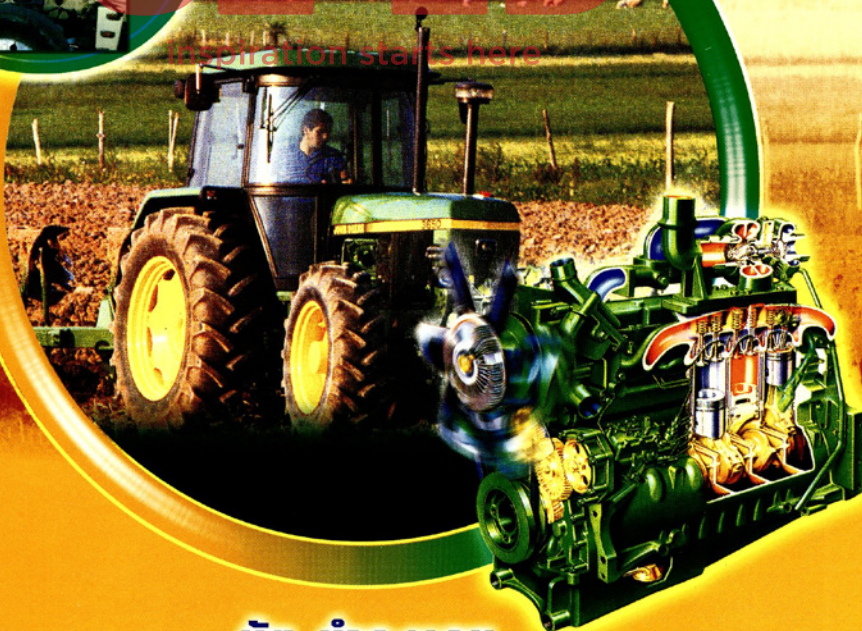


รถฟาร์ม แทรกเตอร์ 2

ระบบไฮดรอลิก



นิตย บำรุงเวช

รถฟาร์ม แทรกเตอร์ 2

ระบบไฮดรอลิก

SEED

นิย บำรุงเวช

inspiration starts here

21 ก.ค. 2543



บริษัท ซีเ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)
SE-ED EDUCATION PUBLIC COMPANY LIMITED

www.se-ed.com แหล่งแลกเปลี่ยนความรู้ที่ไม่มีวันสิ้นสุด (Knowledge Society)

เชิญแวะเยี่ยมชมเว็บไซต์ของเรา เพื่อสอบถามปัญหาและแลกเปลี่ยนความรู้ ด้านความรู้ทั่วไป, วิทยาศาสตร์, คอมพิวเตอร์และอินเทอร์เน็ต, อิเล็กทรอนิกส์, โรงงานอุตสาหกรรม, การบริหารงาน, และหนังสือทั่วไป

รถฟาร์มแทรกเตอร์ 2 ระบบไฮดรอลิก

โดย นัย บำรุงเวช

สงวนลิขสิทธิ์ในประเทศไทยตาม พ.ร.บ. ลิขสิทธิ์ © พ.ศ. 2556 โดย นัย บำรุงเวช
ห้ามคัดลอก ลอกเลียน ดัดแปลง ทำซ้ำ จัดพิมพ์ หรือกระทำการอื่นใด โดยวิธีการใดๆ ในรูปแบบใดๆ
ไม่ว่าส่วนหนึ่งส่วนใดของหนังสือเล่มนี้ เพื่อเผยแพร่ในสื่อทุกประเภท หรือเพื่อวัตถุประสงค์ใดๆ
นอกจากจะได้รับอนุญาต

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ

นัย บำรุงเวช.

รถฟาร์มแทรกเตอร์ 2 : ระบบไฮดรอลิก. --กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น, 2556.

1. รถแทรกเตอร์.

I. ชื่อเรื่อง.

629.2252

SE-ED
inspiration starts here

ISBN(e-book) : 978-616-08-1027-7

ผลิตและจัดจำหน่ายโดย



บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น 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

นอกจากนี้ไปจากระบบไฮดรอลิกในรถฟาร์มแทรกเตอร์แล้ว ก็ยังมีระบบอิเล็กทรอนิกส์และระบบคอมพิวเตอร์ซึ่งได้นำมาใช้ร่วมกับระบบไฮดรอลิกในรถฟาร์มแทรกเตอร์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและสมรรถนะในการทำงานให้กับรถฟาร์มแทรกเตอร์ แต่ระบบไฮดรอลิกก็ยังนับว่ามีความสำคัญกับรถฟาร์มแทรกเตอร์อยู่มาก ถ้าขาดซึ่งระบบไฮดรอลิกแล้ว รถฟาร์มแทรกเตอร์แทบจะไม่มีประโยชน์อะไรเลยในการประกอบอาชีพเกษตรกร เนื่องจากรถฟาร์มแทรกเตอร์เป็นเครื่องต้นกำลังให้กับเครื่องจักรกลเกษตรหลายชนิด อันมีส่วนทำให้การประกอบอาชีพเกษตรกรประสบความสำเร็จ ได้ค่าตอบแทนสูง คำนึงกับการลงทุน สามารถเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรได้เพียงพอกับความต้องการของประชากรที่เพิ่มจำนวนขึ้นทุกวัน ทั้งยังช่วยประหยัดเวลาและแรงงานได้อย่างมากมาย สิ่งทีกล่าวนี้นี้เกิดขึ้นได้เพราะความสามารถในการทำงานอันมีประสิทธิภาพของรถฟาร์มแทรกเตอร์ ซึ่งประกอบด้วยการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องยนต์และระบบไฮดรอลิก

เรื่องของระบบไฮดรอลิกในรถฟาร์มแทรกเตอร์มีผู้เขียนถึงกันน้อย ไม่เป็นที่แพร่หลาย โดยเฉพาะในรูปแบบของเอกสารและหนังสือเรียน ทั้งๆ ที่จำนวนรถฟาร์มแทรกเตอร์ในประเทศไทยได้เพิ่มจำนวนขึ้น ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากการออกแบบการประกอบและการติดตั้ง การควบคุมการใช้งาน การซ่อมแซมและการบำรุงรักษา เป็นเรื่องที่ต้องทำความเข้าใจอย่างดีก่อน ระบบไฮดรอลิกเป็นระบบที่ต้องการความละเอียดอ่อน มีความสลับซับซ้อน จึงทำให้มีผู้ที่มีความเชี่ยวชาญน้อยหรือรู้ซึ่งถึงระบบไฮดรอลิกในรถฟาร์มแทรกเตอร์ไม่มาก การใช้รถฟาร์มแทรกเตอร์จึงเกิดปัญหาขึ้นบ่อยๆ กับระบบไฮดรอลิก ระบบไฮดรอลิกที่เกิดปัญหาและเสียหายก็เพราะขาดการบำรุงรักษาอย่างถูกต้อง และการใช้งานที่เกินขีดความสามารถของระบบ

ในการเขียนหนังสือเล่มนี้ ก็เพื่อต้องการแนะนำเป็นเบื้องต้นให้ทราบถึงเรื่องราวของระบบไฮดรอลิกที่อยู่ภายในรถฟาร์มแทรกเตอร์ ซึ่งเกี่ยวกับพื้นฐาน ส่วนประกอบ กลไกต่างๆ และให้ทราบถึงปัญหาและวิธีการแก้ไข ผู้เขียนพยายามเขียนให้เป็นภาษาที่เข้าใจ เพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจ และให้เป็นประโยชน์แก่บุคคลหลายระดับการศึกษา บางตอนมีการคำนวณและมีการใช้คำศัพท์ภาษาอังกฤษปรากฏอยู่นั้นเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ แต่ผู้เขียนก็พยายามที่จะใช้ให้น้อยตามความเหมาะสมของเนื้อหา ผู้เขียนได้รวบรวมมาจากหนังสือหลายเล่ม ประสบการณ์ที่ได้จากการอบรมและการเรียนรู้ด้วยตนเองที่ได้จากการปฏิบัติจริงที่คลุกคลีอยู่กับรถฟาร์มแทรกเตอร์มาเป็นเวลานานพอสมควร หวังว่าหนังสือ **รถฟาร์มแทรกเตอร์ 2 : ระบบไฮดรอลิก** เล่มนี้คงเป็นประโยชน์กับผู้แสวงหาความรู้อยู่บ้างไม่มากก็น้อย และขอขอบคุณบริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน) ที่ได้จัดทำหนังสือเล่มนี้ออกมาเป็นรูปเล่มที่สมบูรณ์

สารบัญ

บทที่ 1

บทนำ

9

นิยามของไฮดรอลิก	9
พัฒนาการของระบบไฮดรอลิก	9
พัฒนาการของระบบไฮดรอลิกในรถฟาร์มแทรกเตอร์	10

บทที่ 2

หลักการพื้นฐานของระบบไฮดรอลิก

12

แรง น้ำหนัก และมวลสาร	12
งาน กำลัง พลังงาน และแรงบิด	15
ความดัน	15
กฎของปาสคาล	16
การพิจารณาคุณสมบัติของเหลวกับระบบไฮดรอลิก	16
ความดันบรรยากาศ	19
ความดันสัมบูรณ์	20
ความดันบรรยากาศกับการดูดน้ำมันของปั๊ม	20
การดูดน้ำมันในระดับสูงและต่ำ	21
การเคลื่อนที่ของของเหลวภายในท่อ	22
กฎของอัตราการใช้	22
เรย์โนลด์ส์นัมเบอร์	23
การไหลคงที่และการไหลไม่คงที่	23
สูตรแห่งการไหลต่อเนื่อง	24
กฎของปาสคาลและสูตรแห่งการไหลต่อเนื่อง	24
ทฤษฎีของเบอร์นูลลี	25
ความดันลดลงเนื่องจากเกิดการเสียดทานภายในท่อ	28
ความดันลดลงเนื่องจากการไหลในเส้นทางเล็กหรือแคบ	29
ความรู้ร้อนที่มีผลกระทบต่องานของเหลว	29
สัญลักษณ์ที่ใช้ในระบบไฮดรอลิกและระบบที่เกี่ยวข้อง	29
การเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของระบบไฮดรอลิก	47

inspiration starts here


บทที่ 3
แบบของระบบไฮดรอลิกในรถฟาร์มแทรกเตอร์

49

ระบบไฮดรอลิกวงจรเปิด	49
ระบบไฮดรอลิกวงจรปิด	53
ส่วนประกอบของระบบไฮดรอลิก	56

บทที่ 4
ปั๊มไฮดรอลิก

57

หน้าที่ของปั๊มไฮดรอลิก	57
ประเภทของปั๊ม	57
ชนิดของปั๊ม	58
ปั๊มที่ใช้กับระบบไฮดรอลิกวงจรปิด	76
การเกิดควาวิเคชันในปั๊ม (Pump Cavitation)	81
การเกิดแอโรชันในปั๊ม (Pump Aeration)	81
สาเหตุที่ทำให้ปั๊มสึกหรอและเสียหาย	82
การวิเคราะห์สาเหตุที่ปั๊มทำงานบกพร่อง	83
สรุป	84

บทที่ 5
ลิ้นไฮดรอลิก

85

ลิ้นควบคุมความดัน (Pressure Control Valve)	85
ลิ้นควบคุมทิศทาง (Direct Control Valve)	90
ลิ้นควบคุมปริมาณ (Volume Control Valve)	98
ลิ้นเบ็ดเตล็ด (Miscellaneous Valve)	101
การบำรุงรักษาลิ้นไฮดรอลิก	103
ข้อปฏิบัติในการถอดประกอบลิ้น	104
สรุป	104

บทที่ 6
กระบอกลไฮดรอลิก

105

ส่วนประกอบของกระบอกลไฮดรอลิก	105
ชนิดของกระบอกลไฮดรอลิก	107
ข้อขัดข้องและการแก้ไขกระบอกลไฮดรอลิก	115
กระบอกลไฮดรอลิกเวน	116

บทที่ 7
มอเตอร์ไฮดรอลิก

119

ประเภทของมอเตอร์ไฮดรอลิก	120
แบบของมอเตอร์ไฮดรอลิก	120
สาเหตุที่มอเตอร์ไฮดรอลิกทำงานบกพร่อง	127
ข้อขัดข้องและการแก้ไขมอเตอร์ไฮดรอลิก	129
สรุป	129

บทที่ 8
ถังเก็บรักษาความดันไฮดรอลิก

130

หน้าที่ของถังเก็บรักษาความดัน	130
ประเภทของถังเก็บรักษาความดัน	131
สรุป	135

 บทที่ 9

กรอกลอยรอก

136

วิธีการทำให้น้ำมันไฮดรอลิกสะอาด	136
แบบของการกรอง	138
ชนิดของไส้กรอง	139
การเปลี่ยนไส้กรองน้ำมันไฮดรอลิก	140

 บทที่ 10

อ่างเก็บน้ำมันไฮดรอลิก

141

หน้าที่ของอ่างเก็บน้ำมันไฮดรอลิก	141
ส่วนประกอบของอ่างเก็บน้ำมันไฮดรอลิก	142
ถังเก็บน้ำมันไฮดรอลิกสำรอง	144
แบบของอ่างเก็บน้ำมันไฮดรอลิก	145
สรุป	147

 บทที่ 11

หม้อระเหยความร้อนน้ำมันไฮดรอลิก

148

หม้อระเหยความร้อนน้ำมันด้วยอากาศ	149
หม้อระเหยความร้อนน้ำมันด้วยน้ำ	149
สรุป	150

 บทที่ 12

ก๊อกลอยน้ำมันไฮดรอลิก

151

สายไฮดรอลิก	151
แป้นไฮดรอลิก	160
ท่อไฮดรอลิก	161
สรุป	164

SE-ED

inspiration starts here

 บทที่ 13

ซีลป้องกันแรงรั่วซึม

165

แบบของการซีลในระบบ	165
ประเภทของซีล	165
ชนิดของซีลประเภทเคลื่อนที่	166
ชนิดของซีลประเภทอยู่กับที่	168
การเลือกใช้ซีล	169
การเปลี่ยนซีลโอริง	169
สรุป	170

 บทที่ 14

น้ำมันไฮดรอลิก

171

หน้าที่ของน้ำมันไฮดรอลิก	171
ชนิดของน้ำมันไฮดรอลิก	172
คุณสมบัติที่สำคัญของน้ำมันไฮดรอลิก	172
การบำรุงรักษาน้ำมันไฮดรอลิก	175
การตรวจระดับน้ำมันไฮดรอลิก	175
การเปลี่ยนถ่ายน้ำมันไฮดรอลิกเกรดฟาร์มแทรกเตอร์	176
การเก็บรักษาน้ำมันไฮดรอลิกให้สะอาด	177
สรุป	177



	บทที่ 15	ระบบไฮดรอลิกที่ใช้กับรถฟาร์มแทรกเตอร์	178
	ระบบไฮดรอลิกที่ใช้กับการยก-วางเครื่องฟุ้งห้าย	178	
	ไฮดรอลิกที่ใช้กับอุปกรณ์ด้านหน้า	201	
	สรุป	207	
	บทที่ 16	การถ่ายเทกำลังขับเคลื่อนด้วยระบบไฮดรอลิก	208
	การถ่ายเทกำลังแบบไฮโดรไดนามิก	208	
	การถ่ายเทกำลังแบบไฮโดรสแตติก	226	
	สรุป	230	
	บทที่ 17	ระบบไฮดรอลิกที่ใช้กับคลัตช์	231
	คลัตช์เครื่องยนต์	231	
	คลัตช์ส่งกำลัง	233	
	ไฮดรอลิกที่ใช้กับอุปกรณ์ลอคเฟืองห้าย	237	
	สรุป	238	
	บทที่ 18	ไฮดรอลิกที่ใช้ในการบังคับเลี้ยว	239
	แบบของการบังคับเลี้ยวด้วยระบบไฮดรอลิก	239	
	การวิเคราะห์ข้อดีของการบังคับเลี้ยว (แบบ Hydraulic Assist Steering)	251	
	สรุป	251	
	บทที่ 19	ไฮดรอลิกที่ใช้ในการพ่นยา	252
	แบบของการเบรกที่ตัวรถ	252	
	การเบรกของรถพ่วง	254	
	สาเหตุข้อขัดข้องในการทำงานเนื่องจากเบรกรั่ว	254	
	การไล่ลมเบรกที่ใช้ระบบไฮดรอลิก	255	
	สรุป	255	
	บทที่ 20	วงจรควบคุมที่ใช้ในระบบไฮดรอลิก	256
	วงจรควบคุมความดัน	256	
	วงจรควบคุมปริมาณการไหล	259	
	วงจรควบคุมทิศทางการไหล	263	
	บทที่ 21	ความปลอดภัยในการซ่อมบำรุงระบบไฮดรอลิก	266
	การให้บริการและการปรับแต่งระบบไฮดรอลิกภายใต้ความดัน	266	
	น้ำมันค้างอยู่ในระบบ	267	
	การต่อท่อทางเดินน้ำมันไม่ถูกต้อง	268	
	สรุป	269	
	บทที่ 22	ปัญหาที่เกิดขึ้นกับระบบไฮดรอลิกวงจรเปิด	270
	บทที่ 23	ปัญหาที่เกิดขึ้นกับระบบไฮดรอลิกวงจรปิด	274
	บรรณานุกรม		278



นิยามของไฮดรอลิก

มนุษย์ได้รู้จักการนำเอาน้ำและลมซึ่งเป็นพลังงานจากธรรมชาติมาเปลี่ยนเป็นพลังงานกลเพื่อใช้งานมาช้านานแล้ว โดยอาศัยพลังงานจากธรรมชาติมาช่วยหนุนแรงในการทำงาน ใช้กำลังการไหลของน้ำมาดูดหมุนระหัดวิดน้ำ ใช้ความเร็วลมพัดกังหันโรงสีลมและระหัดวิดน้ำ หากแต่ว่าปริมาณของน้ำและลมไม่มากพอที่จะใช้งานได้ตามความต้องการ มนุษย์จึงเริ่มเรียนรู้การเก็บกักน้ำด้วยการกั้นฝาย ท่อนบ และเขื่อน เพื่ออาศัยกำลังงานของของไหลที่แรงกว่าผลักดันใบพัดให้หมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และส่งน้ำในระบบชลประทานเพื่อการเกษตร แต่มนุษย์ก็ยังไม่สามารถเก็บกักพลังงานจากลมไว้ได้ คงได้แต่มีการใช้กังหันลมหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เครื่องสูบน้ำ มนุษย์จึงรู้จักการนำเอาพลังงานจากน้ำมาใช้งานมากกว่าพลังงานจากลม การใช้กำลังของของไหลก็คือระบบไฮดรอลิก (hydraulic system) ไฮดรอลิกมาจากคำว่า “hydro” ในภาษากรีก หมายถึง “น้ำ” และกับคำว่า “aulis” หมายถึง “ท่อทาง” รวมความกันแล้วระบบไฮดรอลิกก็คือ ระบบการควบคุมกำลังของของไหลให้เป็นตัวส่งถ่ายกำลังให้ผ่านไปตามท่อทางให้เกิดแรงและการเคลื่อนที่เท่านั้น แต่ในปัจจุบันนี้คำนิยามไฮดรอลิกหมายถึง การไหลของของไหลทุกชนิดที่ใช้กับระบบเพื่อเป็นตัวกลางการถ่ายทอดกำลังงานเพื่อการเปลี่ยนความดันของของไหลให้เป็นพลังงานกลที่ใช้ทำงานต่างๆ ได้



พัฒนาการของระบบไฮดรอลิก

พัฒนาการของระบบไฮดรอลิกได้ถูกนำมาใช้กับงานหลายอย่างหลายประเภท ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ

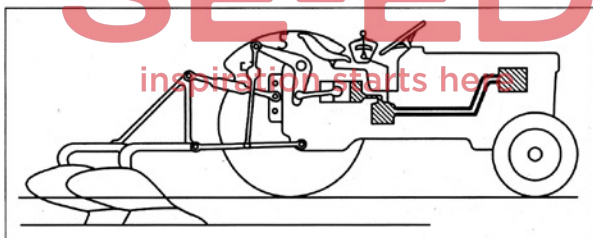
1. ไฮดรอลิกพลังงานน้ำ (water hydraulic) ซึ่งได้มีการศึกษากันมาหลายศตวรรษ เป็นวิชาที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงาน การชลประทาน การควบคุมแหล่งน้ำธรรมชาติ
2. ไฮดรอลิกความดันน้ำมัน (oil hydraulic) การศึกษาความดันของน้ำมันได้มีมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2449 ซึ่งเป็นการศึกษาเกี่ยวกับการนำเอาน้ำมันเป็นตัวส่งถ่ายทอดกำลังงาน ใช้กับงานได้หลายลักษณะการทำงานและวัตถุประสงค์การใช้งาน เช่น การใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม งานวิศวกรรมโยธา สถานีกำเนิดไฟฟ้า การใช้ในอุตสาหกรรมยานยนต์ เรือเดินทะเล เป็นต้น



พัฒนาการของระบบไฮดรอลิกในรถฟาร์มแทรกเตอร์

รถฟาร์มแทรกเตอร์ในสมัยแรกๆ มีประสิทธิภาพและความสามารถในการทำงานต่ำ เนื่องจากระบบและอุปกรณ์ในการทำงานต่างๆ เป็นระบบการทำงานแบบกลไก ซึ่งทำงานด้วยความล่าช้า ให้กำลังงานน้อย ระบบไฮดรอลิกเริ่มถูกนำมาใช้กับรถฟาร์มแทรกเตอร์ประมาณปี พ.ศ. 2465 กับการหันเลี้ยวของรถฟาร์มแทรกเตอร์ขับเคลื่อน 4 ล้อแบบหันเลี้ยวกลางตัว ก่อนที่จะถูกนำมาใช้ในการยก-วางเครื่องพ่วงท้าย เมื่อมีการพัฒนาการยก-วางเครื่องพ่วงท้ายแบบต่อพ่วง 3 จุด โดยนายแฮร์รี เฟอร์กูสัน ในปี พ.ศ. 2478 ซึ่งเป็นการยก-วางด้วยกลไก ต่อมาในปี พ.ศ. 2483 จึงได้มีการปรับปรุงการยก-วางเครื่องพ่วงท้ายแบบต่อพ่วง 3 จุดให้ทำงานด้วยระบบไฮดรอลิก การยก-วางเครื่องพ่วงท้ายระบบไฮดรอลิกเป็นระบบที่สำคัญที่สุดของรถฟาร์มแทรกเตอร์ในการเพิ่มประสิทธิภาพและความสามารถในการทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 1.1 ในระหว่างปี พ.ศ. 2484-2492 ได้มีการพัฒนามาเอาระบบไฮดรอลิกมาใช้กับระบบและอุปกรณ์อื่นๆ อีกทั้งที่อยู่ในตัวรถเอง และอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่นอกตัวรถ เช่น การบังคับเลี้ยว การส่งกำลัง การห้ามล้อ การเปลี่ยนช่วงล้อ การล็อกเฟืองท้าย การใช้เพลาอำนาจกำลัง และการใช้ความดันจากกระบอกไฮดรอลิก เพื่อวัตถุประสงค์ต่างๆ นอกตัวรถ เช่น การบังคับความเร็วและการกลับรถ ยกเทรลเลอร์ ไบมัดดินบนหน้ารถ เป็นต้น ปัจจุบันจะเห็นได้ว่าระบบไฮดรอลิกได้เข้ามามีบทบาทที่สำคัญและกลายเป็นส่วนจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับรถฟาร์มแทรกเตอร์ที่จะขาดเสียไม่ได้ ดังนั้นประสิทธิภาพและความสามารถในการทำงานของรถฟาร์มแทรกเตอร์จึงใช้ระบบไฮดรอลิกเป็นตัวตัดสินใจเลือกซื้อ รถระบบไฮดรอลิกได้อำนวยความสะดวกสบาย ความคล่องแคล่วในการทำงานให้กับผู้ขับใช้งานอย่างมาก และเป็นส่วนสนับสนุนให้อายุการใช้งานกับรถฟาร์มแทรกเตอร์

รูปที่ 1.1
ส่วนสำคัญที่ใช้
ระบบไฮดรอลิก
มากในรถฟาร์ม-
แทรกเตอร์ (การ
ยก-วางเครื่อง
พ่วงท้าย)



ปัจจุบันได้มีการพัฒนารถฟาร์มแทรกเตอร์ให้มีความสามารถในการทำงานสูงขึ้นหลายๆ ด้าน อำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ใช้อย่างมากมายและนำเอาเทคโนโลยีทันสมัยมาใช้หลายอย่าง รถฟาร์มแทรกเตอร์สามารถวิ่งด้วยความเร็วสูงถึง 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง การส่งกำลังได้นำเอาระบบไฮดรอลิกมาใช้ในการขับเคลื่อนด้วยระบบไฮโดรสแตติก (hydrostatic drive) ทำให้การเปลี่ยนเกียร์ไม่ต้องยุ่งยากอีกต่อไป เพราะไม่ต้องคอยพะวงห่วงเรื่องการต้องเหยียบคลัตช์ก่อนเข้าเกียร์ การเข้าเกียร์จะเป็นไปอย่างต่อเนื่องไม่มีการร่องจหวะในการเข้าเกียร์ ซึ่งปกติต้องหยุดเป็นช่วงๆ ในการเปลี่ยนเกียร์แต่ละครั้ง ระบบไฮโดรสแตติกช่วยให้การเข้าเกียร์ง่ายขึ้น เป็นไปอย่างต่อเนื่อง ไม่มีการร่องจหวะ (stepless speed) นอกจากนี้ได้พัฒนารถฟาร์มแทรกเตอร์แบบไม่ต้องใช้คนขับ (driverless tractor) ขึ้นมาเพื่อใช้ในการพ่นสารเคมี และเมื่อเข้าสู่ยุคข้อมูลข่าวสาร รถฟาร์มแทรกเตอร์ได้มีการติดตั้งระบบนำร่องและหาพิกัดบนพื้นโลก (global position system : ระบบ GPS) หรือระบบ DGPS (differential ground position system) ที่ผู้ใช้รถฟาร์มแทรกเตอร์สามารถติดต่อกับบริษัทผู้ผลิต เจ้าของฟาร์ม และผู้ที่เกี่ยวข้องอื่นๆ ได้อีก ผู้ใช้รถจะติดต่อทางโทรศัพท์มือถือระบบ GSM ผู้ใช้รถจะทราบข้อมูลต่างๆ ได้มากมาย



ตามต้องการ เช่น วัสดุของดินที่จะทำการไถว่าเป็นดินชนิดไหน มีความชื้นอยู่ในดินเท่าไร ดินขาดธาตุอาหารอะไรบ้าง การไถต้องไถลึกเท่าไร ด้วยความเร็วเท่าไร และจะต้องปรับปรุงดินอย่างไร หรือต้องการทราบระยะเวลาและปริมาณสารเคมีที่จะพ่นก็ได้ ซึ่งยังมีข้อมูลที่ต้องการอีกมาก เพียงแต่ผู้ใช้รถกดหาข้อมูลที่เครื่องรับที่ติดตั้งไว้ในห้องผู้ขับเท่านั้น ข้อมูลต่างๆ ก็จะปรากฏ



รูปที่ 1.2
รถฟาร์ม-
แทรกเตอร์ติดตั้ง
ระบบ GPS

หลักการพื้นฐานของระบบไฮดรอลิก



พื้นฐานของระบบไฮดรอลิกประกอบด้วยหลักการหรือกฎเกณฑ์บางประการเพื่อเป็นแนวทางให้easyขึ้นต่อการศึกษาและทำความเข้าใจในระบบไฮดรอลิก ดังนั้นจึงต้องทราบถึงพื้นฐานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบไฮดรอลิก อันได้แก่คุณสมบัติทางกายภาพของระบบไฮดรอลิก



แรง น้ำหนัก และมวลสาร

แรง หมายถึงการกระทำของวัตถุกับวัตถุอื่น หรือสาเหตุอันใดที่กระทำกับวัตถุนั้นแล้วได้ผลผลักดันให้วัตถุนั้นเกิดการเคลื่อนที่ไป หรือการเปลี่ยนจากสภาวะการหยุดนิ่งให้เคลื่อนที่ หรือสภาวะการเคลื่อนที่ของวัตถุนั้นให้หยุดนิ่ง ถ้าวัตถุกำลังเคลื่อนที่อยู่ แรงก็สามารถทำให้วัตถุนั้นเปลี่ยนความเร็วหรือเปลี่ยนทิศทางไปจากเดิมได้ แรงที่กล่าวในที่นี้เกิดจากความดันของของเหลวที่กระทำกับพื้นที่หน้าตัด

ความสัมพันธ์ของแรง ความดัน และพื้นที่หน้าตัดเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$F = PA$$

$$P = \frac{F}{A}$$

$$A = \frac{F}{P}$$

เมื่อ **F** คือแรงที่กระทำบนพื้นที่ มีหน่วยในระบบอังกฤษเป็นปอนด์ (lb) หรือในหน่วย SI เป็นนิวตัน (N) หรือในระบบเมตริกเป็นกิโลกรัม (kg)

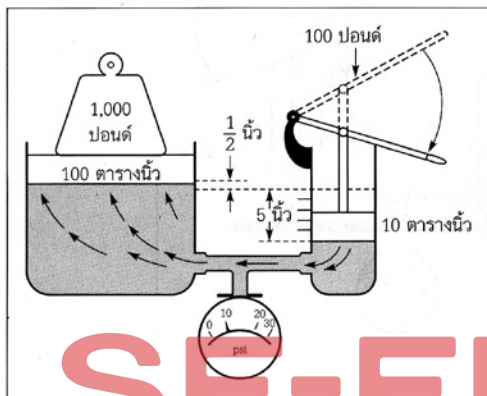
P คือความดันของของเหลว มีหน่วยในระบบอังกฤษเป็นปอนด์ต่อตารางนิ้ว (lb/in^2 ; psi) หรือในหน่วย SI เป็นนิวตันต่อตารางเมตร (N/m^2) หรือในระบบเมตริกเป็นกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (kg/cm^2)

A คือพื้นที่หน้าตัดของภาชนะที่ถูกแรงกระทำ มีหน่วยในระบบอังกฤษเป็นตารางนิ้ว (in^2) หรือในหน่วย SI เป็นตารางเมตร (m^2) หรือในระบบเมตริกเป็นตารางเซนติเมตร (cm^2)



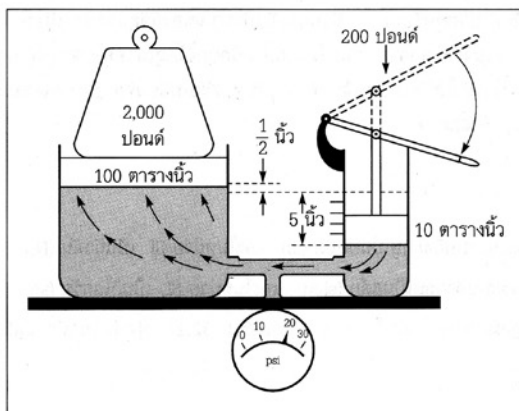
ในรูปที่ 2.1 ถึง 2.3 แสดงการคำนวณหาความสัมพันธ์ของแรง ความดัน และพื้นที่หน้าตัด

ในรูปที่ 2.1 เมื่อให้แรงกระทำโดยกดลงบนคันโยก 100 ปอนด์กับลูกสูบเล็ก (ขวามือ) มีพื้นที่ 10 ตารางนิ้ว ความดันที่เกิดขึ้นในระบบเท่ากับ 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (แรงหารด้วยพื้นที่ลูกสูบ) ความดันที่เกิดขึ้น 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว จะดันลูกสูบใหญ่ (ซ้ายมือ) มีพื้นที่ 100 ตารางนิ้วให้สามารถยกน้ำหนักได้ 1,000 ปอนด์ (พื้นที่ลูกสูบใหญ่คูณด้วยความดัน)



รูปที่ 2.1
แรงกระทำ 100
ปอนด์กับลูกสูบ
เล็กที่มีพื้นที่ 10
ตารางนิ้ว

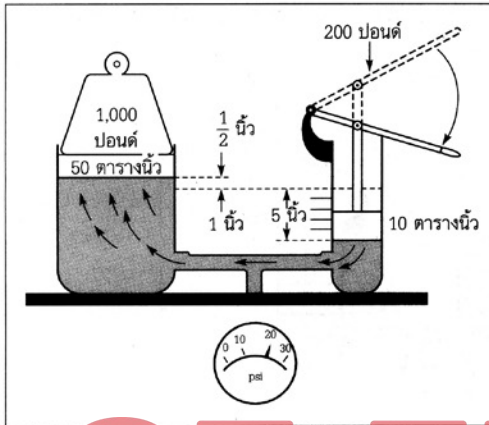
ในรูปที่ 2.2 ถ้าเพิ่มแรงกระทำกดลงบนคันโยกเป็น 200 ปอนด์กับลูกสูบเล็กขนาดเท่าเดิมมีพื้นที่ 10 ตารางนิ้ว ความดันในระบบจะเปลี่ยนเป็น 20 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เมื่อความดันเพิ่มเป็น 20 ปอนด์ต่อตารางนิ้วไปดันลูกสูบใหญ่ พื้นที่ 100 ตารางนิ้ว จะทำให้สามารถยกน้ำหนักได้เพิ่มขึ้นเป็น 2,000 ปอนด์



รูปที่ 2.2



ในรูปที่ 2.3 ถ้ำลดพื้นที่ของลูกสูบใหญ่เหลือ 50 ตารางนิ้ว ความสามารถในการยกน้ำหนักจะลดลงตามเป็น 1,000 ปอนด์ (ความดันคูณกับพื้นที่ลูกสูบใหญ่)



รูปที่ 2.3

น้ำหนัก ไม่ว่าวัตถุหรือสารชนิดใด ๆ ต่างมีน้ำหนักในตัวเอง น้ำหนักที่เกิดขึ้นนี้เป็นผลมาจากแรงโน้มถ่วงของโลก หรือแรงดึงดูดที่มีต่อวัตถุ ในระบบไฮดรอลิก ของเหลวในถังเก็บน้ำมันท่อทางหรือส่วนประกอบต่างๆ ของระบบจะมีน้ำหนักในตัวเสมอ ไม่ว่าของเหลวนั้นจะอยู่ในลักษณะหยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ก็ตาม ดังสมการ

$$W = mg$$

มวล คือจำนวนของสารที่มีอยู่ในวัตถุหรือสาร ซึ่งหมายถึงปริมาณของวัตถุและแรงเฉื่อย (แรงเฉื่อยคือความต้านทานการเคลื่อนที่) ของสารนั้น มวลของวัตถุสามารถหาได้จากน้ำหนักของวัตถุเมื่ออยู่ในสภาพที่มีแรงโน้มถ่วงของโลก แรงเฉื่อยหาได้จากปริมาณแรงที่ใช้ในการทำให้วัตถุเกิดเคลื่อนที่ หยุดนิ่ง หรือเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ ดังนั้นถ้าวัตถุมีมวลมาก ต้องใช้แรงที่ให้เคลื่อนที่มาก ดังสมการ

$$m = \frac{W}{g}$$

เมื่อ W คือน้ำหนักของสาร หน่วยในระบบอังกฤษเป็นปอนด์ (lb) และในหน่วย SI เป็นนิวตัน (N)

m คือมวลของสาร หน่วยในระบบอังกฤษเป็นสแลก (slug) และในหน่วย SI เป็นกิโลกรัม (kg)

g คืออัตราเร่งที่แรงดึงดูดมีต่อวัตถุ มีค่าในระบบอังกฤษเป็น 32.24 ฟุตต่อวินาที² และในหน่วย SI เป็น 9.81 เมตรต่อวินาที²



งาน กำลัง พลังงาน และแรงบิด

งาน คือแรงที่ทำให้วัตถุเกิดการเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่แรงกระทำ ซึ่งหมายถึงแรงที่กระทำกับวัตถุและงาน (Q) ที่แสดงอยู่ในรูปผลของแรง (F) และระยะทาง (s)

$$Q = Fs$$

โดยที่งานมีหน่วยเป็นฟุต-ปอนด์ (ft-lb), กิโลกรัม-เมตร (kg-m) และนิวตัน-เมตร (N-m)

ในระบบไฮดรอลิก แรง (F) คือความดันของของเหลวที่กระทำกับพื้นที่หน้าตัด และระยะทาง (s) คือระยะทางที่ก้านสูบสามารถเคลื่อนที่ออกไปได้

กำลัง (P) คือจำนวนของงาน (W) ที่กระทำได้ในหน่วยเวลา (T) มีหน่วยเป็นฟุต-ปอนด์ต่อวินาที, นิวตัน-เมตรต่อวินาที โดยทั่วไปหน่วยของกำลังวัดออกมาเป็นกำลังม้า (hp) หรือวัตต์ (W)

$$1 \text{ hp} = 550 \text{ ft-lb/s หรือ } 75 \text{ kg-m/s}$$

$$P = \frac{F}{A}$$

พลังงาน คือความสามารถในการทำงานหรือการใช้กำลังให้เกิดงาน จำนวนของพลังงานที่ใช้เมื่อทำงานจะต้องเอาชนะแรงเสียดทาน หน่วยของพลังงานเป็นนิวตัน-เมตรหรือจูล (joule)

แรงบิด (T) คือผลคูณของแรงในแนวตั้งฉากที่จุดหมุน (F) กับระยะห่างของแรงจากจุดหมุน (r) หรือความสามารถของเพลานในการที่หมุนด้วยแรงเท่าใด หาแรงบิดได้จากสมการ

$$T = Fr$$

แรงบิดมีหน่วยเป็นฟุต-ปอนด์ (ft-lb), กิโลกรัม-เมตร (kg-m) และนิวตัน-เมตร (N-m)



ความดัน

ความดัน คือค่าของแรงที่กระทำต่อของเหลวหารด้วยพื้นที่ที่ถูกกระทำ หรือจำนวนของแรงที่ไปดันหรือกระทำในทิศทางตั้งฉากกับพื้นที่ของวัตถุที่เกิดขวางการไหลของของเหลว จะหาค่าของความดันได้จากจำนวนของแรงที่กระทำต่อหน่วยของพื้นที่

หน่วยความดัน เป็นหน่วยของแรงหารด้วยหน่วยของพื้นที่ หน่วยในระบบอังกฤษเป็นปอนด์ต่อตารางนิ้ว (lb/in² หรือ psi) ในหน่วยเมตริกเป็นกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (kg/cm²) ในหน่วย SI เป็นบาร์ (bar) หรือปาสคาล (Pa) หรือนิวตันต่อตารางเมตร (N/m²)

การวัดความดัน ในระบบไฮดรอลิกใช้เกจวัดความดัน (pressure gauge) วัดค่าของความดันที่สูงกว่าความดันบรรยากาศ ซึ่งความดันบรรยากาศ (atmospheric pressure) ปกติที่เกจวัดความดันจะอ่านค่าได้ที่ 0 (ความดันบรรยากาศเท่ากับ 1.033 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร หรือเท่ากับ 14.7 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรือเท่ากับ 1.013 บาร์)

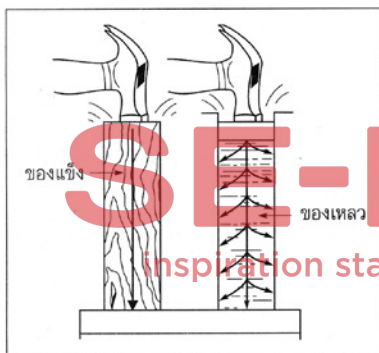


กฎของปาสคาล

แบลส์ ปาสคาล (พ.ศ. 2166-2193) นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศส พบว่า “ของเหลวอยู่ในภาชนะปิดกัน เมื่อเกิดความดัน ความดันจะส่งออกไปในของเหลวเท่าๆ กันทุกทิศทาง” กฎของปาสคาลสรุปออกเป็นข้อๆ ดังนี้

1. ความดันที่เกิดจากของเหลวที่บรรจุอยู่ในภาชนะปิดจะไปปรากฏและกระทำเท่ากันทุกทิศทางต่อพื้นผิวภาชนะ
2. ทิศทางความดันของของเหลวจะกระทำในทิศทางตั้งฉากกับพื้นที่ที่ของเหลวนั้นสัมผัสอยู่เสมอ
3. ความดันของของเหลวจะมีค่าเท่ากันที่ระดับเดียวกันตลอด

ในรูปที่ 2.4 เปรียบเทียบให้เห็นความแตกต่างของแรงที่เกิดขึ้นระหว่างของแข็งและของเหลว เมื่อเอาค้อนตอกลงบนท่อนไม้ (ของแข็ง) แรงที่เกิดขึ้นจะอยู่ในแนวตั้ง แต่ถ้าเอาค้อนตอกลงบนของเหลว แรงดันของเหลวจะไปดันต่อพื้นที่ผิวภาชนะที่ของเหลวบรรจุอยู่ทั่วทุกทิศทาง



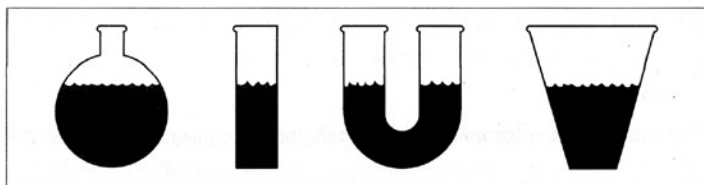
รูปที่ 2.4
กฎของปาสคาล



การพิจารณาคุณสมบัติของของเหลวกับระบบไฮดรอลิก

จากหลักการเบื้องต้นของระบบไฮดรอลิกที่พิจารณาคุณสมบัติของเหลวมาใช้คือ

1. ของเหลวมีรูปร่างไม่แน่นอนและจะเปลี่ยนแปลงรูปร่างไปตามภาชนะที่ใส่ ดังแสดงในรูปที่ 2.5

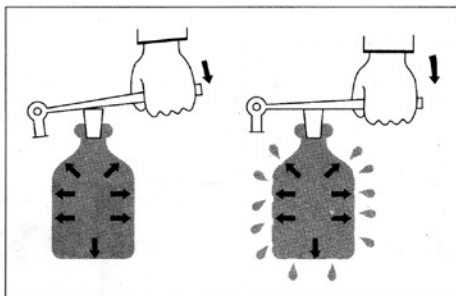


รูปที่ 2.5
ของเหลวมี
รูปร่างไม่แน่นอน
ขึ้นอยู่กับภาชนะ
ที่บรรจุ



2. ของเหลวไม่สามารถอัดตัวให้เล็กลงได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.6 และรูปที่ 2.7

รูปที่ 2.6
ของเหลวไม่
สามารถถูกอัด
ตัวให้เล็กลงได้

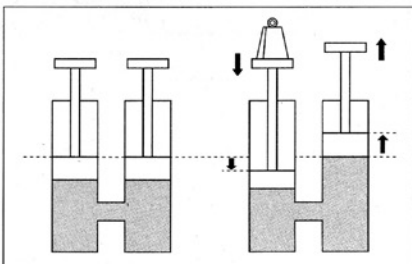


รูปที่ 2.7
แสดงให้เห็น
การถูกอัดตัว
ของก๊าซและ
ของเหลว



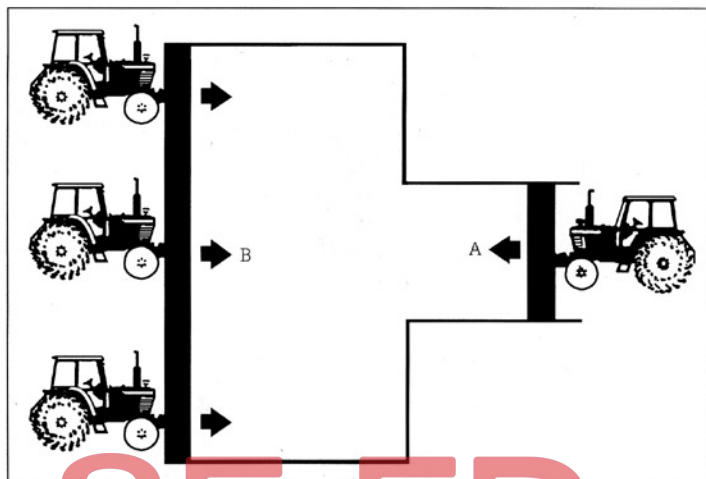
3. ของเหลวสามารถส่งความดันไปได้ทั่วทุกทิศทาง ดังแสดงในรูปที่ 2.8

รูปที่ 2.8
ของเหลว
ถ่ายทอดกำลัง
ไปได้ทุกทาง





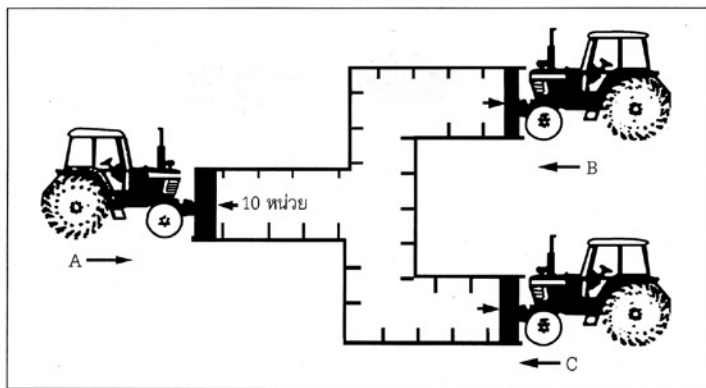
4. ของเหลวสามารถเพิ่มแรงเพื่อที่จะทำงานได้มาก ดังแสดงในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9
ของเหลว
สามารถเพิ่ม
แรงได้

จากรูปที่ 2.9 ถ้าสมมติให้ความดันเท่ากับ 10 หน่วย พื้นที่ด้านใหญ่มีขนาดเป็น 3 เท่าของพื้นที่ด้านเล็ก แรงที่พื้นที่ด้านใหญ่น้อยมีขนาดเป็น 3 เท่าของพื้นที่ด้านเล็กคือ 30 หน่วย

inspiration starts here

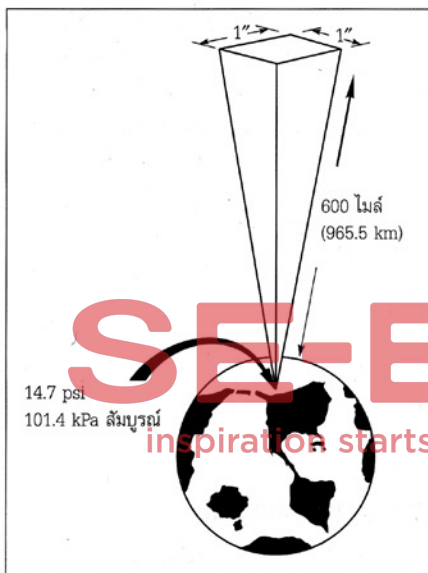


รูปที่ 2.10
แรง A ทำให้
เกิดความดัน
ในระบบเป็น
10 หน่วยถูก
ถ่ายทอดแรง
เท่าๆ กัน



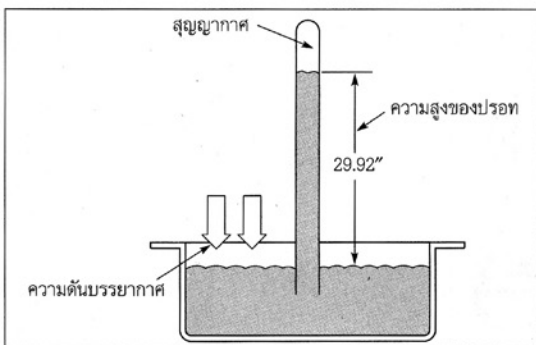
ความดันบรรยากาศ

ในระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลถึงชั้นบรรยากาศ 600 ไมล์หรือ 965.5 กิโลเมตร จะวัดความดันที่ระดับน้ำทะเลได้ 14.7 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (101.4 กิโลปาสคาลสัมบูรณ์) หรือ 1.033 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งเป็นค่าของความดันบรรยากาศ ดังแสดงในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11
ความดัน
บรรยากาศ

ความดันบรรยากาศในแต่ละพื้นที่ย่อมไม่เท่ากัน ปกติจะยึดถือความดันบรรยากาศที่ระดับน้ำทะเลเป็นมาตรฐาน ความดันบรรยากาศวัดได้โดยใช้บารอมิเตอร์ (barometer) ซึ่งใช้บารอมิเตอร์แบบปรอท (mercury barometer) ดังแสดงในรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12
บารอมิเตอร์วัด
ความดัน
บรรยากาศ



จากรูปที่ 2.12 ความดันบรรยากาศที่วัดได้จะอ่านเป็นนิ้วปรอท ความดันบรรยากาศจะดันให้ปรอทขึ้นสูง 29.92 นิ้ว ซึ่งนั่นหมายความว่าความดันบรรยากาศมีค่าเท่ากับ 29.92 นิ้วปรอท (760 มิลลิเมตร)



ความดันสัมบูรณ์

ในการหาค่าความดันนั้นจะแบ่งการอ่านค่าความดันได้ 2 แบบ แบบแรกจะเป็นการอ่านที่บ่งบอกถึงความแตกต่างระหว่างความดันที่วัดค่าได้จริงกับความดันของบรรยากาศ ซึ่งเรียกความดันที่อ่านได้ว่า *ความดันเกจวัด (guage pressure)* ความดันเกจวัดจะเทียบกับความดันบรรยากาศที่ระดับน้ำทะเล (14.7 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) โดยความดันบรรยากาศจะมีค่าเท่ากับความดันศูนย์ที่เกจวัด และการอ่านอีกแบบหนึ่งจะเป็นการอ่านจากความดันที่วัดค่าได้จริงจากการเก็บกักไว้ของก๊าซหรือของเหลว เรียกความดันอ่านได้นี้ว่า *ความดันสัมบูรณ์ (absolute pressure)* ค่าความดันสัมบูรณ์จะเริ่มตั้งแต่ไม่มีความดันเลย กรณีที่อ่านค่าความดันได้เป็นบวก

$$\text{ความดันสัมบูรณ์} = \text{ความดันเกจวัด} + \text{ความดันบรรยากาศ}$$

กรณีที่อ่านค่าความดันลบหรือสุญญากาศ

$$\text{ความดันสัมบูรณ์} = \text{ความดันเกจวัด} - \text{ความดันบรรยากาศ}$$

ถ้าอ่านค่าความดันของน้ำมันไฮดรอลิกที่เกจวัดสามารถวัดได้ 28 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และความดันบรรยากาศ 14.7 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ความดันสัมบูรณ์ของน้ำมันไฮดรอลิกเท่ากับ 42.7 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

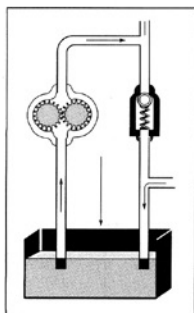
inspiration starts here



ความดันบรรยากาศกับการดูดน้ำมันของปั๊ม

ปั๊มที่ใช้ในระบบไฮดรอลิกเป็นปั๊มประเภทดูดอัด (positive displacement pump) ซึ่งท่อทางดูดกับท่อทางส่งต่อไปถึงกัน ทำให้ที่ท่อทางดูดเป็นสุญญากาศและน้ำมันไหลเข้าปั๊มได้ด้วยความดันที่แตกต่างระหว่างอ่างเก็บน้ำมันกับบริเวณปากทางเข้าปั๊ม ดังแสดงในรูปที่ 2.13

ความดันเหนือผิวน้ำมันในอ่างเก็บจะเป็นความดันบรรยากาศ ถ้าปากทางเข้าปั๊มเป็นสุญญากาศหรือความดันลดลง จะทำให้ น้ำมันไหลเข้าไปในปั๊มได้ด้วยความดันบรรยากาศ



รูปที่ 2.13
ความแตกต่าง
ของความดันที่
ช่วยดันน้ำมัน
เข้าปั๊ม

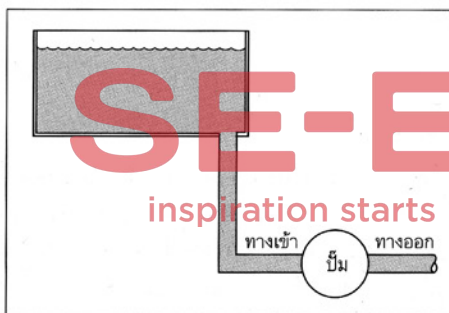


การดูดน้ำมันในระดับสูงและต่ำ

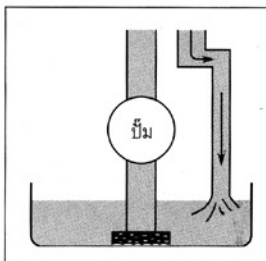
หากอ่างเก็บน้ำมันอยู่สูงกว่าปั๊ม (ดูรูปที่ 2.14) จะพบว่าบริเวณปากทางท่อดูดมีความดันต่ำกว่าความดันบรรยากาศ ดังนั้นจึงเกิดความแตกต่างระหว่างความดันภายนอกที่ระดับน้ำมันและภายในบริเวณปากทางท่อดูดซึ่งมีผลต่อความดันที่จะดันเข้าไปในปั๊ม แต่ถ้าถังเก็บน้ำมันอยู่ต่ำกว่าปั๊มแล้ว (ดูรูปที่ 2.15) ปั๊มต้องทำงานหนัก เพราะปั๊มต้องดูดอากาศในท่อดูดให้มีสภาพเป็นสุญญากาศมากจนเกิดความแตกต่างของความดันที่มากกว่า เนื่องจากน้ำหนักของน้ำมันหรือความสูงของท่อดูด กรณีปั๊มอยู่สูงกว่าระดับน้ำมันมาก ของเหลวจะกลายเป็นไอ การดูดน้ำมันขึ้นไปบางส่วนกลายเป็นไอลอยปะปนอยู่ด้วย และยังมีฟองอากาศที่อยู่ในน้ำมันแยกตัวออกมาเป็นฟองอากาศลอยตามเข้าไปในปั๊มได้ ใอน้ำมันและฟองอากาศจะทำให้เกิดแรงกระแทกมีเสียงดังในปั๊ม ถ้าแรงมากจะทำให้ส่วนประกอบของปั๊มเสียหายได้ และเรียกการเกิดสภาวะการเช่นนี้ว่า คาวิเทชัน (cavitation)

การเกิดฟองน้ำมันเนื่องมาจากมีอากาศภายนอกรั่วซึมเข้าไปตามรอยต่อของท่อดูดอากาศที่ปะปนเข้าไปในปั๊มจะถูกอัดตัวแต่ไม่แตกแทรกตัวเข้าไปอยู่ในน้ำมัน ฟองอากาศจะพ่นน้ำที่เสมือนเบาะยืดหยุ่นได้และเกิดเสียงดังในปั๊ม ทำให้การทำงานของระบบบกพร่องซึ่งเรียกสภาวะการเช่นนี้ว่า แอเวรชัน (aeration)

รูปที่ 2.14
ถังเก็บน้ำมัน
อยู่สูงกว่าปั๊ม



รูปที่ 2.15
ถังเก็บน้ำมัน
อยู่ต่ำกว่าปั๊ม

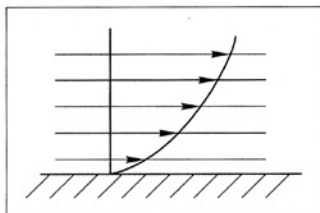




การเคลื่อนที่ของของเหลวภายในท่อ

การไหลราบเรียบ (Steamline or Laminar Flow)

การส่งกำลังในระบบไฮดรอลิกจะต้องให้การไหลของของเหลวในท่อเป็นเส้นตรง เพราะว่าการไหลเคลื่อนที่เป็นเส้นขนานระหว่างการไหล ชั้นของของเหลวจะไหลบนพื้นผิวท่ออย่างช้าๆ เนื่องจากมีความเสียดทานระหว่างของเหลวกับผนังท่อ ซึ่งแต่ละชั้นของของเหลวก็จะเคลื่อนตามต่อกันไปโดยให้ความเสียดทานน้อยที่สุดจนกระทั่งของเหลวในชั้นที่ใกล้ส่วนกลางท่อจะเร็วที่สุด เนื่องจากไม่มีความเสียดทานจากผิวของผนังภายในท่อ ดังแสดงในรูปที่ 2.16

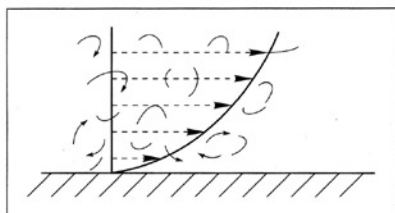


รูปที่ 2.16
การไหล
แบบราบเรียบ

การไหลปั่นป่วน (Turbulent Flow)

การไหลปั่นป่วนเกิดจากการที่ของเหลวไหลน้อยเกินกว่าความต้องการของความเร็วในการไหล หรือความเร็วของน้ำมันไฮดรอลิกไหลน้อยเกินไป การไหลปั่นป่วนนี้รวมไปถึงการไหลผิดปกติด้วย เช่น การไหลของของเหลวไปในเส้นทางที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่หรือเล็กเกินไป หรือการเปลี่ยนแปลงทิศทางการไหลอย่างกะทันหัน ดังแสดงในรูปที่ 2.17

การไหลแบบปั่นป่วนทำให้เกิดความร้อนในน้ำมันไฮดรอลิกมากกว่าการไหลแบบราบเรียบ ซึ่งทำให้ความดันของของเหลวลดลง การไหลแบบปั่นป่วนจะช่วยลดอากาศที่ลอยปะปนในน้ำมันไฮดรอลิกลงได้บ้าง

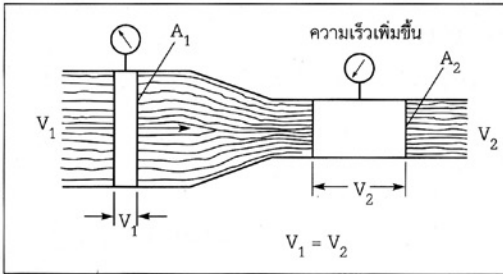


รูปที่ 2.17
การไหล
แบบปั่นป่วน



กฎของอัตราการไหล

ของเหลวไหลผ่านท่อที่มีขนาดไม่เท่ากัน แต่ถ้าปริมาณการไหลและเวลาเท่ากัน ความเร็วของการไหลจะเพิ่มขึ้นได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18
การไหลของ
ของเหลวในท่อ
ขนาดไม่เท่ากัน

อัตราการไหล (Q) ไหลผ่านท่อเท่ากับปริมาณการไหล (V) มีหน่วยเป็นลิตรต่อนาที ดังสูตรต่อไปนี้

$$Q = \frac{V}{t} \text{ (ลิตร/นาที)}$$



เรย์โนลด์นัมเบอร์

นายเรย์โนลด์เป็นผู้ค้นพบว่าการไหลราบเรียบหรือการไหลปั่นป่วนของของเหลวในท่อตรงนี้ขึ้นอยู่กับความเร็วของของเหลว เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ และการหนืดของของเหลว เรย์โนลด์นัมเบอร์เป็นตัวเลขที่ไม่มีหน่วย ซึ่งได้มาจากสูตรของนายเรย์โนลด์ที่ว่า

inspiration starts here

$$Re = \frac{VD}{v}$$

เมื่อ Re คือเรย์โนลด์นัมเบอร์

V คือความเร็วของการไหล

D คือเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ

v คือความหนืดของของเหลว

โดยที่ Re น้อยกว่า 2,000 เมื่อการไหลราบเรียบในท่อตรง

Re มากกว่า 2,000 เมื่อการไหลปั่นป่วนในท่อตรง



การไหลคงที่และการไหลไม่คงที่

การไหลคงที่หมายถึงการไม่มีการเปลี่ยนแปลงของการไหล ความเร็ว ความดัน ความหนาแน่น และอุณหภูมิยังคงที่ แม้ว่าเวลาจะผ่านไป ส่วนการไหลไม่คงที่นั้นหมายถึงการเปลี่ยนแปลงของการไหล ความเร็ว ความดัน ความหนาแน่น และอุณหภูมิเมื่อเวลาผ่านไป การไหลในท่อส่งของปั๊มขณะทำงานยังอยู่ในสภาวะไหลคงที่ก็ต่อเมื่อความเร็วของปั๊มเปลี่ยนไป การไหลจะไม่คงที่ และเมื่อมีการเปิดลิ้นควบคุม การไหลก็จะไม่คงที่



สูตรแห่งการไหลต่อเนื่อง

ในกรณีของการไหลคงที่ มวลของของเหลวที่ไหลผ่านทุกพื้นที่หน้าตัดในท่อของหน่วยเวลาหนึ่งย่อมเท่ากันเสมอ

การไหลของมวลของเหลวพื้นที่หน้าตัด 1 = การไหลของมวลของเหลวพื้นที่หน้าตัด 2

$$\rho_1 v_1 A_1 = \rho_2 v_2 A_2 = \rho v A = \text{คงที่}$$

ถ้าเป็นของเหลวที่อัดตัวไม่ได้ เช่น น้ำ น้ำมัน เมื่อไหลจากพื้นที่หน้าตัด 1 ไปยังพื้นที่หน้าตัด 2 ความหนาแน่นของน้ำมันจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง ดังนั้น $\rho_1 = \rho_2$ สูตรจะเป็น

$$\rho_1 = \rho_2 = \rho = \text{คงที่}$$

โดยที่ $v_1 A_1 = v_2 A_2 = v A = \text{คงที่}$

จากสูตรข้างต้นนี้เรียกว่า สูตรแห่งการไหลต่อเนื่อง โดยทั่วไปแล้วความเร็วจะแสดงให้เห็นการเคลื่อนตัวของมวลของเหลวต่อเวลา vA จะแสดงโดยปริมาณการไหลของของเหลวในหน่วยเวลาหนึ่ง ในรูปที่ 2.19 แสดงการไหลคงที่ในท่อต่างพื้นที่หน้าตัด

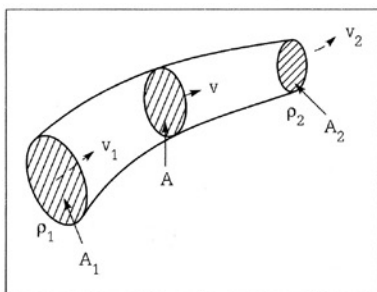
เมื่อ ρ คือความหนาแน่น

A คือพื้นที่หน้าตัด

v คือความเร็ว

SE-ED

inspiration starts here



รูปที่ 2.19
การไหลคงที่
ในท่อต่างพื้นที่
หน้าตัด



กฎของปาสคาลและสูตรแห่งการไหลต่อเนื่อง

ในการใช้กฎของปาสคาลและสูตรแห่งการไหลต่อเนื่อง จะขอยกตัวอย่างเช่น ลิฟต์ยกรถยนต์มีกระบอกไฮดรอลิกขนาดเล็กผ่านศูนย์กลาง 200 มิลลิเมตร อัตราการไหลของน้ำมัน 40 ลิตรต่อนาที รถยนต์ที่จะถูกยกหนัก 1 ตัน ต้องใช้ความดันในระบบและความเร็วเท่าไรเพื่อยกรถยนต์คันนี้ขึ้นได้โดยไม่มีการสูญเสียกำลังไปจากความฝืดและการรั่วไหล (ดูรูปที่ 2.20 ประกอบ)



$$\text{พื้นที่กระบอกไฮดรอลิก } A = \pi \times 200^2 = 31,400 \text{ mm}^2$$

$$\text{รถยนต์หนัก (แรง) } F = 1,000 \text{ kg}$$

$$\text{จากกฎของปาสคาล } P = \frac{F}{A}$$

$$= \frac{1000}{31,400}$$

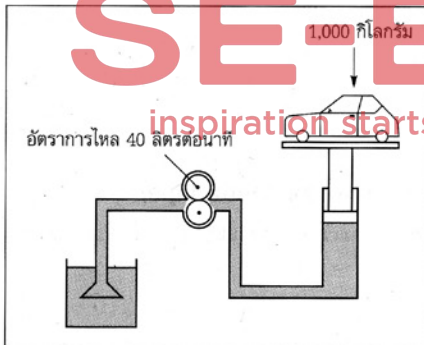
$$\text{ความดันในระบบ} = 0.032 \text{ kg/mm}^2 \text{ หรือ } 3.2 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{อัตราการไหล } Q = 40 \text{ l/s หรือ } 666,666 \text{ mm}^3/\text{s}$$

$$\text{จากสูตรแห่งการไหลต่อเนื่อง } v = \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{666,666}{31,400}$$

$$\text{ความเร็วในการยก} = 21.33 \text{ mm/s}$$



รูปที่ 2.20

แสดงตัวอย่าง

ลิฟต์ยกยนต์



ทฤษฎีของเบอร์นูลลี

นายแดเนียล เบอร์นูลลี ได้กล่าวไว้ว่า “พลังงานทั้งหมดที่เกิดขึ้นมาจากความดัน ความเร็ว และตำแหน่งการเคลื่อนที่ของของเหลวจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งภายในท่อ พลังงานทั้งหมดที่เกิดขึ้นตามจุดต่างๆ นั้นย่อมจะมีค่าคงที่” ซึ่งสามารถแบ่งพลังงานของของเหลวในระบบไฮดรอลิกได้เป็น 2 แบบคือพลังงานจลน์และพลังงานศักย์ (kinetic and potential energy)



พลังงานจากความดัน + พลังงานจลน์ + พลังงานศักย์

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + Z_2 = H$$

โดยที่ v_1, v_2 คือความเร็วในท่อที่ 1 และท่อที่ 2

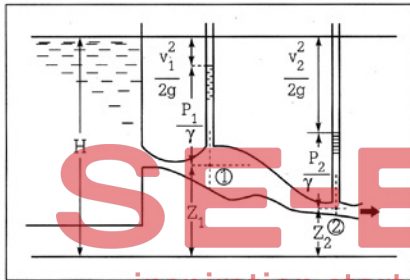
γ คือความถ่วงจำเพาะของของเหลว

P_1, P_2 คือความดันในท่อที่ 1 และท่อที่ 2

Z_1, Z_2 คือความสูงจากพื้นผิวมาตรฐานที่ 1 และที่ 2

H คือความสูงจากระดับผิวหน้ามาตรฐาน

g คืออัตราเร่งเท่ากับ 9.81 เมตรต่อวินาที²



รูปที่ 2.21
แสดงให้เห็น
ความสัมพันธ์
ของแต่ละระดับ
ความสูง

inspiration starts here

การไหลในท่อนอนแนวตรง (Flow in a Horizontal Pipe)

ในรูปที่ 2.22 เปรียบเทียบให้เห็นถึงความดันกับความเร็วในแต่ละส่วนในท่อนอนแนวตรงที่มีขนาดต่างกันตามทฤษฎีของเบอร์นูลลี

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + h_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + h_2$$

ดังนั้นท่อที่วางขนานกับพื้นดิน

$$h_1 = h_2$$

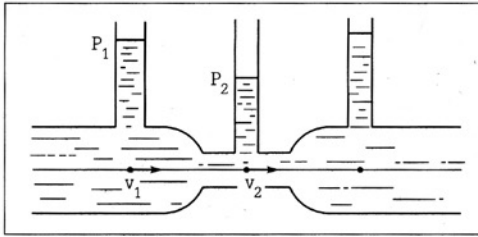
จากสูตรข้างบนเปลี่ยนมาเป็น

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} ; P_1 - P_2 = \frac{\gamma}{2g} [v_2^2 - v_1^2]$$

แต่ $v_2 > v_1$ จากสูตรการไหลต่อเนื่อง $P_1 > P_2$



รูปที่ 2.22
การไหลในท่อ
นอนแนวตรง



เวนจูรีมิเตอร์ (Venturimeter)

เกจวัดที่สามารถใช้วัดความดันที่เกิดขึ้นที่คอคอของท่อและสามารถรับอัตราการไหลได้ตามรูปที่ 2.23 เรียกว่า เวนจูรีมิเตอร์ โดยสมมติให้ท่อวางอยู่ในแนวนอนแบ่งเป็นส่วนของ ส่วนที่ 1 และส่วนของ ส่วนที่ 2 ตามทฤษฎีของเบอร์นูลลี

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g}$$

ให้พื้นที่ส่วนของ ส่วนที่ 1 และส่วนของ ส่วนที่ 2 เป็น A_1 และ A_2 ตามสูตรของการไหลต่อเนื่องอัตราการไหล

$$Q = A_1 v_1 = A_2 v_2$$

$$v_1 = \frac{A_2 v_2}{A_1}$$

เมื่อแทนด้วยทฤษฎีของเบอร์นูลลี

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{[A_2 v_2]^2}{A_1^2 2g} = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g}$$

$$\frac{1}{\gamma} (P_1 - P_2) = \frac{1}{2g} \left[v_2^2 - \frac{A_2^2 v_2^2}{A_1^2} \right]$$

$$\frac{1}{\gamma} (P_1 - P_2) = \frac{v_2^2}{2g} \left[1 - \frac{A_2^2}{A_1^2} \right]$$

$$v_2^2 = \frac{(2g/\gamma)(P_1 - P_2)}{1 - (A_2^2/A_1^2)}$$



ดังนั้น

$$v_2 = \frac{\sqrt{\frac{2g}{\gamma} (P_1 - P_2)}}{\sqrt{1 - (A_2/A_1)^2}}$$

หาอัตราการไหล

$$Q = A_2 v_2 = A_2 \frac{\sqrt{\frac{2g}{\gamma} (P_1 - P_2)}}{\sqrt{1 - (A_2/A_1)^2}}$$

อัตราการไหลที่เกิดขึ้นกับส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 จะแตกต่างกันเมื่อความดันแตกต่างกัน วัดโดยมาโนมิเตอร์ (manometer) ตามรูปที่ 2.23 (ความถ่วงจำเพาะของเหลว γ_s)

$$P_1 - P_2 = (\gamma_s - \gamma)h$$

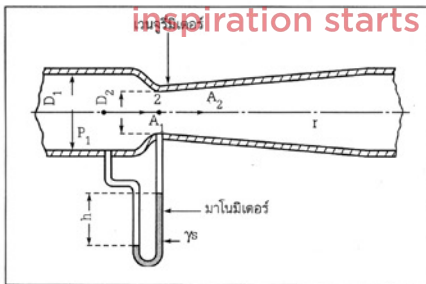
ดังนั้น

$$Q = A_2 \frac{\sqrt{2gh \left(\frac{\gamma_s}{\gamma} - 1 \right)}}{\sqrt{1 - (A_2/A_1)^2}}$$

SE-ED

inspiration starts here

รูปที่ 2.23
เวนจูรีมิเตอร์
และมาโนมิเตอร์



ความดันลดลงเนื่องจากเกิดการเสียดทานภายในท่อ

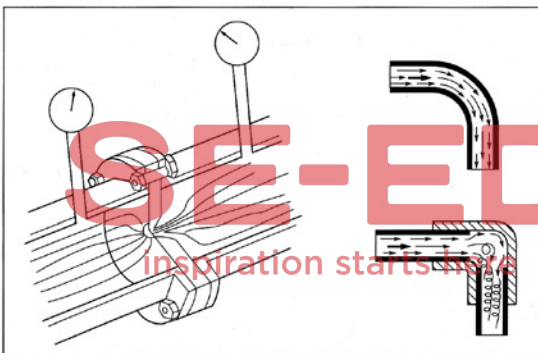
ผนังท่อที่ขรุขระจะทำให้การไหลของของเหลวต้องเอาชนะการเสียดทานที่เกิดขึ้นที่ผนังท่อ ดังนั้นทุกๆ ครั้งของการไหลของของเหลวภายในท่อ ความดันที่ต้นทางจะมีค่ามากกว่าความดันปลายทาง การเสียดทานที่ต้านทานการไหลจะเกิดขึ้นมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความขรุขระของผนังท่อ ขนาดของท่อ ความยาวของท่อ และรูปแบบของการไหล ความดันลดลงจะมีผลโดยตรงกับการสูญเสียกำลังภายในระบบไฮดรอลิก เช่น การใช้ท่อยาวมาก ท่อมีขนาดเล็กเกินไป และความเร็วของของเหลวในท่อสูง อันมีผลต่อการสูญเสียกำลังงานไปบ้าง เนื่องจากความดันลดลงนี้สูงมาก



ความดันลดลงเนื่องจากการไหลในเส้นทางเล็กหรือแคบ

การไหลของของเหลวผ่านตามเส้นทางเล็กหรือแคบ เช่น คอคอด ขั้วต่อ ข้องอของลื่นต่างๆ ล้วนเป็นสิ่งที่ขวางการไหลของน้ำมันไฮดรอลิก การที่น้ำมันไฮดรอลิกจะไหลผ่านไปไ้จะมีความแตกต่างกันระหว่างความดันที่ทางเข้าและความดันที่ทางออกของเส้นทางที่การไหลที่เล็กหรือแคบ นั่นก็คือค่าความดันลดลงอันเกิดจากการมีสิ่งกีดขวาง

ในรูปที่ 2.24 ได้แสดงให้เห็นถึงลักษณะการไหลของน้ำมันไฮดรอลิกที่ผ่านคอคอดและข้องอ ซึ่งการไหลของน้ำมันไฮดรอลิกจะไหลราบเรียบในช่วงแรก เมื่อมาปะทะกับคอคอดและข้องอ จะเกิดการหมุนเวียน ความเร็วในการไหลจะเปลี่ยนทำให้พลังงานจลน์เกิดการเปลี่ยนแปลงไปด้วย มีผลให้ความดันบริเวณดังกล่าวเปลี่ยนแปลงตาม แต่หลังจากผ่านคอคอด การสูญเสียความดันอาจจะเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย แต่หากเป็นข้องอหักฉากด้วยแล้ว การสูญเสียจะมีมากกว่า ดังนั้นควรหลีกเลี่ยงไปใช้ท่อโค้งไม่หักฉากเพื่อลดการสูญเสียพลังงาน



รูปที่ 2.24

การสูญเสีย
ความดันเมื่อ
ไหลผ่านข้อต่อ
ชนิดต่างๆ



ความร้อนที่มีผลกระทบต่อของเหลว

จากคุณสมบัติทางกายภาพของของเหลวจะขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน น้ำมันไฮดรอลิกก็เช่นกันย่อมจะขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน ความร้อนที่เกิดขึ้นจะทำให้ น้ำมันไฮดรอลิกระเหยออกไป ซึ่งทำให้ความดันสูงสุดของปั๊มที่สร้างขึ้นมาลดลงได้ ดังนั้นจึงควรหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดความร้อนกับน้ำมันไฮดรอลิก ความร้อนที่เกิดขึ้นในระบบไฮดรอลิกเนื่องมาจากความดันลดลงจากการเสียดทานกับผนังท่อและการกีดขวางการไหล ซึ่งได้เปลี่ยนไปเป็นพลังงานความร้อน ระบบและอุปกรณ์ต่างๆ จึงร้อนขึ้นและความร้อนนี้จะถ่ายเทให้กับน้ำมันที่ไหลผ่าน น้ำมันจึงมีอุณหภูมิสูงขึ้น



สัญลักษณ์ที่ใช้ในระบบไฮดรอลิกและระบบที่เกี่ยวข้อง

สัญลักษณ์พื้นฐานที่ใช้เป็นตัวแทนแสดงดังตารางที่ 2.1



ตารางที่ 2.1 สัญลักษณ์พื้นฐานที่ใช้ในระบบไฮดรอลิกและระบบที่เกี่ยวข้อง

ชื่อที่ใช้เรียก	สัญลักษณ์พื้นฐาน	ค่าชี้แจงเพิ่มเติม
ท่อหรือเส้นทาง		$L > 10 E$ $L < 5 E$ L : ความยาวของเส้น E : ความหนาของเส้น
จุดต่อของท่อหรือเส้นทาง		$d = 5 E$ d : เส้นผ่านศูนย์กลางจุดต่อ E : ความหนาของเส้น
เพลลา คันโยก ก้าน		$D < 5 E$ D : ระยะห่างของเส้น E : ความหนาของเส้น
ปั๊ม มอเตอร์ คอมเพรสเซอร์ แหล่งต้นกำลัง		
มิเตอร์		วงกลมขนาดกลาง
ลิ้นก้านกลับ จุดต่อหมุน		วงกลมขนาดเล็ก
ลูกกลิ้งที่ข้อต่อ		วงกลมขนาดเล็กมาก
ลิ้น		ลิ้นจะมีชื่อเรียกเฉพาะต่างๆ กัน



ตารางที่ 2.1 (ต่อ) สัญลักษณ์พื้นฐานที่ใช้ในระบบไฮดรอลิกและระบบที่เกี่ยวข้อง

ชื่อที่ใช้เรียก	สัญลักษณ์พื้นฐาน	คำชี้แจงเพิ่มเติม
ทิศทางการไหลของของเหลว เข้าและออก		สามเหลี่ยมสีดำเป็นของเหลว สามเหลี่ยมสีขาวเป็นก๊าซ
ทิศทางการไหล		-
ทิศทางการหมุน		-
กรอง หม้อระบายความร้อน ถังน้ำมันหล่อลื่น		-
ส่วนประกอบในกรอบเป็น ชุดเดียวกัน		-
ลูกศรแสดงการควบคุม		-

สัญลักษณ์ของท่อทางเดินน้ำมันและการต่อแสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 สัญลักษณ์ของท่อทางเดินน้ำมันและการต่อ

ชื่อที่ใช้เรียก	สัญลักษณ์พื้นฐาน	คำชี้แจงเพิ่มเติม
ท่อทางหลัก		-
ท่อทางนำร่อง		$L > 10 E$ L : ความยาวของเส้น E : ความหนาของเส้น



ตารางที่ 2.2 (ต่อ) สัญลักษณ์ของท่อทางเดินน้ำมันและการต่อ

ชื่อที่ใช้เรียก	สัญลักษณ์พื้นฐาน	ค่าชี้แจงเพิ่มเติม
ท่อทางระบาย		-
จุดต่อของท่อทาง		$d = 5 E$ d : เส้นผ่านศูนย์กลางของจุดต่อ E : ความหนาของเส้น
ท่ออ่อน		-
ท่อคร่อมกัน		-
ทิศทางการไหลของของเหลว		เส้นทางการไหลตามแนวยาว
ช่องทางอุดตัน		-
ท่ออยู่สูงกว่าระดับน้ำมัน		ปลายท่อไม่ถึงกับอ่างเก็บน้ำมัน
ท่อจุ่มลงในน้ำมัน		-
คอคอตปรับไม่ได้		-
นมหนู		-
เพลาหมุนทางเดียว		-
เพลาหมุนได้สองทาง		-



ตารางที่ 2.2 (ต่อ) สัญลักษณ์ของท่อทางเดินน้ำมันและการต่อ

ชื่อที่ใช้เรียก	สัญลักษณ์พื้นฐาน	คำชี้แจงเพิ่มเติม
ท่อร่วมระบาย		เส้นทางการไหลตามแนวยาว
ข้อต่อชนิดถอดง่ายต่อกัน		-
ข้อต่อชนิดถอดง่ายไม่ต่อกัน		เส้นตรงต่อไม่ถึงกัน
ข้อต่อชนิดถอดง่าย มีลื่นกันกลับต่อกัน		ปลายท่อไม่ถึงกันอ่างเก็บน้ำมัน
ข้อต่อชนิดถอดง่าย มีลื่นกันกลับไม่ต่อกัน		-

สัญลักษณ์ของปั๊มมอเตอร์แสดงดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 สัญลักษณ์ของปั๊มมอเตอร์

ชื่อที่ใช้เรียก	สัญลักษณ์พื้นฐาน	คำชี้แจงเพิ่มเติม
ปั๊มปริมาตรคงที่ทางเดียว		ปลายสามเหลี่ยมที่ชี้ทางออก
ปั๊มปริมาตรคงที่สองทาง		-
ปั๊มปริมาตรเปลี่ยนแปลง ทางเดียว		-
ปั๊มปริมาตรเปลี่ยนแปลง สองทาง		-



ตารางที่ 2.3 (ต่อ) สัญลักษณ์ของปั๊มมอเตอร์

ชื่อที่ใช้เรียก	สัญลักษณ์พื้นฐาน	คำชี้แจงเพิ่มเติม
คอมเพรสเซอร์และ เครื่องเป่าลม		-
ปั๊มสุญญากาศ		-
มอเตอร์ปริมาตรคงที่ทางเดียว		-
มอเตอร์ปริมาตรคงที่สองทาง		-
มอเตอร์ปริมาตรเปลี่ยนแปลง ทางเดียว		-
มอเตอร์ปริมาตรเปลี่ยนแปลง สองทาง		-
มอเตอร์หมุนทางเดียว		ปลายสามเหลี่ยมชี้เข้า ใช้กับระบบนิวแมติก



สัญลักษณ์ของกระบอกไฮดรอลิกและอุปกรณ์การทำงานแสดงดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 สัญลักษณ์ของกระบอกไฮดรอลิกและอุปกรณ์การทำงาน

ชื่อที่ใช้เรียก	สัญลักษณ์พื้นฐาน	คำชี้แจงเพิ่มเติม
อุปกรณ์ทำงานนิวแมติก แบบเวน		
อุปกรณ์ทำงานไฮดรอลิก แบบเวน		
กระบอกไฮดรอลิกแบบทำงาน ทางเดียว		
กระบอกไฮดรอลิกแบบทำงาน ทางเดียว คินตัวด้วยสปริง		
กระบอกไฮดรอลิกแบบทำงาน สองทาง		
กระบอกไฮดรอลิกแบบทำงาน สองทางมีก้านสูบ 2 ด้าน		
กระบอกไฮดรอลิกแบบทำงาน สองทางมีเบรกกันกระแทก		
กระบอกไฮดรอลิกแบบทำงาน สองทางมีเบรกกันกระแทกสองทาง		
กระบอกไฮดรอลิกยึดออกเป็น ท่อนทำงานทางเดียว		
กระบอกไฮดรอลิกยึดออกเป็น ท่อนทำงานสองทาง		
กระบอกไฮดรอลิกแบบ ผ่านไดอะแฟรม		



สัญลักษณ์ของลินแสดงดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 สัญลักษณ์ของลิน

ชื่อที่ใช้เรียก	สัญลักษณ์พื้นฐาน	ค่าชี้แจงเพิ่มเติม
ลินมี 2 ช่องทาง		-
ลินมี 3 ช่องทาง		-
ลินมี 4 ช่องทาง		-
ลินมีหลายช่องทาง		-
ลินมี 2 ตำแหน่ง		-
ลินมี 3 ตำแหน่ง		-
ลินมีหลายตำแหน่ง		-
ลินที่ใช้ในระบบวงจรปิด		-
ลินเปิดช่องน้ำมันก้านสูบ และอ่างต่อกัน		-
ลินเปิดช่องน้ำมันลูกสูบ และปั้มต่อกัน		-
ลินเปิดช่องน้ำมันลูกสูบ ก้านสูบ และอ่างต่อกัน		-
ลินเปิดช่องน้ำมันปั้ม ลูกสูบ และช่องน้ำมันก้านสูบต่อกัน		-



ตารางที่ 2.5 (ต่อ) สัญลักษณ์ของลิ้น

ชื่อที่ใช้เรียก	สัญลักษณ์พื้นฐาน	คำชี้แจงเพิ่มเติม
ลิ้นเปิดช่องทางน้ำลูกสูบ และอ่างต่อกัน		-
ลิ้นที่ใช้ในระบบวงจรเปิด		-
ลิ้นเปิดช่องทางน้ำมันลูกสูบปั๊ม และอ่างต่อกัน		-
ลิ้นเปิดช่องทางน้ำมันปั๊ม และอ่างต่อกัน		-
ลิ้นเปิดช่องทางน้ำมันลูกสูบและ ก้านสูบต่อกัน		-
ลิ้นวงจรเปิดมีคอคอด		-
ลิ้นปิด-เปิดในตำแหน่งปิด		-
ลิ้นปิด-เปิดในตำแหน่งเปิด		-



สัญลักษณ์ของลิ้นควบคุมความดันแสดงดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 สัญลักษณ์ของลิ้นควบคุมความดัน

ชื่อที่ใช้เรียก	สัญลักษณ์พื้นฐาน	คำชี้แจงเพิ่มเติม
ลิ้นควบคุมความดันปิดตามปกติ		1. สัญลักษณ์ได้แสดงถึงหลักการทำงานของลิ้นอยู่ในตำแหน่งว่าง
ลิ้นควบคุมความดันเปิดตามปกติ		2. สัญลักษณ์พื้นฐานที่ใช้ควบคุมเป็นสัญลักษณ์ของลิ้นควบคุมความดัน
		3. เส้นทึบลากต่อกันจากล่างถึงบนภายในกรอบสี่เหลี่ยมเป็นช่องทางน้ำมัน
		4. ในตำแหน่งปิดหัวลูกศรจะไม่ตรงช่องทางน้ำมัน
		5. ในตำแหน่งเปิดหัวลูกศรจะตรงกับช่องทางน้ำมัน
ลิ้นบรรเทาความดันต่อท่อควบคุมจากภายใน		
ลิ้นบรรเทาความดันต่อท่อควบคุมจากภายนอก		
ลิ้นปลดปล่อยความดัน		
ลิ้นลำดับความดันต่อท่อควบคุมภายใน		
ลิ้นลำดับความดันต่อท่อควบคุมภายนอก		



ตารางที่ 2.6 (ต่อ) สัญลักษณ์ของลิ้นควบคุมความดัน

ชื่อที่ใช้เรียก	สัญลักษณ์พื้นฐาน	คำชี้แจงเพิ่มเติม
ลิ้นลดความดันต่อ ท่อควบคุมภายใน		
ลิ้นลดความดันต่อ ท่อควบคุมภายนอก		

สัญลักษณ์ของลิ้นควบคุมอัตราการไหลแสดงดังตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 สัญลักษณ์ของลิ้นควบคุมอัตราการไหล

ชื่อที่ใช้เรียก	สัญลักษณ์พื้นฐาน	คำชี้แจงเพิ่มเติม
ลิ้นควบคุมอัตราการไหล ปริมาตรเปลี่ยนแปลง		
ลิ้นควบคุมอัตราการไหล ปริมาตรคงที่		

สัญลักษณ์ของลิ้นควบคุมทิศทางการไหลแสดงดังตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 สัญลักษณ์ของลิ้นควบคุมทิศทางการไหล

ชื่อที่ใช้เรียก	สัญลักษณ์พื้นฐาน	คำชี้แจงเพิ่มเติม
ลิ้นควบคุมทิศทาง 2 ช่องทาง		1. สัญลักษณ์พื้นฐานที่ใช้สัญลักษณ์ควบคุมเป็นสัญลักษณ์ของลิ้นเปลี่ยนทิศทาง



ตารางที่ 2.8 (ต่อ) สัญลักษณ์ของลิ้นควบคุมทิศทางการไหล

ชื่อที่ใช้เรียก	สัญลักษณ์พื้นฐาน	คำชี้แจงเพิ่มเติม
ลิ้นควบคุมทิศทาง 3 ช่องทาง		2. เส้นทึบลากต่อกันจากล่างถึงบนภายในกรอบสี่เหลี่ยมเป็นช่องทางน้ำมัน
ลิ้นควบคุมทิศทาง 4 ช่องทาง 2 ตำแหน่ง		3. ช่องทางที่ต่อถึงกันในกรอบสี่เหลี่ยมจะหมายถึงลิ้นอยู่ในตำแหน่งว่าง
ลิ้นควบคุมทิศทาง 5 ช่องทาง		4. จำนวนช่องสี่เหลี่ยมในกรอบสี่เหลี่ยมหมายถึงจำนวนตำแหน่งของลิ้น 5. หัวลูกศรที่ชี้บอกถึงทิศทางการไหล 6. T, T หมายถึงลิ้นถูกปิดกั้นภายใน
ลิ้นควบคุมทิศทาง 4 ช่องทาง 3 ตำแหน่ง		
ลิ้นกันกลับ		

สัญลักษณ์อื่นๆ แสดงดังตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 สัญลักษณ์อื่นๆ

ชื่อที่ใช้เรียก	สัญลักษณ์พื้นฐาน	คำชี้แจงเพิ่มเติม
อ่างเก็บน้ำมัน (แบบเปิด)		
ถังเก็บน้ำมันรักษาความดัน		

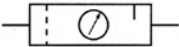
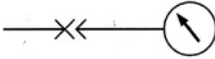
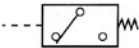


ตารางที่ 2.9 (ต่อ) สัญลักษณ์อื่นๆ

ชื่อที่ใช้เรียก	สัญลักษณ์พื้นฐาน	คำชี้แจงเพิ่มเติม
ถังเก็บรักษาความดัน		ใช้กับระบบไฮดรอลิก
ถังเก็บรักษาความดันใช้สปริง		
ถังเก็บรักษาความดัน		ใช้กับระบบนิวแมติก
กรองหรือตะแกรงกรอง		
ที่แยกนํ้าระคายด้วยมือ		ใช้กับระบบนิวแมติก
ที่แยกนํ้าระคายโดยอัตโนมัติ		ใช้กับระบบนิวแมติก
เครื่องให้ความร้อน		ใช้กับระบบนิวแมติก
ถังนํ้าหล่อเย็น		
ถังนํ้าหล่อลื่น		ระบบนิวแมติก
เครื่องเก็บเสียง		ระบบนิวแมติก



ตารางที่ 2.9 (ต่อ) สัญลักษณ์อื่นๆ

ชื่อที่ใช้เรียก	สัญลักษณ์พื้นฐาน	คำชี้แจงเพิ่มเติม
เครื่องควบคุมการอัดลม		ระบบนิวแมติก
เกจวัดความดัน		-
เกจวัดความดันต่อใช้ภายนอก		-
เกจวัดอุณหภูมิ		-
เครื่องวัดอัตราการไหลชนิดวัดได้ทันที		-
เครื่องวัดอัตราการไหลชนิดต้องแปลงหน่วย		-
แหล่งต้นกำเนิดกำลังไฮดรอลิก		-
แหล่งต้นกำเนิดกำลังลม		ระบบนิวแมติก
สวิตช์ความดัน		-



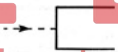
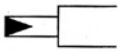
ตารางที่ 2.9 (ต่อ) สัญลักษณ์อื่นๆ

ชื่อที่ใช้เรียก	สัญลักษณ์พื้นฐาน	คำชี้แจงเพิ่มเติม
มอเตอร์ไฟฟ้า		-
ลิ้นปิด		-

สัญลักษณ์ของวิธีการบังคับใช้ลิ้นมีรายละเอียดดังนี้

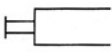
- วิธีการจัดความดันน้ำมัน (Pilot method) แสดงดังตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2.10 สัญลักษณ์ของวิธีการจัดความดันน้ำมัน

ชื่อที่ใช้เรียก	สัญลักษณ์พื้นฐาน	คำชี้แจงเพิ่มเติม
ใช้ความดันควบคุมโดยตรง		-
ใช้ความดันควบคุมทางอ้อม		-
ชุดเซวความดัน		-

- วิธีการควบคุมด้วยมือและเท้า (Manual method) แสดงดังตารางที่ 2.11

ตารางที่ 2.11 สัญลักษณ์ของวิธีการควบคุมด้วยมือและเท้า

ชื่อที่ใช้เรียก	สัญลักษณ์พื้นฐาน	คำชี้แจงเพิ่มเติม
สัญลักษณ์พื้นฐานวิธีการควบคุม		-



ตารางที่ 2.11 (ต่อ) สัญลักษณ์ของวิธีการควบคุมด้วยมือและเท้า

ชื่อที่ใช้เรียก	สัญลักษณ์พื้นฐาน	คำชี้แจงเพิ่มเติม
คันโยกมือ		-
ปุ่มกด		-
เท้าเหยียบ		-

- วิธีการควบคุมด้วยกลไก (Mechanical method) แสดงดังตารางที่ 2.12

ตารางที่ 2.12 สัญลักษณ์ของวิธีการควบคุมด้วยกลไก

ชื่อที่ใช้เรียก	สัญลักษณ์พื้นฐาน	คำชี้แจงเพิ่มเติม
ก้านกด		-
สปริง		-
ร่องฟัน		-
ลูกกลิ้งกดสองทาง		-
ลูกกลิ้งกดทางเดียว		-



- วิธีการควบคุมด้วยแม่เหล็ก (Magnetic method) แสดงดังตารางที่ 2.13

ตารางที่ 2.13 สัญลักษณ์ของวิธีการควบคุมด้วยแม่เหล็ก

ชื่อที่ใช้เรียก	สัญลักษณ์พื้นฐาน	คำชี้แจงเพิ่มเติม
โซลินอยด์ขดลวดเดี่ยว		ทำงานโดยตรง
โซลินอยด์สองขดลวด		ทำงานโดยตรง

- วิธีการควบคุมผสม (Combination method) แสดงดังตารางที่ 2.14

ตารางที่ 2.14 สัญลักษณ์ของวิธีการควบคุมผสม

ชื่อที่ใช้เรียก	สัญลักษณ์พื้นฐาน	คำชี้แจงเพิ่มเติม
โซลินอยด์ควบคุมความดันน้ำมัน		-
โซลินอยด์ควบคุมความดันลม		-
โซลินอยด์หรือความดันน้ำมันทำงาน		วิธีการควบคุมแบบนี้จะใช้ 2 วิธีการรวมกันการควบคุม วิธีแรกจะเป็นสัญลักษณ์อยู่หลังรูปสี่เหลี่ยม ส่วนวิธีการควบคุมที่ 2 จะเป็นสัญลักษณ์ต่อวิธีการควบคุมแรก
โซลินอยด์หรือใช้มือดัน		



สัญลักษณ์ที่แสดงการทำงานของระบบไฮดรอลิกในฟาร์มแทรกเตอร์แสดงดังตารางที่ 2.15

ตารางที่ 2.15 สัญลักษณ์ที่แสดงการทำงานของระบบไฮดรอลิกในฟาร์มแทรกเตอร์

ชื่อที่ใช้เรียก	สัญลักษณ์พื้นฐาน	คำชี้แจงเพิ่มเติม
ยกแขนล่าง		เป็นสัญลักษณ์ที่ใช้ทั่วไป
วางแขนล่าง		
กระบอกไฮดรอลิกนอก ตัวรถเคลื่อนตัวออก		
กระบอกไฮดรอลิกนอก ตัวรถเคลื่อนตัวเข้า		
กระบอกไฮดรอลิกนอกอยู่ใน ตำแหน่งลอยตัวอิสระ		
การควบคุมการยก-วางโดยอาศัย แรงดูดลาก		เป็นรูปเครื่องมือเตรียมดิน ทำงานในดิน
การควบคุมการยก-วางโดยกำหนด ตำแหน่ง		เป็นรูปเครื่องพ่วงท้ายยกสูงเหนือ ผิวดิน



การเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของระบบไฮดรอลิก

ข้อดีของระบบไฮดรอลิกเปรียบเทียบกับระบบกลไก มีดังนี้

1. ง่ายต่อการควบคุม ซึ่งการส่งกำลังด้วยระบบกลไกจะมีโครงสร้างที่ยุ่งยากกว่า
2. การบังคับและเปลี่ยนความเร็วทำได้ง่าย สามารถเปลี่ยนความเร็วได้ทุกระดับโดยปรับที่ลิ้นควบคุมทิศทางการไหล
3. การเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ได้ทันทีเมื่อต้องการ กระบอกไฮดรอลิกและมอเตอร์ไฮดรอลิกสามารถทำงานกลับ

ทิศทางได้ไปมาไม่ต้องหยุดรอ

4. การเพิ่มแรงเป็นทวีคูณ ซึ่งในระบบกลไก การเพิ่มแรงต้องส่งผ่านชุดเกียร์และชิ้นส่วนต่างๆ ทำให้พลังงานต้องสูญเสียไปกับแรงต้านทานกับชิ้นส่วนต่างๆ แต่ในระบบไฮดรอลิกสามารถเพิ่มแรงขึ้นเป็นทวีคูณได้โดยไม่มีข้อจำกัดและใช้ชิ้นส่วนเคลื่อนที่มีน้อย

5. สามารถส่งกำลังไปได้ในระยะทางไกลๆ ด้วยท่อทาง ซึ่งมีผลให้การออกแบบอุปกรณ์ต่างๆ ในตัวรถทำได้กะทัดรัด ไม่กินเนื้อที่ และมีน้ำหนักน้อย

6. สามารถหล่อลื่นได้ตัวเอง จึงไม่จำเป็นต้องให้การหล่อลื่นกับชิ้นส่วนต่างๆ เพราะน้ำมันไฮดรอลิกจะช่วยหล่อลื่นชิ้นส่วนที่ไหลผ่าน แต่ถ้าเป็นระบบกลไก ก็ต้องการการหล่อลื่น

7. อายุการใช้งานยาวนานกว่า เนื่องจากมีชิ้นส่วนเคลื่อนไหวน้อย

ข้อเสียของระบบไฮดรอลิกเปรียบเทียบกับระบบกลไก มีดังนี้

1. อุปกรณ์ทำงานเคลื่อนตัวช้า ไม่คล่องตัวเหมือนกับระบบกลไก
2. ชิ้นส่วนและอุปกรณ์มีราคาแพง การซ่อมต้องอาศัยผู้มีความชำนาญเท่านั้น
3. อาจเกิดอุบัติเหตุ ท่อจะแตกจากการรับโหลดมากเกินไปได้
4. มีการรั่วซึมของน้ำมัน ทำให้เกิดความสกปรก มักจะเกิดความเสียหายจากการกัดกร่อน สนิม สิ่งสกปรก และ

ความร้อน

ข้อดีของการใช้ระบบไฮดรอลิกส่งกำลัง มีดังนี้

1. สามารถเคลื่อนตัวไปในรูปแบบต่างๆ ของท่อส่งได้ดี
2. สามารถเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลโดยไม่มีลำดับขั้น คือบีบตัวเดียวสามารถนำไปใช้กับอุปกรณ์ได้หลายอย่าง
3. อัตราการไหลของน้ำมันสามารถเร่งหรือลดลงได้ด้วยการปรับขนาดของหน้าตัดทางเดินน้ำมัน
4. สามารถถ่ายทอดความดันไปยังชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์ที่อยู่ห่างไกลได้อย่างทันทีทันใด



ข้อดีของการใช้ระบบไฮดรอลิกทำงานกับส่วนประกอบและอุปกรณ์ทำงาน มีดังนี้

1. กำลังงานมหาศาลได้รับมาจากส่วนประกอบที่มีขนาดเล็ก
2. อุปกรณ์สามารถทำงานได้ง่ายขึ้นและป้องกันอันตรายจากการทำงานเกินกำลัง
3. การควบคุมเป็นไปได้อย่างและเที่ยงตรง
4. มีความเรียบง่ายและนุ่มนวล ไม่ต้องมีขั้นตอนในการเปลี่ยนเกียร์
5. อุปกรณ์จะทำงานได้ราบเรียบกับเครื่องมือโดยไม่ให้มีการสั่นสะเทือนมาก
6. ท่อทางติดตั้งได้ง่าย ไม่มีข้อจำกัดมาก สามารถติดตั้งได้ทุกแห่งที่ต้องการได้เหมาะสม
7. อุปกรณ์ไฮดรอลิกสามารถทำงานได้ตามโครงสร้างและหน้าที่ที่กำหนดไว้ มีการเคลื่อนตัวที่ช้าหรือเร็ว แต่ก็ได้ด้วย

ความนุ่มนวล

ข้อเสียของการใช้ระบบไฮดรอลิกทำงานกับส่วนประกอบและอุปกรณ์ทำงาน คือ

1. มักมีการรั่วซึมบ่อย โดยเฉพาะที่ก้านสูบและข้อต่อ
2. คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมันเปลี่ยนแปลงได้ง่ายตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป การทำงานจะคลาดเคลื่อนไปบ้าง
3. ความเร็วในการเคลื่อนตัวของอุปกรณ์ทำงานจะเปลี่ยนไปบ้างตามองศาการทำงาน
4. ความเร็วในการส่งกำลังถูกจำกัดโดยความเร็วสูงสุดของไหลในท่อ
5. การติดตั้งท่อทางทำได้ยากกว่าการต่อสายไฟฟ้าของระบบไฟฟ้า

ข้อดีของการใช้ระบบไฮดรอลิกในรถฟาร์มแทรกเตอร์กับการต่อพ่วงเครื่องจักรกลเกษตร มีดังนี้

1. ทำให้รถฟาร์มแทรกเตอร์มีประสิทธิภาพในการทำงานได้หลายอย่างโดยสามารถต่อพ่วงเครื่องจักรกลเกษตรได้ทุกส่วนของตัวรถ เช่น ด้านหน้ารถ กลางตัวรถ และด้านหลังรถ

2. ประหยัดเวลา

- ประหยัดเวลาในการติดต่อเครื่องพ่วงท้ายหรือเครื่องจักรกลเกษตรเข้ากับตัวรถ
- ประหยัดเวลาในการเลี้ยงวัวที่ทุ่งและทำการไถพรวน
- ประหยัดเวลาในการเดินทาง หรือเคลื่อนย้ายเครื่องพ่วงท้ายหรือเครื่องจักรกลเกษตร

3. ช่วยในการถ่ายเทน้ำหนักจากเครื่องพ่วงท้ายไปเพิ่มให้กับล้อหลัง

4. การยก-วาง การรักษาความลึกของเครื่องไถเตรียมดิน ทำได้โดยไม่ต้องคอยควบคุมบังคับบ่อยครั้ง สามารถกำหนดความลึกได้ง่าย

5. การออกแบบสร้างเครื่องจักรกลเกษตรสามารถทำได้ง่ายขึ้นเพราะมีการกำหนดมาตรฐานของระบบต่อพ่วงแบบ 3 จุด ทำให้เครื่องจักรกลเกษตรแต่ละชนิดแต่ละบริษัทสามารถต่อเข้ากับรถฟาร์มแทรกเตอร์ยี่ห้อต่างๆ ของแต่ละบริษัทผู้ผลิตได้โดยไม่ก่อให้เกิดปัญหา

รถฟาร์ม แทรกเตอร์ 2

ระบบไฮดรอลิก

หนังสือเล่มนี้สำหรับ

- ☒ ปวช. ☐ ปริญญาตรี
☒ ปวส. ☒ บุคคลทั่วไป

หมวดเทคโนโลยี-อุตสาหกรรม
เครื่องกล

รถฟาร์มแทรกเตอร์เป็นเครื่องต้นกำลังหลักให้กับเครื่องจักรกลเกษตร และระบบไฮดรอลิก ในรถฟาร์มแทรกเตอร์ได้ช่วยให้งานการทำงานของเครื่องจักรกลเกษตรมีประสิทธิภาพและความรวดเร็วยิ่งขึ้น ในหนังสือ **รถฟาร์มแทรกเตอร์ 2 : ระบบไฮดรอลิก** เล่มนี้ได้กล่าวถึงแบบของระบบไฮดรอลิก ส่วนประกอบของระบบไฮดรอลิก และการใช้ระบบไฮดรอลิกในการทำงาน ผู้เขียนได้เขียนขึ้นจากประสบการณ์และจากหนังสืออ้างอิงต่างๆ เพื่อให้ นักศึกษาระดับ ปวส. สาขาช่างกลเกษตรและสาขาเทคโนโลยีเครื่องจักรกลเกษตร ของวิทยาลัยเทคนิคในสังกัดสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล และนักศึกษาระดับ ปวช. และ ปวส. สาขาเกษตรกรรมและเครื่องจักรกลเกษตร ของวิทยาลัยเกษตรกรรมและเทคโนโลยีในสังกัดกรมอาชีวศึกษา สามารถนำไปใช้ประกอบการเรียนในวิชาฟาร์มแทรกเตอร์ได้

SE-ED

inspiration starts here

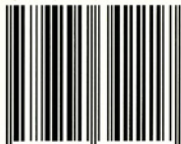
ประวัติผู้เขียน

นาย บำรุงเวช



- สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรประโยควิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาเครื่องจักรกลเกษตร จากศูนย์ฝึกอบรมวิศวกรรมเกษตรไทย-เยอรมัน บางพูน ปทุมธานี
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท สาขาพืชไร่ จากมหาวิทยาลัยเซนต์หลุยส์คอนสแตนติโนเปิล ประเทศฟิลิปปินส์
- ผ่านการฝึกอบรมเกี่ยวกับการซ่อมและบำรุงรักษาระบบเครื่องยนต์และระบบไฮดรอลิก ในรถฟาร์มแทรกเตอร์แมสซี-เฟอร์กูสัน, รถฟาร์มแทรกเตอร์จอห์นเดย์, รถฟาร์มแทรกเตอร์คูโบต้า และรถฟาร์มแทรกเตอร์ฟอร์ด
- ผ่านการฝึกอบรมหลักสูตร Pre-Harvest Farm Mechanization Technology จากมหาวิทยาลัยเลคแลนด์ ประเทศแคนาดา
- ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำคณะวิชาเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตปทุมธานี เป็นหัวหน้าแผนกแทรกเตอร์และเครื่องทุ่นแรงฟาร์ม

ISBN 974-534-221-1



9 789745 342217

162

195 บาท