสื่อมสภาพหากทิ้งไว้นาน ยากต่อการดูแลรักษา เปลืองที่เก็บ และทำให้ต้องใช้เงินลงทุนเร็วกว่ากำหนด

สำหรับแผนด้านการเงินนั้น ก็จะรวมถึงประมาณค่าใช้จ่ายในแต่ละช่วงตลอดระยะเวลาของโครงการ ได้แก่ ค่าใช้จ่ายด้านแรงงาน ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุที่ใช้ในงานก่อสร้าง ค่าใช้จ่ายด้านบริหาร และด้านอื่น ๆ ซึ่งสามารถประมาณได้จากแผนงานก่อสร้าง แผนการใช้เครื่องจักรกล แผนการใช้บุคลากร และแผนการใช้วัสดุนอกจากประมาณค่าใช้จ่ายแล้ว แผนด้านการเงินยังรวม



SE-ED
inspiration starts here

แผนด้านการเงิน

รูปที่ 1.4

ถึงประมาณรายรับในแต่ละช่วงตลอดระยะเวลาของโครงการอีกด้วย โดยทั่วไปแล้วเจ้าของโครงการก่อสร้างจะตกลงจ่ายเงินค่าก่อสร้างแต่ละประเภทที่แล้วเสร็จ ซึ่งเมื่อนำเอาประมาณค่าใช้จ่ายและประมาณรายรับมาเปรียบเทียบโดยเขียนเป็นกราฟแสดงแผนด้านการเงิน ตามตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 1.4 จะแสดงถึงเงินทุนที่จะต้องใช้ในแต่ละช่วงเวลา และแสดงถึงกำไรที่ควรจะได้รับเมื่อเสร็จสิ้นโครงการ

การควบคุมโครงการ

เมื่อเริ่มดำเนินงานตามโครงการก่อสร้างแล้วก็จะต้องมีการควบคุมโครงการให้เป็นตามแผนการต่าง ๆ ที่วางไว้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งความก้าวหน้าของงานจะต้องเป็นไปตามแผนงานก่อสร้างที่วางไว้ หากงานล่าช้ากว่ากำหนดก็จะต้องหาสาเหตุของความล่าช้า วิธีแก้ไขและดำเนินการแก้ไขทันที แต่ถ้าสาเหตุของความล่าช้าเกิดจากสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ เช่น ฝนตกหนักไม่สามารถทำงานได้ ก็จะต้องมีการปรับแผนงานก่อสร้างให้อัตราการทำงานเร็วขึ้นเพื่อที่จะให้งานแล้วเสร็จตามกำหนด นอกจากนี้ก็ยังจำเป็นที่จะต้องควบคุมค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ให้อยู่ในวงเงินที่ประมาณไว้ในแต่ละช่วงเวลาด้วย การควบคุมโครงการดังกล่าวจำเป็นจะต้องมีการบันทึกประวัติ และรายละเอียดต่าง ๆ ซึ่งโดยทั่ว ๆ ไปก็จะประกอบด้วย

SE-ED
inspiration starts here

1. **บันทึกการใช้งานของเครื่องจักรกล** โดยจะแสดงรายละเอียดการใช้งานของเครื่องจักรกลแต่ละวัน ได้แก่ ชั่วโมงใช้งาน งานที่ทำ น้ำมันเชื้อเพลิงและน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้ หรือถ้าไม่ได้ใช้งานก็จะต้องระบุว่า จอดรองานหรือจอดซ่อมด้วย

2. **บันทึกการซ่อมบำรุงของเครื่องจักรกล** ซึ่งจะแสดงรายการซ่อมบำรุงรักษาอะไหล่และวัสดุที่ใช้พร้อมราคา วันเวลาที่เริ่มดำเนินการ และวันเวลาที่แล้วเสร็จ

3. **บัญชีวัสดุ** ซึ่งจะแสดงรายการวัสดุแต่ละรายการ จำนวนที่สั่งเข้ามา จำนวนที่เบิก จำนวนที่เหลือคงคลัง รวมถึงราคาที่ซื้อมาแต่ละครั้งด้วย

4. **บัญชีด้านบุคลากร** ซึ่งควรจะประกอบด้วยรายงานการปฏิบัติงาน บัญชีค่าแรงงานของบุคลากรแต่ละคน และบัญชีค่าแรงงานของแต่ละงาน

ค่าใช้จ่ายของเครื่องจักรกลในงานก่อสร้าง

ค่าใช้จ่ายของเครื่องจักรกลในงานก่อสร้างแต่ละประเภทจะแตกต่างกัน งานก่อสร้างบางประเภทจะมีค่าใช้จ่ายของเครื่องจักรกลสูง แต่บางประเภทจะมีค่าใช้จ่ายต่ำ ทั้งนี้จะขึ้นอยู่

กับชนิด ขนาด และจำนวนของเครื่องจักรกลที่ต้องใช้ รวมถึงระยะเวลาที่ใช้งานของเครื่องจักรกลแต่ละคันด้วย

โดยทั่ว ๆ ไปแล้วค่าใช้จ่ายของเครื่องจักรกลจะเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งในค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างทั้งหมด ซึ่งพอที่จะประมาณแยกตามประเภทของงานก่อสร้างได้ตามตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1

ประเภทของงานก่อสร้าง	% ของค่าใช้จ่าย
เขื่อนดิน	35-40
เขื่อนคอนกรีต	40-45
ถนน	30-40
อุโมงค์	20-25
สะพาน	10-15
รถใต้ดิน	8-10
อาคาร	3-5

SE-ED
inspiration starts here

ประเภทของเครื่องจักรกลที่ใช้ในงานก่อสร้าง

ประเภทของเครื่องจักรกลที่ใช้ในงานก่อสร้างโดยทั่วไปจะถูกกำหนดด้วยลักษณะของงาน วิธีและเทคนิคที่ใช้ในการทำงาน ในปัจจุบันเครื่องจักรกลที่ใช้ในงานก่อสร้างสามารถจำแนกออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. เครื่องจักรกลแบบพิเศษที่ออกแบบและผลิตสำหรับใช้งานก่อสร้างงานหนึ่งงานใดโดยเฉพาะ

2. เครื่องจักรกลแบบมาตรฐานที่บริษัทผู้ผลิตผลิตออกมาจำหน่ายในตลาดสำหรับงานก่อสร้างทั่ว ๆ ไป

สำหรับเครื่องจักรกลแบบมาตรฐานนี้สามารถแบ่งเป็นชนิดต่าง ๆ ตามลักษณะของงานได้คือ

1. **เครื่องจักรกลงานย้ายวัสดุแข็งขนาดใหญ่** เครื่องจักรกลชนิดนี้จะใช้สำหรับงานย้ายวัสดุขนาดใหญ่ทั่ว ๆ ไป เช่น เสาคาน พื้น บุ้งกี๋คอนกรีต ไม้แบบ เหล็กเส้น โดยจะเคลื่อนย้ายไปในแนวราบหรือแนวดิ่ง หรือทั้งแนวราบและแนวดิ่ง เครื่องจักรกลเหล่านี้ได้แก่ รถยก รถเครน ลิฟต์ และเทาเวอร์เครน เป็นต้น เครื่องจักรกลงานย้ายวัสดุแข็งขนาดใหญ่จะใช้ในการก่อสร้างแทบทุกประเภท เช่น งานก่อสร้างอาคารและโครงสร้าง งานสร้างเขื่อน

2. **เครื่องจักรกลงานย้ายวัสดุแข็งขนาดเล็ก** ซึ่งวัสดุแข็งขนาดเล็กในที่นี้หมายถึงวัสดุที่มีขนาดเล็กมาก เมื่ออยู่รวมกันมาก ๆ จะไม่มีรูปร่างของตัวเองได้แก่ กรวด ทราย หิน ซีเมนต์

และคอนกรีต เป็นต้น เครื่องจักรกลที่ใช้สำหรับงานขนย้ายวัสดุประเภทนี้คือ เครื่องลำเลียง (conveyors) ชนิดต่าง ๆ

3. **เครื่องจักรกลงานผสมวัสดุ** เครื่องจักรกลชนิดนี้ใช้ในการผสมวัสดุหลายชนิดเข้าด้วยกัน ได้แก่ เครื่องผสมคอนกรีต และเครื่องผสมแอสฟัลต์ เป็นต้น

4. **เครื่องจักรกลสำหรับเคลื่อนย้ายของไหล** เครื่องจักรกลชนิดนี้จะใช้ในการสูบอัดของไหล เช่น ก๊าซและของเหลว เครื่องจักรประเภทนี้ได้แก่เครื่องอัดอากาศ เครื่องสูบน้ำ และปั๊มคอนกรีต เป็นต้น

5. **เครื่องจักรกลงานเจาะและตอก** ได้แก่ เครื่องเจาะชนิดต่าง ๆ และเครื่องตอกเสาเข็ม เป็นต้น

6. **รถบรรทุกประเภทต่าง ๆ** ซึ่งใช้ในการขนย้ายวัสดุไปในระยะทางไกล ได้แก่ รถบรรทุกเททิ้ง รถบรรทุกน้ำ และรถบรรทุกกระบะ เป็นต้น

7. **เครื่องจักรกลงานทำและซ่อมผิวพื้น** ได้แก่ เครื่องขูดผิวแอสฟัลต์ เครื่องปูผิวแอสฟัลต์ และเครื่องปูผิวคอนกรีต เป็นต้น

8. **เครื่องจักรกลงานดิน** เครื่องจักรกลเหล่านี้จะใช้ในงาน ขุด ขูด ตัด ขนย้าย บดอัด และตกแต่งผิวดิน (รวมทั้งหิน และวัสดุอื่น ๆ ที่เป็นส่วนประกอบของพื้นดิน ได้แก่ แร่ธาตุ ต้นไม้ เป็นต้น) เครื่องจักรกลงานดิน เป็นเครื่องจักรกลที่จะต้องใช้งานหลายประเภท จึงมีเครื่องจักรกลหลายชนิด แต่ละชนิดอาจจะทำงานได้หลายประเภทซึ่งพอสรุปชนิดของเครื่องจักรกลตามประเภทของงานได้ดังตารางที่ 1.2

SE-ED
inspiration starts here

ตารางที่ 1.2

ประเภทของงาน / ชนิดเครื่องจักร	ขุด (Digging)	ขูด (Scraping)	ตัก (Loading)	ขน (Carrying)	เกลี่ย (Spreading)	แต่ง (Finishing)	บดอัด (Compacting)
รถแทรกเตอร์ (Bulldozer)		XX		X	XX	X	
รถเกลี่ยดิน (Grader)		X			XX	XX	
รถตัก (Loader)		X	XX	XX	X		
รถขุด (Excavator)	XX		XX				
รถขูด (Scraper)		XX		XX	XX		

ตารางที่ 1.2 (ต่อ)

ประเภทของงาน / ชนิดเครื่องจักร	ขุด (Digging)	ขูด (Scraping)	ตัก (Loading)	ขน (Carrying)	เกลี่ย (Spreading)	แต่ง (Finishing)	บดอัด (Compacting)
*รถบรรทุกเทท้าย (Dump-Truck)				XX	X		
ลูกกลิ้ง (Roller)						X	XX
เครื่องบดอัด (Compactor)							XX
เครื่องขุดร่อง (Trencher)	XX						

X = พอใช้

XX = ดี

* = บางครั้งรวมอยู่ในเครื่องจักรกลงานดิน

SE-ED
inspiration starts here

ระบบที่สำคัญของเครื่องจักรกลงานดิน

ถึงแม้ว่าเครื่องจักรกลงานดินจะมีหลายชนิดตามลักษณะของงานก็ตาม แต่เครื่องจักรกลงานดินทุกชนิดก็จะมีระบบที่สำคัญ ๆ เหมือนกันซึ่งได้แก่

1. **เครื่องยนต์** เครื่องยนต์จะเป็นตัวต้นกำเนิดกำลัง เพื่อจะผลิตกำลังงานออกมา ไปใช้งานตามชนิดของเครื่องจักรกล เช่น นำไปขับเคลื่อนล้อหรือโซ่ตีนตะขาบ เพื่อให้เครื่องจักรกลสามารถดันหรือดึงวัสดุได้

2. **ระบบถ่ายทอดกำลัง** กำลังงานที่ออกมาจากเครื่องยนต์ไม่สามารถนำไปขับเคลื่อนเครื่องจักรกลได้ทันที จำเป็นจะต้องมีระบบถ่ายทอดกำลัง เพื่อให้มีการถ่ายทอดกำลังที่เหมาะสมและตามจังหวะเวลาที่ต้องการ

3. **ระบบเครื่องล่างและยาง** เครื่องจักรกลจะต้องขับเคลื่อนไปบนพื้นดิน ระบบเครื่องล่างและยางจะเป็นระบบที่รองรับเครื่องจักรกล และเป็นส่วนที่สัมผัสกับพื้นดิน

4. **ระบบบังคับเลี้ยวและเบรก** ระบบบังคับเลี้ยวและเบรก จะทำหน้าที่ควบคุมให้เครื่องจักรกลเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่ต้องการ และหยุดหรือลดความเร็วลงตามต้องการ

5. **ระบบไฮดรอลิก** ระบบไฮดรอลิกจะเป็นระบบในการถ่ายทอดกำลังจากเครื่องยนต์ไปใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องจักรกล หรือไปใช้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ ของเครื่องจักรกล

คำถามท้ายบท

1. จงอธิบายถึงปัจจัยในการวางแผนงานก่อสร้าง
2. แผนงานก่อสร้างคืออะไร ควรจะประกอบด้วยสาระสำคัญอะไรบ้าง
3. แผนการใช้เครื่องจักรกลเกี่ยวข้องกับแผนงานก่อสร้างอย่างไร
4. การจัดทำแผนการใช้บุคลากรจะต้องคำนึงถึงอะไรบ้าง
5. ในการควบคุมโครงการก่อสร้างควรจะมีการบันทึกรายละเอียดอะไรบ้าง
6. เครื่องจักรกลแบบมาตรฐานที่แบ่งตามลักษณะของงานมีกี่ชนิด อะไรบ้าง
7. จงอธิบายถึงระบบที่สำคัญของเครื่องจักรกลงานดิน

SE-ED
inspiration starts here

2 เครื่องยนต์สำหรับเครื่องจักรกลงานก่อสร้าง

เครื่องจักรกลงานก่อสร้างในปัจจุบันส่วนมากจะเป็นเครื่องจักรกลประเภทเคลื่อนที่ด้วยตัวเองและทำงานโดยไม่ต้องใช้แรงคน เพียงแต่ใช้คนเป็นผู้ควบคุมการทำงานเท่านั้น เครื่องจักรกลดังกล่าวจึงจำเป็นจะต้องมีเครื่องต้นกำลังที่ทำหน้าที่ผลิตกำลังออกมาใช้งาน ที่นิยมใช้ก็จะมีอยู่ 2 ประเภทคือ *เครื่องยนต์*และ*มอเตอร์ไฟฟ้า* สำหรับเครื่องยนต์จะใช้กับเครื่องจักรกลประเภทที่เคลื่อนที่ด้วยตัวเอง หรือเครื่องจักรกลประเภทที่นำไปใช้งานในที่ที่ไม่มีไฟฟ้า ส่วนมอเตอร์ไฟฟ้าจะใช้กับเครื่องจักรกลที่ไม่ต้องเคลื่อนที่ด้วยตัวเองและนำไปใช้งานที่ที่มีไฟฟ้า เช่น เทาเวอร์เครน เครื่องผสมคอนกรีต

SE-ED
inspiration starts here

เครื่องยนต์สำหรับเครื่องจักรกลงานก่อสร้าง

เนื่องจากเครื่องจักรกลงานก่อสร้างโดยเฉพาะอย่างยิ่งเครื่องจักรกลงานดิน จะต้องทำงานในสภาวะที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ทำงานหนักต่อเนื่องเป็นเวลานาน เคลื่อนที่ไปบนพื้นที่ขรุขระหรือลาดเอียง อีกทั้งต้องทำงานภายใต้สภาวะของอากาศที่สกปรกเต็มไปด้วยฝุ่นละออง ดังนั้นเครื่องยนต์สำหรับเครื่องจักรกลงานก่อสร้าง จึงต้องมีคุณสมบัติที่สำคัญ ๆ คือ

1. จะต้องมีสมรรถนะสอดคล้องกับการทำงานของเครื่องจักรกล
2. จะต้องทำงานได้ภายใต้สภาวะหนัก และต่อเนื่อง
3. จะต้องสามารถรับแรงกระแทกจากภายนอกได้ คือ ตัวเครื่องยนต์จะต้องแข็งแรงเป็นพิเศษ
4. จะต้องมีการบำรุงรักษาน้อย และประหยัดค่าใช้จ่าย
5. จะต้องสามารถทำงานได้ในสภาวะของอากาศโดยรอบที่สกปรก
6. จะต้องสามารถทำงานได้ในที่ขรุขระและลาดเอียง

จากคุณสมบัติต่าง ๆ ข้างต้น เครื่องจักรกลส่วนใหญ่โดยทั่ว ๆ ไปจะใช้เครื่องยนต์ดีเซลเป็นตัวต้นกำลัง มากกว่าเครื่องยนต์เบนซิน ทั้งนี้เนื่องจาก

1. การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (fuel consumption) ของเครื่องยนต์ดีเซลจะน้อยกว่าเครื่องยนต์เบนซิน อีกทั้งราคาน้ำมันดีเซลยังถูกกว่าราคาน้ำมันเบนซินอีกด้วย

2. เครื่องยนต์ดีเซลจะคงทนและแข็งแรงกว่าเครื่องยนต์เบนซิน

3. เครื่องยนต์ดีเซล จะมีการบำรุงรักษาน้อยกว่าเครื่องยนต์เบนซิน

อย่างไรก็ตาม เครื่องจักรกลงานก่อสร้างบางชนิดและบางขนาดยังใช้เครื่องยนต์เบนซินเป็นเครื่องต้นกำลัง ซึ่งโดยทั่วไปก็จะใช้กับเครื่องจักรกลขนาดเล็กที่ต้องการให้น้ำหนักเบาเพื่อให้สะดวกในการเคลื่อนย้าย หรือต้องการให้เครื่องจักรกลมีขนาดเล็ก เช่น เครื่องสูบน้ำขนาดเล็ก เครื่องผสมคอนกรีต เครื่องจี้คอนกรีต และเครื่องอัดอากาศขนาดเล็ก

หลักการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล

เครื่องยนต์ดีเซลเป็นเครื่องยนต์แบบหนึ่งของเครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน (internal combustion engines) ซึ่งเป็นเครื่องต้นกำลังที่เปลี่ยนพลังงานเชื้อเพลิงให้เป็นพลังงานความร้อนโดยการเผาไหม้ และพลังงานความร้อนก็จะเปลี่ยนเป็นงาน เครื่องยนต์ดีเซลนั้นจะมีการจุดระเบิดส่วนผสมระหว่างอากาศและเชื้อเพลิงเองซึ่งเรียกว่า compression ignition โดยเชื้อเพลิงจะถูกอัดฉีดเข้าไปในห้องเผาไหม้ที่มีอากาศถูกอัดไว้และจะเกิดการลุกไหม้ขึ้น ผลของการเผาไหม้จะทำให้ก๊าซที่เกิดขึ้นมีความดันและอุณหภูมิสูงก็จะขยายตัวดันลูกสูบลงมา ซึ่งจะไปผลักให้ข้อเหวี่ยงหมุนไป หลักการทำงานหรือวงจรการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซลสามารถแบ่งออกเป็น 2 วงจรการทำงานคือ

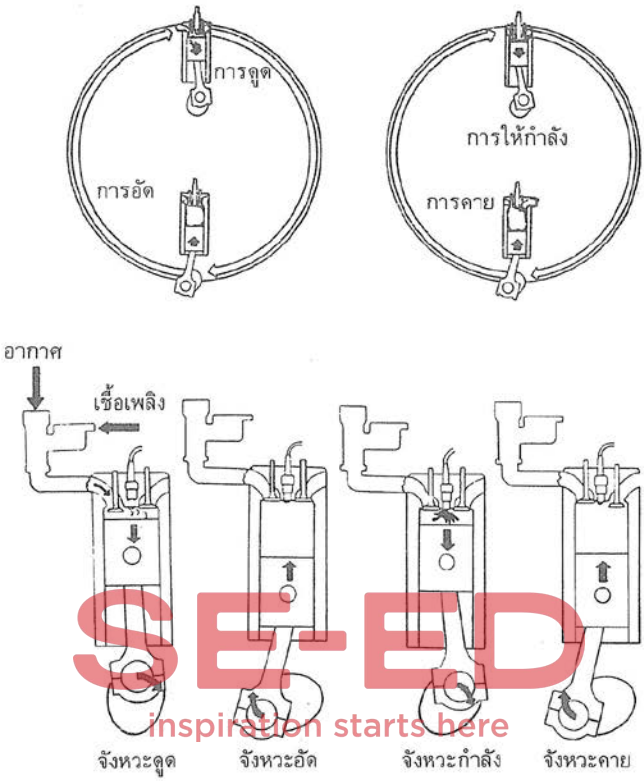
SE-ED
inspiration starts here

1. วงจรการทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ (four stroke cycle)

วงจรการทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ จะมีวงจรการทำงาน 1 วงจรประกอบด้วยจังหวะ (stroke) 4 จังหวะ จังหวะการทำงาน 1 จังหวะ ก็คือการเคลื่อนที่ของลูกสูบจากตำแหน่งบนสุด (top dead center) จนถึงตำแหน่งล่างสุด (bottom dead center) หรือจากตำแหน่งล่างสุดจนถึงตำแหน่งบนสุด ซึ่ง 2 จังหวะการทำงานจะเท่ากับ 1 รอบการหมุนของข้อเหวี่ยงหรือของเครื่องยนต์ วงจรการทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะจะเป็นไปตามรูปที่ 2.1 คือ

1.1 อากาศจะถูกดูดเข้าทางท่อไอดี ผ่านลิ้นไอดี โดยลูกสูบจะเคลื่อนที่ลงจากตำแหน่งบนสุดจนถึงล่างสุด จังหวะนี้เราเรียกว่า*จังหวะดูด (intake stroke)*

1.2 อากาศจะถูกอัดโดยลูกสูบ ซึ่งจะเคลื่อนที่จากตำแหน่งล่างสุดจนถึงตำแหน่งบนสุด ในระหว่างนี้ลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียจะเปิด จังหวะนี้เราเรียกว่า*จังหวะอัด (compression stroke)* ในจังหวะนี้เมื่ออากาศถูกอัดจนลูกสูบเกือบจะถึงตำแหน่งบนสุด เชื้อเพลิงก็จะถูกฉีดผ่านหัวฉีดเข้าสู่ห้องเผาไหม้ แล้วก็จะเกิดการลุกไหม้ระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศ



SE-ED
inspiration starts here

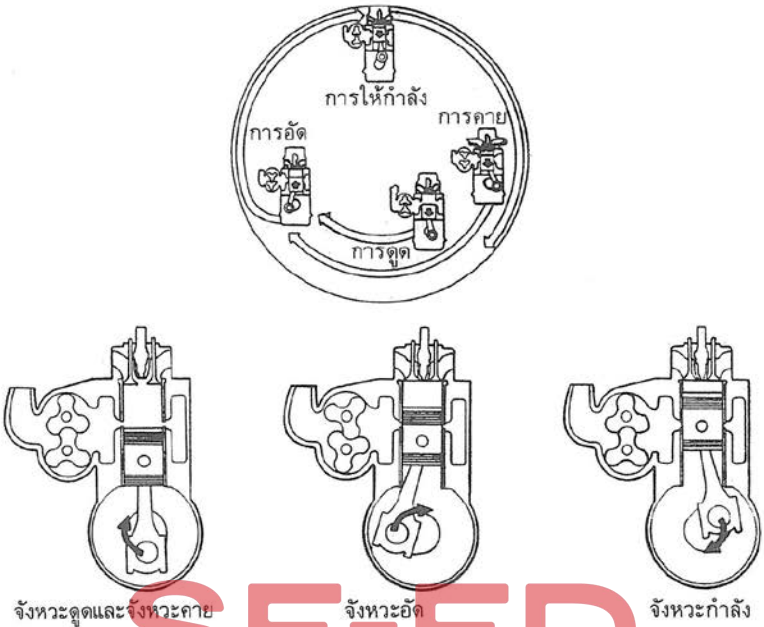
รูปที่ 2.1 การทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ (เครื่องยนต์เบนซิน)

1.3 เมื่อเกิดการเผาไหม้ ก๊าซภายในห้องเผาไหม้ซึ่งจะมีความดันและอุณหภูมิสูงขึ้น ก็จะดันให้ลูกสูบเคลื่อนที่ลงจากตำแหน่งบนสุดจนถึงตำแหน่งล่างสุด จังหวะนี้เราเรียกว่าจังหวะ *ขยายตัวหรือจังหวะกำลัง (expansion or power stroke)*

1.4 เมื่อก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้ขยายตัวดันลูกสูบจนถึงตำแหน่งล่างสุดแล้ว ลูกสูบก็จะเริ่มเคลื่อนที่ขึ้นพร้อมกับลิ้นไอเสียเปิด แล้วลูกสูบก็จะดันเอาไอเสียหรือก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้ออกไปโดยผ่านทางลิ้นไอเสียจังหวะนี้เราเรียกว่า*จังหวะคาย (exhaust stroke)*

2. วงจรการทำงานของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ (two stroke cycle)

เครื่องยนต์ 2 จังหวะหมายถึงเครื่องยนต์ที่มีการทำงาน 1 วงจร ประกอบด้วยการเคลื่อนที่ของลูกสูบ 2 จังหวะ หรือ 1 รอบหมุนของเครื่องยนต์ ซึ่งจะเป็นตามรูปที่ 2.2 คือ



รูปที่ 2.2 การทำงานของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ (เครื่องยนต์ดีเซล)

SE-ED
inspiration starts here

2.1 อากาศจะเป่าเข้ากระบอกสูบโดยพัดลมผ่านช่องไอดี (intake port) ซึ่งเจาะเป็นช่องไว้โดยรอบกระบอกสูบ ในขณะเดียวกันไอเสียก็จะถูกไล่ออกทางลิ้นหรือช่องไอเสียและที่ตำแหน่งนี้ลูกสูบจะอยู่ในตำแหน่งล่างสุด

2.2 ลูกสูบจะเคลื่อนที่ขึ้น ไอดียังคงถูกเป่าเข้าและไอเสียยังคงถูกไล่ออกอยู่ จนกระทั่งลูกสูบเลื่อนไปปิดช่องไอดีและลิ้นไอเสียปิด ลูกสูบก็จะอัดอากาศจนลูกสูบเคลื่อนที่เกือบถึงตำแหน่งบนสุด เชื้อเพลิงก็จะถูกฉีดผ่านหัวฉีด เริ่มเกิดการเผาไหม้

2.3 ก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้ที่มีความดันและอุณหภูมิสูง ก็จะดันลูกสูบเคลื่อนที่ลงไปผลักข้อเหวี่ยงให้หมุนไป จนกระทั่งลูกสูบเลื่อนลงไปเปิดช่องไอดี และลิ้นไอเสียเปิดก็จะเริ่มการเอาอากาศเข้า และเริ่มการไล่ไอเสียอีกครั้งหนึ่ง

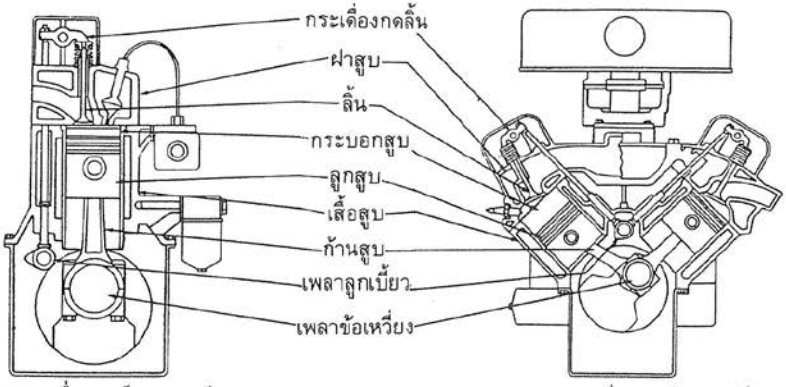
ระบบและชิ้นส่วนที่สำคัญของเครื่องยนต์ดีเซล

เครื่องยนต์ดีเซลทั่ว ๆ ไปจะประกอบด้วยชิ้นส่วนและระบบที่สำคัญดังนี้

1. ตัวเครื่องยนต์

ตัวเครื่องยนต์เป็นส่วนที่เหมือนกันของเครื่องยนต์ ไม่ว่าจะเป็นเครื่องยนต์ที่ผลิตจาก

โรงงานผลิตใด ตัวเครื่องยนต์จะเป็นกลไกที่ทำหน้าที่ในการเปลี่ยนพลังงานความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงให้เป็นงาน ซึ่งประกอบด้วยชิ้นส่วนที่สำคัญคือ



(ก) เครื่องยนต์แบบสูบเรียง (ข) เครื่องยนต์แบบสูบวี

รูปที่ 2.3 ชิ้นส่วนที่สำคัญของตัวเครื่องยนต์ (เครื่องยนต์เบนซิน)

SE-ED
inspiration starts here

1.1 **ฝาสูบ** (cylinder head) คือ ส่วนที่ปิดด้านบน (สำหรับเครื่องยนต์สูบเรียงและสูบวี) หรือด้านนอกสุด (สำหรับเครื่องยนต์แบบสูบนอน) เพื่อทำให้เกิดห้องเผาไหม้ (combustion chamber) ซึ่งเป็นห้องที่เกิดจากส่วนล่างของฝาสูบ ส่วนบนของกระบอกสูบ และส่วนบนของลูกสูบ ฝาสูบจะถูกขันติดกับเสื้อสูบ โดยใช้หมุดเกลียวและใช้ปะเก็นฝาสูบวางอยู่ระหว่างเสื้อสูบและฝาสูบเพื่อกันมิให้ก๊าซรั่วจากห้องเผาไหม้ และกันมิให้น้ำรั่วเข้าห้องเผาไหม้ในกรณีที่เป็นเครื่องยนต์หล่อเย็นด้วยน้ำ

1.2 **เสื้อสูบ** (cylinder block) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่รองรับและหุ้มห่อชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ โดยชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ที่เคลื่อนที่จะเคลื่อนที่อยู่ภายในเสื้อสูบนี้

1.3 **ลิ้นและกลไกของลิ้น** (valve and valve mechanism) ลิ้นและกลไกของลิ้นทำหน้าที่ปิดและเปิดช่องไอดีและไอเสียที่จะเข้าและออกจากกระบอกสูบ ให้เข้าและออกตามกำหนดเวลาที่ต้องการ

1.4 **กระบอกสูบ** (cylinder) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่เป็นตัวนำให้ลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นลง และส่วนบนจะทำหน้าที่เป็นส่วนหนึ่งของห้องเผาไหม้ด้วย

1.5 **ลูกสูบและแหวน** (piston and piston rings) ลูกสูบทำหน้าที่รับแรงที่เกิดจากการเผาไหม้ และถ่ายทอดแรงไปยังข้อเหวี่ยงโดยผ่านก้านสูบ รวมทั้งมีร่องสำหรับใส่แหวนลูกสูบอีกด้วย ส่วนแหวนลูกสูบทำหน้าที่เป็นซีล (seal) กันก๊าซรั่วระหว่างลูกสูบและกระบอกสูบ ทำหน้าที่ถ่ายเทความร้อนจากลูกสูบไปยังกระบอกสูบ และทำหน้าที่ควบคุมการหล่อลื่นระหว่างลูกสูบและผนังของกระบอกสูบ

1.6 **ก้านสูบ** (connecting rod) เป็นส่วนที่เชื่อมระหว่างลูกสูบและข้อเหวี่ยง ทำหน้าที่ในการถ่ายทอดกำลังขับดันจากลูกสูบไปยังข้อเหวี่ยง

1.7 **ข้อเหวี่ยง** (crankshaft) เป็นชิ้นส่วนหนึ่งซึ่งเมื่อต่อเชื่อมกับลูกสูบโดยใช้ก้านสูบแล้วจะเปลี่ยนการเคลื่อนที่ขึ้นลงของลูกสูบให้เป็นการหมุน

1.8 **เมนแบริ่งและแบริ่งก้านสูบ** (main and connecting rod bearing) เป็นส่วนที่ใช้รองรับเพลาข้อเหวี่ยงและก้านสูบ

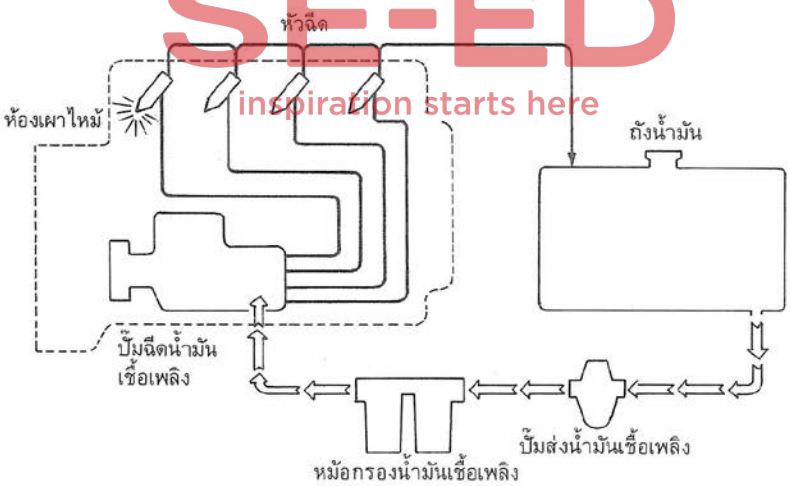
1.9 **ฟลายวีล** (flywheel) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่สะสมพลังงานเพื่อทำให้รอบหมุนของเพลาข้อเหวี่ยงสม่ำเสมอ และทำหน้าที่ในการถ่ายทอดกำลัง

1.10 **ชุดขับเคลื่อนเพื่อกำหนดเวลา** (timing drives) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่กำหนดเวลาการทำงานของชิ้นส่วนต่าง ๆ ให้สอดคล้องกัน เช่น ให้ลิ้นไอดีและไอเสียปิดเปิดตามตำแหน่งของลูกสูบที่ต้องการ

2. ระบบน้ำมันเชื้อเพลิง

เป็นระบบหนึ่งที่จำเป็นสำหรับเครื่องยนต์ โดยจะทำหน้าที่เกี่ยวกับน้ำมันเชื้อเพลิงทั้งหมด ระบบน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ดีเซลประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ คือ

SE-ED
inspiration starts here



รูปที่ 2.4 ระบบน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ดีเซล

2.1 **ถังน้ำมัน** (fuel tank) ใช้เก็บน้ำมันและรับน้ำมันที่ไหลกลับจากหัวฉีด

2.2 **ปั๊มส่งน้ำมันเชื้อเพลิง** (fuel transfer pump) บางครั้งเรียกปั๊มแรงดันต่ำ ใช้ในการปั๊มน้ำมันจากถังผ่านหม้อกรองน้ำมันเชื้อเพลิงไปยังปั๊มฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

2.3 หม้อกรองน้ำมันเชื้อเพลิง (fuel filters) ใช้ในการกรองฝุ่นผงที่ปนอยู่กับน้ำมันก่อนที่จะส่งน้ำมันไปยังปั๊มหัวฉีด

2.4 ปั๊มฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง (injection pump) บางครั้งเรียกปั๊มแรงดันสูง ใช้ในการปั๊มน้ำมันด้วยความดันสูงไปยังหัวฉีด ด้วยปริมาณและตามกำหนดเวลาที่ต้องการ

2.5 หัวฉีด (injection nozzles) ใช้ในการทำให้น้ำมันเป็นละอองและฉีดเข้าห้องเผาไหม้

หน้าที่ของระบบน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ดีเซล จะทำหน้าที่ 5 ประการ คือ

1. จะต้องส่งน้ำมันเข้าห้องเผาไหม้ด้วยปริมาณที่ถูกต้อง เพื่อให้เกิดการเผาไหม้และให้งานออกมาตามที่ต้องการ

2. จะต้องส่งน้ำมันเข้าห้องเผาไหม้ตามกำหนดเวลาเพื่อให้ได้กำลังสูงสุด ซึ่งในการฉีดน้ำมันเข้าก่อนหรือหลังเวลาที่เหมาะสมจะทำให้เครื่องยนต์สูญเสียกำลังที่ควรจะได้ไป

3. จะต้องส่งน้ำมันเข้าห้องเผาไหม้ด้วยอัตราที่เหมาะสม เพื่อให้เกิดการเผาไหม้อย่างราบรื่นตามสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์

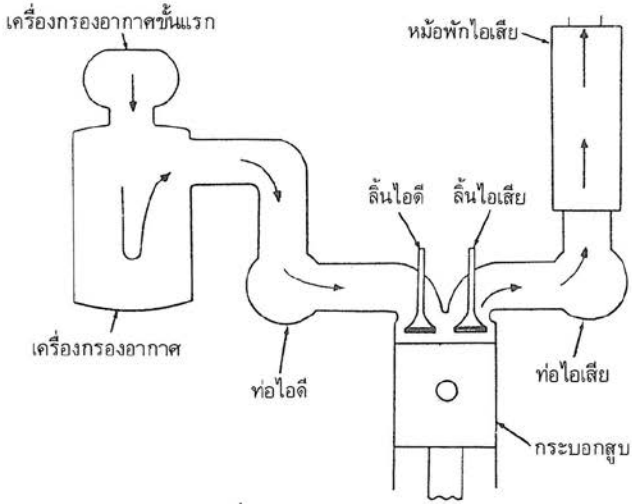
4. จะต้องส่งน้ำมันเข้าห้องเผาไหม้เป็นละอองฝอย เพื่อให้สามารถระเหยและผสมกับอากาศอย่างรวดเร็ว

5. จะต้องส่งน้ำมันเข้าห้องเผาไหม้อย่างทั่วถึง เพื่อให้สามารถผสมกับออกซิเจนให้ได้มากที่สุด ซึ่งจะทำให้เครื่องยนต์เดินอย่างราบเรียบและให้กำลังออกมาสูงสุด

SE-ED
inspiration starts here

3. ระบบไอดีและไอเสีย

สำหรับระบบไอดีทำหน้าที่นำเอาอากาศที่สะอาดเข้ากระบอกสูบตามปริมาตรที่ต้องการ ส่วนระบบไอเสียทำหน้าที่นำไอเสียออกจากกระบอกสูบและลดเสียงที่จะเกิดจากไอเสียด้วย



รูปที่ 2.5 ระบบไอดีและไอเสีย

ระบบไอดีของเครื่องยนต์ดีเซลทั่ว ๆ ไปจะประกอบด้วย

1. **เครื่องกรองอากาศ** (air cleaner) จะทำหน้าที่กรองฝุ่นผงและสิ่งสกปรกในอากาศก่อนที่จะเข้ากระบอกสูบ สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ที่ใช้ในที่มีฝุ่นมาก นิยมใช้เครื่องกรองอากาศขั้นแรก (pre cleaner) ซึ่งจะทำหน้าที่กรองฝุ่นผงและสิ่งสกปรกขนาดใหญ่ในอากาศก่อนที่จะให้อากาศผ่านเข้าไปในเครื่องกรองอากาศ ทำให้อายุการใช้งานของเครื่องกรองอากาศยืนยาวขึ้น

2. **ท่อไอดี** (intake manifold) จะทำหน้าที่นำอากาศที่ผ่านจากเครื่องกรองแล้วเข้าสู่กระบอกสูบ ในกรณีที่เป็นเครื่องยนต์ดีเซลแบบหลายสูบก็จะมีท่อแยกเข้าแต่ละสูบ

3. **ลิ้นไอดีหรือช่องไอดี** (intake valves or intake ports) ลิ้นไอดีหรือช่องไอดีกับลูกสูบจะทำหน้าที่เปิดให้อากาศจากท่อไอดี เข้าสู่กระบอกสูบตามกำหนดเวลาที่ต้องการ

นอกจากอุปกรณ์ดังกล่าวข้างต้นแล้ว ระบบไอดีของเครื่องยนต์ดีเซลอาจจะประกอบด้วย *ซูเปอร์ชาร์จเจอร์ (supercharger)* ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเพิ่มกำลังของเครื่องยนต์โดยการอัดอากาศเข้าเครื่องยนต์ ซึ่งจะทำให้ปริมาณของอากาศที่เข้าเครื่องยนต์สามารถเข้าได้มากกว่าที่จะดูดเข้าเอง เป็นผลให้ด้วยขนาดความจุของกระบอกสูบของเครื่องยนต์เท่ากัน เครื่องยนต์ที่ติดซูเปอร์ชาร์จเจอร์จะให้กำลังมากกว่าเครื่องยนต์ที่มิได้ติดซูเปอร์ชาร์จเจอร์

ส่วนระบบไอเสียจะประกอบด้วย

1. **ลิ้นไอเสีย** (exhaust valves) ทำหน้าที่เปิดให้ไอเสียออกจากกระบอกสูบตามกำหนดเวลา

2. **ท่อไอเสีย** (exhaust manifold) จะรับไอเสียที่ออกจากกระบอกสูบ ถ้าเป็นเครื่องยนต์แบบหลายสูบก็จะมีท่อไปรับทุกสูบแล้วนำมารวมกัน

3. **หม้อพัก** (muffer) ทำหน้าที่ลดเสียงที่เกิดจากการไหลของไอเสียออกจากเครื่องยนต์

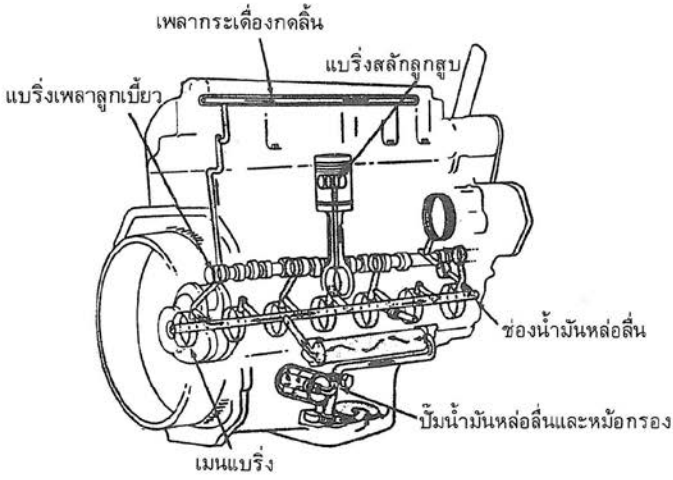
นอกจากนี้แล้วระบบไอเสียอาจจะประกอบด้วยส่วนของ*เทอร์โบชาร์จเจอร์ (turbocharger)* คือส่วนที่เรียกว่า*เทอร์ไบน์ (turbine)* โดยไอเสียจะไหลผ่านเข้าไปขับใบพัดเพื่อไปหมุนเพลาขับเครื่องอัดอากาศ (compressor) ด้านระบบไอดี

4. ระบบหล่อลื่น

เป็นอีกระบบหนึ่งที่มีความจำเป็นต่อเครื่องยนต์ดีเซล โดยจะทำหน้าที่ 5 ประการคือ

1. ลดความฝืดระหว่างชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหว
2. ระบายและถ่ายเทความร้อน
3. กันมิให้ก๊าซรั่วออกจากช่องระหว่างแหวนลูกสูบและผนังกระบอกสูบ
4. ทำความสะอาดโดยการชะล้างชิ้นส่วนต่าง ๆ
5. ช่วยลดเสียงที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนต่าง ๆ

SE-ED
inspiration starts here



รูปที่ 2.6 ระบบหล่อลื่น

SE-ED
inspiration starts here

สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้กับเครื่องจักรกลงานก่อสร้าง โดยทั่วไปจะเป็นเครื่องยนต์ดีเซลหมุนเร็วแบบหลายสูบ ซึ่งใช้ระบบหล่อลื่นแบบใช้แรงดันอย่างเดียว (full internal force feed system) โดยน้ำมันหล่อลื่นจะถูกส่งไปชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ภายใต้แรงดัน ระบบนี้จะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญ ๆ คือ

4.1 **ปั๊มน้ำมันหล่อลื่น** (oil pump) ทำหน้าที่ดันน้ำมันหล่อลื่นให้ไหลไปยังส่วนต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ที่ต้องการการหล่อลื่น

4.2 **หม้อกรองน้ำมันหล่อลื่น** (oil filter) ทำหน้าที่กรองสิ่งสกปรกที่ปนอยู่ในน้ำมันหล่อลื่นออก

4.3 **ลิ้นควบคุม** (lubricating valves) ทำหน้าที่ควบคุมความดันของน้ำมันหล่อลื่นในระบบไม่ให้เกินความดันที่กำหนด

นอกจากอุปกรณ์ที่สำคัญ 3 อย่างข้างต้นแล้ว ระบบหล่อลื่นของเครื่องยนต์ดีเซลขนาดใหญ่อาจจะมีอุปกรณ์เพิ่มเติมคือ *เครื่องหล่อเย็นน้ำมันหล่อลื่น (oil cooler)* เพื่อใช้ในการระบายความร้อนออกจากน้ำมันหล่อลื่น

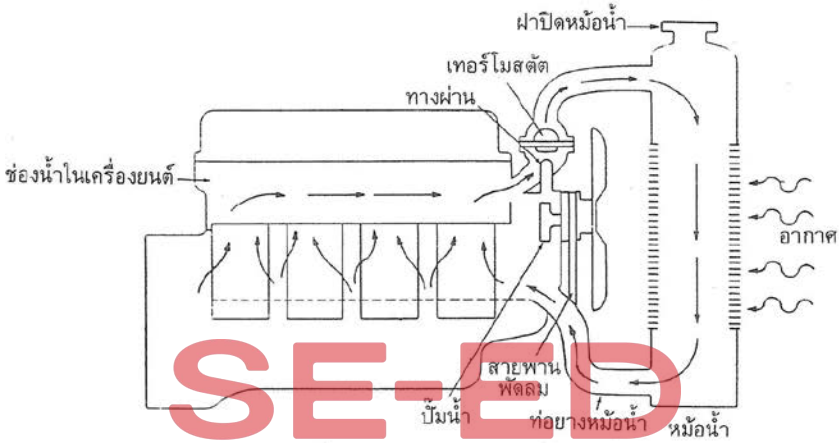
5. ระบบหล่อเย็น

ระบบหล่อเย็นของเครื่องยนต์ดีเซลจะทำหน้าที่ 2 ประการคือ

1. เพื่อป้องกันไม่ให้เครื่องยนต์ร้อนจนเกินไป โดยทั่วไปชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ดีเซลจะถูกออกแบบให้ทำงานภายใต้อุณหภูมิสูงสุดอุณหภูมิหนึ่ง หากอุณหภูมิของเครื่องยนต์

ร้อนจนเกินไปก็จะทำให้ชิ้นส่วนของเครื่องยนต์บางชิ้นหลอมละลาย และทำให้เครื่องยนต์ชำรุด ดังนั้นระบบหล่อเย็นจะทำหน้าที่นำเอาความร้อนส่วนที่เกินออกไปจากเครื่องยนต์

2. เพื่อควบคุมอุณหภูมิของตัวเครื่องยนต์ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม หากเครื่องยนต์ร้อนเกินไป ชิ้นส่วนบางชิ้นอาจหลอมละลายได้ และหากเครื่องยนต์เย็นเกินไปคืออุณหภูมิของตัวเครื่องยนต์ต่ำเกินไปก็จะเป็นผลเสียต่อเครื่องยนต์เช่นกัน คือ จะเกิดการสึกหรอมากเนื่องจากระบบหล่อลื่นทำงานได้ไม่เต็มที่ นอกจากนี้การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงก็จะสูงขึ้นด้วย



รูปที่ 2.7 ระบบหล่อเย็นด้วยน้ำ

SE-ED
inspiration starts here

ระบบหล่อเย็นของเครื่องยนต์ดีเซลจะแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ

5.1 **ระบบหล่อเย็นด้วยอากาศ** ซึ่งจะให้อากาศไหลผ่านเครื่องยนต์ โดยความร้อนจากเครื่องยนต์จะถ่ายเทให้กับอากาศที่ไหลผ่านโดยตรง

5.2 **ระบบหล่อเย็นด้วยของเหลว** ซึ่งจะให้ของเหลว (โดยทั่วไปจะใช้น้ำ) ไหลผ่านช่องต่าง ๆ ที่จัดทำขึ้นในตัวเครื่องยนต์ เพื่อให้ความร้อนจากเครื่องยนต์ถ่ายเทให้กับน้ำ แล้วน้ำที่ร้อนก็จะไหลผ่านหม้อน้ำซึ่งความร้อนจากน้ำจะถูกถ่ายเทให้อากาศอีกทีหนึ่ง หลังจากนั้นน้ำก็จะไหลกลับเข้าเครื่องยนต์อีก

ในระบบหล่อเย็นด้วยของเหลวหรือน้ำ ประกอบด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญ ๆ คือ

ก. หม้อน้ำ (radiator) ซึ่งจะเป็นตัวถ่ายเทความร้อนจากน้ำไปสู่อากาศโดยรอบและจะเป็นถังเก็บน้ำเพื่อให้น้ำมีปริมาณเพียงพอที่จะใช้ในการหมุนเวียน

ข. พัดลม (fan) ซึ่งจะทำหน้าที่บังคับให้อากาศไหลผ่านหม้อน้ำด้วยปริมาณที่เพียงพอ

ค. ปั๊มน้ำ (water pump) ซึ่งจะทำหน้าที่ให้น้ำไหลหมุนเวียนด้วยปริมาณที่เพียงพอ

ง. เทอร์โมสตัต (thermostat) ซึ่งจะทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิของน้ำที่ไหลผ่านเครื่องยนต์ให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม

6. ระบบและอุปกรณ์อื่น ๆ

นอกจากระบบที่สำคัญ ๆ ตามที่กล่าวมาแล้ว เครื่องยนต์ดีเซลยังอาจประกอบด้วย *ระบบควบคุมความเร็ว (governing system)* ทำหน้าที่รักษาความเร็วของเครื่องยนต์ให้คงที่หรือควบคุมความเร็วเดินเบาและความเร็วสูงสุด *ระบบการหมุนติดเครื่องด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า (starting motor system)* ทำหน้าที่หมุนเครื่องยนต์ให้เครื่องยนต์ติด และ*ระบบการประจุไฟฟ้า (electrical charging system)* ทำหน้าที่ในการประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่และจ่ายไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ

กำลังงานของเครื่องยนต์ดีเซล

กำลังงานหรืองานต่อหน่วยเวลาที่เกี่ยวกับเครื่องยนต์ดีเซล ยังนิยมใช้หน่วยวัดเป็นแรงม้าและใช้หน่วยวัดเป็นกิโลวัตต์ตามหน่วยสากลควบคู่กันไปด้วย กำลังงานของเครื่องยนต์แบ่งเป็นชนิดต่าง ๆ คือ

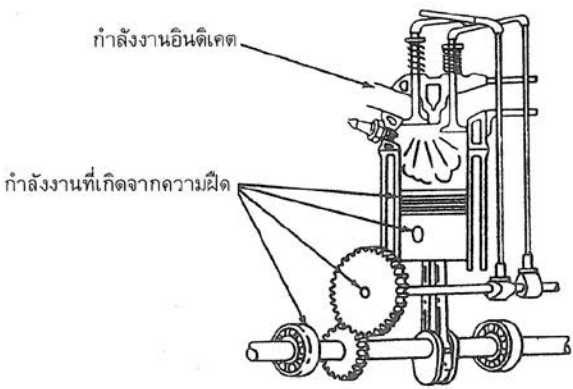
กำลังงานที่กระบอกสูบหรือกำลังงานอินดิเคต (indicated power)

คือ กำลังงานที่เกิดขึ้นภายในกระบอกสูบ หรือกำลังงานที่วัดที่ห้องเผาไหม้ของกระบอกสูบ การวัดกำลังงานชนิดนี้ใช้เครื่องมือติดเข้าที่ห้องเผาไหม้เพื่อวัดความดันที่เกิดขึ้นภายในกระบอกสูบที่ขณะต่าง ๆ ถ้าใช้หน่วยวัดเป็นแรงม้าอาจเรียกว่า *กำลังม้าอินดิเคต*

SE-ED
inspiration starts here

กำลังงานที่เกิดจากความฝืด (friction power)

คือกำลังงานที่สูญเสียไปเนื่องจากความฝืดในการถ่ายทอดกำลังจากกระบอกสูบไปยังเพลาข้อเหวี่ยง กำลังงานเนื่องจากความฝืดนี้จะถูกเปลี่ยนไปเป็นความร้อนซึ่งทำให้น้ำมันหล่อลื่นและชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ที่เคลื่อนไหวรวมทั้งชิ้นส่วนที่รองรับชิ้นส่วนอื่นร้อนขึ้น กำลังงานที่เกิดจากความฝืดก็คือผลต่างระหว่างกำลังงานที่เกิดขึ้นภายในกระบอกสูบกับกำลังงานที่นำไป



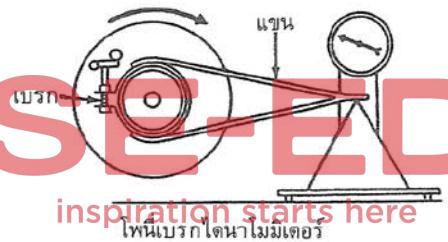
รูปที่ 2.8 กำลังงานที่เกิดจากความฝืด

ใช้งานได้ ดังนั้นกำลังงานที่เกิดจากความฝืดยิ่งมีค่าน้อยเท่าใดก็ยิ่งดี กรณีถ้าใช้หน่วยวัดเป็นแรงม้าอาจเรียกว่า *กำลังม้าความฝืด*

กำลังงานฟลายวีลหรือกำลังงานเบรก (flywheel power or brake power)

คือ กำลังงานที่นำไปใช้งานได้ ซึ่งถ้าใช้หน่วยวัดกำลังงานเป็นแรงม้าเราก็จะเรียกว่า *กำลังม้า-ฟลายวีล*หรือ*กำลังม้าเบรก* การวัดกำลังงานชนิดนี้นิยมวัดกำลังงานที่ฟลายวีลของเครื่องยนต์ จึงใช้ชื่อว่ากำลังม้าฟลายวีล โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่าไดนาโมมิเตอร์ซึ่งมีหลายแบบ แบบที่ง่ายที่นิยมใช้วัดกำลังงานของเครื่องยนต์ที่รอบไม่สูงนักก็คือโพนี่เบรกไดนาโมมิเตอร์ (pony brake dynamometer) ซึ่งจะวัดแรงที่แขนของเบรกกดลงบนตาชั่งจึงเรียกว่ากำลังม้าเบรก ค่าของกำลังม้าฟลายวีลหรือกำลังม้าเบรกนี้จะเท่ากับกำลังม้าอินดิเคตหรือกำลังม้าที่เกิดขึ้นภายในกระบอกสูบลบด้วยกำลังม้าความฝืด ซึ่งเขียนเป็นสมการง่าย ๆ คือ

กำลังม้าเบรก = กำลังม้าอินดิเคต - กำลังม้าความฝืด

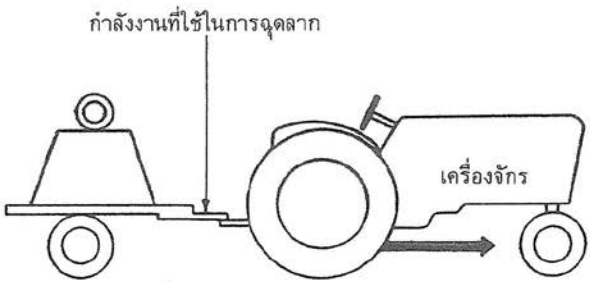


SE-ED
inspiration starts here

รูปที่ 2.9 เครื่องวัดกำลังงานเบรก

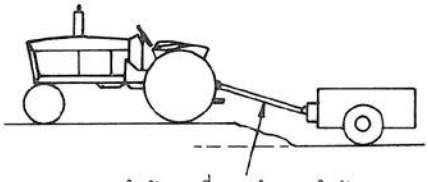
กำลังงานที่ใช้ในการฉุดลาก (drawbar power)

หรือกำลังม้าที่ใช้ในการฉุดลาก (drawbar horspower) เมื่อใช้หน่วยวัดกำลังเป็นแรงม้า กำลังม้าที่ใช้ในการฉุดลาก เช่น รถแทรกเตอร์ ซึ่งจะหาแรงที่ใช้ในการฉุดลากและความเร็วของ



รูปที่ 2.10 กำลังงานที่ใช้ในการฉุดลาก

การเคลื่อนที่ แล้วคำนวณหากำลังที่ใช้ในการฉุดลาก กำลังงานชนิดนี้เป็นกำลังงานที่เหลือหลังจากสูญเสียบางส่วนไปให้กับความฝืดที่เกิดกับระบบส่งกำลังแล้ว



รูปที่ 2.11 กำลังงานที่เพลาอำนวยกำลัง

กำลังงานที่เพลาอำนวยกำลัง (PTO power)

หรือกำลังม้าที่เพลาอำนวยกำลัง คือ กำลังงานที่วัดที่เพลาอำนวยกำลัง เพลาอำนวยกำลังคือเพลาที่ต่อออกจากตัวเครื่องจักรเพื่อจะนำไปใช้ขับอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น เพลาอำนวยกำลังของรถแทรกเตอร์จะใช้สำหรับขับเคลื่อนสูบน้ำ หรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยทั่วไปแล้วการถ่ายทอดกำลังจากเครื่องยนต์ไปยังเพลาอำนวยกำลังจะถ่ายทอดโดยการผ่านชุดเฟืองทด เพื่อให้รอบของเพลาอำนวยกำลังน้อยกว่ารอบของเครื่องยนต์ ซึ่งเป็นผลให้แรงบิดที่เพลาอำนวยกำลังเพิ่มขึ้น แต่หากจะคิดเป็นกำลังม้าแล้ว กำลังม้าที่เพลาอำนวยกำลังจะน้อยกว่ากำลังม้าเบรก ทั้งนี้เพราะมีการสูญเสียที่ชุดเฟืองทดดังกล่าว

SEED
inspiration starts here

กำลังงานที่กำหนด (rated power)

หรือกำลังม้าที่กำหนด คือกำลังงานที่กำหนดโดยโรงงานผู้ผลิตเครื่องยนต์ ซึ่งกำหนดจากรอบสูงสุดของเครื่องยนต์ที่เหมาะสมกับงานแต่ละประเภท ดังนั้นกำลังงานที่กำหนดก็คือกำลังงานที่เครื่องยนต์สามารถผลิตได้ที่รอบดังกล่าว กำลังงานที่กำหนดไม่จำเป็นต้องเป็นกำลังสูงสุดที่เครื่องยนต์สามารถผลิตได้ และไม่จำเป็นต้องเป็นกำลังงานที่เครื่องยนต์ทำงานที่มีการสิ้นเปลืองน้ำมันต่ำสุด

ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ดีเซล

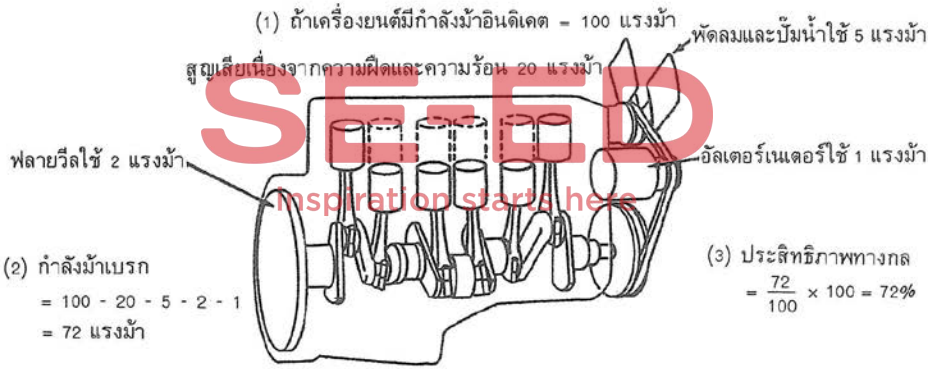
กำลังงานที่เกี่ยวข้องกับเครื่องยนต์ ซึ่งจะเป็นตัวชี้ถึงสมรรถนะหรือความสามารถของเครื่องยนต์ดังกล่าวแล้ว ในการเปรียบเทียบและวิเคราะห์การทำงานของเครื่องยนต์ ประสิทธิภาพ (efficiency) ก็คืออัตราส่วนของส่วนที่ได้รับต่อส่วนที่ใส่เข้าไปแล้วทำเป็นเปอร์เซ็นต์จะเป็นตัวชี้ที่สำคัญ ประสิทธิภาพต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเครื่องยนต์ดีเซลมี

ประสิทธิภาพทางกล (mechanical efficiency)

สำหรับเครื่องยนต์หมายถึงอัตราส่วนของส่วนที่ได้รับก็คือ กำลังงานฟลายวีลหรือกำลังงานเบรกต่อกำลังงานที่กระบอกสูบหรือกำลังงานอินดิเคต แล้วทำเป็นเปอร์เซ็นต์ ซึ่งเขียนเป็นสมการง่าย ๆ ได้คือ

$$\text{ประสิทธิภาพทางกล} = \frac{\text{กำลังงานเบรก}}{\text{กำลังงานอินดิเคต}} \times 100$$

กำลังงานส่วนที่สูญเสียไปของกำลังงานอินดิเคตจนมาเหลือเป็นกำลังเบรกซึ่งเราเรียกว่ากำลังงานที่เกิดจากความฝืดนั้น ในข้อเท็จจริงแล้วกำลังงานส่วนที่สูญเสียไปมิได้สูญเสียไปเนื่องจากความฝืดที่เกิดขึ้นระหว่างการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องยนต์เพียงอย่างเดียว แต่ว่าสูญเสียไปในการขับเคลื่อนชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ด้วย เช่น ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง ปั๊มน้ำพัดลม ปั๊มน้ำมันหล่อลื่น และอัลเตอร์เนเตอร์ ดังนั้นหากเครื่องยนต์มีประสิทธิภาพทางกลสูง ก็แสดงว่ามีการสูญเสียต่าง ๆ ข้างต้นน้อย



SEED
Inspiration starts here

รูปที่ 2.12 การหาประสิทธิภาพทางกล

ประสิทธิภาพทางความร้อน (thermal efficiency)

คือ อัตราส่วนของกำลังงานที่ได้รับของเครื่องยนต์ ซึ่งอาจจะเป็นกำลังงานเบรกหรือกำลังงานอินดิเคตก็ได้ ต่อความร้อนที่ใส่เข้าไปซึ่งก็คือความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง สามารถเขียนเป็นสมการได้คือ

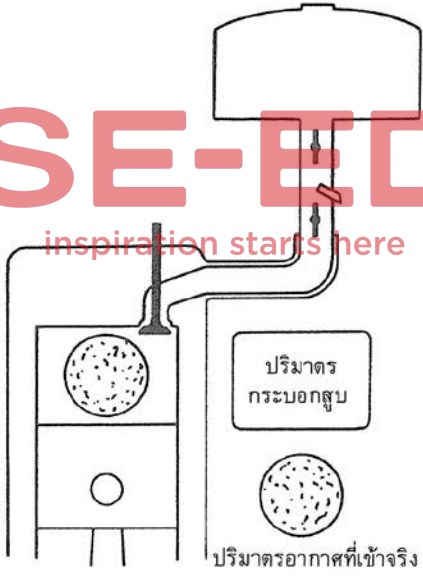
$$\text{ประสิทธิภาพทางความร้อน} = \frac{\text{กำลังงานที่ได้รับ}}{\text{ความร้อนที่ใส่เข้าไป}} \times 100$$

ถ้ากำลังที่ได้รับเป็นกำลังงานเบรกจะเรียกว่าประสิทธิภาพทางความร้อนเบรก และถ้าเอากำลังงานอินดิเคตมาคิด จะเรียกว่าประสิทธิภาพทางความร้อนอินดิเคต ประสิทธิภาพทางความร้อนจะเป็นตัวเลขที่แสดงถึงส่วนของกำลังงานที่สามารถเปลี่ยนจากความร้อนได้ ส่วนที่

เปลี่ยนเป็นกำลังงานไม่ได้ก็คือส่วนที่สูญเสียไป ที่สำคัญ ๆ ก็คือ ความร้อนที่ถูกนำออกไปกับไอเสียและความร้อนที่ถูกระบายออกจากเครื่องยนต์โดยน้ำหรืออากาศ โดยทั่วไปแล้วเครื่องยนต์ดีเซลจะมีประสิทธิภาพทางความร้อนเบรกสูง ซึ่งจะทำให้สิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยกว่าเครื่องยนต์เบนซินที่มีประสิทธิภาพทางความร้อนเบรกต่ำ

ประสิทธิภาพของการบรรจุ (volumetric efficiency)

ในข้อเท็จจริงเครื่องยนต์ดีเซลจะไม่สามารถเอาอากาศเข้าได้เต็มกระบอกสูบตามที่ควรจะเป็น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น จังหวะการปิดเปิดลิ้น ความเร็วของการเคลื่อนที่ของลูกสูบ ดังนั้นประสิทธิภาพการบรรจุก็คือ อัตราส่วนระหว่างอากาศที่เข้ากระบอกสูบได้จริงต่ออากาศที่บรรจุเข้าเต็มกระบอกสูบหรือเต็มส่วนที่ลูกสูบเคลื่อนที่ลง (piston displacement) โดยทั่วไปประสิทธิภาพการบรรจุจะเป็นเครื่องชี้ถึงแรงบิดสูงสุดของเครื่องยนต์ หมายความว่าหากประสิทธิภาพการบรรจุสูงเครื่องยนต์นั้นจะมีแรงบิดสูงด้วย



SE-ED
inspiration starts here

รูปที่ 2.13 ประสิทธิภาพของการบรรจุ

คุณสมบัติของเครื่องยนต์ดีเซลอื่น ๆ

นอกจากกำลังงานและประสิทธิภาพจะเป็นตัวชี้ที่สำคัญในการแสดงและเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลแล้ว ยังมีคุณสมบัติอื่น ๆ อีกที่จะทำให้การแสดงและเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลสมบูรณ์ยิ่งขึ้น คุณสมบัติเหล่านี้ได้แก่

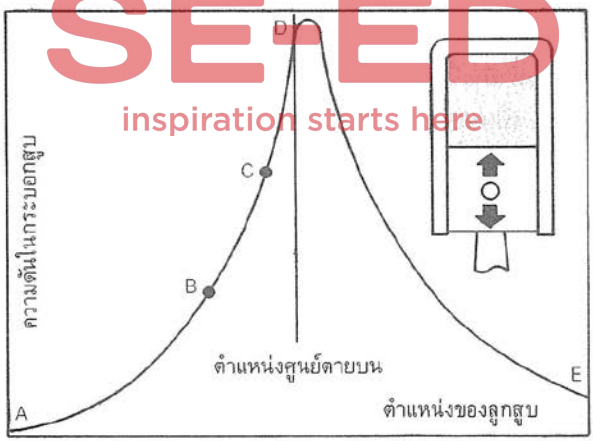
ความดันเฉลี่ยของก๊าซในกระบอกสูบ (mean effective pressure)

ความดันของก๊าซในกระบอกสูบของแต่ละวงจรการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล จะเปลี่ยนไปตามจังหวะการทำงาน จากรูปที่ 2.14 A เป็นตำแหน่งของการเริ่มจังหวะอัด B เป็นตำแหน่งของการเริ่มฉีดน้ำมัน C เป็นตำแหน่งของการเริ่มเผาไหม้ D เป็นตำแหน่งความดันสูงสุด E เป็นตำแหน่งสุดท้ายของจังหวะกำลัง ดังนั้นความดันเฉลี่ยของก๊าซในกระบอกสูบก็คือค่าความดันที่เกิดขึ้นในกระบอกสูบตามรูปที่ 2.14 โดยนำค่ามาเฉลี่ยให้เสมือนว่าเกิดขึ้นเท่ากันตลอดวงจรของการทำงาน ความดันเฉลี่ยนี้มีอยู่ 2 แบบคือ

1. **ความดันเฉลี่ยอินดิเคต** (indicated mean effective pressure) ใช้ตัวย่อว่า IMEP คือ ความดันเฉลี่ยของก๊าซที่เกิดขึ้นในกระบอกสูงจริง ๆ ซึ่งหาได้จากความดันที่วัดได้จริงในกระบอกสูบตามจังหวะของการทำงานในหนึ่งวงจร แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ความดันเฉลี่ยอินดิเคตนี้จะใช้ในการคำนวณหากำลังงานอินดิเคตของเครื่องยนต์ดีเซลแต่ละเครื่อง

2. **ความดันเฉลี่ยเบรก** (brake mean effective pressure)เป็นค่าความดันเฉลี่ยซึ่งคำนวณมาจากกำลังเบรก ความดันเฉลี่ยเบรกนี้จะน้อยกว่าความดันเฉลี่ยอินดิเคต เพราะความดันบางส่วนจะต้องสูญเสียไปเพื่อทำให้เกิดกำลังงาน ซึ่งเท่ากับกำลังงานเนื่องจากความฝืด

SE-ED
inspiration starts here

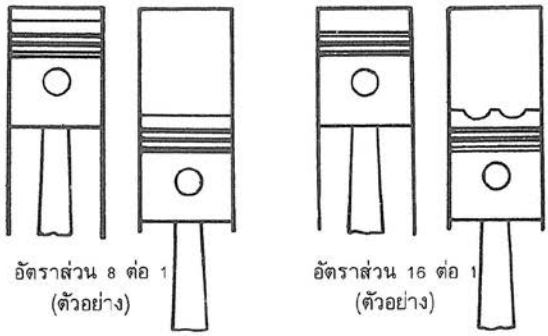


รูปที่ 2.14 กราฟแสดงความดันที่เกิดขึ้นภายในกระบอกสูบ

อัตราส่วนการอัด (compression ratio)

คืออัตราส่วนระหว่างปริมาตรของห้องเผาไหม้ ซึ่งเป็นปริมาตรของช่องว่างเมื่อลูกสูบอยู่ที่ตำแหน่งสูงสุด หรือตำแหน่งศูนย์ตายบน (top dead center) ต่อปริมาตรของกระบอกสูบเมื่อลูกสูบอยู่ที่ตำแหน่งต่ำสุด หรือตำแหน่งศูนย์ตายล่าง (bottom dead center) ค่าของอัตราส่วนการอัดนี้จะถูกกำหนดโดยผู้ออกแบบ ซึ่งค่าของอัตราส่วนการอัดจะมีผลต่อคุณสมบัติและการ

ทำงานของเครื่องยนต์หลายประการ เช่น ความดันสูงสุดที่จะเกิดขึ้นภายในกระบอกสูบ ลักษณะของการเผาไหม้ที่จะเกิดขึ้น และจะมีผลโดยตรงต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ด้วย



(ก) เครื่องยนต์เบนซิน (ข) เครื่องยนต์ดีเซล

รูปที่ 2.15 อัตราส่วนการอัด

SE-ED
inspiration starts here

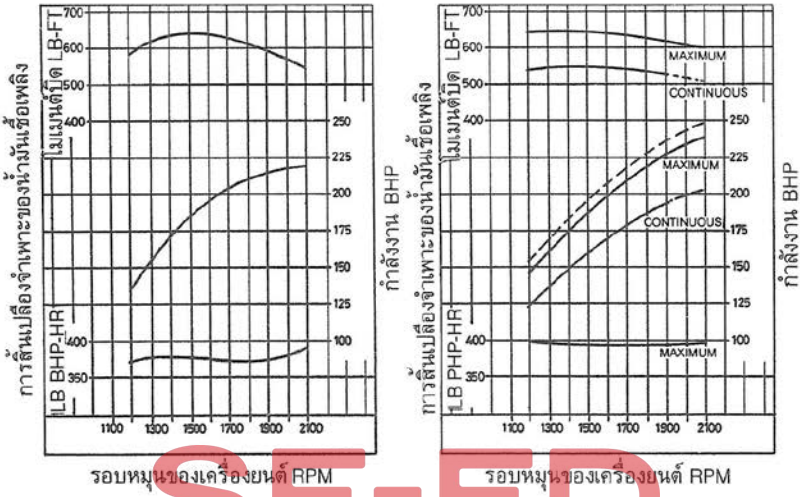
การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (fuel consumption)

การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงนิยมวัดเป็นมวลของเชื้อเพลิงที่ใช้ต่อหน่วยกำลังงานที่ได้รับและต่อหน่วยเวลา เช่น เป็นปอนด์ต่อแรงม้า-ชั่วโมง หรือกรัมต่อแรงม้า-ชั่วโมง หรืออาจจะเป็นปริมาตรของเชื้อเพลิงที่ใช้ต่อหน่วยกำลังงานที่ได้รับ และต่อหน่วยเวลาเช่นเป็นลิตรต่อแรงม้า-ชั่วโมงก็ได้ ซึ่งทั้งหมดนี้จะเรียกว่าการสิ้นเปลืองจำเพาะของน้ำมันเชื้อเพลิง (specific fuel consumption) การสิ้นเปลืองจำเพาะนี้สามารถใช้เปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องยนต์ต่าง ๆ ได้ หากเครื่องยนต์ใดมีการสิ้นเปลืองจำเพาะต่ำ แสดงว่าเครื่องยนต์นั้นมีประสิทธิภาพทางความร้อนสูง ซึ่งหมายความว่ามีความสามารถเปลี่ยนพลังงานความร้อนจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงให้เป็นพลังงานกล (กำลังงานที่ได้รับ) ได้มาก

การแสดงสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซล

สมรรถนะหรือความสามารถของเครื่องยนต์ดีเซลโดยทั่ว ๆ ไปนิยมแสดงด้วยคุณสมบัติในการทำงานของเครื่องยนต์ 3 ประการคือ *กำลังงาน โมเมนต์บิด* และ *การสิ้นเปลืองจำเพาะของน้ำมันเชื้อเพลิง* แต่บางครั้งอาจจะแสดงเฉพาะกำลังงานและแรงบิดก็ได้ คุณสมบัติทั้ง 3 ประการในการทำงานของเครื่องยนต์นี้จะแปรผันกับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ดังนั้นสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลก็จะแสดงในรูปของกราฟ ดังรูปที่ 2.16 แกนนอนจะเป็นรอบหมุนของเครื่องยนต์นิยมใช้หน่วยรอบต่อนาที (revolution per minute) แกนตั้งจะเป็นกำลังงาน โมเมนต์บิด และการ

สิ้นเปลืองจำเพาะของน้ำมันเชื้อเพลิงแล้วแต่กรณี ซึ่งจะทำให้มีกราฟ 3 เส้นคือ กราฟของกำลังงาน กราฟของโมเมนต์บิด และกราฟของการสิ้นเปลืองจำเพาะของน้ำมันเชื้อเพลิง หรืออาจจะมีแค่ 2 เส้นก็คือ กราฟของกำลังงาน และกราฟของโมเมนต์บิดเท่านั้น ก็ได้



รูปที่ 2.16 กราฟแสดงสมรรถนะของเครื่องยนต์

SE-ED
inspiration starts here

กราฟของโมเมนต์บิดซึ่งแปรผันไปกับรอบหมุนของเครื่องยนต์นั้น จะมาจากค่าที่วัดได้จากการวัดกำลังเครื่องยนต์ โดยเครื่องวัดกำลังที่เรียกว่า *ไดนาโมมิเตอร์* วัดแรงที่กดลงบนตาชั่งแล้วคูณด้วยความยาวของแขนกด ก็จะได้เป็นโมเมนต์บิด สามารถเขียนเป็นสมการได้คือ

โมเมนต์บิด = แรงที่กดลงบนตาชั่ง × ความยาวของแขนกด

ลักษณะของกราฟของโมเมนต์บิดทั่ว ๆ ไปจะเป็นเส้นโค้งเริ่มต้นจากมีค่าต่ำ เมื่อรอบต่ำแล้วก็จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อรอบสูงขึ้นจนถึงจุดจุดหนึ่งก็จะมีค่าสูงสุด หลังจากนั้นก็จะมีค่าลดลงเมื่อรอบหมุนของเครื่องยนต์สูงขึ้น

สำหรับกราฟของกำลังงานซึ่งกำลังงานนี้คำนวณมาจากโมเมนต์บิดข้างต้น โดยกำลังงานและโมเมนต์บิดจะมีความสัมพันธ์ตามสมการง่าย ๆ คือ

กำลังงาน = ค่าคงที่ × รอบหมุน × โมเมนต์บิด

กำลังงานที่หามาได้นี้ก็คือกำลังงานเบรก จะเห็นว่ากำลังงานจะขึ้นอยู่กับรอบหมุนและโมเมนต์บิด ซึ่งทำให้กราฟของกำลังงานเป็นเส้นโค้งเริ่มจากค่าต่ำเมื่อรอบหมุนต่ำ และจะมีค่าสูงขึ้นเรื่อย ๆ ตามการเพิ่มของรอบหมุนจนขึ้นไปถึงค่าสูงสุด แล้วก็จะลดลงถึงแม้ว่ารอบหมุนจะเพิ่มขึ้น ซึ่งก็จะเป็นไปเช่นเดียวกับกราฟของโมเมนต์บิด แต่รอบหมุนที่กำลังงานสูงสุดจะเป็น

รอบหมุนคนละอันกับที่โมเมนต์บิดสูงสุด โดยรอบหมุนที่กำลังงานสูงสุดจะมีค่ามากกว่ารอบหมุนที่โมเมนต์บิดสูงสุด

กราฟอีกอันหนึ่งก็คือ กราฟของการสิ้นเปลืองจำเพาะของน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งเขียนขึ้นจากการวัดปริมาณของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้จริงที่รอบหมุนต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ แล้วคำนวณหาการสิ้นเปลืองจำเพาะ กราฟเส้นนี้จะเป็นเส้นโค้งเช่นกัน โดยจะมีค่าสูงที่รอบหมุนต่ำแล้วจะลดลงต่ำสุดเมื่อรอบหมุนเพิ่มขึ้นถึงรอบหมุนอันหนึ่ง และหลังจากนั้นจะมีค่าสูงขึ้นถ้ารอบหมุนเพิ่มขึ้นอีก

กราฟทั้งหมดนี้นิยมหาจากการทดสอบโดยให้เครื่องยนต์ทำงานเต็มที่ (full load tests) ที่รอบหมุนเครื่องยนต์ต่าง ๆ ซึ่งเรียกว่า *การทดสอบโดยการเปลี่ยนแปลงรอบหมุนของเครื่องยนต์ (variable speed test)*

ชนิดของกำลังงานเบรกที่แสดงในกราฟสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซล

กำลังงานเบรกที่แสดงในกราฟสมรรถนะของเครื่องยนต์โดยทั่วไป ยังสามารถแบ่งออกได้หลายชนิด แต่ละชนิดจะมีค่าไม่เท่ากัน ซึ่งแบ่งได้ตามลักษณะต่าง ๆ คือ

1. แบ่งตามลักษณะของอุปกรณ์ประกอบเครื่องยนต์

SE-ED
inspiration starts here

ซึ่งเครื่องยนต์ที่นำมาทดสอบนั้นจะแบ่งตามลักษณะของอุปกรณ์ประกอบได้เป็น 2 ประเภท ตามมาตรฐาน SAE คือ

1.1 เครื่องยนต์พื้นฐาน เป็นเครื่องยนต์ที่มีอุปกรณ์ประกอบที่สร้างขึ้นในตัวเท่าที่จำเป็นสำหรับการทำงานเท่านั้น อุปกรณ์เหล่านี้คือ ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง ปั๊มน้ำมันหล่อลื่น ปั๊มน้ำ และอัลเตอร์เนเตอร์ถ้ามีอุปกรณ์บางอย่างเป็นแบบชนิดไฟฟ้า (เช่น ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง)

1.2 เครื่องยนต์ที่มีอุปกรณ์ครบครัน เป็นเครื่องยนต์ที่สามารถทำงานได้ด้วยตัวเอง ซึ่งก็คือเครื่องยนต์พื้นฐานแล้วเพิ่มระบบนำอากาศเข้า ระบบระบายไอเสียออก ระบบหล่อเย็น อัลเตอร์เนเตอร์ สตาร์ตเตอร์ และระบบควบคุมมลภาวะ

กำลังงานเบรกที่วัดจากเครื่องยนต์พื้นฐานเรียกว่า กำลังงานเบรกรวม(gross-brake power) ส่วนกำลังงานเบรกที่วัดจากเครื่องยนต์ที่มีอุปกรณ์ครบครันเรียกว่า กำลังงานเบรกสุทธิ (net brake power)

2. แบ่งตามลักษณะของการนำไปใช้งาน

ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 3 ชนิดคือ

2.1 กำลังงานเบรกสูงสุด คือกำลังงานที่เครื่องยนต์ให้ออกมาสูงสุดสามารถนำไปใช้งานได้ในช่วงเวลาสั้น ๆ ประมาณ 1 ถึง 3 นาที

2.2 กำลังงานช่วงกลาง คือกำลังงานที่เครื่องยนต์ให้ออกมาที่ต่ำกว่ากำลังงานเบรกสูงสุด สามารถนำไปใช้งานได้ในช่วงเวลาที่มากขึ้นคือประมาณ 1 ชั่วโมง

2.3 กำลังงานต่อเนื่อง คือกำลังงานที่เครื่องยนต์ให้ออกมา และสามารถนำไปใช้งานได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่ต้องหยุดเครื่องยนต์

มาตรฐานการวัดกำลังงานเบรกของเครื่องยนต์ดีเซล

กำลังงานเบรกของเครื่องยนต์ดีเซลเครื่องใดเครื่องหนึ่งจะไม่คงที่ แต่จะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการคือ

1. จะกำหนดให้เป็นกำลังงานเบรกรวม หรือกำลังงานเบรกสุทธิ
2. จะกำหนดตามลักษณะที่จะนำไปใช้งาน เช่น เป็นกำลังงานเบรกต่อเนื่องหรือไม่
3. อุณหภูมิและความดันของอากาศโดยรอบ
4. ความต้านทานการไหลของระบบนำอากาศเข้า และระบบระบายไอเสียออก
5. ความชื้นในอากาศ
6. อุณหภูมิของน้ำมัน

เมื่อเป็นเช่นนี้ในการแสดงกำลังงานเบรกของเครื่องยนต์ดีเซล จึงจำเป็นจะต้องกำหนดมาตรฐานการทดสอบขึ้นมาเพื่อจะให้ผลที่ได้รับเหมือน ๆ กัน มาตรฐานที่นิยมใช้กันมี

SE-ED
inspiration starts here

มาตรฐานของสหรัฐอเมริกา

โดยทั่วไปจะใช้มาตรฐาน SAE สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลจะมี 2 มาตรฐานคือ

1. มาตรฐาน SAE หมายเลข J816b ซึ่งเป็นมาตรฐานในการทดสอบ
2. หมายเลข J270 ซึ่งเป็นมาตรฐานในการกำหนดสมรรถนะ (rating code)

มาตรฐานทั้งสองจะมีสภาวะของอากาศโดยรอบเหมือนกันคือ

- ความดันบรรยากาศ 29.38 นิ้วปรอท
- อุณหภูมิของอากาศ 85 องศาฟาเรนไฮต์

มาตรฐานของอังกฤษ

ซึ่งเรียกว่า BS สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลจะมี 3 มาตรฐานคือ

1. มาตรฐาน BS หมายเลข AU141 a : 1971 ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลที่จะนำไปใช้งานทั่ว ๆ ไปยกเว้นงานต่อเนื่อง

2. มาตรฐาน BS หมายเลข 649 : 1958 continuous ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลที่จะนำไปใช้งานต่อเนื่อง

3. มาตรฐาน BS หมายเลข 649 : 1958 overload ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลที่จะนำไปใช้งานต่อเนื่องและมีการใช้งานเกินกำลัง คือเกินกำลังที่กำหนดสำหรับงานต่อเนื่องประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์เป็นเวลาไม่เกิน 1 ชั่วโมง

มาตรฐาน BS AU 141 a: 1971 มีสภาวะของอากาศคือ

- ความดันบรรยากาศ 29.92 นิ้วปรอท
- อุณหภูมิของอากาศ 68 องศาฟาเรนไฮต์

ส่วนมาตรฐาน BS 649 : 1958 continous และ overload มีสภาวะของอากาศคือ

- ความดันบรรยากาศ 29.5 นิ้วปรอท
- อุณหภูมิของอากาศ 85 องศาฟาเรนไฮต์

มาตรฐานของเยอรมันตะวันตก

ซึ่งเรียกว่า DIN สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลจะมี 3 มาตรฐานคือ

1. มาตรฐาน DIN หมายเลข 70020 ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลที่จะนำไปใช้งานทั่ว ๆ ไป
2. มาตรฐาน DIN หมายเลข 6270 B ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลที่จะนำไปใช้งานทั่ว ๆ ไป
3. มาตรฐาน DIN หมายเลข 6270 A continuous ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลที่จะนำไปใช้งานต่อเนื่อง

มาตรฐาน DIN 70020 มีสภาวะของอากาศคือ

- ความดันบรรยากาศ 29.92 นิ้วปรอท
- อุณหภูมิของอากาศ 68 องศาฟาเรนไฮต์

มาตรฐาน DIN 6270 A continuous และมาตรฐาน DIN 6270 B มีสภาวะของอากาศคือ

- ความดันบรรยากาศ 29 นิ้วปรอท
- อุณหภูมิของอากาศ 68 องศาฟาเรนไฮต์

SE-ED
inspiration starts here

มาตรฐานญี่ปุ่น

ซึ่งเรียกว่า JIS สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลจะมี 2 มาตรฐานคือ

1. มาตรฐาน JIS D 1004 จะใช้กับเครื่องยนต์สำหรับรถยนต์
2. มาตรฐาน JIS D 1005 จะใช้กับเครื่องยนต์สำหรับเครื่องจักรกล

มาตรฐาน JIS D 1004 มีสภาวะของอากาศคือ

- ความดันบรรยากาศ 29.92 นิ้วปรอท
- อุณหภูมิของอากาศ 59 องศาฟาเรนไฮต์

มาตรฐาน JIS D 1005 มีสภาวะของอากาศคือ

- ความดันบรรยากาศ 29.92 นิ้วปรอท
- อุณหภูมิของอากาศ 68 องศาฟาเรนไฮต์

กำลังงานของเครื่องยนต์กับเครื่องจักรกล

กำลังงานของเครื่องยนต์ที่จะเหมาะสมกับเครื่องจักรกลชนิดและขนาดต่าง ๆ นั้นจะขึ้น

อยู่กับขนาดของตัวเครื่องจักรกล ลักษณะของงานที่จะทำ และสภาพพื้นที่ที่ใช้งาน ซึ่งจะแบ่งกำลังงานที่เกี่ยวกับเครื่องจักรกลออกเป็น 3 ประเภทคือ

1. กำลังงานที่ต้องการ (power required)

ก็คือ กำลังงานที่เครื่องจักรกลต้องการใช้ในการที่จะทำให้ตัวเครื่องจักรกลเคลื่อนที่ไป กำลังงานที่ต้องการนี้คือกำลังงานที่จะต้องเอาชนะแรงต้านทานต่าง ๆ คือ

1.1 แรงต้านทานการหมุนของล้อ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับน้ำหนักที่กดลงบนล้อ สภาพของยาง และสภาพของพื้น โดยค่าแรงต้านทานการหมุนของล้อจะหาได้จากสมการคือ

แรงต้านทานการหมุนของล้อ = น้ำหนักที่กดลงบนล้อ × สัมประสิทธิ์ของแรงต้านการหมุนของล้อ

สัมประสิทธิ์ของแรงต้านการหมุนของล้อจะขึ้นอยู่กับสภาพของพื้น ค่าของสัมประสิทธิ์ของแรงต้านการหมุนของล้อตามสภาพของพื้นแสดงไว้ในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ค่าสัมประสิทธิ์ของแรงต้านการหมุนของล้อ

สภาพของพื้นของล้อ	ค่าสัมประสิทธิ์ของแรงต้านการหมุน (กิโลกรัม/ตัน)
ถนนคอนกรีต	17.5
ถนนราดยาง	33.5
ถนนดิน	55
ถนนขรุขระ	106
พื้นดินแข็ง	57
พื้นดินถม	95.5
พื้นโคลนหรือทราย	174

SE-ED
inspiration starts here

แรงต้านการหมุนของล้อนี้จะคิดเฉพาะของเครื่องจักรกลล้อยาง ส่วนเครื่องจักรกลตีนตะขาบจะเปรียบเสมือนว่าเครื่องจักรกลตีนตะขาบวิ่งอยู่บนรางเหล็ก ฉะนั้นค่าแรงต้านการหมุนของล้อจึงมีค่าน้อยมาก และไม่ต้องนำมาคิด

1.2 แรงต้านทางชัน คือ แรงต้านที่เกิดขึ้นจากการที่เครื่องจักรกลเคลื่อนที่ขึ้นบนทางชัน หาได้จากสมการคือ

แรงต้านทางชัน = น้ำหนักรวมของเครื่องจักรกล × เปอร์เซ็นต์ความลาดชัน

ดังนั้นกำลังที่ต้องการของเครื่องจักรกลก็จะเท่ากับผลคูณของความเร็วของเครื่องจักรกลกับแรงต้านทั้งหมด ซึ่งเขียนเป็นสมการได้คือ

กำลังที่ต้องการ = แรงต้านทั้งหมด × ความเร็ว

สำหรับค่าแรงต้านทั้งหมดสำหรับเครื่องจักรกล จะคิดเฉพาะแรงต้านการหมุนของล้อกับแรงต้านทางชันเท่านั้น ถ้าเป็นการวิ่งขึ้นบนทางชัน แรงต้านทั้งหมดเท่ากับแรงต้านการหมุนของล้อบวกกับแรงต้านทางชัน แต่ถ้าเป็นการวิ่งลงทางชัน แรงต้านทั้งหมดเท่ากับแรงต้านการหมุนของล้อลบกับแรงต้านทางชัน ส่วนแรงต้านอากาศจะไม่นำมาคิด เพราะว่าโดยทั่วไปแล้วเครื่องจักรกลเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำจึงสามารถตัดออกได้ อนึ่ง กำลังที่ต้องการที่หาจากสมการข้างต้นจะเป็นเพียงกำลังที่ใช้ในการทำให้เครื่องจักรกลเคลื่อนที่ไปด้วยความเร็วคงที่หนึ่ง ๆ เท่านั้น หากจะเพิ่มความเร็วก็จำเป็นที่จะต้องใช้กำลังในการเร่งด้วย

2. **กำลังที่มีอยู่** (power available)

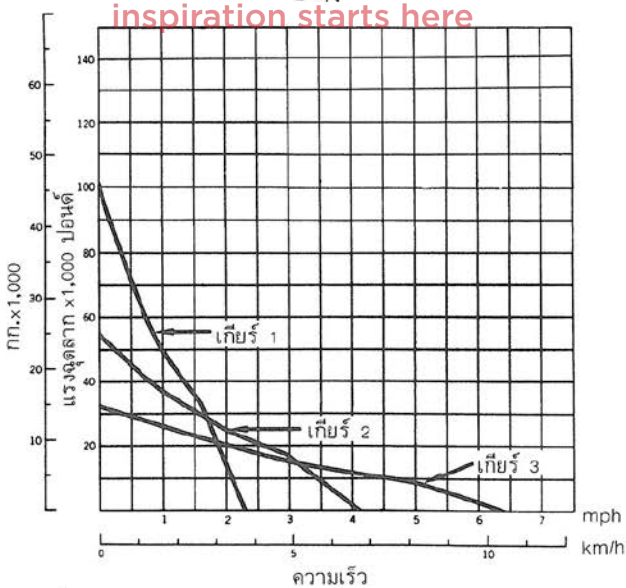
คือ กำลังงานของเครื่องยนต์ที่ติดตั้งอยู่กับเครื่องจักรกล โดยหักการสูญเสียในระบบส่งกำลังออกไป และนิยมที่จะคิดเป็นแรง สำหรับเครื่องจักรกลล้อยางจะคิดเป็นแรงขับเคลื่อนที่ล้อ (rimpull) ส่วนเครื่องจักรกลตีนตะขาบจะคิดเป็นแรงฉุดลากที่ขอลาก (drawbar pull) ซึ่งเมื่อคิดกำลังที่มีอยู่เป็นแรงก็จะต้องเอาอัตราทดเฟืองทั้งหมดมาคิดด้วย ตามสมการคือ

$$\text{แรงขับเคลื่อน หรือแรงฉุดลาก} = \frac{\eta_t G_o T_e}{r}$$

และ

$$T_e = \frac{P_e}{2\pi N}$$

SE-ED
inspiration starts here



รูปที่ 2.17 กราฟแสดงสมรรถนะของรถแทรกเตอร์ตีนตะขาบ

P_e = กำลังของเครื่องยนต์
T_e = โมเมนต์บิดของเครื่องยนต์
N = อัตราเร็วของเครื่องยนต์
η_t = ประสิทธิภาพของการส่งกำลัง
G_o = อัตราทดเฟืองทั้งหมด
r = รัศมีของยางหรือเฟืองขับ

สำหรับอัตราทดเฟืองทั้งหมดจะมีหลายค่าตามจำนวนอัตราทดของห้องเกียร์ ดังนั้นโดยทั่ว ๆ ไปแล้วเครื่องจักรกลแต่ละชนิดจะมีกราฟ ซึ่งแสดงถึงแรงขับเคลื่อนหรือแรงฉุดลากที่ความเร็วและเกียร์ต่าง ๆ ตามตัวอย่างในรูปที่ 2.17 มาให้ด้วย

3. กำลังงานที่ใช้ได้ (usable power)

คือ ค่ากำลังงานสูงสุดที่เครื่องจักรกลจะเอากำลังงานที่มีอยู่มาใช้ได้ ซึ่งแสดงว่าในบางสภาวะเครื่องจักรกลไม่สามารถที่จะนำกำลังที่มีอยู่ทั้งหมดมาใช้งานได้ สำหรับกำลังงานที่ใช้ได้จะขึ้นอยู่กับ

3.1 แรงจับของพื้น คือ แรงสูงสุดที่สามารถใช้ในการขับเคลื่อนล้อ หรือตีนตะขาบ หากแรงที่ใช้ในการขับเคลื่อนมากกว่าแรงจับของพื้นแล้วล้อหรือตีนตะขาบก็จะลื่นไถล ทำให้เครื่องจักรกลไม่สามารถเคลื่อนที่ไปได้ แรงที่ใช้ในการจับพื้นนี้จะขึ้นอยู่กับน้ำหนักที่กดลงบนล้อที่ขับหรือตีนตะขาบและชนิดของพื้น ซึ่งเขียนเป็นสมการได้คือ

SE-ED
inspiration starts here

แรงจับของพื้น = น้ำหนักที่กดลงบนล้อขับ × สัมประสิทธิ์ของการจับของพื้น

ค่าสัมประสิทธิ์ของการจับของพื้นสำหรับพื้นชนิดต่าง ๆ แสดงไว้ในตารางที่ 2.2

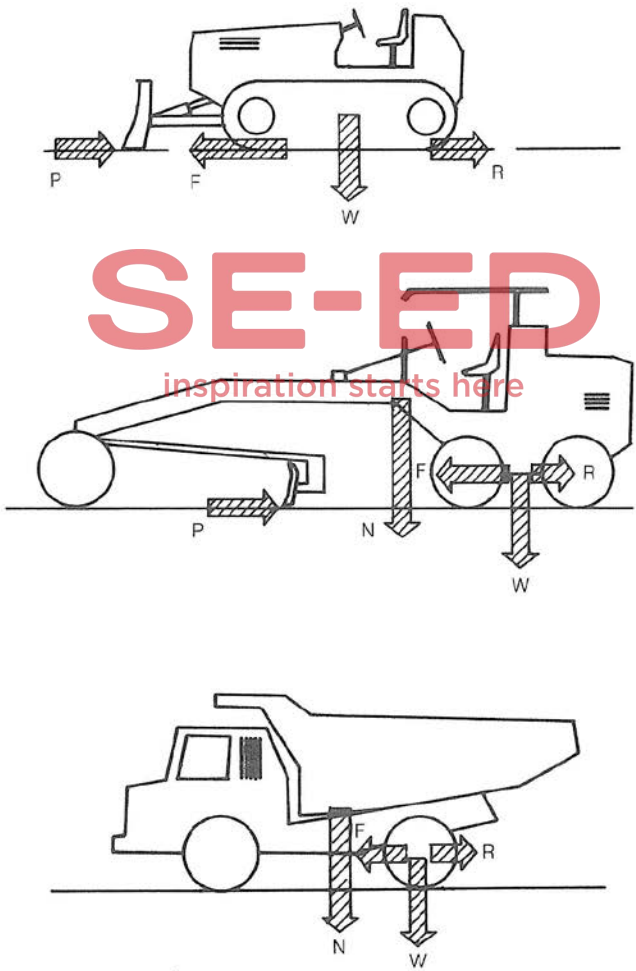
ตารางที่ 2.2 สัมประสิทธิ์ของการจับของพื้น

ชนิดของพื้น	ค่าสัมประสิทธิ์ของการจับของพื้น	
	เครื่องจักรล้อยาง	เครื่องจักรกลตีนตะขาบ
คอนกรีต	.90	.45
ดินเหนียวแห้ง	.55	.90
ดินเหนียวเปียก	.45	.70
ทรายแห้ง	.20	.30
ดินแข็ง	.55	.90
ดินอ่อน	.45	.60

3.2 ความสูงของพื้นที่ใช้งาน ถ้านำเครื่องจักรกลไปใช้ในที่ที่สูงกว่าระดับน้ำทะเลมาก ๆ กำลังของเครื่องยนต์จะลดลง เนื่องจากความหนาแน่นของอากาศลดลงจึงทำให้กำลังงานที่ใช้ได้ลดลง โดยทั่วไปถ้านำเครื่องจักรกลไปใช้ในที่ที่สูงกว่าระดับน้ำทะเล 1,200 เมตร กำลังจะลดลง 3 เปอร์เซ็นต์ และจะลดลงอีก 3 เปอร์เซ็นต์ของความสูงที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ 300 เมตร

กำลังที่เครื่องจักรกลที่ใช้ในแต่ละขณะก็จะขึ้นอยู่กับกำลังที่ต้องการและกำลังที่ต้องใช้ในการลากและดัน ซึ่งถ้าคิดอยู่ในรูปของแรงก็จะเขียนเป็นสมการได้คือ

$$F = P + R$$



SE-ED
inspiration starts here

รูปที่ 2.18 แรงที่เครื่องจักรกลประเภทต่าง ๆ

F = แรงที่ใช้จริง

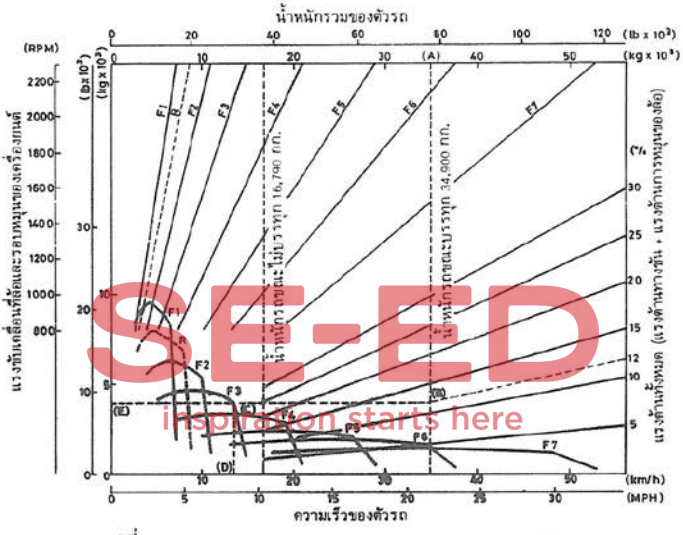
P = แรงต้านในการทำงาน

R = แรงต้านทั้งหมด

W = น้ำหนักที่กดลงบนล้อหรือตีนตะขาบ

N = น้ำหนักทั้งหมด

ซึ่งค่าแรงที่ใช้จริงนี้จะต้องไม่เกินแรงที่ใช้ได้และแรงที่มีอยู่ โดยอาจดูได้จากกราฟตามรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 กราฟแสดงสมรรถนะของรถบรรทุกเทท้าย

SE-ED
inspiration starts here

การเปรียบเทียบแบบต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ดีเซลของเครื่องจักรกลหนัก

เครื่องจักรดีเซลที่ใช้กับเครื่องจักรกลหนักของบริษัทผู้ผลิตต่าง ๆ ยังมีแบบที่แตกต่างกันอยู่บ้างซึ่งพอสรุปข้อดีข้อเสียได้ดังนี้

การเปรียบเทียบเครื่องยนต์ดีเซลแบบ 2 จังหวะกับ 4 จังหวะ

สามารถเปรียบเทียบได้ตามหัวข้อต่าง ๆ ได้คือ

1. **กำลังงานเบรก** สำหรับขนาดปริมาตรความจุและที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์เท่ากัน เครื่องยนต์ 2 จังหวะจะให้กำลังงานเบรกมากกว่า 4 จังหวะ

2. **ประสิทธิภาพของการบรรจุ** เครื่องยนต์ 4 จังหวะจะมีประสิทธิภาพของการบรรจุดีกว่าเครื่องยนต์ 2 จังหวะ

3. การเผาไหม้ การเผาไหม้ในเครื่องยนต์ 4 จังหวะ จะดีกว่าการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ 2 จังหวะ

4. ความสม่ำเสมอของการหมุน เนื่องจากเครื่องยนต์ 2 จังหวะ จะให้จังหวะกำลังทุก ๆ รอบหมุนของเครื่องยนต์ ดังนั้นความสม่ำเสมอของการหมุนของเครื่องยนต์ 2 จังหวะจึงดีกว่าเครื่องยนต์ 4 จังหวะ ทำให้ขนาดของล้อช่วยแรง (flywheel) ของเครื่องยนต์ 2 จังหวะเล็กกว่าของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ

5. จำนวนชิ้นส่วนและราคา เครื่องยนต์ 2 จังหวะ จะใช้ลูกสูบและกระบอกสูบทำหน้าที่เป็นลิ้นด้วย ดังนั้นโดยทั่ว ๆ ไปจำนวนชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ 2 จังหวะจะน้อยกว่า และเป็นผลให้ราคาควรจะถูกกว่าเครื่องยนต์ 4 จังหวะด้วย

การเปรียบเทียบเครื่องยนต์ดีเซลชนิดมีห้องเผาไหม้แบบฉีดน้ำมันเข้าโดยตรงกับแบบไม่ฉีดน้ำมันเข้าโดยตรง

สำหรับห้องเผาไหม้แบบไม่ฉีดน้ำมันเข้าโดยตรงก็ได้แก่ แบบที่มีห้องเผาไหม้ล่วงหน้า (pre-combustion chamber) เป็นต้น การเปรียบเทียบสามารถเปรียบเทียบได้ตามหัวข้อต่าง ๆ คือ

SE-ED
inspiration starts here

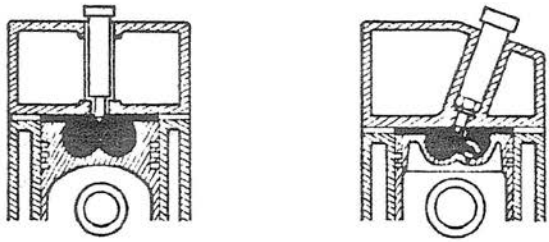
1. ความสิ้นเปลืองจำเพาะของเชื้อเพลิง เครื่องยนต์ดีเซลชนิดที่มีห้องเผาไหม้แบบฉีดน้ำมันเข้าโดยตรง จะมีความสิ้นเปลืองจำเพาะของเชื้อเพลิงน้อยกว่าชนิดที่มีห้องเผาไหม้แบบไม่ฉีดน้ำมันเข้าโดยตรง ทั้งนี้เนื่องจากประสิทธิภาพทางความร้อนของแบบฉีดน้ำมันเข้าโดยตรงจะดีกว่าเพราะการสูญเสียความร้อนน้อยกว่า (ทั้งนี้เนื่องเพราะพื้นที่ของห้องเผาไหม้แบบฉีดน้ำมันเข้าโดยตรงน้อยกว่า)

2. การติดเครื่องขณะเย็น (cold starting) เครื่องยนต์ดีเซลชนิดที่มีห้องเผาไหม้แบบฉีดน้ำมันเข้าโดยตรงจะสามารถติดเครื่องขณะเย็นได้ง่ายกว่า ซึ่งหมายความว่าอาจจะไม่ต้องใช้หัวเผา เช่นเดียวกับแบบไม่ฉีดน้ำมันเข้าโดยตรง ทั้งนี้เนื่องจากการสูญเสียความร้อนน้อยกว่าเช่นเดียวกับข้อเปรียบเทียบประการแรก

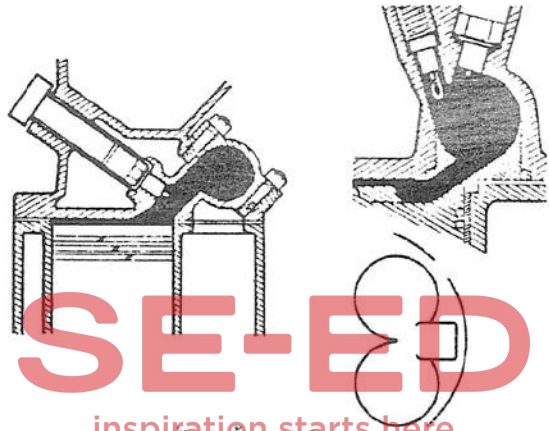
3. ระบบเชื้อเพลิง สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลชนิดที่มีห้องเผาไหม้แบบฉีดน้ำมันเข้าโดยตรงจำเป็นจะต้องใช้ความดันของน้ำมันเชื้อเพลิงที่จะฉีดเข้าห้องเผาไหม้ค่อนข้างสูง และจะต้องให้มีการฉีดน้ำมันออกไปทั่วห้องเผาไหม้ ซึ่งทำให้หัวฉีดที่มีหลายรูง่ายต่อการอุดตัน

4. ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลชนิดที่มีห้องเผาไหม้แบบไม่ฉีดน้ำมันเข้าโดยตรง จะสามารถทำงานที่ความเร็วรอบสูงกว่าแบบฉีดน้ำมันเข้าโดยตรง

5. เสียงและควัน เครื่องยนต์ดีเซลชนิดที่มีห้องเผาไหม้แบบไม่ฉีดน้ำมันเข้าโดยตรงจะมีเสียงเบาและควันน้อยกว่าแบบฉีดน้ำมันเข้าโดยตรง ทั้งนี้เนื่องจากมีการเผาไหม้ที่นิ่มนวลและสม่ำเสมอ



ระบบฉีดน้ำมันเข้าโดยตรง



ระบบที่ไม่ฉีดน้ำมันเข้าโดยตรง

SE-ED
inspiration starts here

รูปที่ 2.10 ห้องเผาไหม้แบบต่าง ๆ

การเปรียบเทียบเครื่องยนต์ดีเซลชนิดมีเทอร์โบชาร์จเจอร์และชนิดที่ไม่มีเทอร์โบชาร์จเจอร์

สามารถเปรียบเทียบตามหัวข้อต่าง ๆ ได้คือ

1. **กำลังงาน** เมื่อติดเทอร์โบชาร์จเจอร์เครื่องยนต์จะมีกำลังเพิ่มขึ้น

2. **สภาวะการทำงาน** เมื่อติดเทอร์โบชาร์จเจอร์เครื่องยนต์จะต้องทำงานภายใต้ความดันและอุณหภูมิที่สูงขึ้น

3. **การซ่อมและบำรุงรักษา** การเพิ่มเทอร์โบชาร์จเจอร์เป็นการเพิ่มอุปกรณ์ขึ้นมาอีกชนิดหนึ่ง ซึ่งเทอร์โบชาร์จเจอร์เป็นอุปกรณ์ที่ซ่อมยาก จึงทำให้การซ่อมและการบำรุงรักษาของเครื่องยนต์ที่มีเทอร์โบชาร์จเจอร์ยุ่งยากขึ้นกว่าเครื่องยนต์ที่ไม่มี

คำถามท้ายบท

1. จงอธิบายถึงคุณสมบัติที่สำคัญของเครื่องยนต์สำหรับเครื่องจักรกลงานก่อสร้าง
2. ทำไมเครื่องจักรกลงานก่อสร้างจึงนิยมใช้เครื่องยนต์ดีเซลมากกว่าเครื่องยนต์เบนซิน
3. จงอธิบายวงจรการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล 2 จังหวะ และ 4 จังหวะ
4. ตัวเครื่องยนต์ประกอบด้วยชิ้นส่วนที่สำคัญอะไรบ้าง
5. ระบบน้ำมันของเครื่องยนต์ดีเซลโดยทั่วไปประกอบด้วยชิ้นส่วนที่สำคัญอะไรบ้าง
6. จงอธิบายหน้าที่ของระบบน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ดีเซล
7. จงอธิบายหน้าที่ของระบบหล่อลื่นของเครื่องยนต์ดีเซล
8. จงอธิบายถึงชิ้นส่วนที่สำคัญของระบบหล่อเย็นด้วยน้ำของเครื่องยนต์ดีเซล
9. จงอธิบายถึงกำลังงานชนิดต่าง ๆ ของเครื่องยนต์และกำลังงานอะไรบ้างที่จะนำไปใช้งานได้ทั้งหมด
10. ประสิทธิภาพทางกลของเครื่องยนต์คืออะไร เกี่ยวข้องกับกำลังงานเบรก และกำลังงานอินดิเคตอย่างไร
11. จงอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพทางความร้อนและการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์
12. จงอธิบายถึงกราฟแสดงสมรรถนะของเครื่องยนต์และกำลังงานที่แสดงในกราฟแสดงสมรรถนะของเครื่องยนต์โดยทั่วไปเป็นกำลังงานชนิดใด ให้อธิบายเหตุผล
13. ชนิดของกำลังงานเบรกที่แสดงในกราฟสมรรถนะของเครื่องยนต์ แบ่งตามลักษณะต่าง ๆ ได้อย่างไรบ้าง
14. ทำไมจึงต้องมีมาตรฐานในการวัดกำลังงานเบรกของเครื่องยนต์
15. จงอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานที่ต้องการกำลังที่มีอยู่ และกำลังงานที่ใช้ได้ของเครื่องจักรกล
16. จงเปรียบเทียบเครื่องยนต์ดีเซลชนิดที่มีห้องเผาไหม้แบบฉีดน้ำมันเข้าโดยตรงกับแบบไม่ฉีดน้ำมันเข้าโดยตรง

SE-ED
inspiration starts here

ระบบถ่ายทอดกำลัง 3

กำลังงานหรือความสามารถในการทำงานของตัวต้นกำเนิดกำลัง โดยทั่วไปแล้วไม่สามารถนำไปใช้งานได้ทันที เช่น ไม่สามารถนำเครื่องยนต์ไปขับล้อได้โดยตรง เป็นต้น ทั้งนี้เนื่องจากตำแหน่งของอุปกรณ์ที่จะทำงานไม่สามารถต่อตรงเข้ากับตัวต้นกำเนิดกำลัง และเนื่องจากโมเมนต์บิดและความเร็วที่ออกจากตัวต้นกำเนิดกำลังนั้นยังไม่เหมาะสมกับสภาวะของการทำงาน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการถ่ายทอดกำลังจากตัวต้นกำเนิดไปยังตำแหน่งของอุปกรณ์ที่จะทำงาน และจะต้องมีการปรับสภาวะของโมเมนต์บิดและความเร็วที่ออกจากตัวต้นกำลังให้เหมาะสมกับสภาวะของงาน

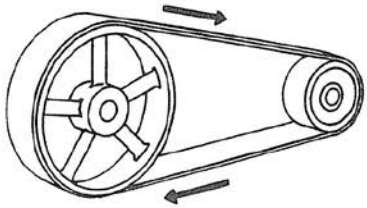
SE-ED
inspiration starts here

วิธีการถ่ายทอดกำลัง

การถ่ายทอดกำลังทางกลจากตำแหน่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่งส่วนใหญ่ก็คือ การถ่ายทอดโมเมนต์บิดและการเคลื่อนที่แบบการหมุน ซึ่งวิธีการถ่ายทอดกำลังดังกล่าวมีอยู่ 4 วิธีคือ

1. **ถ่ายทอดกำลังโดยใช้ความฝืด** (friction drive)

การถ่ายทอดกำลังโดยใช้ความฝืดจะใช้หลักการของความฝืดระหว่างผิวของวัตถุ 2 อันซึ่งนำมาสัมผัสกัน ก็จะสามารถถ่ายทอดกำลังจากวัตถุหนึ่งซึ่งเป็น*ตัวขับ*ไปยังอีกวัตถุหนึ่งซึ่งเรียกว่า*ตัวถูกขับ*ได้ การถ่ายทอดกำลังแบบนี้ได้แก่ การถ่ายทอดกำลังโดยคลัตช์ซึ่งจะอาศัยความฝืดระหว่างผิวของแผ่นคลัตช์กับผิวของแผ่นกดคลัตช์ และผิวของฟลายวีล ถ้าแรงที่เกิดจากโมเมนต์บิดของเครื่องยนต์สูงกว่าค่าความฝืดสูงสุด คลัตช์ก็จะลื่นไม่สามารถส่งกำลังได้ ส่วนการถ่ายทอดกำลังอีกแบบหนึ่งที่อาศัยความฝืดก็คือการถ่ายทอดกำลังโดยใช้สายพานตามรูปที่ 3.1 ซึ่งจะใช้ในการถ่ายทอดกำลังจากมูเล่ตัวขับไปยังมูเล่อีกตัวหนึ่งซึ่งเป็นตัวถูกขับ ถ้าแรงดึงของสายพานมากกว่าความฝืดระหว่างสายพานกับมูเล่ สายพานก็จะลื่นจะไม่สามารถถ่ายทอดกำลังได้เต็มที่



รูปที่ 3.1 การถ่ายทอดกำลังโดยใช้ความฝืดแบบสายพาน

2. การถ่ายทอดกำลังโดยใช้เฟือง (gear drive)

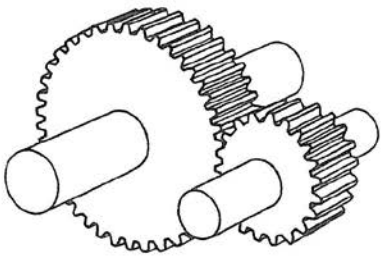
การถ่ายทอดกำลังโดยใช้เฟืองจะใช้หลักการของคานงัด (lever) คือ ฟันของเฟืองตัวขับจะไปงัดฟันของเฟืองของตัวขับให้เคลื่อนที่ไป ซึ่งมีหลักการและแบบของเฟืองคือ

2.1 หลักการของเฟืองที่สำคัญ ได้แก่ อัตราส่วนของเฟืองจะแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของความเร็วและโมเมนต์บิด อัตราส่วนของเฟืองก็คืออัตราส่วนระหว่างจำนวนฟันแต่ละตัวของเฟือง ถ้าเฟืองตัวเล็ก(จำนวนฟันน้อย)ขับเฟืองตัวใหญ่(จำนวนฟันมาก) รอบของเฟืองตัวใหญ่จะหมุนช้าแต่โมเมนต์บิดจะมาก ในทางตรงกันข้าม ถ้าเฟืองตัวใหญ่เป็นตัวขับ เฟืองตัวเล็กเป็นตัวถูกขับ ความเร็วของเฟืองตัวเล็กจะเร็วกว่าเฟืองตัวใหญ่ แต่โมเมนต์บิดจะน้อย

SE ED
inspiration starts here

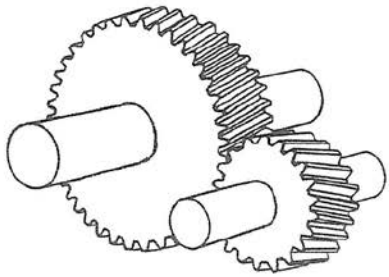
2.2 แบบของเฟือง เฟืองที่ใช้ในการถ่ายทอดกำลังนั้นมีหลายแบบ สำหรับการเลือกใช้แบบของเฟืองในการถ่ายทอดกำลังนั้น จะคำนึงถึงจำนวนกำลังที่จะต้องถ่ายทอด ความเร็วและโมเมนต์บิดที่ต้องการ และรวมทั้งตำแหน่งของอุปกรณ์ที่จะทำงาน แบบของเฟืองที่นิยมใช้กันมี

1. straight spur มีลักษณะฟันตรง ใช้ในการถ่ายทอดกำลังระหว่างเพลาที่ขนานกัน เฟืองแบบนี้จะใช้ในงานที่มีความเร็วต่ำ ข้อเสียก็คือมีเสียงดังและรับแรงได้น้อย



รูปที่ 3.2 เฟืองแบบ straight spur

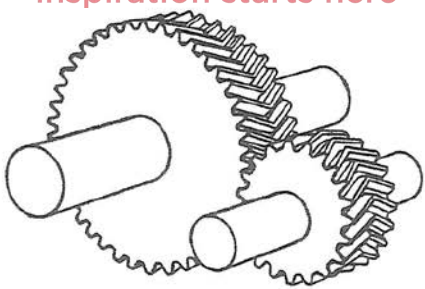
2. *helical spur* มีลักษณะฟันเอียง ใช้ในการถ่ายทอดกำลังระหว่างเพลาที่ขนานกัน เช่นเดียวกับ straight spur แต่สามารถจะใช้งานที่มีความเร็วสูงและมีความแข็งแรงกว่า รวมทั้งมีเสียงเบากว่าด้วย



รูปที่ 3.3 เฟืองแบบ helical spur

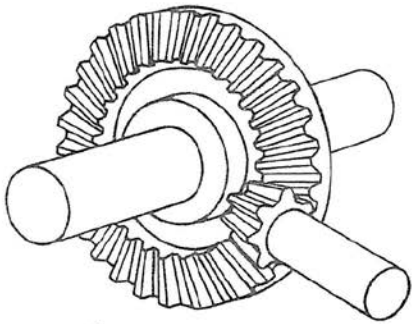
3. *herringbone* มีลักษณะฟันเอียง 2 ฟันทำมุมกันเปรียบเสมือน helical spur สองตัวมาติดกันโดยให้ฟันทำมุมกัน เฟืองแบบนี้จะใช้ในการถ่ายทอดกำลังระหว่างเพลาที่ขนานกัน และจะเป็นแบบที่ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ 2 แบบแรก หมายความว่าสามารถถ่ายทอดกำลังได้มาก ความเร็วสูง และเสียงเงียบ

SE-ED
inspiration starts here

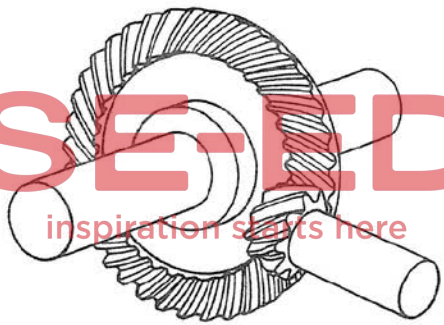


รูปที่ 3.4 เฟืองแบบ herringbone

4. *plain bevel* มีลักษณะเป็นฟันตรงเช่นเดียวกับ straight spur แต่จะใช้ในการถ่ายทอดกำลังระหว่างเพลาที่ตั้งฉากซึ่งกันและกัน ลักษณะงานที่จะนำไปใช้จะเป็นเช่นเดียวกับ straight spur คืองานต้องมีรอบต่ำ และไม่ต้องส่งกำลังมาก ๆ

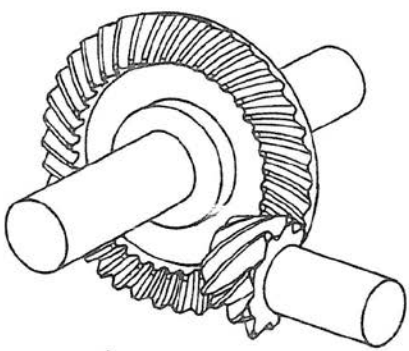


รูปที่ 3.5 เฟืองแบบ plain bevel



SEED
inspiration starts here

รูปที่ 3.6 เฟืองแบบ spiral bevel



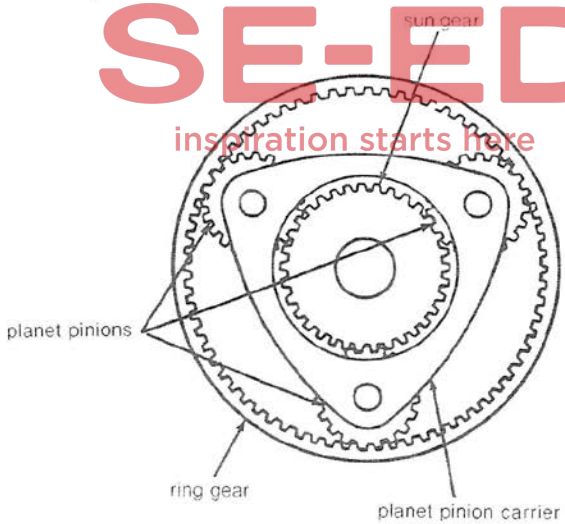
รูปที่ 3.7 เฟืองแบบ hypoid

5. *spiral bevel* มีลักษณะฟันเอียงเช่นเดียวกับ helical spur แต่จะใช้ในการถ่ายทอดกำลังระหว่างเพลาที่ตั้งฉากเช่นเดียวกับ plain bevel ดังนั้นจึงมีข้อดีกว่า plain bevel คือสามารถถ่ายทอดกำลังได้มากกว่า และใช้กับงานที่มีความเร็วรอบสูง รวมทั้งมีเสียงค่อยกว่าด้วย

6. *hypoid* มีลักษณะเช่นเดียวกับ spiral bevel และจะใช้ในการถ่ายทอดกำลังระหว่างเพลาที่ตั้งฉากเช่นเดียวกัน ข้อแตกต่างก็คือระดับของเพลาของเฟืองตัวขับ (ตัวเล็ก) จะต่ำกว่าระดับของเพลาของเฟืองตัวใหญ่ ซึ่ง bevel gears สองแบบแรกระดับของเพลาตัวขับและตัวถูกขับจะอยู่ในระดับเดียวกัน (ระนาบเดียวกัน)

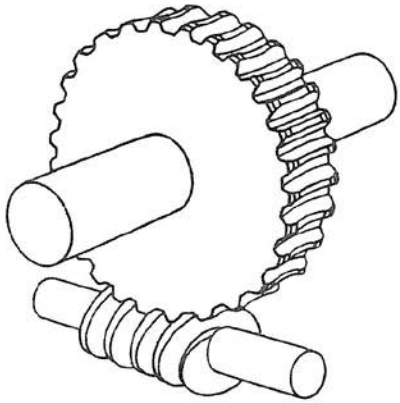
7. *planetary* จะเป็นชุดของเฟืองซึ่งตัวหนึ่งจะเป็นเฟืองซึ่งมีฟันในอีกตัวหนึ่งเป็นเฟืองที่มีฟันนอก เฟืองที่มีฟันในเรียกว่า ring gear เฟืองที่มีฟันนอกเรียกว่า planetary gear ซึ่งโดยปกติแล้วจะมีเฟืองตัวกลางซึ่งเป็นเฟืองแบบฟันนอกตัวหนึ่งที่ขบกับ planetary gear เราเรียกเฟืองตัวกลางว่า sun gear ชุดของ planetary ซึ่งประกอบด้วยเฟืองทั้ง 3 ตัวนี้ แต่ละชุดสามารถที่จะให้อัตราส่วนความเร็วระหว่างเพลาขับและเพลาที่ถูกขับหลายอัตราส่วน และแรงที่กระทำก็จะกระจายไปยังเฟืองทั้งสาม ทำให้ชุดเฟืองแบบนี้เหมาะสมที่จะใช้ในเครื่องจักรกลหนักที่ต้องถ่ายทอดกำลังสูง และต้องการอัตราส่วนความเร็วหลาย ๆ อัตรา

SE-ED
inspiration starts here



รูปที่ 3.8 เฟืองแบบ planetary

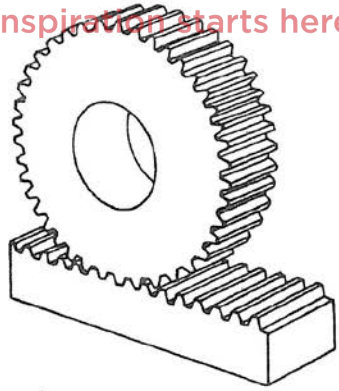
8. *worm and gear* จะเป็นเฟืองซึ่งมีฟันลักษณะเป็นสกรู และใช้ในการถ่ายทอดกำลังระหว่างเพลา 2 อัน ซึ่งตั้งฉากกัน แต่ไม่อยู่ในระนาบเดียวกัน เช่นเดียวกับ hypoid แต่ Worm นี้เหมาะสมกับงานที่ตัวขับมีความเร็วสูง ๆ และต้องการความเร็วของตัวที่ถูกขับต่ำ ๆ



รูปที่ 3.9 เฟืองแบบ worm and gear

9. *rack and pinion* จะเป็นชุดของเฟืองที่จะเปลี่ยนลักษณะการเคลื่อนที่จากการหมุนให้เป็นการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง ซึ่งส่วนมากแล้วจะใช้ในการถ่ายทอดกำลังที่ตัวขับมีความเร็วรอบต่ำ ๆ และไม่ต้องรับแรงมากนัก

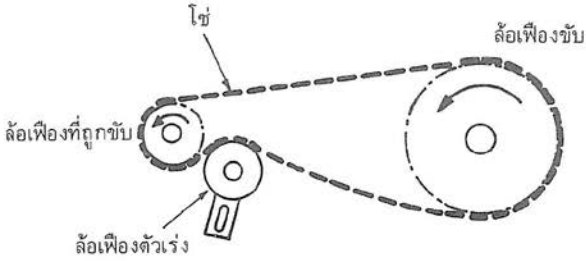
SE-ED
inspiration starts here



รูปที่ 3.10 เฟืองแบบ rack and pinion

3. การถ่ายทอดกำลังโดยใช้โซ่ (chain drive)

การถ่ายทอดกำลังโดยใช้โซ่จะคล้ายกับการถ่ายทอดกำลังโดยใช้สายพาน ซึ่งจะถ่ายทอดกำลังจากเพลาหนึ่งไปยังอีกเพลาหนึ่งที่ขนานกัน แต่การถ่ายทอดกำลังโดยใช้โซ่จะมีประสิทธิภาพมากกว่าและจะไม่ลื่นไถล



(ก)

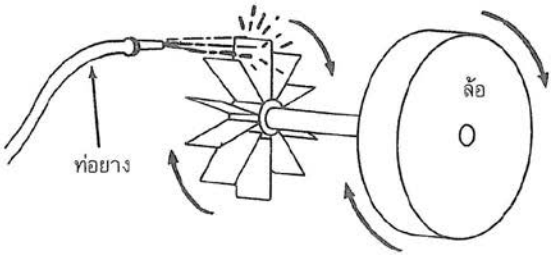
SEED
inspiration starts here

(ข)

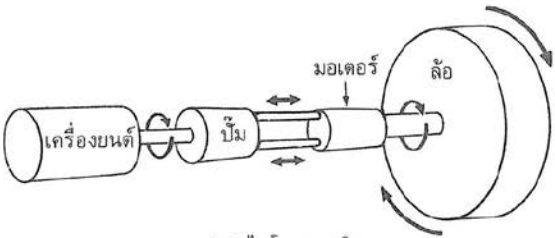
รูปที่ 3.11 การถ่ายทอดกำลังโดยใช้โซ่

4. **การถ่ายทอดกำลังโดยใช้ของเหลว** (fluid drive)

การถ่ายทอดกำลังโดยใช้ของเหลวจะใช้ของเหลวเป็นตัวกลางในการถ่ายทอดกำลัง แบ่งออกเป็น 2 วิธีคือ การถ่ายทอดกำลังแบบ *ไฮโดรไดนามิก (hydrodynamic)* ซึ่งถ่ายทอดกำลังโดยใช้ของเหลวในสภาวะที่มีความเร็วในการไหลสูงแต่ความดันต่ำ ระบบไฮโดรไดนามิกนี้ใช้อุปกรณ์ถ่ายทอดกำลังคือ ทอร์คคอนเวอร์เตอร์ (torque converter) ฟลูอิดคัปปลิง (fluid coupling) เป็นต้น ส่วนอีกวิธีหนึ่งก็คือการถ่ายทอดกำลังแบบ *ไฮโดรสแตติก (hydrostatic)* ซึ่งถ่ายทอดกำลังโดยใช้ของเหลวในสภาวะที่มีความดันสูง แต่ความเร็วในการไหลต่ำ โดยมีอุปกรณ์ที่ใช้ในการถ่ายทอดกำลังคือ ปั๊มและมอเตอร์ไฮดรอลิก



(ก) ไฮโดรไดนามิก



(ข) ไฮโดรสแตติก

รูปที่ 3.12 การถ่ายทอดกำลังโดยใช้ของเหลว

SE-ED
Imagination starts here

หน้าที่ของระบบถ่ายทอดกำลัง

เพื่อที่จะสามารถถ่ายทอดกำลังจากเครื่องยนต์ไปยังอุปกรณ์ที่จะทำงานให้เหมาะสมกับสภาวะการทำงานนั้น ระบบถ่ายทอดกำลังของเครื่องจักรกลก็จะต้องสามารถทำหน้าที่ที่สำคัญ ๆ คือ

1. เชื่อมต่อและตัดกำลังที่จะส่งจากตัวต้นกำเนิดไปยังอุปกรณ์ที่จะทำงาน หน้าที่ประการนี้ก็เพื่อที่จะสนองตอบสภาวะการทำงานของเครื่องจักรกล ในกรณีที่เครื่องจักรกลนั้นมิได้ทำงานต่อเนื่องตลอดเวลา จะต้องมีการหยุดทำงาน และจะต้องมีการหยุดเพื่อเปลี่ยนสภาวะการทำงาน เช่น เปลี่ยนความเร็ว หรือเปลี่ยนทิศทางของการเคลื่อนที่ เป็นต้น

2. เปลี่ยนอัตราส่วนความเร็วได้ตามต้องการ ระบบถ่ายทอดกำลังจะต้องสามารถเปลี่ยนอัตราส่วนความเร็วได้ตามต้องการ ซึ่งก็หมายความว่า ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์อันใดอันหนึ่งจะต้องสามารถเลือกความเร็วของอุปกรณ์ทำงานได้หลายความเร็วตามสภาวะของงาน

3. กลับทิศทางของการเคลื่อนที่ เครื่องจักรกลจะต้องสามารถเดินหน้าหรือถอยหลังได้ ดังนั้นระบบถ่ายทอดกำลังจึงต้องสามารถกลับทิศทางของการเคลื่อนที่ได้เมื่อต้องการ

4. แบ่งกำลังและจัดความเร็วระหว่างล้อสองด้านของเครื่องจักรกลในขณะเคลื่อนที่ในทางโค้ง เพื่อให้เครื่องจักรกลล้อยางสามารถเคลื่อนที่ในทางโค้งได้ ระบบถ่ายทอดกำลังจะต้องสามารถทำให้ล้อทั้งสองด้านมีความเร็วไม่เท่ากัน

แบบของระบบถ่ายทอดกำลังของเครื่องจักรกลงานก่อสร้าง

เครื่องจักรกลงานก่อสร้างที่ขับเคลื่อนด้วยตัวเองในปัจจุบัน จะมีระบบการถ่ายทอดกำลังเพื่อไปใช้ในการขับเคลื่อนอยู่ 4 แบบคือ

1. direct drive

จะเป็นระบบถ่ายทอดกำลัง ซึ่งมีการตัดต่อกำลังจากเครื่องยนต์โดยตรงผ่านคลัตช์ และใช้ห้องเกียร์ (transmission) แบบเลื่อนดันเกียร์โดยตรง (manual shift transmission) และจะประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ตามรูปที่ 3.13

รูปที่ 3.13 ระบบถ่ายทอดกำลังแบบ direct drive

คลัตช์ทำหน้าที่ตัดต่อกำลังจากเครื่องยนต์ ห้องเกียร์ทำหน้าที่เปลี่ยนอัตราส่วนความเร็วและกลับทิศทางการเคลื่อนที่ เฟืองท้ายทำหน้าที่ปรับความเร็วของล้อทั้ง 2 ด้านขณะเลี้ยว สำหรับเครื่องจักรกลล้อยาง ชุดขับเคลื่อนท้ายทำหน้าที่ทดรอบของการขับเคลื่อนครั้งสุดท้าย ระบบการถ่ายทอดกำลังแบบนี้โดยทั่วไปจะใช้กับเครื่องจักรกลขนาดเล็ก คือใช้กับเครื่องจักรกลที่มีเครื่องยนต์ขนาดต่ำกว่า 100 แรงม้าลงมา

SEED
http://www.seed.co.th

2. power shift

จะเป็นระบบถ่ายทอดกำลังโดยใช้ทอร์คคอนเวอร์เตอร์ (torque converter) เป็นตัวตัดต่อกำลังจากเครื่องยนต์ และจะใช้ห้องเกียร์แบบใช้น้ำมันช่วยในการเปลี่ยนอัตราส่วนความเร็ว ระบบถ่ายทอดกำลังแบบนี้จะประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ตามรูปที่ 3.14

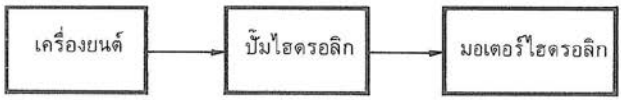
รูปที่ 3.14 ระบบถ่ายทอดกำลังแบบ power shift

ทอร์คคอนเวอร์เตอร์จะทำหน้าที่ถ่ายทอดกำลังจากเครื่องยนต์โดยใช้ของไหล ห้องเกียร์จะทำหน้าที่เปลี่ยนอัตราส่วนความเร็ว และกลับทิศทางการเคลื่อนที่ เฟืองท้ายทำหน้าที่ปรับความเร็วของล้อทั้ง 2 ด้านขณะเลี้ยวสำหรับเครื่องจักรกลล้อยาง และชุดขับเคลื่อนท้ายทำหน้าที่ทดรอบ

ของการขับเคลื่อนครั้งสุดท้าย ระบบการถ่ายทอดกำลังแบบนี้โดยทั่วไปจะใช้กับเครื่องจักรกลขนาดใหญ่

3. hydrostatic drive

ระบบถ่ายทอดกำลังแบบนี้ กำลังของเครื่องยนต์ทั้งหมดจะเปลี่ยนเป็นกำลังไฮดรอลิก แล้วเปลี่ยนเป็นกำลังไปใช้ในการหมุนอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งจะประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังรูปที่ 3.15



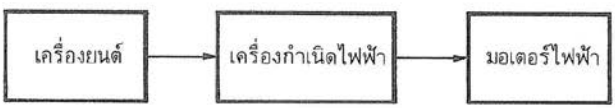
รูปที่ 3.15 ระบบถ่ายทอดกำลังแบบ hydrostatic drive

ปั๊มไฮดรอลิกจะทำหน้าที่เปลี่ยนกำลังงานจากเครื่องยนต์เป็นกำลังไฮดรอลิกในรูปของเหลวที่มีความดันสูง มอเตอร์ไฮดรอลิกจะรับของเหลวที่ออกจากปั๊มแล้วเปลี่ยนเป็นการหมุน ในระหว่างปั๊มไฮดรอลิกและมอเตอร์ไฮดรอลิกอาจติดตั้งห้องเกียร์เพิ่มเติมเพื่อให้สามารถเลือกภาวะการทำงานได้กว้างขวางยิ่งขึ้น โดยทั่วไปแล้วจากมอเตอร์ไฮดรอลิกก็จะมีชุดขับเคลื่อนท้ายเพื่อทำหน้าที่ทดรอบของการขับเคลื่อนอีกครั้งหนึ่ง

SE-ED
inspiration starts here

4. electrical drive

ระบบถ่ายทอดกำลังแบบนี้จะเปลี่ยนกำลังจากเครื่องยนต์เป็นกำลังไฟฟ้า แล้วมอเตอร์ไฟฟ้าก็จะรับกำลังไฟฟ้าและเปลี่ยนเป็นการหมุน ซึ่งจะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 ระบบถ่ายทอดกำลังแบบ electrical drive

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะเปลี่ยนกำลังงานในรูปของโมเมนต์บิดและการหมุนให้เป็นกำลังไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้าจะเปลี่ยนกำลังไฟฟ้าให้เป็นโมเมนต์บิดและการหมุน

อุปกรณ์ที่สำคัญของระบบถ่ายทอดกำลัง

ในระบบถ่ายทอดกำลังแบบต่าง ๆ จะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญหลายอัน แต่ละอันก็จะหลายแบบ หลายขนาด และหลายชนิด นอกจากนี้อุปกรณ์ที่สำคัญแต่ละอันก็จะทำหน้าที่

ไม่เหมือนกันอีกด้วย

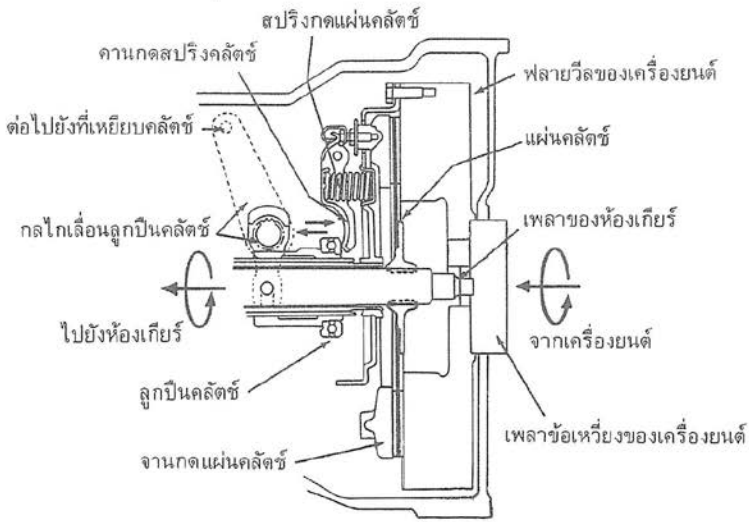
สำหรับอุปกรณ์ที่สำคัญของระบบถ่ายทอดกำลังที่จะอธิบายต่อไปก็คือ คลัตช์ ห้องเกียร์ ทอร์คคอนเวอร์เตอร์ ชุดขับเคลื่อนท้าย และชุดขับเคลื่อนแบบไฮโดรสแตติก ส่วนอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบถ่ายทอดกำลังแบบ electrical drive จะไม่กล่าวถึงในที่นี้ เพราะส่วนใหญ่แล้ว ระบบถ่ายทอดกำลังแบบ electrical driver จะใช้กับเครื่องจักรกลขนาดใหญ่ เช่น รถบรรทุกเทท้ายขนาดตั้งแต่ 85 ตันขึ้นไป ซึ่งมีใช้น้อยมากในบ้านเรา อีกทั้งอุปกรณ์ของระบบนี้เป็นอุปกรณ์ทางไฟฟ้าโดยตรง

คลัตช์ (clutch)

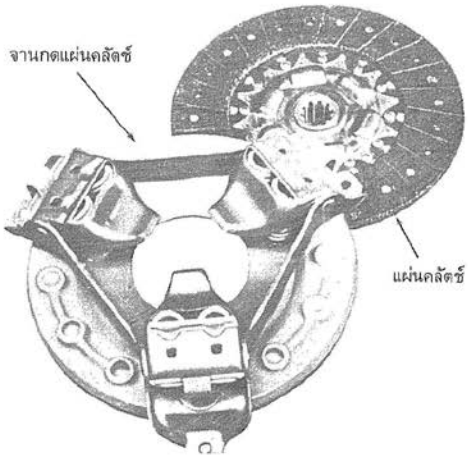
คลัตช์จะทำหน้าที่ตัดต่อและถ่ายทอดกำลังจากเครื่องยนต์ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะถ่ายทอดกำลังโดยใช้ความฝืดระหว่างผิวสัมผัสของตัวที่ขับและตัวที่ถูกขับ ดังนั้นความสามารถในการถ่ายทอดกำลังของคลัตช์จึงแปรผันโดยตรงกับสัมประสิทธิ์ความฝืดระหว่างผิวสัมผัส แรงกด และขนาดของผิวสัมผัสระหว่างตัวที่ขับและตัวที่ถูกขับ สำหรับแบบของคลัตช์ที่ใช้กันมากในระบบถ่ายทอดกำลังของเครื่องจักรกลงานก่อสร้างจะมีดังต่อไปนี้

1. **คลัตช์แบบแผ่นชนิดแห้ง** (dry-type disk clutch) จะประกอบด้วยตัวขับ โดยทั่วไปจะใช้ฟลายวีลของเครื่องยนต์เป็นตัวขับ ตัวที่ถูกขับก็คือแผ่นคลัตช์ซึ่งสวมอยู่บนเพลาของห้องเกียร์ และชุดกดแผ่นคลัตช์ (pressure plate) ซึ่งกดแผ่นคลัตช์ให้ติดกับหน้าของฟลายวีล เมื่อประกอบชุดคลัตช์แบบแผ่นเดียวชนิดแห้งเข้ากับฟลายวีล จะเป็นไปตามรูปที่ 3.17 โดยที่แผ่นคลัตช์และชุดกดแผ่นคลัตช์จะมีลักษณะตามรูปที่ 3.18

SE-ED
Inspiration starts here



รูปที่ 3.17 ชุดคลัตช์แบบแห้งชนิดแผ่นเดียว



รูปที่ 3.18 จานกดคลัตช์และแผ่นคลัตช์

SE-ED
inspiration starts here

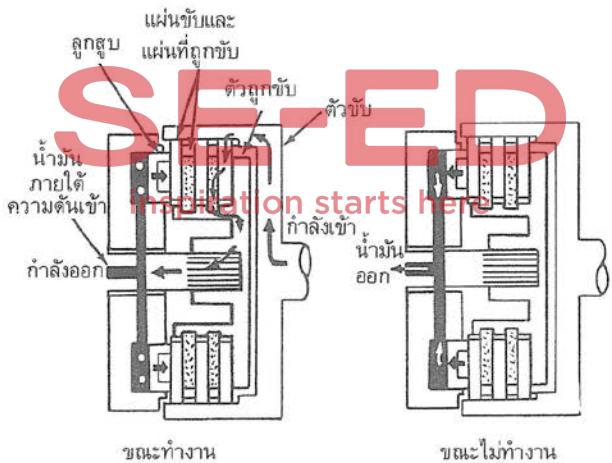
รูปที่ 3.19 ชุดคลัตช์แบบแห้งชนิดหลายแผ่น

การทำงานของคลัตช์แบบนี้ โดยปกติแผ่นคลัตช์จะถูกกดโดยชุดกดแผ่นคลัตช์ให้ติดอยู่กับหน้าฟลายวีล ซึ่งในตำแหน่งนี้กำลังจากเครื่องยนต์ก็จะสามารถถ่ายทอดกำลังไปยังห้องเกียร์ได้ แต่เมื่อต้องการที่จะตัดกำลังจากเครื่องยนต์ออกจากห้องเกียร์ กลไกควบคุมก็จะไปดันให้ลูกปืนคลัตช์ (clutch release bearing) ไปกดคานเพื่อไปกดสปริงของชุดกดแผ่นคลัตช์ ทำให้แผ่นกด

คลัตช์ถอยออกจากแผ่นคลัตช์ แผ่นคลัตช์ก็จะไม่ติดกับหน้าของฟลายวีล กำลังของเครื่องยนต์ก็จะไม่ถูกส่งไปยังห้องเกียร์

สำหรับเครื่องจักรกลงานก่อสร้างที่ใช้เครื่องยนต์ขนาดใหญ่ต้องการถ่ายทอดกำลังปริมาณมาก ซึ่งถ้าใช้คลัตช์แบบแผ่นชนิดแห้งจะนิยมใช้แผ่นคลัตช์หลายแผ่นแทนที่จะใช้แผ่นเดียวที่มีขนาดใหญ่มาก

2. **คลัตช์แบบแผ่นชนิดเปียก** (wet-type disk clutch) จะประกอบด้วยชิ้นส่วนและทำงานเหมือนกับคลัตช์แบบแผ่นชนิดแห้ง ข้อแตกต่างมีเพียงที่คลัตช์ชนิดเปียกจะทำงานโดยจุ่มอยู่ในอ่างน้ำมันหรือมีน้ำมันฉีด ดังนั้นแผ่นคลัตช์ชนิดเปียกก็จะแตกต่างกับแผ่นคลัตช์แบบแห้งคือแผ่นคลัตช์แบบเปียกจะประกอบด้วยแผ่นขับ (driving plate) ซึ่งนิยมทำด้วยเหล็กกล้า และแผ่นที่ถูกขับ (driven plate) ทำด้วยบรอนซ์ซึ่งเป็นโลหะผสมระหว่างทองแดงและดีบุก โดยที่แผ่นขับจะทำเป็นเฟืองด้านนอกสวมอยู่ในตัวขับ และแผ่นที่ถูกขับจะทำเป็นเฟืองด้านในสวมอยู่บนตัวที่ถูกขับ แผ่นขับและแผ่นที่ถูกขับจะใช้เป็นคู่ ๆ ซึ่งจำนวนคู่จะขึ้นอยู่กับปริมาณกำลังงานที่จะถ่ายทอด



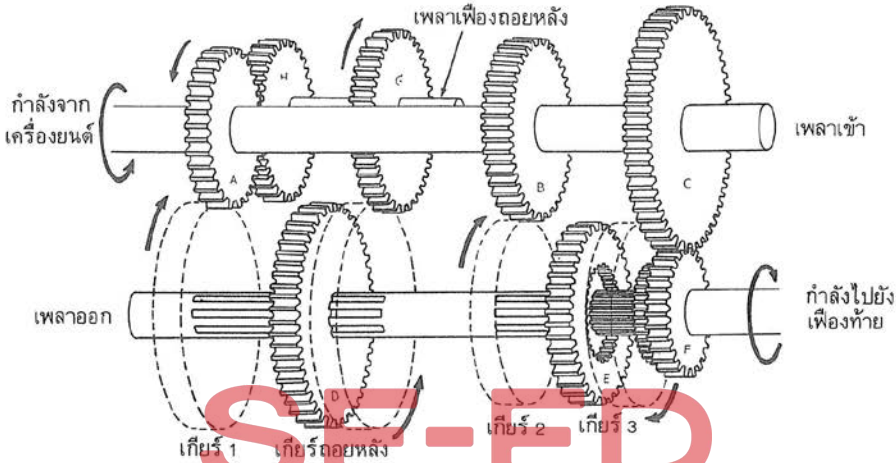
SE-ED
Inspiration starts here

รูปที่ 3.20 ชุดคลัตช์แบบเปียกทำงานโดยใช้น้ำมันช่วย

ห้องเกียร์แบบธรรมดา (mechanical transmission)

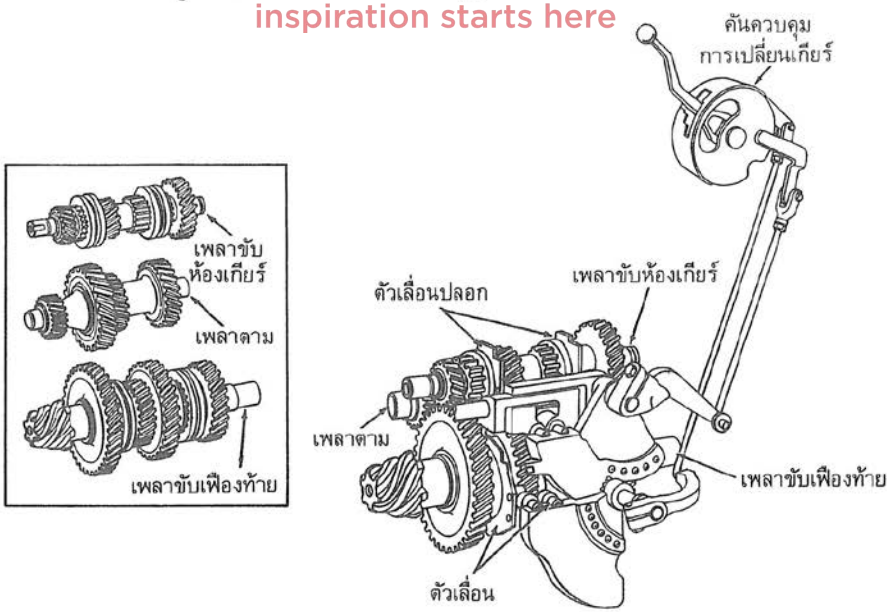
ห้องเกียร์แบบธรรมดาบางครั้งเรียกว่า manual shift transmission ทำหน้าที่ในการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนความเร็ว และกลับทิศทางของการเคลื่อนที่โดยการกลับทิศทางของการหมุน ห้องเกียร์จะประกอบด้วยชุดเกียร์ที่มีอัตราทดหลายอัตรา เพื่อให้สามารถเปลี่ยนความเร็วและแรงขับเคลื่อนได้ตามต้องการ สำหรับห้องเกียร์แบบธรรมดานี้จะแบ่งออกเป็นแบบต่าง ๆ ตามลักษณะของการเลื่อนเฟือง เพื่อเปลี่ยนอัตราส่วนความเร็ว โดยแบ่งเป็น 3 แบบคือ

1. **sliding gear** คือห้องเกียร์แบบที่เปลี่ยนอัตราส่วนความเร็วหรือกลับทิศทางของการหมุน โดยการเคลื่อนเฟืองไปขบกัน ซึ่งยังแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ ชนิด*เพลาตรงกัน*คือเพลาที่เข้าและเพลาที่ออกอยู่แนวเดียวกัน และชนิด*เพลาขนานกัน*คือเพลาที่เข้าและเพลาที่ออกขนานกัน ดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 ห้องเกียร์แบบ sliding gear ชนิดเพลาขนานกัน

SE-ED
inspiration starts here



รูปที่ 3.22 ห้องเกียร์แบบ collar shift

หนังสือเล่มนี้เป็นหนังสือเล่มเดียวในด้านเครื่องจักรกลงานก่อสร้างที่จะให้ความรู้ตั้งแต่ขั้นพื้นฐานจนถึงขั้นนำไปประยุกต์ใช้ได้กับการปฏิบัติงานจริง โดยได้อธิบายตั้งแต่แบบ ชนิดของเครื่องจักรกลก่อสร้าง เช่น รถแทรกเตอร์ รถขุดตัก รถตัก รถเกลี่ย เครื่องตอกเสาเข็ม ปั่นจั่น ลิฟต์ รถบรรทุก หลักการทำงานของระบบต่าง ๆ เช่น ระบบไฮดรอลิก ตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณงานของเครื่องจักรกลประเภทต่าง ๆ ส่วนประกอบ การทำงาน ขีดความสามารถ ค่าใช้จ่าย ตลอดจนถึงการเลือกและการบริหารเครื่องจักรกลงานก่อสร้างต่าง ๆ หนังสือเล่มนี้จึงเหมาะสำหรับเป็นหนังสือคู่มือในการปฏิบัติงานของผู้ที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักรกลงานก่อสร้างทุกระดับ และเหมาะสำหรับเป็นตำราเรียนในมหาวิทยาลัยและวิทยาลัยต่าง ๆ อีกด้วย

ประวัติผู้เขียน

วีระศักดิ์ กรัยวิเชียร ได้รับปริญญา วศ.บ. (เกียรตินิยม) สาขาเครื่องกล จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา พ.ศ. 2509 จากนั้นก็เข้ารับราชการเป็นนายช่างเครื่องกลกองช่างสุขาภิบาล กรมอนามัย ได้รับปริญญาโท สาขาวิศวกรรมเครื่องกล จากมหาวิทยาลัยอิลลินอยส์ ประเทศสหรัฐอเมริกาในปี พ.ศ. 2515 หลังจากนั้นก็กลับมาทำงานอยู่ที่เดิมอีก 2 ปี และโอนไปรับราชการที่สำนักงานเร่งรัดพัฒนาชนบทจนได้เป็นหัวหน้ากองควบคุมเครื่องจักรกล จึงได้โอนมารับราชการเป็นอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้รับแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ในปี พ.ศ. 2525 และรองศาสตราจารย์ในปี พ.ศ. 2529

SEED
inspiration starts here

ISBN 974-509-288-6
9 789745 092884
162 150 บาท