บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

2.1 แทรกเตอร์

รถแทรกเตอร์ จัดเป็นเครื่องจักรกลประเภทหนึ่งที่มีความสำคัญมากต่อวงการเกษตรในปัจจุบัน ทั้งนี้เนื่องจากงานทางด้านเกษตรกรรมเกือบทุกประเภท ตั้งแต่การเตรียมดิน การปลูก การบำรุงรักษา การเก็บเกี่ยวและการแปรสภาพผลผลิตของพืชบางชนิด ตลอดจนการเคลื่อนย้ายเครื่องมือ เครื่องใช้ วัสดุ อุปกรณ์และผลทำงานของรถแทรกเตอร์เกือบทั้งสิ้น นอกจากนั้นในงานก่อสร้างบางประเภท อาทิเช่น งานก่อสร้างทาง อ่างเก็บน้ำ เขื่อน และอื่นๆ ต่างก็ต้องอาศัยรถแทรกเตอร์เข้าไปช่วยทำงานด้วยเช่นกัน

2.2 การพัฒนารถไถเดินตามเป็นรถแทรกเตอร์ 4 ล้อนั่งขับขนาดเล็ก ระยะที่ 1

ในการพัฒนารถไถเดินตามเป็นรถแทรกเตอร์ 4 ล้อนั่งขับขนาดเล็ก ระยะที่ 1 ซึ่งเป็นการนำเอารถไถเดินตามที่มีการใช้กันมากเกือบทุกครัวเรือนในภาคเกษตรกรรมมาดัดแปลง โดยการนำรถไถเดินตามมาประกอบเข้ากับชุดอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นเพื่อทำให้เป็นรถแทรกเตอร์ 4 ล้อนั่งขับขนาดเล็ก สามารถนั่งควบคุมได้ซึ่งเป็นการลดความเมื่อยล้าในการทำงานและสามารถทำงานได้มากขึ้น (เปรียบเทียบกับการทำงานโดยใช้รถไถเดินตาม) เมื่อนำรถแทรกเตอร์ที่พัฒนามาทดสอบผลที่ได้อยู่ในเกณฑ์ที่ดี คือ ความเร็วในการใช้งานเหมาะสม , มีวงเลี้ยวที่สามารถเข้าทำงานในพื้นที่มีสิ่งกีดขวาง และมีความปลอดภัยจากชิ้นส่วนเคลื่อนที่ เช่น สายพาน , พูลเล่ย์ของชุดส่งกำลัง เป็นต้น ดังนั้นเกษตรกรสามารถนำรถแทรกเตอร์คันนี้ไปใช้งานได้

แต่จากการศึกษาการวิจัยการพัฒนารถแทรกเตอร์ที่ได้มีการออกแบบนี้ จะพบว่าควรมีการพัฒนาในส่วนของระบบต่อติดโดยควรออกแบบให้มีการยกอุปกรณ์พ่วงทำงานได้ ซึ่งมีความสำคัญสำหรับการจับยึดอุปกรณ์การเกษตรเพื่อใช้ในการทำงาน เช่น ผานไถ , คราด , รถพ่วง , เครื่องหยอดเมล็ดพืช เป็นต้น

ตารางที่ 1 รายละเอียดรถแทรกเตอร์ 4 ล้อนั่งขับขนาดเล็ก (ระยะที่ 1)(11)

สัดส่วน (Dimention)	ความสูง (Height)	จากพื้น-บังโคลนหลัง Max height	100.6 cm
		จากพื้น-เบาะนั่ง Height ground to seat	103.6 cm
	ความกว้าง (Width)	ล้อหน้าขอบยางนอก Max width	112.9 cm
		ดุมตรงหน้าแปลนล้อนอก Wheel base (front)	96.6 cm
		ล้อยางหลัง Wheel (rear)	103.0 cm
		ดุมล้อหลัง Wheel base (rear)	94.3 cm
	ความยาว	แซสซีหน้า - หน้าแปลนหลัง Max length	191.0 cm
		ดุมล้อหน้า - ดุมล้อหลัง Wheel base (front - rear)	119.0 cm
		ยางล้อหน้า - ยางล้อหลัง Wheel (front - rear)	198.5 cm
พูลเล่ย์เครื่อง (Motor pulley)			5.5 inch
พูลเล่ย์แทรกเตอร์ (Tractor pulley)			8 inch
เส้นผ่านศูนย์กลางของล้อเหล็ก (Diameter of wheel)			80 cm
สายพานแทรกเตอร์ (Tractor belt)			B 92 and B56
ระบบเบรก (Brake system)			
ระบบคลัตช์ (Clutch system)			ทวินดื่อกคลัตช์และสายพาน
ความเร็วสูงสุด (Speed)			4.64 m/s ที่ 2266 rpm
อัตราทดเกียร์ในห้องเฟืองส่งกำลัง		เกียร์ 1 (G.1)	20.04:1
		เกียร์ 2 (G.2)	7.22:1
		เกียร์ถอยหลัง	21.64:1
น้ำหนักสุทธิของรถไถ (Weight net)			495 kg.
ขนาดของเครื่องยนต์ต้นกำลัง (Engine Horse power)			11 hp

ตารางที่ 2 แสดงข้อแตกต่างระหว่างรถแทรกเตอร์ 4 ล้อนั่งขับขนาดเล็กที่พัฒนาขึ้นมากับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็กที่มีการพัฒนามาก่อนแล้ว (11)

ลำดับ	เรื่อง	รถแทรกเตอร์ที่พัฒนาขึ้นมา (ระยะที่ 1)	รถแทรกเตอร์ 4 ล้อ
1	ต้นกำลัง	เครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะขนาด 11 HP	เครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะขนาด 8 HP
2	ระบบส่งกำลัง	เดินหน้า 2 เกียร์และถอยหลัง 1 เกียร์	เดินหน้า 4 เกียร์และถอยหลัง 2 เกียร์
3	ระบบเพลาอำนวยกำลัง	มี (เพลาชุดส่งกำลัง)	มี
4	ระบบยกอุปกรณ์พ่วงท้าย	ไม่มี	มี(ระบบยกแบบ 3 จุด)
5	กลไกช่วยยกอุปกรณ์	ไม่มี	มีระบบไฮดรอลิค
6	ระบบขับเคลื่อน	ขับเคลื่อนล้อหลัง	ขับเคลื่อนล้อหลัง
7	ระบบเบรก	ไม่มี	แบบกำลัง (Power brake)
8	น้ำหนักรวม (เฉพาะตัวรถ)	495 kg.	

2.3 การพัฒนารถไถเดินตามเป็นรถแทรกเตอร์ 4 ล้อนั่งขับขนาดเล็ก ระยะที่ 2

จากการศึกษาโครงงานการพัฒนารถไถเดินตามเป็นรถแทรกเตอร์ 4 ล้อนั่งขับขนาดเล็กเราจะพบว่ายังไม่มีระบบที่จะนำไปใช้งานได้เช่น ระบบต่อติด ซึ่งยังไม่มีการติดตั้ง และอีกทั้งยังขาดระบบที่จะให้ความปลอดภัยในการใช้งานเช่น ระบบเบรกซึ่งหากนำรถแทรกเตอร์ที่ได้พัฒนามาใช้งานตามท้องถนนซึ่งมียานพาหนะอื่นๆ อาจทำให้เกิดอุบัติเหตุได้เนื่องจากไม่สามารถเบรกได้ขณะที่รถแทรกเตอร์ยังอยู่ในเกียร์ว่าง ดังนั้นในส่วนของการพัฒนาระยะที่ 2 นี้จะทำการพัฒนาในส่วนต่อไปนี้

1. เพื่อทำการออกแบบและสร้างระบบเบรกของรถแทรกเตอร์ 4 ล้อนั่งขับขนาดเล็ก
2. เพื่อออกแบบระบบต่อติด เพื่อนำไปต่อกับชุดอุปกรณ์พ่วงท้ายของรถแทรกเตอร์ 4 ล้อนั่งขับขนาดเล็กและสามารถยกเครื่องมือทุ่นแรงที่มีขนาด 200 kg. ให้สูงจากพื้นดิน 450 mm. ได้

2.4 ระบบเบรก

เบรกเป็นอุปกรณ์ที่ถูกออกแบบมาเพื่อทำหน้าที่ลดหรือหน่วงความเร็วในขณะที่รถเคลื่อนที่และทำให้รถหยุดหรือสามารถทำให้รถหยุดนิ่งได้บนทางลาดเอียง ซึ่งนับได้ว่าเบรกนั้นเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญที่สุดของรถยนต์ที่ให้ความมั่นใจในความปลอดภัยต่อผู้ขับขี่

2.4.1 องค์ประกอบที่ทำให้รถหยุด

องค์ประกอบที่สำคัญที่จะทำให้รถหยุดได้นั้น ซึ่งนอกเหนือจากสภาพของพื้นผิวถนน ชนิดของเบรก ความเร็วของรถแล้ว ก็ยังมีองค์ประกอบอื่นๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการควบคุมให้รถหยุดได้เช่นกัน

1. ดอกยาง (Tire tread)
2. จำนวนเบรกในแต่ละล้อ (Number of tires braking)
3. การเบรกด้วยเครื่องยนต์
4. การเพิ่มแรงเบ่งในตัวเองของฝักเบรก
5. สภาพพื้นผิวถนน (Road surface)
6. สภาพถนนที่ลาดชัน (Hill)
7. ความฝืดที่เกิดขึ้นระหว่างผ้าเบรกและเบรกดรัม
8. ความเร็วและโหลด
9. แรงดันที่เกิดจากการเหยียบเบรก
10. การถ่ายเทโหลด

2.4.2 แบบของเบรก

เนื่องจากเบรกมีหลายชนิดแต่ชนิดที่เลือกใช้เป็นเบรกแบบกลไกชนิดเบรกแผ่นคาด (Band Brake) จะมีลักษณะดังรูปที่ 3.1 ซึ่งประกอบด้วยผ้าเบรกเป็นแผ่นคาด (Band) อยู่บนดุม (Drum) การเบรกกระทำได้โดยการดึงผ้าเบรกให้กระชับแน่นกับดุม ความสามารถในการรับโมเมนต์บิดของเบรกชนิดนี้ขึ้นอยู่กับผลต่างของแรงดึงที่ปลายทั้งสองข้างของผ้าเบรกและค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน

ข้อดีของเบรกคาด

1. มีความเหมาะสมกับรถที่มีความเร็วไม่สูงมาก (น้อยกว่า 50 km/hr)
2. ส่วนประกอบของเบรกมีจุดซ่อมน้อยและสามารถซ่อมได้ง่ายเมื่อเกิดการชำรุดเนื่องจากเป็นวงจรที่ไม่ซับซ้อนมาก

3. ติดตั้งได้ง่าย สะดวกต่อการใช้งาน
4. วัสดุ อุปกรณ์หาได้ง่ายตามท้องตลาด
5. เมื่อเทียบกับเบรกชนิดอื่น ๆ แล้วจะพบว่ามีความคงทนต่อการใช้งานในนามากที่สุด

2.4.3 การทดสอบระบบเบรก (เฉพาะรถแทรกเตอร์ล้อยาง)

ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยในการใช้งานของรถแทรกเตอร์ ซึ่งบ่อยครั้งที่รถแทรกเตอร์จะต้องวิ่งอยู่บนถนนหนทาง จึงจำเป็นต้องมีการทดสอบระบบเบรกของรถแทรกเตอร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

การทดสอบ Service Brake (เบรกเท้า)

จะกระทำในขณะที่รถแทรกเตอร์ติดน้ำหนักถ่วงเอาไว้เต็มที่ และในขณะที่ไม่ติดน้ำหนักถ่วงแล้ววิ่ง รถไปด้วยความเร็วสูงสุด จากนั้นทำการเบรกให้รถหยุด พร้อมทั้งเหยียบคลัตช์เพื่อตัดการส่งกำลังไปให้กับล้อ ในการนี้จะวัดแรงที่จะใช้ในการเบรกที่ค่าต่างๆ กัน ระยะทางที่ทำให้รถหยุดได้สนิท เวลาที่ใช้ในการหยุดรถ ความเร็วก่อนทำการเบรก แล้วทำการคำนวณหาค่าความหน่วงเฉลี่ย จากความสัมพันธ์ต่อไปนี้

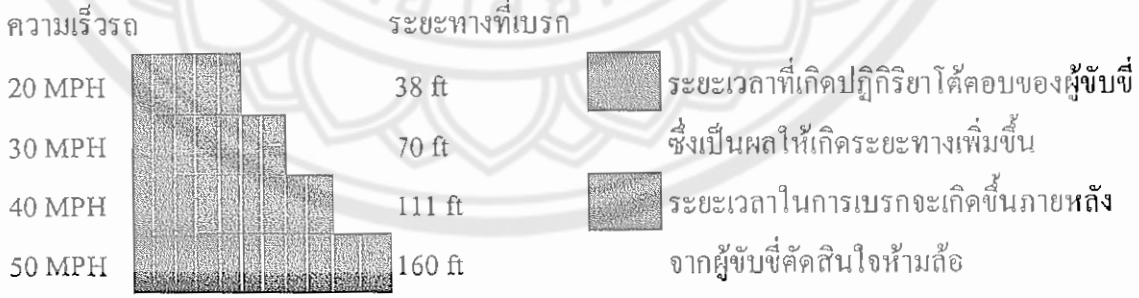
$$f = V^2/(2*S) \qquad \text{.....(2.1)}$$

เมื่อ

f = mean deceleration (m/s^2)

v = ความเร็วของรถก่อนเบรก (m/s)

s = ระยะทางที่ทำให้รถหยุด (m)



รูปที่ 2.1 มาตรฐานระยะเบรก (3)

2.5 ระบบต่อติด

ที่ต่อพ่วงแบบ 3 จุด มีหน้าที่ดังต่อไปนี้

1. ต่อเครื่องมือทุ่นแรงเข้ากับตัวรถแทรกเตอร์และทำให้เครื่องมือทุ่นแรงเป็นส่วนหนึ่งของรถแทรกเตอร์
2. ยกเครื่องมือทุ่นแรงเพื่อการเคลื่อนย้าย
3. ควบคุมระดับความลึกของเครื่องมือทุ่นแรงในขณะทำงาน
4. ทำให้เกิดการถ่ายเทน้ำหนักไปยังล้อหลังของรถแทรกเตอร์โดยอัตโนมัติ

2.5.1 การต่อติด

ในการทำงานของรถแทรกเตอร์ในการเกษตรกรรม จำเป็นต้องมีอุปกรณ์เครื่องมือทุ่นแรงเข้ามาร่วมด้วย เช่นเครื่องมือทุ่นแรงที่ใช้ในการปรับและเตรียมดินชนิดต่างๆ เครื่องปลูกซึ่งมีทั้งชนิดปลูกใช้ต้นและปลูกใช้เมล็ด เครื่องหว่านปุ๋ย เครื่องมือกำจัดวัชพืช อุปกรณ์พ่นยาฆ่าแมลง เครื่องทุ่นแรงในการเก็บเกี่ยว รวมทั้งการให้น้ำและการลากจูงอุปกรณ์ที่ใช้ร่วมต่างๆ ซึ่งอาจจะเป็นแบบลากจูงแบบจุดเดียว หรือ ลากแบบ 3 จุด แบบติดตั้งอยู่บนตัวรถแทรกเตอร์ ดังนั้นที่ตัวรถแทรกเตอร์จึงต้องมีอุปกรณ์ที่ไว้ใช้เชื่อมต่อติดกับเครื่องมือทุ่นแรงและอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อให้ใช้งานได้

องค์ประกอบที่จะพิจารณาในการออกแบบระบบต่อติดของเครื่องมือทุ่นแรงหรืออุปกรณ์ที่เข้าร่วมกับรถแทรกเตอร์ มีดังนี้

1. ผลของแรงที่เกิดจากเครื่องมือทุ่นแรงหรืออุปกรณ์ที่กระทำผ่านระบบต่อติด ในแง่ของความปลอดภัยในการทำงาน การฉุดลาก การทรงตัวและการบังคับการเลี้ยว
2. ผลของแรงของรถแทรกเตอร์ที่กระทำผ่านระบบต่อติด ในแง่ของการควบคุมและการป้องกันให้ความปลอดภัยแก่ผู้ขับขี่ และเครื่องทุ่นแรงหรืออุปกรณ์ที่ใช้ร่วม
3. ตัวหรือระบบการต่อติดต้องสะดวกในการต่อติด
4. มีระบบต่อติดที่เป็นมาตรฐาน

การต่อติดแบบ 3 จุดมีข้อดีมากรวมทั้งมีการถ่ายเทน้ำหนักที่เกินให้แก่รถแทรกเตอร์ สำหรับการลากจูง ง่ายต่อการควบคุมและการเคลื่อนที่ของเครื่องทุ่นแรงที่ใช้ร่วมและควบคุมเครื่องทุ่นแรงได้ดีขึ้นเมื่อมีการต่อติด ในสมัยแรกๆ เครื่องทุ่นแรงที่ใช้ร่วมโดยทั่วไป จะมีขนาดเล็กเพื่อที่จะให้ผู้ใช้สามารถที่จะเคลื่อนย้ายไปได้

2.5.2 ขนาดในระบบการต่อติด

เพื่อให้ระบบต่อติดใช้กันอย่างสะดวกและกว้างขวาง จึงได้มีการกำหนดมาตรฐานขึ้น เพื่อให้เหมาะสมทั้งขนาด น้ำหนักและกำลังที่ต้องการมีหลายประเภท สำหรับรถแทรกเตอร์ล้อยางเพื่อการเกษตร ซึ่งได้ใช้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 983 – 2533) ซึ่งมีรายละเอียดมาตรฐานที่ใช้ดังต่อไปนี้

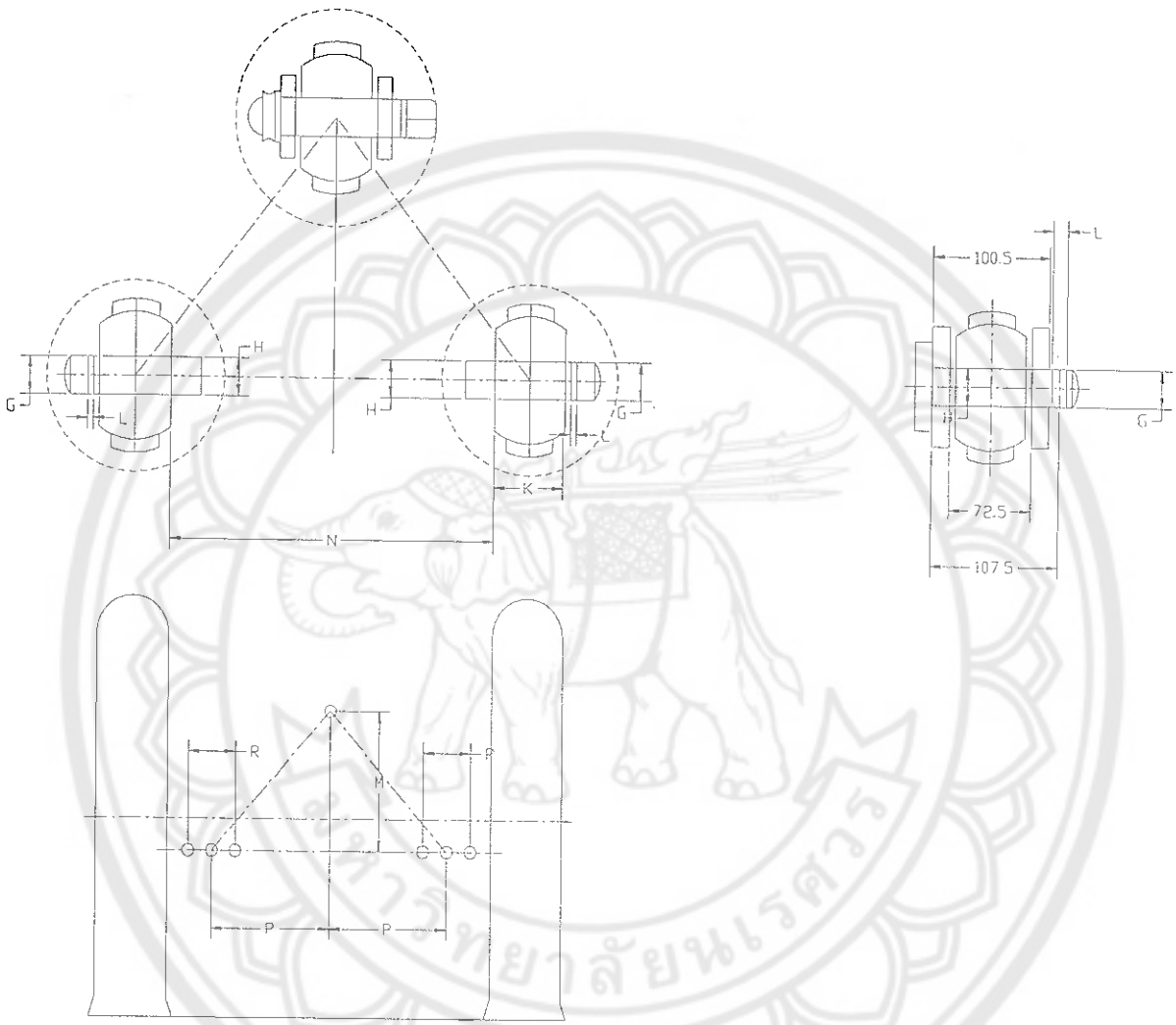
2.5.2.1 ประเภทของชุดพ่วง

ชุดพ่วงแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ตามกำลังลากจูงของรถแทรกเตอร์ ดังนี้

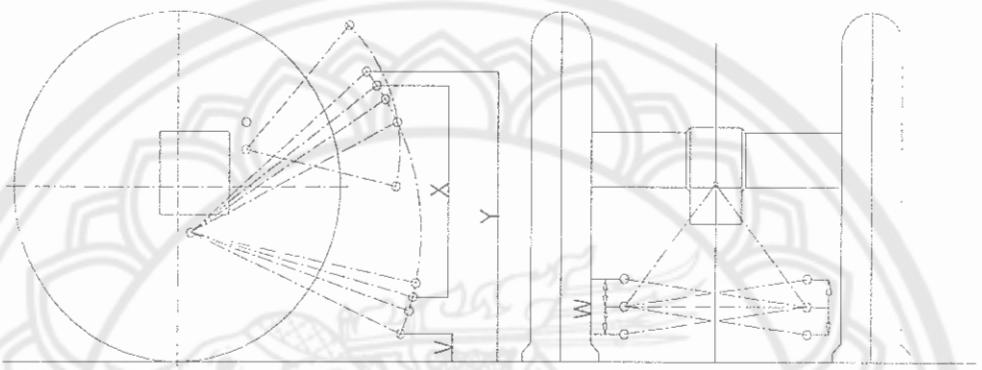
ตารางที่ 3 ประเภทของชุดพ่วง (8)

ประเภท	กำลังลากจูงสูงสุด กิโลวัตต์
1	<48
2	<92
3	80 - 185

สำหรับรถแทรกเตอร์ที่พัฒนาขึ้นมานี้เป็นเครื่องยนต์ดีเซลสูบเดียวขนาด 11 HP (8.206 kW) จัดว่าอยู่ในประเภท 1 เนื่องจากไม่เกิน 48 kW เราจะนำค่ามาตรฐานของระยะต่างๆ มาใช้ในการออกแบบระบบต่อติด



รูปที่ 2.2 มิติพ่วง (8)



เมื่อ

V คือ ความสูงจุดพ่วงล่าง

W คือ พิสัยการปรับระดับ

X คือ พิสัยการยก

Y คือ ความสูงสำหรับการเคลื่อนย้าย

รูปที่ 2.3 ลักษณะของมิติต่างๆ ของชุดพ่วงเมื่อพ่วงติดกับรถแทรกเตอร์แล้ว (8)

2.5.2.2 มิติและความคลาดเคลื่อน

มิติและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของจุดพ่วง จะเป็นไปตามรูป และตาราง ดังนี้

ตารางที่ 4 มิติและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของชุดพ่วง (8)

	ประเภท 1		ประเภท 2		ประเภท 3	
	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด
จุดพ่วงบน						
เส้นผ่านศูนย์กลางของสลัก (A)	18.92	19	25.27	25.4	31.5	31.75
เส้นผ่านศูนย์กลางของรูสลัก (B)	19.3	19.51	25.7	25.91	32	32.25
ความกว้างของตาไก่ (C)	-	44	-	51	-	51
ระยะรูร้อยหมุด (D)	76	-	93	-	102	-
ความกว้างด้านนอกของก้ามปู (E)	-	69	-	86	-	95
ความกว้างด้านในของก้ามปู (F)	44.5	-	52	-	52	-
จุดพ่วงล่าง						
เส้นผ่านศูนย์กลางของสลัก (G)	21.79	22	27.79	28	36.4	36.6
เส้นผ่านศูนย์กลางของรูสลัก (H)	22.4	22.73	28.7	29.03	37.4	37.75
ความกว้างของตาไก่ (J)	34.8	35	44.8	45	44.8	45
ระยะรูร้อยหมุด[1] (K)	39	-	49	-	52	-
รูร้อยหมุด						
เส้นผ่านศูนย์กลางของรูร้อยหมุด (L)						
สำหรับจุดพ่วงบน	12	-	12	-	12	-
สำหรับจุดพ่วงล่าง	12	-	12	-	17	-
ความสูงจุดพ่วงบน[2] (M) ต่ำสุด	460± 1.5	-	610±1.5	-	685±1.5	-
ความกว้างของจุดพ่วงล่าง[3] (N)	683±1.5	-	825±1.5	-	965±1.5	-
ระยะจากจุดพ่วงล่างถึงแนวเส้นกึ่งกลาง ตัวรถแทรกเตอร์[3] (P)	359	-	435	-	505	-
ระยะการแกว่งออกด้านข้างของจุดพ่วงล่าง (R) ต่ำสุด	100	-	125	-	125	-

หมายเหตุ

1. ในกรณีที่มีสายกันเหวี่ยง (Lateral Stay) ผูกกับจุดพ่วงล่าง เพื่อจำกัดการแกว่งออกด้านข้าง (Side Sway) ของอุปกรณ์ มิติต่ำสุดของระยะแกว่งออกด้านข้างของจุดพ่วงล่าง สำหรับประเภท 1 ต้องไม่น้อยกว่า 51 มิลลิเมตร สำหรับประเภท 2 ต้องไม่น้อยกว่า 61 มิลลิเมตร และสำหรับประเภท 3 ต้องไม่น้อยกว่า 64 มิลลิเมตร
2. มิติที่ให้ไว้เพียงค่าแนะนำ อาจมีการเปลี่ยนแปลงในกรณีที่ใช้อุปกรณ์พิเศษ
3. หากจำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงมิตินี้ในกรณีที่ใช้อุปกรณ์พิเศษ เมื่อใช่ค่าต่ำกว่านี้ แนะนำให้ใช้ค่าดังนี้

   - N เท่ากับ 400 683 และ 825 สำหรับประเภท 1 ประเภท 2 และประเภท 3 ตามลำดับ
   - P เท่ากับ 218 364 และ 435 สำหรับประเภท 1 ประเภท 2 และประเภท 3 ตามลำดับ

ตารางที่ 5 ลักษณะของมิติต่างๆ ของชุดพ่วงเมื่อติดกับรถแทรกเตอร์แล้ว (8)

มิติ	ประเภท 1	ประเภท 2	ประเภท 3
ความสูงจุดพ่วงล่าง (V) สูงสุด	200	200	230
พิสัยการปรับระดับ (W) ต่ำสุด	100	100	125
พิสัยการยก (X) ต่ำสุด	560	650	735
ความสูงสำหรับการเคลื่อนย้าย* (Y) ต่ำสุด	820	950	1065

หมายเหตุ : มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

2.5.3 อิทธิพลของตำแหน่งจุดต่อติด

ตำแหน่งจุดต่อติดมีอิทธิพลอย่างมากต่อรถแทรกเตอร์ ในระหว่างที่ปฏิบัติงานสามารถทำให้รถแทรกเตอร์ซึ่งวิ่งเบนออกนอกเส้นทางที่กำหนดไว้หรือหันเลี้ยวได้ยาก

อิทธิพลของรถแทรกเตอร์ลากจูงไถที่ติดกับคานลากจูงที่เคลื่อนที่ไม่ได้ มีการติดตั้งได้ 3 วิธี คือ

1. จะให้เส้นแรงผ่านจุดกึ่งกลางระหว่างระหว่างล้อซึ่งจะเป็นผลให้ไม่เกิดผลใดๆ ต่อการหันเลี้ยวของรถแทรกเตอร์ แต่การดึงในกรณีนี้จะมีแรงประกอบด้านข้าง ค่อนข้างมาก ถึงแม้ว่าจะไม่เป็นผลต่อรถแทรกเตอร์แต่มันก็จะดึงไถเข้าไปในดิน ผลของการดึงสูงนี้เนื่องจากการเสียดทานของข้างไถ และการสึกหรออย่างมากของข้างไถ

2. เป็นการตรงกันข้าม ไม่มีแรงกระทำทางด้านข้างทั้งของไถและของรถแทรกเตอร์ แต่มีแรงบิดหันเลี้ยวใหญ่มาก ซึ่งทำให้มีการดึงทางด้านหน้าของรถแทรกเตอร์ให้ออกจากผนังร่องไถ ทำให้การบังคับเลี้ยวลำบาก
3. ถึงแม้ว่าทั้งรถแทรกเตอร์และไถต่างๆ ก็ได้รับแรงกระทำด้านข้าง แต่ก็ถือว่าน้อยกว่าในกรณี 1. และผลของการหันเลี้ยวก็น้อย เมื่อเปรียบเทียบกับกรณี 2. ซึ่งกรณีนี้จะทำงานได้ดีที่สุด

2.5.4 ที่ต่อพ่วงแบบ 3 จุด (Tree Point Hitches)

ที่ต่อพ่วงแบบ 3 จุด เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ต่อเชื่อมเครื่องมือทุ่นแรงเข้ากับตัวรถแทรกเตอร์ ที่ต่อพ่วงแบบนี้เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายมากที่สุดกับเครื่องมือขนาดเล็ก และขนาดกลางเนื่องจากไม่เพียงแต่สะดวกต่อการสับเปลี่ยนเครื่องมือทุ่นแรงเพียงอย่างเดียวเท่านั้น แต่ยังจะช่วยให้เกิดการสะดวกต่อการบังคับรถแทรกเตอร์อีกด้วย ที่ต่อพ่วงแบบนี้จะอยู่ด้านท้ายของรถแทรกเตอร์

ส่วนประกอบที่สำคัญ

ส่วนประกอบที่สำคัญของที่ต่อพ่วงแบบนี้ ประกอบด้วย

1. แขนลาก (Draft Links)
2. แขนยก (Lift Links)
3. คันยก (Lift Arms)
4. เพลายก (Rocker Shaft)
5. แขนกลาง (Center Links)

แขนลาก : แขนลาก ได้แก่แขนตัวล่างทั้ง 2 ข้าง ใช้เป็นตัวต่อเข้ากับเครื่องมือทุ่นแรง แขนลากที่ใช้กันโดยทั่วไปในปัจจุบันมีหลายแบบ ได้แก่ แบบธรรมดา ซึ่งไม่สามารถปรับได้ แบบเลื่อนเข้า - ออกได้ (Telescoping Draft Links) ที่สามารถที่จะเลื่อนออกมาเพื่อสะดวกต่อการติดตั้งเครื่องมือทุ่นแรงจะเลื่อนกลับเข้าสู่ตำแหน่งเดิมหลังจากติดตั้งเครื่องมือทุ่นแรงแล้ว เพื่อการทำงานตามปกติ หรือจะเป็นแบบ เลื่อนเข้า - ออกได้ และปรับขึ้น - ลงได้ (Hinged End Draft Links) ปลายของแขนล่างโดยทั่วไปจะทำเป็นตาไก่ แต่บางแบบจะทำเป็น แบบก้ามหนีบ (Clawlike Jaw) ซึ่งแขนลากในแบบหลังนี้จะช่วยให้สะดวกต่อการติดตั้งเครื่องมือทุ่นแรงขนาดใหญ่เข้ากับรถแทรกเตอร์โดยที่พนักงานขับไม่ต้องลงจากตัวรถ

แขนยก : แขนยกได้แก่แขนตัวข้างทั้ง 2 ข้าง ซึ่งจะต่ออยู่ระหว่างแขนล่างกับคันยก ใช้สำหรับยกแขนลากขึ้น หรือลดแขนลากลง แขนยกปกติจะสามารถหดให้สั้นเข้าหรือยืดให้ยาวออกได้ตามความต้องการ เช่น กรณี ที่ต้องการให้เครื่องทุ่นแรงทำงานในระดับความลึกเป็นพิเศษก็ให้ยืดแขนออก หรือเมื่อต้องการให้เครื่องมือทุ่นแรงลอยตัวสูงขึ้นเป็นพิเศษเพื่อการเคลื่อนย้ายก็ให้หดแขนยกเข้า สำหรับแขนยกทางด้านขวาจะมีคันปรับระดับของเครื่องมือทุ่นแรงระหว่างด้านซ้ายกับด้านขวา โดยไม่ต้องถอดแขนยกออกมาปรับ แต่สามารถที่จะหมุนปรับที่แขนยกทางด้านขวาได้เลย โดยให้ระยะของแขนยกทางด้ายซ้ายอยู่คงที่

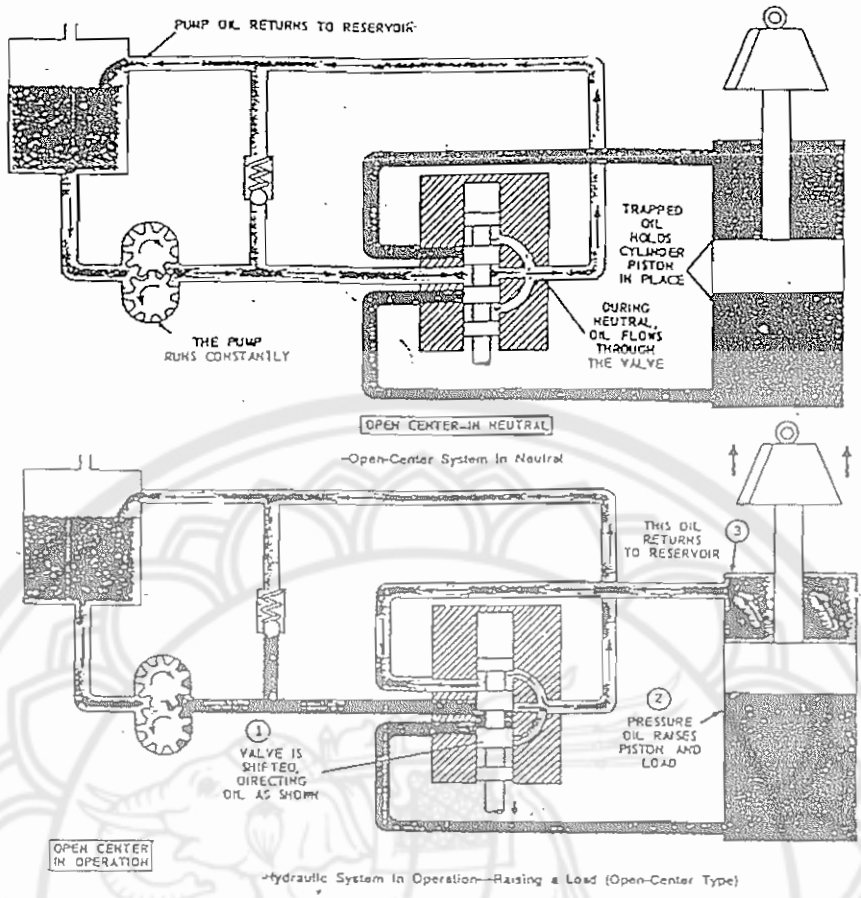
คันยก: คันยก ได้แก่ คันที่ติดตั้งอยู่กับปลายเพลาทั้ง 2 ข้าง ใช้ต่อระหว่าง แขนยกกับเพลายก เป็นตัวรับกำลังมาจากเพลายก เพื่อใช้ในการยกแขนลากและเครื่องมือทุ่นแรงตามลำดับ

เพลายก: เพลายก ได้แก่ เพลาที่ใช้ในการยกคันยก แขนยก แขนลากและเครื่องมือทุ่นแรงตามลำดับ เพลายกจะได้รับกำลังงานมาจากระบบไฮดรอลิคของตัวรถแทรกเตอร์

แขนกลาง : แขนกลางได้แก่ แขนที่ใช้ในการค้ำยันระหว่างเครื่องมือทุ่นแรงกับตัวรถแทรกเตอร์ เพื่อป้องกันไม่ให้เครื่องมือทุ่นแรงเกิดอาการกระดก นอกจากนั้นยังมีส่วนช่วยให้ เครื่องไถกินดินอย่างสม่ำเสมอ แขนกลางของรถแทรกเตอร์ทุกแบบ สามารถปรับได้ และทำหน้าที่ต้านการหมุนด้วย

2.6 ระบบไฮดรอลิคของรถแทรกเตอร์

ระบบไฮดรอลิคที่ใช้ในรถแทรกเตอร์ มีอยู่ 2 แบบคือ แบบวงจรเปิด และแบบวงจรปิด ระบบวงจรเปิด ปั๊มจะดูดน้ำมันจากถังเก็บอย่างต่อเนื่องตลอดเวลาที่เครื่องยนต์ทำงาน ขณะที่ไม่ได้ใช้ไฮดรอลิคทำงาน น้ำมันจะไหลออกจากปั๊มผ่านลิ้นควบคุมในตำแหน่งกลาง แล้วไหลกลับเข้าถังเก็บตามเดิม ปั๊มที่ใช้ในระบบนี้จะต้องมีคุณสมบัติที่ดูดน้ำมันได้ในอัตราคงที่ แต่แรงดันของน้ำมันจะแปรผันไปตามภาระที่ได้รับในระบบ เป็นวงจรที่เหมาะสมกับการใช้งานไฮดรอลิคตัวเดียว หากมีความจำเป็นต้องใช้กับไฮดรอลิคหลายตัวขึ้นพร้อม ๆ กัน ต้องมีอุปกรณ์แบ่งการไหลของน้ำมัน (Flow divider) จึงทำให้ระบบมีความยุ่งยากมากขึ้น หากต้องการใช้ไฮดรอลิคเพิ่มขึ้น



รูปที่ 2.4 แสดงวงจรการทำงานของวงจรเปิดทั้งวงจรว่างและมีภาระ (9)

ระบบวงจรปิดเป็นระบบที่ปรับปรุงมาจากระบบเปิดนั่นเอง คือขณะที่ไม่มีการใช้ไฮดรอลิคทำงาน ลิ้นควบคุมทิศทางการไหลของน้ำมันจะอยู่ตรงกลางปิดทางเดินน้ำมัน ซึ่งเมื่อเป็นเช่นนี้จำเป็นต้องลดภาระของปั๊มซึ่งทำงานในขณะที่ลิ้นปิด วิธีที่ใช้กันก็ควรใช้ปั๊มปริมาตรคงที่ โดยเพิ่มอุปกรณ์ของแรงดันและลิ้นปลดภาระ ซึ่งวิธีการนี้ปั๊มที่ใช้ในระบบจะมีขนาดค่อนข้างเล็ก อัตราการดูดน้ำมันต่ำแต่ก็สม่ำเสมอ น้ำมันจะถูกดูดจากถังเก็บเข้าไปเก็บในหม้อรักษาความดัน จนถึงระดับแรงดันที่ตั้งไว้ น้ำมันจะกลับสู่ถังเก็บทางลิ้นปลดภาระ จะมีลิ้นไหลทางเดียวติดไว้ระหว่างลิ้นปลดภาระและหม้อรักษาแรงดัน ลิ้นนี้ทำหน้าที่ป้องกันการเสียแรงดันและปริมาตรของน้ำมัน ที่อยู่ในหม้อรักษาแรงดัน ลิ้นนี้ทำหน้าที่ป้องกันการเสียแรงดันและปริมาตรของน้ำมันที่อยู่ในหม้อรักษาแรงดัน เมื่อแรงดันน้ำมันต่ำลงกว่าแรงดันที่ตั้งไว้ ลิ้นปลดภาระจะเปลี่ยนทิศทางการไหลของน้ำมันที่ออกจากปั๊มให้เข้าไปในวงจรไฮดรอลิคและไหลไปในหม้อรักษาแรงดัน ระบบนี้เหมาะกับงานที่ต้องการอัตราการไหลของน้ำมันสูงในช่วงเวลาสั้นๆ เพราะหม้อรักษาแรงดันจะทำให้น้ำมันมีแรงดันอยู่ได้ ส่วนดีในระบบนี้คือการที่มีหม้อรักษาแรงดันช่วยลดปริมาตรน้ำมันที่ส่งจากปั๊มและเมื่อดับเครื่องยนต์แล้วยังสามารถใช้ไฮโดรลิคได้

2.6.1 แนวทางออกแบบต้นกำลังของเหลวของระบบไฮดรอลิค

วงจรไฮดรอลิคที่ใช้งานแต่ละประเภทจะมีลักษณะของวงจรไม่เหมือนกันขึ้นอยู่กับว่าจะนำไปใช้งานอะไรหรืออย่างไร เช่น นำไปเป็นเครื่องอัดก็มีวงจรแบบหนึ่งหรือวงจรที่ใช้ในรถแทรกเตอร์ก็อีกแบบหนึ่ง แต่ไม่ว่าวงจรจะเป็นอย่างไรก็ตามทุกๆวงจรที่ใช้ก็สามารถแยกลักษณะการทำงานของอุปกรณ์ออกเป็นส่วนๆได้

1. ต้นกำลัง ระบบเคลื่อนที่ตามงาน ต้นกำลังเป็นเครื่องยนต์ดีเซลขนาด 11 แรงม้า

2. ปั๊ม เนื่องจากระบบไฮดรอลิค ใช้ของเหลวเป็นตัวส่งผ่านกำลัง ความเร็วและทิศทาง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ที่จะเปลี่ยนพลังงานจากรูปแรงบิดและการหมุนให้ไปอยู่ในรูปของความดันและปริมาณการไหลอุปกรณ์ชนิดนี้คือ ปั๊ม ปั๊มที่ใช้ในระบบไฮดรอลิคเป็น Positive Displacement Pump เลือก Gear Pump มีโครงสร้างภายในไม่ซับซ้อน และราคาถูกกว่าเมื่อเทียบกับปั๊มชนิดอื่นที่แรงม้าเท่ากันและยังสามารถทำงานที่ความดันสูงๆได้

3. วาล์วควบคุมแรงดัน ปกติแรงดันและปริมาณของของเหลวที่ออกมาจากปั๊ม มักจะมีค่าคงที่ ถ้าโหลด และรอบการหมุนของปั๊มคงที่ แต่ในการทำงานจริงแล้ว รอบการหมุนของปั๊มจะเปลี่ยนไปตามรอบของเครื่องยนต์ ในทำนองเดียวกันถ้า Load เปลี่ยนแปลงไปแรงดันที่ต้องการจากปั๊มก็จะเปลี่ยนไปด้วย และที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ Positive displacement pump มี Clearance และ Leakage น้อย ถ้าด้านขาออกของปั๊มถูกปิดตายจะทำให้แรงดันสูงขึ้น และปริมาณการไหลต่ำลงจนกระทั่งแรงดันสูงเกินค่า ซึ่งจะทำให้อุปกรณ์อื่นเสียหายได้ สำหรับขนาดแรงดันที่ต้องการควบคุมนั้นก็ขึ้นอยู่กับแรงดันที่ต้องการทางด้าน Output

4. วาล์วควบคุมความเร็ว สิ่งที่ต้องการควบคุมต่อไปก็คือ ปริมาณการไหล ซึ่งมีผลโดยตรงกับความเร็วรอบและขนาดของปั๊ม เช่น ถ้าน้ำมันไหลได้ปริมาณสูงหรือเร็ว จะทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่เร็วตามเป็นต้น

5. วาล์วควบคุมทิศทาง หลังจากที่ควบคุมแรงดันและความเร็วแล้ว สิ่งสุดท้ายที่ต้องการจะควบคุมอีกอย่างคือ ทิศทาง เช่นให้ลูกสูบเคลื่อนที่ไปข้างหน้าหรือถอยหลัง เป็นต้น

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นเป็นการอธิบายถึงการทำงานพื้นฐานของระบบไฮดรอลิค ดังนั้นเมื่อต้องการจะออกแบบระบบไฮดรอลิค จำเป็นจะทราบข้อมูลของ แรง,ความเร็ว และทิศทาง เพื่อที่จะพิจารณาว่าจะใช้อุปกรณ์อย่างไหนในแต่ละส่วนของระบบ โดยที่แรงจะสัมพันธ์กับวาล์วควบคุมแรงดัน,ความเร็วจะสัมพันธ์กับรอบที่หมุน,ขนาดของปั๊มและวาล์วควบคุมความเร็ว ส่วนทิศทางสัมพันธ์กับลักษณะของงานที่ต้องการและวาล์วควบคุมทิศทาง

2.6.2 การเลือกขนาดของปั๊ม

ในการเลือกใช้ปั๊มนั้น จะต้องทราบในข้อมูลเหล่านี้คือ

- แรงดันทำงานสูงสุดที่จะทำให้ระบบเกิดความปลอดภัย
- ความเร็วรอบของปั๊ม สมรรถนะของปั๊ม
- ความต้องการของอัตราการไหลของระบบ
- ความสัมพันธ์กันระหว่างความดัน,ความเร็วรอบและอัตราการไหลของปั๊ม
- ความเหมาะสมของการควบคุมอัตราการไหลที่เปลี่ยนแปลง
- ค่าความดันเปลี่ยนแปลงที่ยอมให้ได้
- ความสูญเสียเนื่องจากการรั่วไหล
- ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรและประสิทธิภาพร่วม
- ความไว้วางใจได้ในการทำงานและความทนทาน
- อายุการใช้งานเมื่อใช้งานที่ภาระและการทำงานต่างๆ
- คุณสมบัติของน้ำมันและความสัมพันธ์กับการสึกหรอของปั๊ม
- เสียงที่เกิดจากการทำงานของปั๊มภายใต้ความเร็ว,ความดันและอัตราการไหลที่แตกต่างกัน
- อุณหภูมิของระบบ,การบำรุงรักษา,การบริการและความสามารถในการจัดหาอะไหล่ในการซ่อมแซม
- ระบบกรองน้ำมันที่ต้องการ,สภาพท่อทางดูด
- แบบของการขับและติดตั้งปั๊ม
- คุณสมบัติของปั๊มจากผู้ผลิต,ช่องว่างและความฟิตของส่วนประกอบ
- ราคาและส่วนประกอบทั้งหมดต้องให้สอดคล้องกันเพื่อทำให้ระบบเกิดการประหยัด

2.6.3 ถังเก็บน้ำมัน

ในระบบไฮดรอลิคขนาดเล็กและขนาดกลางส่วนใหญ่ ถังเก็บน้ำมันจะอยู่ใต้ปั๊มเพราะมีการสั่นสะเทือนไม่มาก ในการออกแบบจะต้องพิจารณาหน้าที่ของถังเก็บน้ำมันในเรื่อง การเก็บน้ำมัน,การระบายความร้อน,สิ่งสกปรก,ทางผ่านอากาศ

2.6.4 ระบบกรองน้ำมัน

ระบบกรองน้ำมันทำหน้าที่กรองน้ำมันให้สะอาดเพราะถ้าน้ำมันสกปรก ปัญหาต่างๆจะตามมามากมาย เช่น ปั๊มให้แรงดันต่ำลงเนื่องจากสึกหรอ หรือวาล์วค้างเป็นต้น ต้นกำลังของเหลวที่ดีจึงต้องมีการกรองน้ำมันที่ดีด้วย การกรองมีอยู่หลายวงจรดังนี้

- ระบบการกรองแบบให้ไหลผ่านได้ทั้งหมด(Full flow filtration) ตัวฟิลเตอร์จะติดตั้งเอาไว้ที่ท่อส่งน้ำมันก่อนเข้าสู่ระบบ ปริมาณน้ำมันที่ไหลออกจากฟิลเตอร์จะเท่ากับปริมาณที่ทางเข้า โดยปกติในระบบต้องมีบายพาสวาล์วหรือใช้ฟิลเตอร์ที่มีบายพาสวาล์วอยู่ด้วย เพื่อป้องกันไม่ให้ระบบเกิดการเสียหายเมื่อไส้กรองในฟิลเตอร์อุดตันหรือในขณะเริ่มต้นใช้ระบบเมื่อสภาพอากาศเย็นจะทำให้น้ำมันมีความหนืดสูง ก่อให้ความดันในท่อก่อนเข้าฟิลเตอร์สูง บายพาสที่ติดตั้งจะทำงานให้น้ำมันไหลผ่านไปได้โดยไม่มีการกรอง
- ระบบการกรองที่ยอมให้น้ำมันไหลผ่านบางส่วน(Proportional flow filtration) น้ำมันจะไหลผ่านฟิลเตอร์ได้ 2 ทิศทาง แต่จะถูกกรองเพียงบางส่วนเท่านั้น ระบบการกรองนี้มีคุณสมบัติไส้กรองจะอุดตันน้ำมันก็จะไหลเข้าวงจรได้

2.6.5 น้ำมันไฮดรอลิค

น้ำมันที่ใช้จะมีส่วนประกอบของสารต่างๆมากมาย เพื่อให้ได้คุณสมบัติตามที่ต้องการ คุณสมบัติที่ดีของน้ำมันไฮดรอลิคควรจะมีคุณสมบัติดังนี้

- ส่งเป็นตัวหล่อลื่นที่ดี,มีความหนืดเหมาะสมกับงานและมีสถานะคงที่ทางเคมีและสิ่งแวดล้อม
- ผ่านความร้อนได้ดี,ระเหยได้ยาก,เกิดฟองอากาศได้ยาก,น้ำหนักเบา,ไม่ติดไฟ
- มีค่า Bulk modulus สูง
- ไม่เป็นพิษและทำปฏิกิริยากับวัตถุอื่น
- ราคาถูก หาซื้อง่าย

2.6.6 ท่อในระบบไฮดรอลิค

ท่อจะถูกนำมาใช้ลำเลียงของเหลวระหว่างปั๊มและอุปกรณ์ควบคุมการไหลซึ่งเป็นข้อต่อหรือหัวต่อท่อต่างๆโดยที่ของเหลวเป็นตัวส่งผ่านกำลังซึ่งถูกอัดให้มีแรงดันสูง

2.6.6.1 ขนาดท่อ

จะกำหนดเป็นขนาดระบุ โดยเส้นผ่านศูนย์กลางนอกท่อโตกว่าขนาดระบุเสมอในทุกชั้นความหนาและเท่ากันหมดในแต่ละขนาดทั้งนี้เพื่อให้การใช้เครื่องมือทำเกลียวและอุปกรณ์ท่อต่างๆสามารถใช้ร่วมกันได้

2.6.6.2 ความหนาท่อ

ความหนาจะเป็นไปตามมาตรฐาน ANSI (American National Standard Institute) จะกำหนดเป็นตัวเลขเรียกว่า Schedule number ประกอบด้วยเบอร์ 10 20 30 40 60 80 100 120 140 และ 160 ชั้น ความหนาจะเปลี่ยนไปตามเบอร์ โดยตัวเลขสูงจะมีความหนามากที่สุด สำหรับระบบท่อไฮดรอลิคจะเลือกใช้เบอร์ 40,80และ160

การออกแบบท่อจะต้องหา ความหนาผนังท่อและขนาดระบุ ในการเลือกขนาดความหนาผนังท่อจะขึ้นอยู่กับความกดดัน, เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ,สภาพการใช้งานของระบบและสภาพการทำงานที่ต้องนำมาพิจารณา ได้แก่ คลื่นความถี่ของของไหล,ความกดดันกระแทกที่เกิดจากการปิดและเปิดวาล์วอย่างกระทันหัน ซึ่งความหนาผนังท่อสามารถหาได้จาก

$$t = PdM/2s \qquad \text{.....(2.2)}$$

เมื่อ

t = ความหนาผนังท่อ,นิ้ว

P = ความกดดันใช้งาน,ปอนด์/ตารางนิ้ว

D = เส้นผ่านศูนย์กลางนอกท่อ,นิ้ว

M = ค่าความปลอดภัย

S = กำลังดึงวัสดุท่อ,ปอนด์/ตารางนิ้ว

ค่าความปลอดภัยจะเปลี่ยนแปลงตามสภาพการใช้งานและจะกำหนดจากสูตร M = ความกดดันแตกระเบิด(BP)/ความกดดันใช้งาน(WD)

ข้อควรพิจารณาในการเลือกใช้ท่อในระบบไฮดรอลิค

1. ให้ใช้ท่อเมื่อสามารถต่อได้โดยตรงด้วยเกลียวท่อหรือต่อเข้ากับอุปกรณ์อื่นก่อนประกอบ
2. ระบบท่อต้องไม่มีการถอดประกอบออกบ่อยเกินไป
3. ปริมาณของของไหลที่ลำเลียงผ่านท่อต้องมีจำนวนมาก

4. ท่อจะต้องตรง ไม่ดัดงอ หากจำเป็นต้องดัดให้รัศมีความโค้งเป็น 5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางนอกท่อ
5. ท่อเบอร์ 40 ใช้ต่อเป็นระบบท่อจ่ายอากาศ ระบบไฮโดรลิคส์ที่มีสภาพการทำงานวิกฤตต่ำ ไม่มีความเค้นเพิ่มขึ้นจากเดิมหรือการกระแทกของของไหล
6. ท่อเบอร์ 80 ใช้กับความกดดันปานกลาง-สูงปานกลาง และสภาพการใช้งานปกติธรรมดา
7. ท่อเบอร์ 160 ใช้กับความกดดันสูงและตรวจสอบกับค่าที่ได้จากการคำนวณด้วย เพื่อให้ผนังท่อบางที่สุด

2.6.7 กระบอกสูบไฮดรอลิค

กระบอกสูบไฮดรอลิคมีหน้าที่รับน้ำมันไฮดรอลิคที่ส่งมาจากปั๊มและวาล์วควบคุมต่างๆเพื่อเปลี่ยนกำลังงานไฮดรอลิคให้เป็นกำลังงานกล โดยการเปลี่ยนความดันและความเร็วของน้ำมันในท่อทางให้เป็นการเคลื่อนที่ของลูกสูบ ซึ่งอัตราการไหลของน้ำมันจะเป็นตัวกำหนดความเร็วของลูกสูบ

การเลือกขนาดกระบอกสูบ

มีสิ่งที่ควรทราบคือ ความทนทานของกระบอกสูบต่อความดันใช้งานในระบบ,ทราบค่าของแรง ระยะชักและความเร็วของกระบอกสูบ,อัตราการจ่ายน้ำมันที่เพียงพอ

เมื่อจะไปใช้งานต้องรู้ถึงการเปลี่ยนแปลงของความดันอัตราการไหลที่ป้อนเข้าสู่กระบอกสูบและขนาดของกระบอกสูบที่เลือกใช้ว่า เมื่อค่าใดค่าหนึ่งเปลี่ยนแปลงจะมีผลทำให้ค่าอื่นๆเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร ดังตารางที่ 8(ภาคผนวก 6) และเพื่อความสะดวกในการเลือกใช้ขนาดกระบอกสูบที่เหมาะสมกับความดันที่ใช้งาน สามารถดูได้จากตารางที่ 9และ 10 (ภาคผนวก 6)

2.6.8 การเลือกก้านสูบ

ตามปกติกระบอกสูบทุกชนิดจะต้องมีขนาดมาตราฐานของก้านสูบกำหนดไว้เพื่อให้สามารถรับแรงดึงในระยะสุดช่วงชักได้พอดี ในงานแบบรับแรงดึงจะไม่ใช้ก้านสูบที่มีขนาดใหญ่เกินไปหรืองานที่มีน้ำหนักไม่มากนัก ส่วนในงานผลักดันชิ้นงาน จะใช้ก้านสูบที่มีขนาดใหญ่กว่ามาตรฐาน โดยจะต้องพิจารณาลักษณะการจับยึดกระบอกสูบ