

ต้นกำลัง
และระบบสำคัญของ

ฟาร์มแทรกเตอร์



➔ แปลและเรียบเรียงจากหนังสือตำราทั้งภาษาอังกฤษและภาษาไทยหลายเล่ม

➔ ยึดกรอบหลักและวิธีการปฏิบัติให้สอดคล้องกับสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งอเมริกา (ASAE)

➔ ใช้สอนหรือบรรยายให้แก่นักศึกษาในสาขาเกษตรกลวิธาน วิศวกรรมเกษตร และวิศวกรรม
เครื่องกล และอื่นๆที่เกี่ยวข้อง



ต้นกำลังและระบบสำคัญ ของ ฟาร์มแทรกเตอร์



รองศาสตราจารย์เสมอขวัญ ตันติกุล

คำนำสำนักพิมพ์

เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมจึงได้มีการนำเอาเครื่องทุ่นแรงในฟาร์มมาทดแทนการใช้แรงงานจากคนและสัตว์มากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด โดยหนึ่งในองค์ประกอบสำคัญของเครื่องมือหรือเครื่องทุ่นแรงดังกล่าวก็คือ “แทรกเตอร์” เพราะแทรกเตอร์ทำหน้าที่เป็นต้นกำลังและมีบทบาทต่อการพัฒนาการทางการเกษตรทั่วโลก

ทางสำนักพิมพ์จึงเล็งเห็นความสำคัญของการพัฒนาเกษตรกรรมในประเทศไทย หนังสือต้นกำลังและระบบสำคัญของฟาร์มแทรกเตอร์ จึงเป็นหนังสืออีกเล่มหนึ่งที่จะช่วยอาจารย์ นักศึกษา เกษตรกร และผู้ประกอบการในฟาร์ม เพิ่มพูนความรู้ในการใช้เครื่องทุ่นแรง เพื่อที่จะเป็นแนวทางในการพัฒนาและเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตด้านการเกษตร

ด้วยความปรารถนาดี

ดวงกมล พับลิชชิ่ง

คำนำ

ปัจจุบันการทำการเกษตรในประเทศไทย ได้มีการนำเอาเครื่องทุ่นแรงในฟาร์มมาทดแทนการใช้แรงงานจากคนและสัตว์มากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ทั้งนี้เนื่องจากแรงงานคนและสัตว์ในภาคการเกษตรนับวันจะมีจำนวนลดลง อีกทั้งแรงงานดังกล่าวมีข้อจำกัดในการทำงานค่อนข้างมาก มีผลทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น ซึ่งจากอดีตที่ผ่านมามนุษย์พยายามเพิ่มกำลังการผลิตให้สูงขึ้น ลดความเหนื่อยยากและความลำบากของเกษตรกร จึงได้คิดค้นเครื่องมือและเครื่องทุ่นแรงเข้ามาช่วยงานในฟาร์ม โดยหนึ่งในองค์ประกอบสำคัญของเครื่องมือหรือเครื่องทุ่นแรงดังกล่าวก็คือแทรกเตอร์ เนื่องจากแทรกเตอร์ทำหน้าที่เป็นต้นกำลังและมีบทบาทต่อการพัฒนาการทางการเกษตรทั่วโลก โดยพัฒนาการแทรกเตอร์เริ่มจากแทรกเตอร์เครื่องจักรไอน้ำ ซึ่งมีขนาดใหญ่ เทอะทะ ขาดความคล่องตัว ใช้กับงานหยาบๆ เป็นหลัก จนมาถึงปัจจุบันแทรกเตอร์ได้ถูกออกแบบให้สามารถใช้งานได้อเนกประสงค์ มีประสิทธิภาพและความสามารถในการทำงานสูง ตลอดจนมีความปลอดภัยในการปฏิบัติงานมากขึ้นอีกด้วย

หนังสือแทรกเตอร์เล่มนี้ได้เรียบเรียงขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์หลายประการ คือ ประการที่หนึ่ง เพื่อใช้ในการสอนหรือบรรยายให้นักศึกษาในสาขาเกษตรกลวิธาน วิศวกรรมเกษตร และวิศวกรรมเครื่องกลและอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ประการที่สอง เพื่อให้ผู้สนใจได้ศึกษาเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการใช้งานและการซ่อมบำรุง ซึ่งนับวันจะมีความจำเป็นและมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น และประการสุดท้าย เนื่องจากเอกสารหรือตำราเกี่ยวกับแทรกเตอร์ในประเทศไทยถือว่ามีน้อยมาก มีผู้รู้ในอดีตเขียนไว้สำหรับประกอบการสอนซึ่งปัจจุบันไม่มีการจัดพิมพ์แล้ว ส่วนตำราที่เป็นภาษาอังกฤษก็มีไม่มากนัก และส่วนใหญ่จะมีราคาแพงและยุ่งยากหากไม่สนั้ดทางด้านภาษา

หนังสือแทรกเตอร์เล่มนี้ ผู้เขียนได้แปลและเรียบเรียงจากหนังสือตำราทั้งภาษาอังกฤษและภาษาไทยหลายเล่ม โดยยึดกรอบหลักและวิธีการปฏิบัติให้สอดคล้องกับสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งอเมริกา (ASAE) โดยได้แบ่งเนื้อหาออกเป็นทั้งหมด 15 บท โดยเน้นให้เห็นถึงพัฒนาการแทรกเตอร์ การจำแนกแทรกเตอร์เพื่อให้เหมาะกับการใช้งาน ระบบที่สำคัญต่าง ๆ ของรถแทรกเตอร์ทุกระบบ เสถียรภาพการทำงาน ตลอดจนการวัดหาค่าที่สำคัญเกี่ยวกับแทรกเตอร์

อย่างไรก็ตามเนื่องจากเป็นหนังสือเล่มแรกเกี่ยวกับแทรกเตอร์ แม้ผู้เขียนจะสอนวิชาดังกล่าวมานานพอสมควร เชื่อว่าอาจมีข้อผิดพลาดและอาจไม่ครบถ้วนทั้งหมด จึงขออภัยในที่นี้ หากผู้อ่านพบข้อผิดพลาดหรือมีข้อเสนอแนะที่คิดว่าจะเกิดประโยชน์ กรุณาแจ้งให้ผู้เขียนได้ทราบจะเป็นพระคุณยิ่ง

สุดท้ายนี้ผู้เขียนขอขอบคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยขอนแก่น คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ได้ให้ความรู้ ทัศนะ ตลอดจนคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่าง ๆ มากมาย

รองศาสตราจารย์เสมอขวัญ ต้นตุ้กุล

สารบัญ

การวิวัฒนาการและหน้าที่ของรถแทรกเตอร์ 1

ประวัติและพัฒนาการของแทรกเตอร์.....	2
พัฒนาการแทรกเตอร์ในประเทศไทย.....	22
แทรกเตอร์ในอนาคต.....	25
หน้าที่ของรถแทรกเตอร์.....	26



ประเภทและขนาดของแทรกเตอร์ 2

ประเภทของแทรกเตอร์.....	31
แทรกเตอร์ขับเคลื่อน 4 ล้อ.....	39
ระบบบังคับเลี้ยว.....	41
ขนาดของรถแทรกเตอร์.....	46
เชื้อเพลิงสำหรับแทรกเตอร์.....	47



หลักการทำงานเบื้องต้นของเครื่องยนต์ดีเซล 3

หลักการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล.....	51
เปรียบเทียบเครื่องยนต์ 2 จังหวะและเครื่องยนต์ 4 จังหวะ..	58
ชิ้นส่วนหลักของเครื่องยนต์.....	60
วัฏจักรเครื่องยนต์สันดาปภายใน.....	65
กำลังของเครื่องยนต์.....	80
การทดสอบแทรกเตอร์ของเนบราสกา.....	97
การทดสอบแทรกเตอร์สมาคมวิศวกรรมเกษตรฯ.....	102



เชื้อเพลิงและการสันดาป 4

ชนิดของเชื้อเพลิง.....	107
น้ำมันดิบและการกลั่น.....	114
การสันดาปและมลพิษไอเสีย.....	118
การวัดคุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง.....	122
ความถ่วงจำเพาะเชื้อเพลิง.....	123
ค่าความร้อนเชื้อเพลิง.....	124



การระเหยและจุดวาบไฟของเชื้อเพลิง.....	125
ความหนืดน้ำมันเชื้อเพลิง.....	129
จุดหมอกและจุดเริ่มไหม้.....	130
การปนเปื้อนของน้ำมันเชื้อเพลิง.....	131
ค่าออกเทนและการน็อคเครื่องยนต์.....	133
ค่าซีเทนของน้ำมันเชื้อเพลิง.....	136
สารเติมน้ำมันเชื้อเพลิง.....	139
การเก็บรักษาเชื้อเพลิงรถแทรกเตอร์.....	141



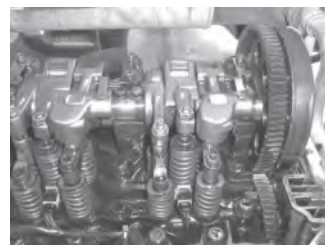
ระบบเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 5

ถังเชื้อเพลิงปั๊มและกรองน้ำมันเชื้อเพลิง.....	149
ความต้องการส่วนผสมของเครื่องยนต์.....	153
หลักการทำงานของคาร์บูเรเตอร์เบื้องต้น.....	155
โครงสร้างของคาร์บูเรเตอร์.....	156
วงจรการทำงานของคาร์บูเรเตอร์.....	157
คาร์บูเรเตอร์อิเล็กทรอนิกส์.....	164
ระบบเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สปิโตรเลียมเหลว.....	166
ระบบเชื้อเพลิงเครื่องยนต์แก๊สธรรมชาติ.....	170



เครื่องยนต์ดีเซลหรือเครื่องยนต์จุดระเบิดแรงอัด 6

เปรียบเทียบเครื่องยนต์ดีเซลกับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน.....	176
การออกแบบห้องเผาไหม้.....	179
ขั้นตอนการสันดาปในเครื่องยนต์ดีเซล.....	191
ระบบเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล.....	193



ระบบประจุอากาศและไอเสียของเครื่องยนต์ 7

กรองอากาศ.....	222
ท่อร่วมไอดี.....	226
เทอร์โบชาร์จเจอร์.....	227
อินเตอร์คูลเลอร์.....	230
ระบบไอเสีย.....	232



ระบบระบายความร้อนเครื่องยนต์ 8

แบบของระบบระบายความร้อน.....	237
ส่วนประกอบของระบบระบายความร้อนด้วยของเหลว.....	239
สารเพิ่มคุณภาพน้ำหล่อเย็น.....	249
ระบบระบายความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอน.....	250
เครื่องยนต์เซรามิค.....	251



ระบบหล่อลื่นและสารหล่อลื่น 9

หน้าที่ของระบบหล่อลื่น.....	253
ชนิดระบบหล่อลื่น.....	254
ส่วนประกอบที่สำคัญของระบบหล่อลื่น.....	259
สารหล่อลื่น.....	265
ประเภทของน้ำมันหล่อลื่น.....	269
มาตรฐานน้ำมันหล่อลื่นตามสภาพการใช้งาน.....	275
สาเหตุที่ทำให้น้ำมันเครื่องสกปรก.....	278
จาระบี.....	279



ระบบไฟฟ้า 10

หลักการไฟฟ้าเบื้องต้น.....	281
หลักเบื้องต้นของสารกึ่งตัวนำ.....	289
หลักเบื้องต้นของอำนาจแม่เหล็ก.....	296
แบตเตอรี่.....	302
ระบบประจุไฟ.....	312
ระบบสตาร์ท.....	333

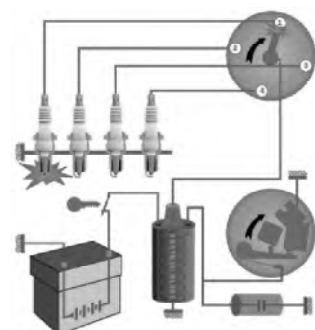


ระบบจุดระเบิด 11

ประเภทของระบบจุดระเบิด.....	347
-----------------------------	-----

ระบบส่งกำลัง 12

ระบบส่งกำลัง.....	371
วิธีการส่งกำลัง.....	373
แบบของระบบส่งกำลัง.....	379



ส่วนประกอบระบบส่งกำลัง.....	383
การส่งกำลังแบบไฮโดรสถติก.....	410
การส่งกำลังโดยของเหลว.....	420
เพื่องถ่าย.....	429
ชุดขับถ่าย.....	434
เพลานำขั้วกำลัง.....	438



ระบบไฮดรอลิกและการประยุกต์ใช้งาน 13

หลักพื้นฐานของระบบไฮดรอลิก.....	448
ข้อได้เปรียบและข้อเสียเปรียบของระบบไฮดรอลิก.....	455
ชนิดของระบบไฮดรอลิก.....	456
ส่วนประกอบระบบไฮดรอลิก.....	461
ระบบไฮดรอลิกกับระบบบังคับเลี้ยวแทรกเตอร์.....	504
การประยุกต์ใช้ระบบไฮดรอลิกกับระบบเบรก.....	505
การนำระบบไฮดรอลิกกับอุปกรณ์ฟางถ่าย.....	507



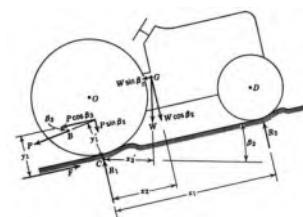
การถ่ายเทน้ำหนักแรงฉุดลากและเสถียรภาพ 14

โมเมนต์และจุดศูนย์ถ่วง.....	511
การถ่ายเทน้ำหนัก.....	513
ยางรถฟาร์มแทรกเตอร์.....	515
เสถียรภาพของรถแทรกเตอร์.....	538
สัญญาณมือ.....	540



กลศาสตร์ของรถแทรกเตอร์ 15

ข้อกำหนดเบื้องต้น.....	543
แรงที่กระทำกับแทรกเตอร์.....	544
จุดศูนย์ถ่วงแทรกเตอร์.....	545
แรงดึงไม่ขนานกับแนวลากเมื่อเคลื่อนที่บนพื้นลาดเท.....	549
โมเมนต์เฉื่อยมวล.....	550
แรงในสภาวะพลศาสตร์.....	551
แรงคู่ควบใจโรสโคปิก.....	552
สมการของแรงและโมเมนต์อย่างสมบูรณ์.....	553
การเลี้ยวรถด้วยความเร็วสูง.....	553



บทที่ 1

การวิวัฒนาการและหน้าที่ของรถแทรกเตอร์

เมื่อพิจารณาวิวัฒนาการทางการเกษตรจะเห็นว่าเกิดขึ้นและได้ดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะมีลักษณะที่คล้าย ๆ กันทั่วโลก เริ่มจากการใช้แรงงานคนเป็นหลักในการทำงานโดยการใช้เครื่องทุ่นแรงแบบง่าย ๆ ที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่อรองรับกับการใช้แรงงานของคน เช่น จอบ คราด เป็นต้น จากนั้นได้พัฒนาเครื่องมือหรือเครื่องทุ่นแรงให้ใช้กับสัตว์ ทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพและมีความสามารถในการทำงานมากขึ้นอีกระดับหนึ่ง อย่างไรก็ตามหลังจากสงครามโลกเป็นต้นมารูปแบบการผลิตทางการเกษตรได้เปลี่ยนไป จากการผลิตเพื่อใช้บริโภคเพียงอย่างเดียวเป็นหลักมาเป็นการผลิตเพื่อจำหน่ายหรือการผลิตเพื่ออุตสาหกรรม เนื่องจากเกิดความต้องการอาหารและเครื่องนุ่งห่มเป็นอย่างมาก ดังนั้นวิธีการผลิตแบบดั้งเดิมไม่สามารถตอบสนองความต้องการดังกล่าวได้ จึงเกิดการพัฒนาเครื่องทุ่นแรงอย่างกว้างขวางโดยเฉพาะในทวีปยุโรปและทวีปอเมริกา แทรกเตอร์ได้ถูกคิดค้นและออกแบบขึ้นเพื่อใช้เป็นต้นกำลังสำคัญทางการเกษตรซึ่งมีผลทำให้เกิดความก้าวหน้าทางการเกษตรผลผลิตทางการเกษตรมีคุณภาพและปริมาณสูงขึ้น เกษตรกรมีคุณภาพชีวิตที่ดียิ่งขึ้น ดังนั้นหากจะสรุปอย่างง่ายว่าวิวัฒนาการทางการเกษตรนั้นพัฒนาจากยุคแรก คือ การใช้แรงงานคนในการทำงานมาเป็นยุคที่สอง คือ การนำแรงงานสัตว์มาใช้เป็นต้นกำลังทดแทนแรงงานคน จนมาถึงยุคปัจจุบันเป็นการนำเครื่องมือกลหรือเครื่องทุ่นแรงมาทดแทนทั้งแรงงานของคนและสัตว์ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมสูงขึ้น



รูปที่ 1.1 การใช้แรงงานคนในการเกษตร



รูปที่ 1.2 การนำสัตว์มาทดแทนแรงงานคน



(ก)



(ข)

รูปที่ 1.3 การใช้เครื่องทุ่นแรงหรือเครื่องจักรกลมาทดแทนแรงงานคนและสัตว์ (ก) และ (ข)

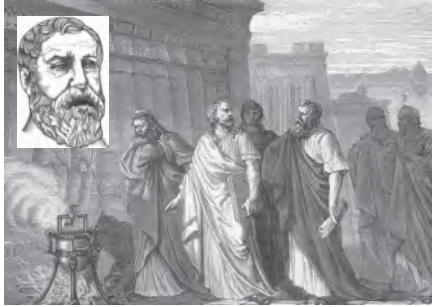
ประเทศไทยเองแม้จะมีความก้าวหน้าทางการเกษตรอย่างค่อยเป็นค่อยไป แต่ก็เกิดการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งปัจจุบันเกษตรกรเกือบทั้งหมดใช้เครื่องทุ่นแรงในการทำการเกษตร ซึ่งปัญหาสำคัญด้านการเกษตรของไทยอีกอย่างหนึ่งก็คือ การขาดแคลนแรงงานทางด้านเกษตร สาเหตุเนื่องจากแรงงานภาคเกษตรส่วนหนึ่งย้ายไปสู่ภาคอุตสาหกรรมและภาคบริการอื่น ๆ ดังนั้นการนำเครื่องทุ่นแรงมาใช้จึงเป็นการแก้ปัญหาที่ตรงจุดและมีประสิทธิภาพ

ดังที่กล่าวแล้วว่าแทรกเตอร์ฟาร์มถือว่าเป็นหัวใจสำคัญในภาคการเกษตร ถือเป็นต้นกำลังหลักที่นำมาทดแทนแรงงานคนและแรงงานสัตว์ จะเห็นว่าแทรกเตอร์ฟาร์มเป็นต้นกำลังที่สามารถประยุกต์ใช้กับเครื่องทุ่นแรงหรือเครื่องจักรกลเกษตรได้หลากหลาย เนื่องจากสามารถใช้ไถเตรียมดิน ปลูกพืช ควบคุมและกำจัดวัชพืชและยังใช้เก็บเกี่ยวผลผลิตเกษตรได้ ซึ่งการนำแทรกเตอร์ฟาร์มและเครื่องจักรมาใช้ในการเกษตรมีเป้าหมายหลัก 3 ประการคือ (1) เพื่อลดการใช้แรงงานในส่วนที่ไม่จำเป็น (2) เพื่อเพิ่มผลผลิตให้ได้มากกว่าการใช้แรงงานคน และ (3) เพื่อลดระยะเวลาในการทำงานและเพิ่มคุณภาพในการทำงานให้สูงขึ้น ซึ่งปกติมนุษย์เมื่อเติบโตเป็นผู้ใหญ่เต็มที่สามารถใช้พลังงานได้เพียง 150 วัตต์ (0.2 แรงม้า) หรือใช้พลังงาน 0.15 กิโลวัตต์/ชั่วโมง (0.2 แรงม้า/ชั่วโมง) เมื่อต้องทำงานที่ต่อเนื่องกัน ขณะเดียวกันรถแทรกเตอร์ดีเซลที่ดีสามารถให้พลังงาน 3.0 กิโลวัตต์/ชั่วโมง/ลิตร (15.2 แรงม้า/ชั่วโมง/แกลลอน) ดังนั้นเมื่อนำเครื่องจักรมาใช้ในการเกษตรทำให้สามารถได้รับผลตอบแทนที่คุ้มค่าเพิ่มขึ้นอีกค่อนข้างมาก นอกจากนั้นยังช่วยทุ่นแรงและลดความเหนื่อยยากของเกษตรกร ทดแทนแรงงานที่หายากและค่าจ้างสูง ประหยัดเวลาและลดต้นทุนการผลิต เป็นต้น

1.1 ประวัติและการพัฒนาการของแทรกเตอร์

ดังที่กล่าวมาแล้วว่าแทรกเตอร์เป็นต้นกำลังที่มีความสำคัญมากในภาคการเกษตร แม้ประวัติแทรกเตอร์ได้เริ่มต้นมาอย่างยาวนานในอดีต แต่พัฒนาการสำคัญเกี่ยวกับการออกแบบแทรกเตอร์ได้เริ่มขึ้นเมื่อไม่กี่ร้อยปีที่ผ่านมาเมื่อก่อนปีพ.ศ. 2243 (ค.ศ. 1700) การสร้างและทดสอบเครื่องยนต์ต้นกำลังยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร หรืออีกนัยหนึ่งอาจกล่าวได้ว่าความสำเร็จเกี่ยวกับพัฒนาการของเครื่องจักรกลประสบความสำเร็จครั้งแรกในปีพ.ศ. 2312 (ค.ศ. 1769) เมื่อเจมส์ วัตต์ (James Watt) ได้จดสิทธิบัตรเครื่องจักรไอน้ำที่ใช้กันอย่างแพร่หลายมากขึ้น จนสามารถนำไปประยุกต์กับเครื่องจักรกลต่าง ๆ มากมาย อย่างไรก็ตามเพื่อให้เห็นจุดเริ่มต้นของเครื่องจักรไอน้ำจะย้อนเริ่มต้นที่เฮรอนแห่งอเล็กซานเดรีย (Heron of Alexandria) นักคณิตศาสตร์และนักประดิษฐ์ชาวกรีก (ประเทศอียิปต์) ในช่วงศตวรรษที่ 1 ได้ประดิษฐ์แอโรลิพิล (Aeolipile) เป็นอุปกรณ์ที่ขับเคลื่อนด้วยไอน้ำเมื่อ 2,000 ปีมาแล้ว ซึ่งถือเป็นเครื่องจักรไอน้ำเครื่องแรกของโลก แต่ครั้งนั้นใช้เป็นของเล่นไม่ได้นำมาประยุกต์ใช้งานอย่างจริงจัง อย่างไรก็ตามถือเป็นจุดเริ่มต้นของการนำไอน้ำมาใช้ผลักดันหรือขับเคลื่อนให้เกิดการหมุนขึ้น จากนั้นต่อมาเมื่อ พ.ศ. 2206 (ค.ศ. 1663) เอ็ดเวิร์ด โซเมอร์เซต (Edward

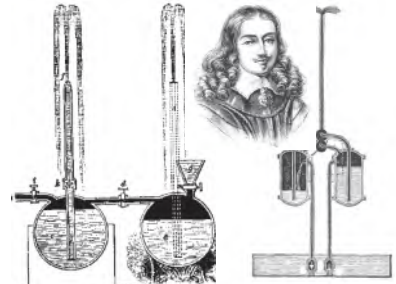
Somerset) ได้ออกแบบและนำหลักการของเฮรอนไปใช้เป็นประโยชน์ในการปั้มน้ำ โดยหลักการปั้มน้ำของเขาจะใช้ไอน้ำสร้างทั้งแรงดันและสุญญากาศซึ่งจะทำงานสลับกันสำหรับดูดน้ำและผลักดันน้ำ (สูบน้ำ) ซึ่งสามารถสูบน้ำขึ้นไปได้สูงถึง 40 ฟุต (ประมาณ 12.20 เมตร)



(ก)



(ข)



(ค)

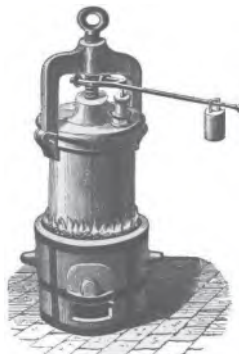
รูปที่ 1.4 เฮรอนแห่งอเล็กซานเดรีย (ก) และแอริลิไฟล (ข)

รูปที่ 1.5 ปั้มน้ำหลักการของเอ็ดเวิร์ด

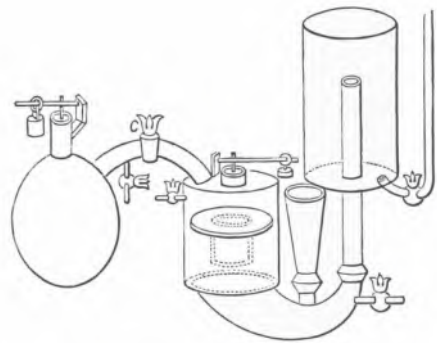
ต่อมา พ.ศ. 2223 (ค.ศ. 1680) นักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศส เดนิส ปาแปง (Denis Papin) ได้สร้างหม้อต้มความดันจุดประสงค์เพื่อใช้ทำอาหาร ซึ่งถือเป็นหม้อความดันรุ่นแรก และเพื่อเป็นการป้องกันการระเบิดของหม้อต้มความดันเขาจึงออกแบบวาล์วลดความดัน (Release Valve) นอกจากนี้ยังสังเกตว่าการทำงานของวาล์วจะเป็นจังหวะขึ้น ๆ ลง ๆ ทำให้เกิดความคิดเกี่ยวกับเครื่องจักรแบบกระบอกสูบ แต่เขาก็ไม่ได้สร้างเครื่องจักรไอน้ำที่ใช้งานได้จริง



(ก)



(ข)

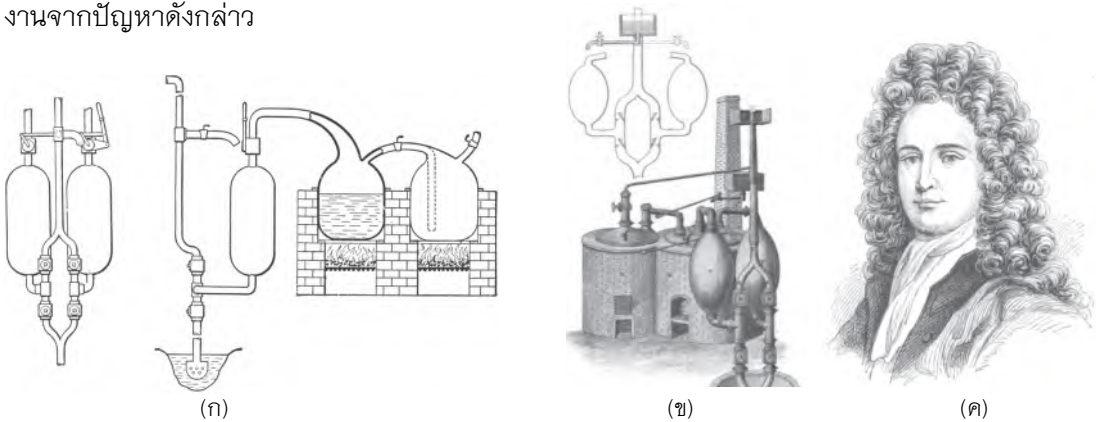


(ค)

รูปที่ 1.6 เดนิส ปาแปง (ก) หม้อต้มความดัน (ข) เครื่องจักรไอน้ำแนวคิดเดนิส ปาแปง (ค)

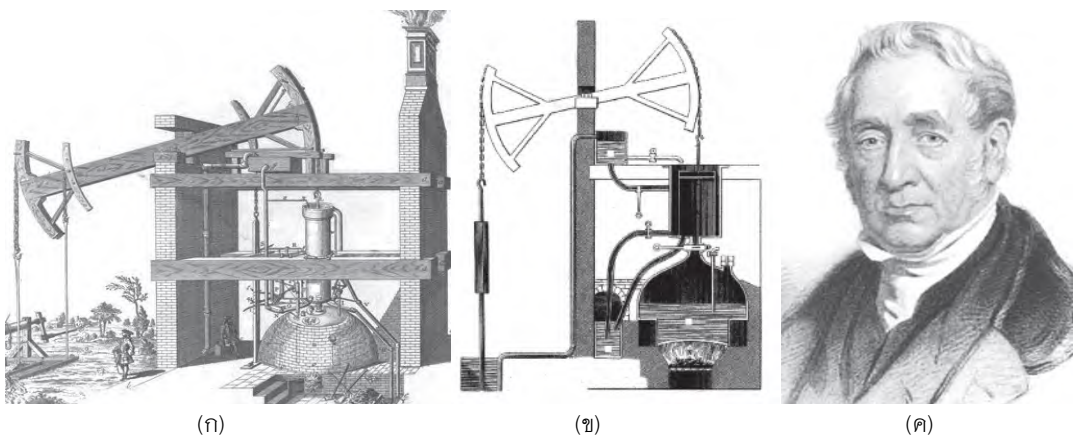
จากนั้นต่อมาปี พ.ศ. 2241 (ค.ศ. 1698) วิศวกรชื่อโทมัส เซฟเวอรี (Thomas Savery) ชาวอังกฤษ ได้นำหลักการของปาแปงที่ออกแบบไว้มาทำเป็นเครื่องจักรไอน้ำที่ใช้งานได้จริง และได้จดสิทธิบัตรเครื่องสูบน้ำของเซฟเวอรี (Savery pump) ซึ่งใช้สูบน้ำออกจากเหมืองและถือว่าเป็นเครื่องยนต์เครื่องแรกที่น่าพลังงานไอน้ำมาใช้เป็นพลังงานกลเครื่องสูบน้ำของเซฟเวอรีไม่มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหวยจะใช้ไอน้ำสำหรับสร้างสุญญากาศดูดน้ำ และจะใช้แรงดันไอน้ำผลักดันน้ำออกไป ซึ่งสามารถสูบน้ำได้สูง

ประมาณ 20 ฟุต แต่การใช้งานค่อนข้างมีปัญหา เนื่องจากเมื่อเพิ่มแรงดันไอน้ำเพื่อดันน้ำออกได้สูงขึ้น ทำให้หม้อน้ำเกิดการระเบิดขึ้นทำให้มีผู้เสียชีวิต ดังนั้นเครื่องสูบน้ำของเซฟเวอรี่จึงไม่ค่อยมีการนำไปใช้งานจากปัญหาดังกล่าว



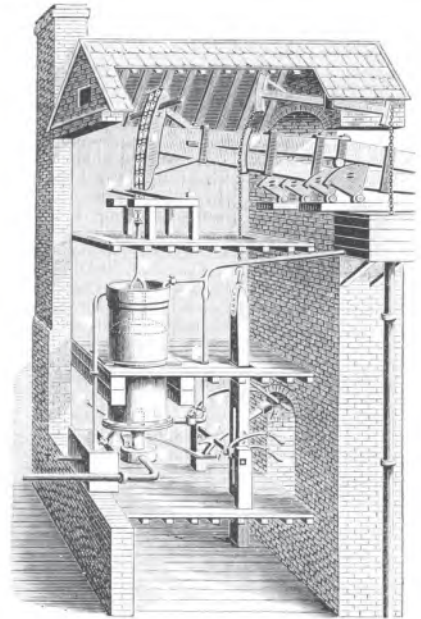
รูปที่ 1.7 หลักการและแบบสร้างเครื่องสูบน้ำโรมัส เซฟเวอรี่ (ก) (ข) และโรมัส เซฟเวอรี่ (ค)

จากแนวคิดและต้นแบบของเซฟเวอรี่เป็นแนวทางให้โรมัส นิวโคเมน (Thomas Newcomen) ชาวอังกฤษนำแนวคิดดังกล่าวไปปรับปรุงให้ทำงานดีขึ้น ดังนั้นเครื่องสูบน้ำของนิวโคเมนทำงานได้ดีกว่าของเซฟเวอรี่ค่อนข้างมาก และได้รับความนิยมอย่างกว้างขวาง แต่เนื่องจากเซฟเวอรี่ได้จดสิทธิบัตรไว้แล้ว ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาในปี พ.ศ. 2255 (ค.ศ. 1712) โรมัส นิวโคเมน จึงต้องทำธุรกิจร่วมกับเซฟเวอรี่เพื่อผลิตเครื่องสูบน้ำที่ออกแบบโดยโรมัส นิวโคเมนและเรียกเครื่องสูบน้ำดังกล่าวว่าเครื่องจักรไอน้ำแบบบรรยากาศ (Atmospheric-engine) ซึ่งการทำงานของเครื่องสูบน้ำดังกล่าวโดยการป้อนไอน้ำเข้ากระบอกสูบ มีผลให้ลูกสูบเลื่อนขึ้นจากนั้นน้ำเย็นเข้าไปในกระบอกสูบให้ไอน้ำกลั่นตัวและเกิดสุญญากาศดูดลูกสูบกลับลงมาซึ่งก้านลูกสูบจะต่อกับคานกระดกและปลายอีกด้านของคานกระดกจะต่ออยู่กับสูบน้ำ โดยทั่วไปมักนิยมใช้ดูคน้ำออกจากเหมือง



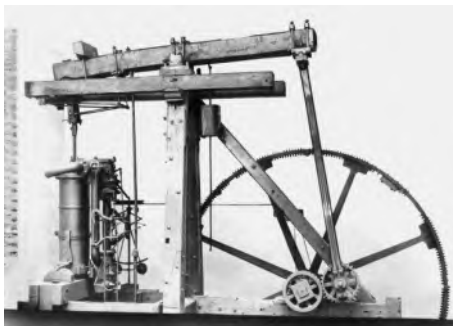
รูปที่ 1.8 เครื่องสูบน้ำแบบบรรยากาศของโรมัส นิวโคเมน (ก) (ข) และโรมัส นิวโคเมน (ค)

เครื่องสูบน้ำของนิวโคเมนมีการใช้อย่างกว้างขวาง โดยไม่มีการปรับปรุงเป็นเวลากว่า 50 ปี ในปี พ.ศ. 2272 (ค.ศ. 1729) มีเครื่องสูบน้ำของเขาใช้ในอังกฤษและยุโรป อย่างน้อย 100 เครื่อง อย่างไรก็ตามยังมีข้อด้อยของเครื่อง ดังกล่าวคือ 1) การฉีดน้ำเย็นเข้ากระบอกสูบทำให้เสียความร้อนค่อนข้างมากเมื่อป้อนไอน้ำเข้าไปอีกครั้งจะทำให้ไอน้ำ บางส่วนกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ ต้องรอจนกระบอกสูบร้อนขึ้นจึง จะทำงานได้ เกิดการสูญเสียความร้อนมากเป็นผลให้มี ประสิทธิภาพโดยรวมต่ำ 2) ลูกสูบให้กำลังงานไม่ค่อย สม่ําเสมอเกิดการกระตุกมาก ซึ่งหลังจากที่ โทมัส นิวโคเมน เสียชีวิตไปเป็นเวลา 34 ปี เจมส์ วัตต์ ได้มาเห็นการทำงาน เครื่องจักรไอน้ำของนิวโคเมนในปี พ.ศ. 2306 (ค.ศ. 1763) และพบข้อบกพร่องทั้งสองประการดังที่กล่าวมาแล้วก็ได้รับการ แก้ไข ซึ่งมีผลทำให้เกิดการปฏิวัติอุตสาหกรรมรอบสอง



รูปที่ 1.9 เครื่องจักรไอน้ำนิวโคเมน

เนื่องจากเจมส์ วัตต์ (James Watt) เป็นวิศวกรและนักประดิษฐ์ชาวสกอตแลนด์ถือเป็นบิดา เครื่องจักรไอน้ำ ดังมีรายละเอียดการประดิษฐ์คิดค้นพอสังเขปคือ ในปี พ.ศ. 2306 (ค.ศ. 1763) เจมส์ วัตต์ ทราบแล้วว่าเครื่องจักรไอน้ำของนิวโคเมนเป็นเครื่องจักรที่มีขนาดใหญ่ เทอะทะ ทำงานช้า จึงมี แนวคิดที่จะออกแบบให้กะทัดรัดและทำงานต่อเนื่อง (ไม่มีจังหวะหยุดเหมือนของนิวโคเมน) ดังนั้นจึง อาสาซ่อมเครื่องต้นแบบของนิวโคเมนโดยไม่คิดค่าตอบแทน ด้วยความวิริยะอุตสาหะจนกระทั่งในปี พ.ศ. 2308 (ค.ศ. 1765) ได้ปรับปรุงเครื่องต้นแบบให้มีประสิทธิภาพและใช้งานได้จริง ในปี พ.ศ. 2312 (ค.ศ. 1769) เจมส์ วัตต์ ได้จดสิทธิบัตรเครื่องจักรไอน้ำในชื่อ เครื่องสันดาปแยก (Separate condenser) และในปี พ.ศ. 2319 (ค.ศ. 1776) เครื่องจักรไอน้ำตัวแรกได้ติดตั้งในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งเป็น เครื่องจักรที่ม้การทำงานแบบไปกลับอย่างเดียว (Only reciprocating motion)



(ก)



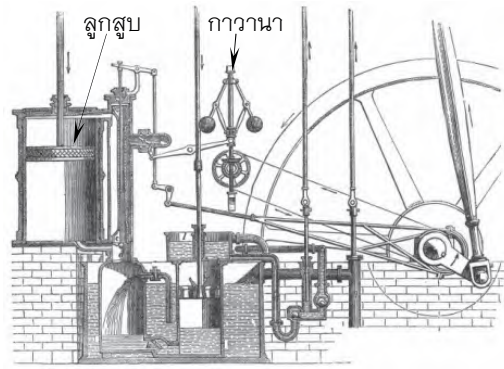
(ข)



(ค)

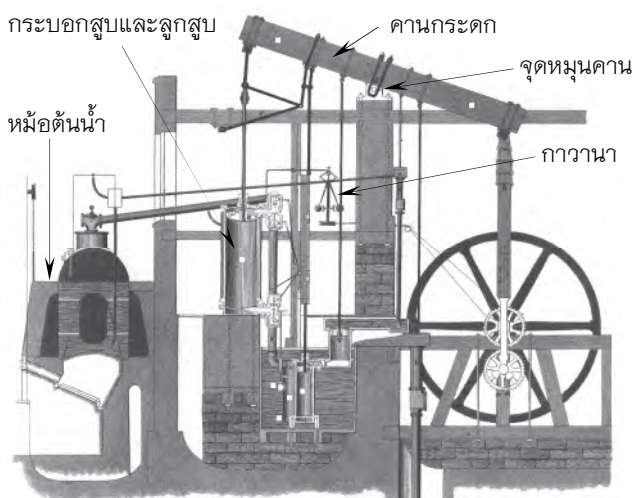
รูปที่ 1.10 เครื่องจักรไอน้ำของเจมส์ วัตต์ (ก) (ข) และเจมส์ วัตต์ (ค)

นอกจากนั้นเจมส์ วัตต์ ได้ให้ความสำคัญกับการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่แบบไปกลับเป็นการเคลื่อนที่แบบหมุน เพื่อให้สามารถใช้กับการโม้ การทอ และการสีข้าว ซึ่งทางออกก็คือการใช้ข้อเหวี่ยง (Crank) และหลายปีต่อมาได้ประดิษฐ์อุปกรณ์เสริมให้กับเครื่องจักรไอน้ำ เช่น พัฒนาการทำงานกระบอกสูบให้เป็นแบบทำงานสองทาง (Double acting engine) โดยป้อนไอน้ำเข้ากระบอกสูบสองด้านในเครื่องเดียวกัน และได้ออกแบบกาวานา สำหรับควบคุมแรงเหวี่ยงหนี (Centrifugal governor) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ป้องกันชิ้นส่วนที่หมุนด้วยความเร็วสูงหลุดออกจากกัน พร้อมทั้งได้พัฒนาเครื่องจักรไอน้ำแบบที่มีหลายสูบ (Compound engine) โดยการเชื่อมต่อ



รูปที่ 1.11 เครื่องจักรไอน้ำที่ติดตั้งอุปกรณ์เสริม

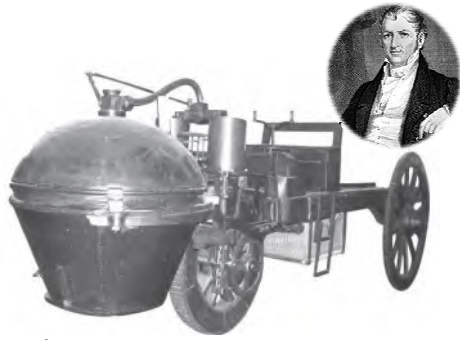
การส่งกำลังเครื่องจักรไอน้ำสองตัวหรือมากกว่า โดยเครื่องของเขาสามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้มากขึ้นเป็น 5 เท่าของนิวโคเมน เมื่อใช้เชื้อเพลิงเท่ากัน อย่างไรก็ตามในช่วงแรกเครื่องจักรไอน้ำของเขาถูกต่อต้าน เนื่องจากอันตรายจากการระเบิดของหม้อน้ำ ซึ่งหลังจากโอลิเวอร์ อีวานส์ (Oliver Evans) และริชาร์ด เทรวิทิค (Richard Trevithick) ได้คิดค้น



รูปที่ 1.12 เครื่องจักรไอน้ำโบลตันแอนด์วัตต์

วาล์วนิรภัย ซึ่งทำหน้าที่ปล่อยความดันที่เกินออก เพื่อป้องกันหม้อน้ำระเบิด ดังนั้น ในปี พ.ศ. 2337 (ค.ศ. 1794) เขาได้จดทะเบียนห้างหุ้นส่วนจำกัด โบลตันแอนด์วัตต์ (Boulton and Watt) กลายเป็นผู้ผลิตเครื่องจักรไอน้ำ แต่เพียงผู้เดียวและประสบความสำเร็จมาตลอด 25 ปี ซึ่งถือเป็นการนำเครื่องจักรไอน้ำไปสู่ขยายผลใช้งานที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น

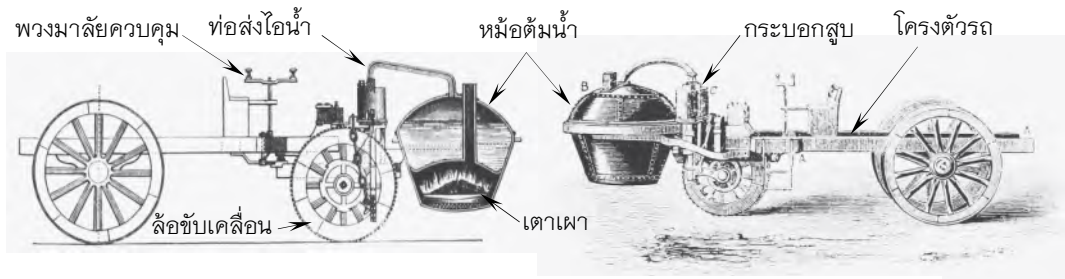
ขณะเดียวกันในปี พ.ศ. 2312 (ค.ศ. 1769) นิโคลาส โจเซฟ คูโนว์ (Nicolas-Joseph Cugnot) ชาวฝรั่งเศส ได้นำรถยนต์ไอน้ำมาประยุกต์ใช้ขับเคลื่อนรถเป็นครั้งแรก ซึ่งรถต้นแบบที่ประดิษฐ์ขึ้นมีลักษณะเป็นรถ 3 ล้อ วัตถุประสงค์ในตอนนั้นเพื่อต้องการใช้ลากปืนใหญ่ แต่รถต้นแบบยังคงมีขนาดค่อนข้างใหญ่ เคลื่อนที่ได้ช้า บังคับควบคุมยาก (ขณะทดสอบเกิดการชนกำแพงจนได้รับความเสียหาย) จึงได้หยุดพัฒนารถต้นแบบเนื่องจากไม่มีเงินทุน แต่อย่างไรก็ตามผลงานดังกล่าวถือเป็นจุดเริ่มต้นของการนำเครื่องจักรไอน้ำมาเพื่อใช้สำหรับการขับเคลื่อน



รูปที่ 1.13 รถต้นแบบของนิโคลาส โจเซฟ คูโนว์

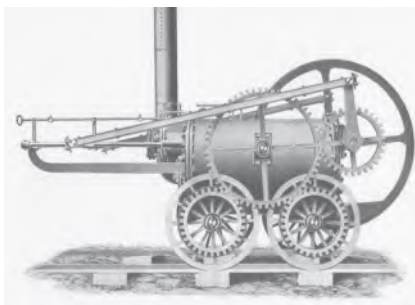


รูปที่ 1.14 อุบัติเหตุจากการทดสอบรถต้นแบบ

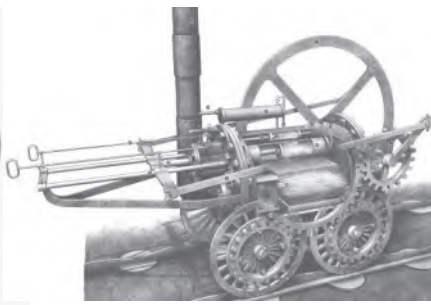


รูปที่ 1.15 โครงสร้างและส่วนประกอบรถต้นแบบของนิโคลาส โจเซฟ คูโนว์

จากนั้นต่อมาในปี พ.ศ. 2345 (ค.ศ. 1802) ริชาร์ด เทรวิทิค (Richard Trevithick) ชาวอังกฤษ เป็นนักประดิษฐ์ที่สร้างรถราง (รถไฟ) ที่ขับเคลื่อนด้วยเครื่องจักรไอน้ำได้เป็นผลสำเร็จเป็นคนแรกของโลก ต่อมาปรับปรุงให้สมบูรณ์แบบมากยิ่งขึ้นจากวิศวกรชาวอังกฤษชื่อจอร์จ สตีเฟนสัน (George Stephenson) และได้เป็นต้นแบบของรถไฟในเวลาต่อมา ซึ่งริชาร์ด เทรวิทิค มีความสนใจเรื่องเครื่องจักรไอน้ำมาตั้งแต่เด็กและเห็นว่าเครื่องจักรไอน้ำต้นแบบที่นิวโคเมนสร้างขึ้นนั้นเป็นเครื่องจักรที่ใช้งานอยู่กับที่มีขนาดใหญ่ มีน้ำหนักมาก และมีรูปร่างค่อนข้างเทอะทะ ซึ่งเขาได้ดัดแปลงเอาเครื่องจักรไอน้ำนั้นมาใช้กับรถไฟโดยทำให้ขนาดเล็กลง จนเกิดเป็นเครื่องจักรไอน้ำที่ผลักดันให้รถไฟแล่นไปตามรางได้เป็นผลสำเร็จ แม้ว่าจะแล่นช้า (ราว 15 ไมล์ต่อชั่วโมง) มีเสียงดังและสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายค่อนข้างมาก ซึ่งได้นำออกแสดงให้ผู้คนได้ชมครั้งแรกในปี พ.ศ. 2347 (ค.ศ. 1804)



(ก)



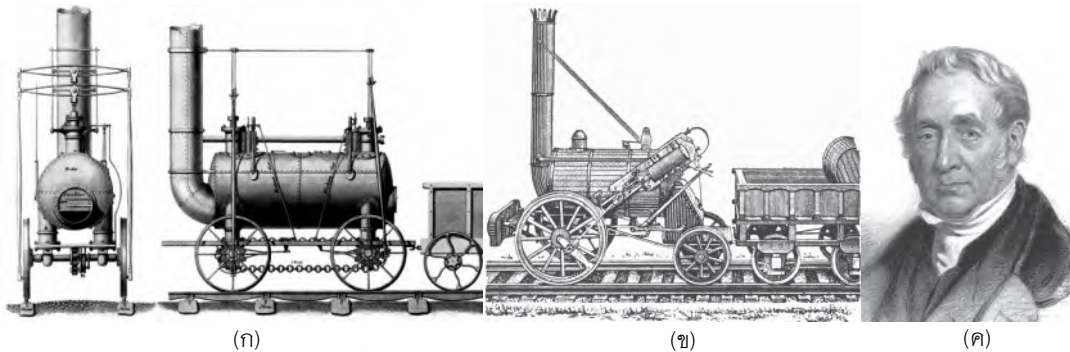
(ข)



(ค)

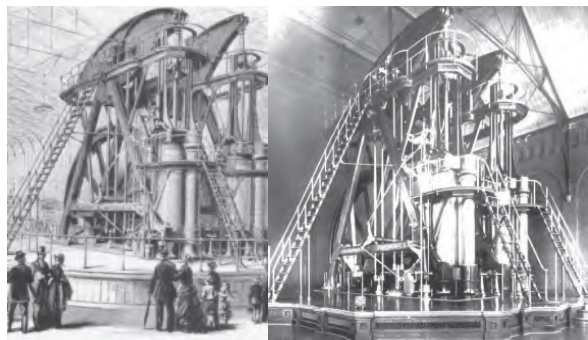
รูปที่ 1.16 รถไฟเครื่องจักรไอน้ำผลงานของริชาร์ด เทรวิทิค (ก) (ข) และริชาร์ด เทรวิทิค (ค)

สำหรับจอร์จ สตีเฟนสัน (George Stephenson) วิศวกรชาวอังกฤษ ซึ่งเป็นผู้นำคนหนึ่งในการคิดค้นและปรับปรุงเครื่องจักรไอน้ำสำหรับเป็นต้นกำเนิดรถไฟจนใช้งานได้ดี งานประดิษฐ์คิดค้นของเขาสานต่อจากงานของริชาร์ด เทร์ริทิด ที่ได้เริ่มไว้ให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น และเนื่องจากเครื่องจักรไอน้ำของริชาร์ด เทร์ริทิด ยังเป็นรถจักรไอน้ำที่ใช้เป็นล้อธรรมชาติและวิ่งบนถนน นอกจากนั้นรถดังกล่าวยังมีข้อจำกัดหลายประการ เช่น ความเร็วต่ำ และทำความเสียหายแก่ถนนเพราะน้ำหนักการบรรทุกที่มาก จึงได้สร้างรางเหล็กให้รถจักรวิ่ง ซึ่งเป็นการแก้ปัญหาถนนพังได้ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อวิ่งบนรางแล้วรถจักรยังคงตกรางบ่อย ๆ จึงได้ปรับปรุงล้อรถจักรใหม่จากเดิมเป็นล้อธรรมชาติก็เปลี่ยนเป็นล้อเหล็กและมีร่องสำหรับวิ่งบนรางเหล็กอีกด้วย จนได้รับการยกย่องว่าเป็น "บิดาแห่งการรถไฟ" และยังเป็นผู้นำสร้างทางรถไฟบริการสาธารณะระหว่างเมืองสายแรกของโลกที่ใช้หัวรถจักรไอน้ำระหว่างเมืองลิเวอร์พูลและเมืองแมนเชสเตอร์ ซึ่งเปิดให้บริการในปี พ.ศ. 2373 (ค.ศ. 1830) โดยที่เขาถูกขนานนามในฐานะ "บิดาของรถไฟ"



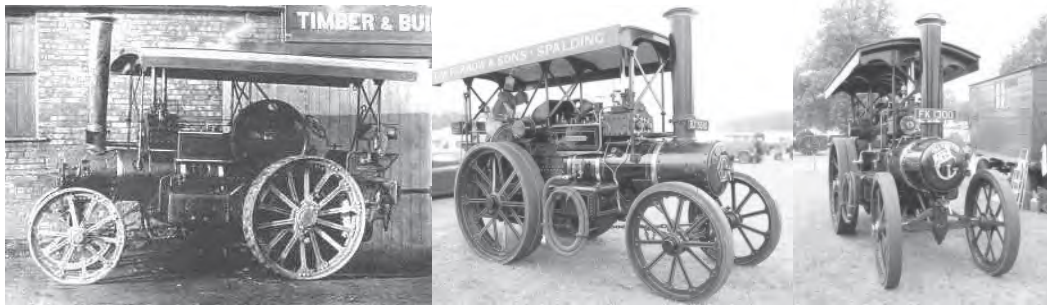
รูปที่ 1.17 รถไฟเครื่องจักรไอน้ำผลงานของจอร์จ สตีเฟนสัน (ก) (ข) และจอร์จ สตีเฟนสัน (ค)

ขณะเดียวกันที่ประเทศอังกฤษเกิดการพัฒนาเครื่องจักรไอน้ำอย่างแพร่หลาย เครื่องจักรขนาดใหญ่ถูกนำมาใช้เพื่อทดแทนแรงงานคน ดังรูปที่ 1.18 เครื่องจักรไอน้ำของบริษัทคอร์ลิสส์ ซึ่งจะเห็นว่าเครื่องจักรไอน้ำดังกล่าวเป็นเครื่องจักรที่มีขนาดใหญ่ มีเส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบ 44 นิ้ว ระบายชัก 10 ฟุต มีความสูงโดยรวม 54 ฟุตหนัก 56 ตัน ล้อช่วยแรง (Fly Wheel) มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 ฟุต หนา 24 นิ้ว สามารถให้แรงม้าเท่ากับ 1,400 แรงม้า ที่ 36 รอบต่อนาที ซึ่งเป็นเครื่องจักรที่ติดตั้งในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่



รูปที่ 1.18 เครื่องจักรไอน้ำของบริษัทคอร์ลิสส์ (Corliss)

ซึ่งในช่วงเวลาเดียวกันที่อังกฤษได้พัฒนาแทรกเตอร์ที่ใช้เครื่องจักรไอน้ำเป็นต้นกำลัง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2383 (ค.ศ. 1840) ซึ่งเป็นแทรกเตอร์ที่ใช้ทำงานอยู่ในฟาร์ม เครื่องต้นกำลังจากเครื่องจักรไอน้ำที่ใช้ปกติจะมีขนาดกำลังเท่ากับ 5 ถึง 20 แรงม้า ซึ่งสามารถลดการใช้แรงงานคนและลดเวลาในการทำงานลงได้เป็นอย่างมาก โดยในปี พ.ศ. 2411 (ค.ศ. 1868) แแทรกเตอร์ส่วนใหญ่ใช้สำหรับยกและลาก ท่อนซุง ซึ่งแทรกเตอร์ที่ได้รับความนิยมกันอย่างแพร่หลายคือรุ่น การ์เรทท์ 4 CD (Garrett 4 CD)



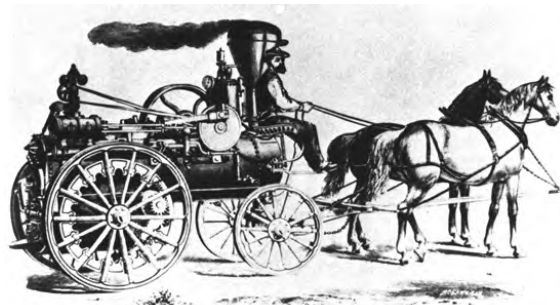
(ก)

(ข)

(ค)

รูปที่ 1.19 แแทรกเตอร์รุ่นการ์เรทท์ 4 CD (ก) (ข) และ (ค) ที่ได้รับความนิยมแพร่หลายในยุคนั้น

ขณะเดียวกันในประเทศสหรัฐอเมริกา เกิดสงครามกลางเมืองขึ้น เกิดการตั้งถิ่นฐานในดินแดนทุ่งหญ้าทางตะวันตก และมีความต้องการเครื่องทุ่นแรงในฟาร์มมากขึ้น โดยใช้เครื่องจักรไอน้ำเป็นต้นกำลังให้กับเครื่องนวด แต่เนื่องจากเครื่องจักรไอน้ำดังกล่าวยังไม่มีการขับเคลื่อนของตัวเอง จึงใช้ม้าหรือล่อมา จดลากไปยังแปลงต่าง ๆ ดังรูปที่ 1.20



รูปที่ 1.20 การใช้ม้าจดลากเครื่องจักรไอน้ำ

ในปี พ.ศ. 2413 (ค.ศ. 1870) มีผู้ประดิษฐ์คิดค้นชุดคลัตช์ เกียร์ และโซ่ที่จะใช้ขับเคลื่อนล้อหลัง เครื่องจักรไอน้ำนอกจากนั้นอุปกรณ์ควบคุมการบังคับเลี้ยวได้ถูกคิดค้นขึ้นเพื่อใช้ควบคุมบังคับเลี้ยวที่ล้อหน้า ในปี พ.ศ. 2423 (ค.ศ. 1880) เกษตรกรได้ซื้อแทรกเตอร์เครื่องจักรไอน้ำมาใช้งานเป็นจำนวนมาก นำมาใช้ในงานนวดและไถเตรียมดิน ดังรูปที่ 1.21

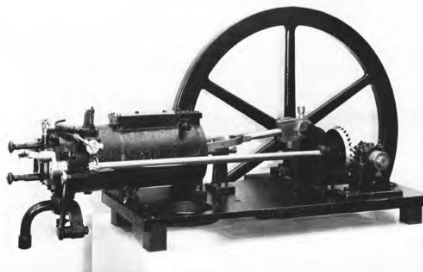


รูปที่ 1.21 เครื่องจักรไอน้ำจดลากชุดไถ

พัฒนาการที่สำคัญของการพัฒนาเครื่องยนต์สันดาปภายใน เมื่อปี ค.ศ. 1826 (พ.ศ. 2405) วิศวกรชาวฝรั่งเศสได้นำเสนอหลัก 4 ประการ เพื่อให้การทำงานของเครื่องยนต์มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น คือ



(ก)



(ข)

รูปที่ 1.22 โบ เดอ โรซาล์ (ก) และเครื่องที่ประดิษฐ์ขึ้นตามหลักการของเขา ซึ่งเขาไม่ได้ประดิษฐ์ขึ้นเอง (ข)

- 1) ห้องเผาไหม้ควรมีปริมาตรที่เล็กที่สุดเพื่อเพิ่มอัตราส่วนความอัด
- 2) กระบวนการขยายตัว (Expansion process) ควรเกิดขึ้นรวดเร็วที่สุด
- 3) แรงอัด ณ จุดเริ่มขยายตัวควรมีค่าสูงที่สุด
- 4) จังหวะของการขยายตัวควรยาวที่สุด

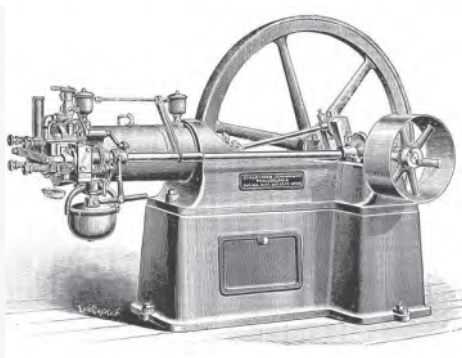
หลังจากที่โบ เดอ โรซาล์ ได้นำเสนอหลักการดังกล่าว มีนักประดิษฐ์จำนวนมากได้พยายามนำหลักการนั้นมาประดิษฐ์เครื่องยนต์สันดาปภายในอย่างหลากหลาย แต่มีผู้ที่ประสบความสำเร็จคนแรกเป็นชาวเยอรมันชื่อ นิโคลัส ออทท์ ออตโต้ (Nikolaus August Otto) ได้คิดหลักการการทำงานของเครื่องยนต์สันดาปภายใน โดยใช้หลักทางเทอร์โมไดนามิกส์ ซึ่งเรียกเป็นวัฏจักรทางความร้อน โดยใช้ชื่อว่า "วัฏจักรออทโต้ (Otto Cycle)" และเขายังได้คิดค้น "ระบบจุดระเบิดด้วยประกายไฟ (แมกนีโต)" ได้จดสิทธิบัตรในปี พ.ศ. 2419 (ค.ศ. 1876) และได้จัดแสดงรูปแบบการทำงานหลังจากนั้นสองปีต่อมาได้ประดิษฐ์เครื่องยนต์ที่จุดระเบิดด้วยประกายไฟ โดยใช้เชื้อเพลิงที่อยู่ในรูปของแก๊สภายหลังจากการอัดได้เป็นเครื่องแรกในปีพ.ศ. 2421 (ค.ศ. 1878) นิโคลัส ออทท์ ออตโต้ และยูจีน แลงเกน (Eugen Langen) ได้สร้างเครื่องยนต์เป็นเครื่องยนต์ที่มี 4 จังหวะการทำงาน ได้แก่ จังหวะดูดส่วผสม (Intake) จังหวะอัด (Compression) จังหวะกำลัง (Power) และจังหวะคายไอเสียออกจากกระบอกสูบ (Exhaust) ซึ่งเป็นหลักการที่ยังคงใช้กันมาถึงปัจจุบันนี้



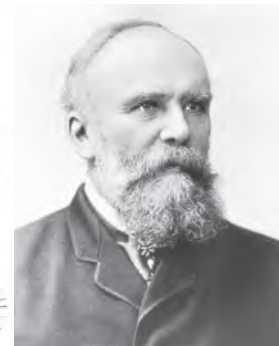
รูปที่ 1.23 นิโคลัส ออทท์ ออตโต้



(ก)



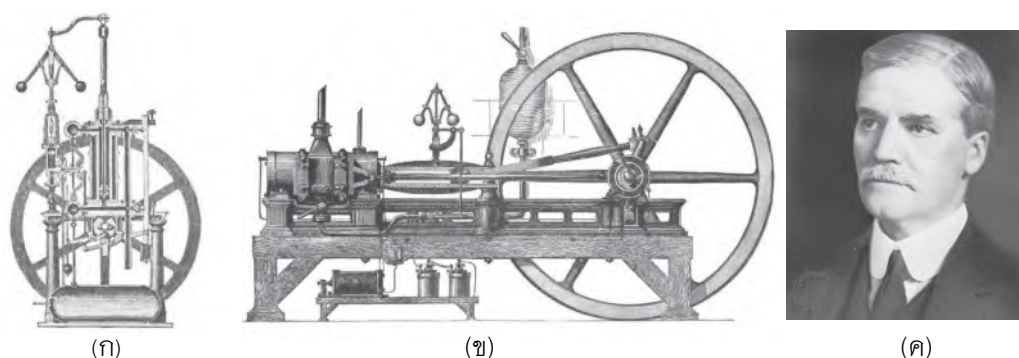
(ข)



(ค)

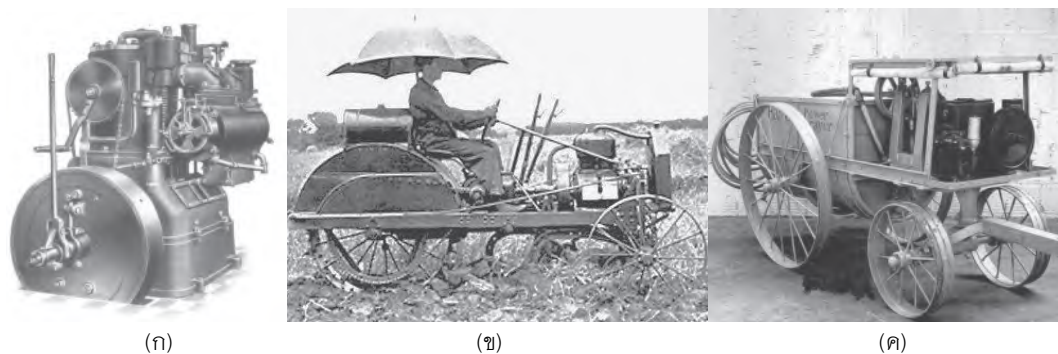
รูปที่ 1.24 เครื่องยนต์สันดาปภายในที่พัฒนาโดยออทโต้และแลงเกน (ก) (ข) และยูจีน แลงเกน (ค)

ขณะเดียวกันนักประดิษฐ์ร่วมสมัยของออกตโต้ ต่างก็มีความคิดเห็นว่าการเกิดกำลังเพียงจังหวะเดียวในเครื่องยนต์ที่มีการหมุน 2 รอบ เป็นการสูญเสียอย่างมากจึงหันมาให้ความสนใจกับเครื่องยนต์ 2 จังหวะและเครื่องยนต์ที่ไม่ต้องใช้แรงอัดอีก 3 ปี ภายหลังจากที่ออกตโต้ได้ประดิษฐ์เครื่องยนต์ 4 จังหวะ เซอร์ดักแกลด เคริก (Sir Dugald Clerk) ชาวสกอตแลนด์ได้สร้างเครื่องยนต์ 2 จังหวะที่มีระบบอัดขึ้น แต่ได้หยุดไปเนื่องจากปัญหาด้านกลไกการทำงาน



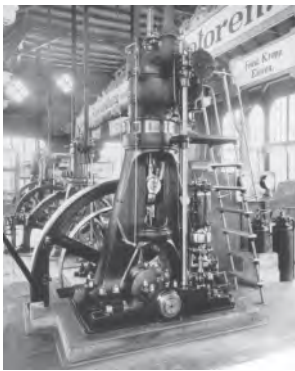
รูปที่ 1.25 เครื่องยนต์ 2 จังหวะของเซอร์ดักแกลด เคริก (ก) (ข) และเซอร์ดักแกลด เคริก (ค)

ในปี พ.ศ. 2434 (ค.ศ. 1891) โจเซฟ เดย์ (Joseph Day) ชาวอังกฤษ ได้ลดความซับซ้อนในการออกแบบเครื่องยนต์ 2 จังหวะลงโดยใช้ห้องเพลาลูกข้อเหวี่ยง (Crankcase) ช่วยในการอัดอากาศแทนการใช้ลูกสูบอัด (Pumping cylinder) สำหรับเครื่องยนต์ที่เคย์ประดิษฐ์มีการใช้ช่องไอดีและช่องไอเสียที่ผนังกระบอกสูบเช่นเดียวกับที่ใช้ในเครื่องยนต์ 2 จังหวะ ในปัจจุบันและในปี พ.ศ. 2449 (ค.ศ. 1906) บริษัทคัชแมน (Cushman Company) ประสบความสำเร็จในการประดิษฐ์เครื่องยนต์ 2 จังหวะ 2 สูบจุดระเบิดด้วยหัวเทียนสำหรับใช้เป็นต้นกำลังต่าง ๆ นอกจากนั้นยังใช้เป็นต้นกำลังของรถแทรกเตอร์เพื่อใช้ในการเกษตรอีกด้วย



รูปที่ 1.26 เครื่องยนต์ 2 จังหวะโจเซฟ เดย์ (ก) เครื่องยนต์ 2 จังหวะของบริษัทคัชแมน ที่ติดตั้งบนรถแทรกเตอร์ (ข) และติดตั้งบนรถพ่นสารเคมี (ค)

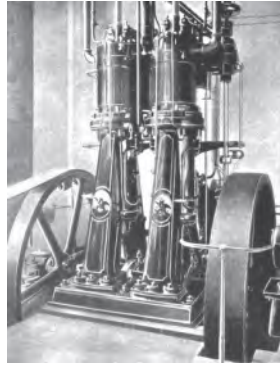
ในปี พ.ศ. 2435 (ค.ศ. 1892) ดร.รูดอล์ฟ ดีเซล (Dr. Rudolf Diesel) วิศวกรชาวเยอรมันได้จดสิทธิบัตรเครื่องยนต์ดีเซลที่จุดระเบิดด้วยการอัดอากาศ หลังจากทดลองมาหลายปี โดยเรียกหลักการการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ใหม่ว่า “วัฏจักรดีเซล (Diesel Cycle)” ซึ่งใช้การจุดระเบิดเชื้อเพลิงโดยการอัดอากาศให้มีปริมาตรเล็กลงและมีอุณหภูมิสูงขึ้น ในระยะแรกเขาได้ออกแบบเครื่องยนต์ให้ทำงานได้โดยใช้ผงถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงแต่หลังจากนั้นไม่นานก็เปลี่ยนมาใช้เชื้อเพลิงเหลว เครื่องยนต์ของดีเซลนี้สามารถใช้กับเชื้อเพลิงคุณภาพต่ำที่มีราคาถูกได้หลายชนิด อีกทั้งมีชิ้นส่วนน้อยกว่า และให้ประสิทธิภาพทางความร้อนดีกว่าเครื่องยนต์ของออตโต อย่างไรก็ตามปี พ.ศ. 2439 (ค.ศ. 1896) ออดอล์ฟ บุชส์ (Adolph Busch) ได้สร้างเครื่องยนต์ดีเซลเครื่องแรกของสหรัฐอเมริกาขึ้นที่เมืองเซนต์หลุยส์ รัฐมิสซูรีแต่ก็ยังไม่มีการนำเครื่องยนต์ดีเซลมาใช้ในแทรกเตอร์เพื่อการเกษตร จนกระทั่งอีกหลายปีหลังจากนั้น



(ก)



(ข)



(ค)

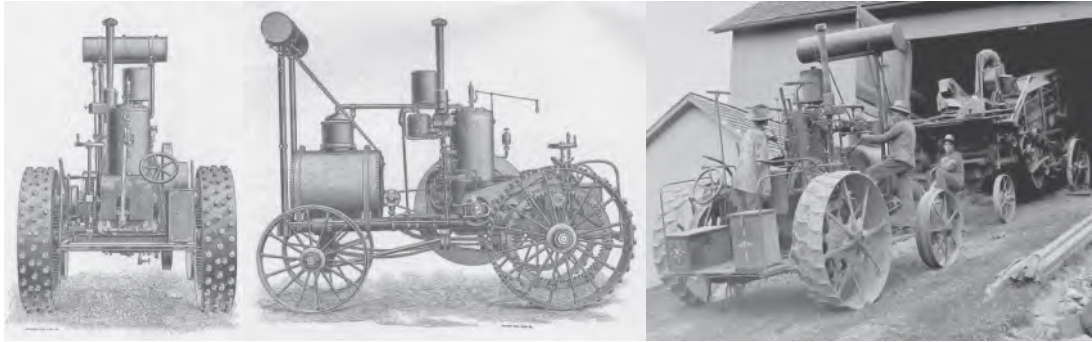


(ง)

รูปที่ 1.27 เครื่องยนต์ดีเซลของรูดอล์ฟ ดีเซล (ก) ดร.รูดอล์ฟ ดีเซล (ข)

เครื่องยนต์ดีเซลของอดอล์ฟ บุชส์ (ค) และอดอล์ฟ บุชส์ (ง)

ในเวลาเดียวกันปี พ.ศ. 2435 (ค.ศ. 1892) ในเมืองเล็ก ๆ ที่อยู่ทางตะวันออกเฉียงเหนือของไอโอวา จอห์น ฟรอลิกท์ (John Froelich) ชาวอเมริกัน คิดว่าการนำเครื่องยนต์แก๊สโซลีนไปติดตั้งเข้ากับเครื่องนวดน่าจะเหมาะสมกว่า ต่อมาได้คิดค้นและประดิษฐ์แทรกเตอร์เครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันเบนซินเครื่องแรกได้สำเร็จ โดยได้วางเครื่องยนต์แก๊สโซลีน แวน ดูเซน (Van Duzen) ลงบนตัวโครงรถโรบินสัน (Robinson chassis) ได้ติดตั้งชุดเกียร์เข้ากับแทรกเตอร์ ทำให้แทรกเตอร์สามารถเคลื่อนที่ขึ้นหน้าและถอยหลังได้ จากนั้นได้ก่อตั้งบริษัทแทรกเตอร์เครื่องยนต์แก๊สโซลีนวอเตอร์ลู บอย ขึ้นและเขาได้พัฒนาผลิตแทรกเตอร์ดังกล่าวไปเป็นรุ่นวอเตอร์ลู บอย (Waterloo Boy) ในปี พ.ศ. 2457 (ค.ศ. 1914) จากนั้นได้ขายกิจการให้บริษัทจอห์นเดียร์ (John Deere) ในปี พ.ศ. 2461 (ค.ศ. 1918) และแทรกเตอร์ดังกล่าวได้พัฒนาไปสู่แทรกเตอร์เครื่องยนต์ 2 สูบของบริษัทจอห์นเดียร์ในที่สุด

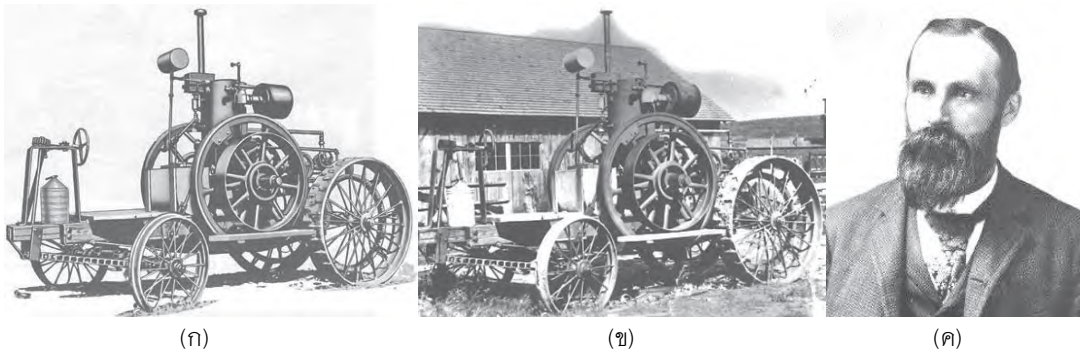


(ก)

(ข)

(ค)

รูปที่ 1.28 การติดตั้งเครื่องยนต์แก๊สโซลีน แวน ดูเซน สับเดียวเข้ากับแทรกเตอร์ (ก) (ข) และแทรกเตอร์ที่ใช้เป็นต้นกำลังให้กับเครื่องนวด (ค)

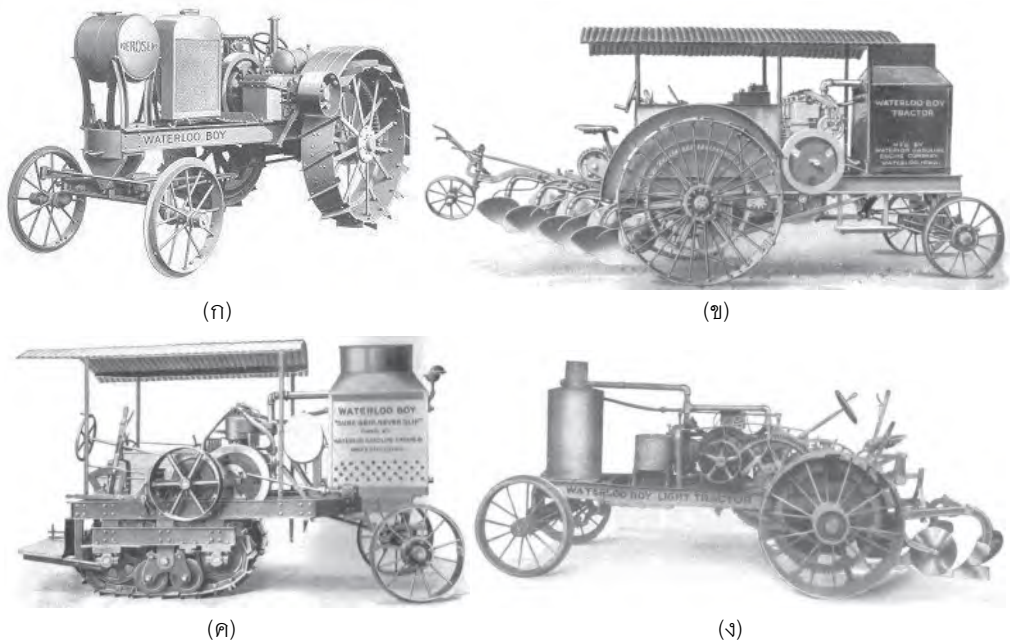


(ก)

(ข)

(ค)

รูปที่ 1.29 แแทรกเตอร์ของจอห์น ฟรอลิกท์ (ก) (ข) และจอห์น ฟรอลิกท์ (ค)



(ก)

(ข)

(ค)

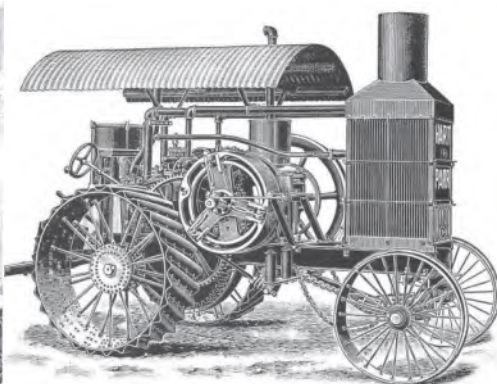
(ง)

รูปที่ 1.30 แแทรกเตอร์ Waterloo Boy ที่พัฒนาโดย จอห์น ฟรอลิกท์ (ก) (ข) (ค) และ (ง)

โรงงานผลิตรถแทรกเตอร์แห่งแรกถูกสร้างขึ้นโดยชาร์ลี ฮาร์ท (Charles Hart) และ ชาร์ลี พาร์รี (Charles Parr) โดยทั้งสองได้ให้ความสนใจเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ขณะที่ได้เข้าศึกษาด้านวิศวกรรมเครื่องกลที่มหาวิทยาลัยวิสคอนซิน ในปี พ.ศ. 2440 (ค.ศ. 1897) พวกเขาก่อตั้งบริษัทเครื่องยนต์แก๊สโซลีนฮาร์ท-พาร์รีและผลิตแทรกเตอร์คันแรก ชื่อแทรกเตอร์ฮาร์ท-พาร์รี ในปี ค.ศ. 1901



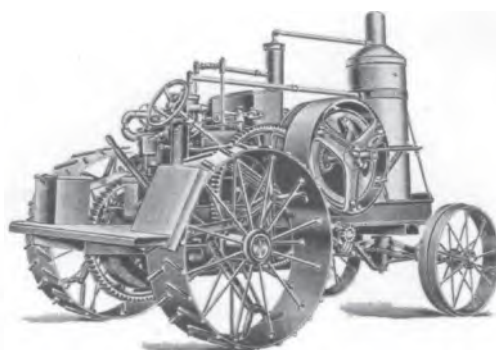
(ก)



(ข)



(ค)



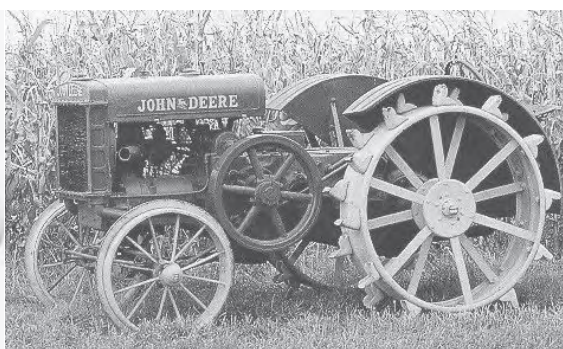
(ง)

รูปที่ 1.31 โรงงานผลิตแทรกเตอร์ฮาร์ท-พาร์รี (ก) และแทรกเตอร์แบบต่าง ๆ ของฮาร์ท-พาร์รี (ข) (ค) และ (ง)

จอห์น เดียร์ได้ก่อตั้งบริษัทขึ้นในปี พ.ศ. 2380 (ค.ศ. 1837) เดิมเป็นโรงงานผลิตไถเหล็ก (Steel plows) และในปี พ.ศ. 2461 (ค.ศ. 1918) ได้ซื้อแทรกเตอร์วอเตอร์ลู บอย ของจอห์น พรอลิกท์ ซึ่งในปี พ.ศ. 2466 (ค.ศ. 1923) จอห์น เดียร์ได้เปิดตัวรถแทรกเตอร์จอห์น เดียร์รุ่น D ซึ่งจะดำเนินการผลิตจริงในอีก 30 ปีข้างหน้า



(ก)



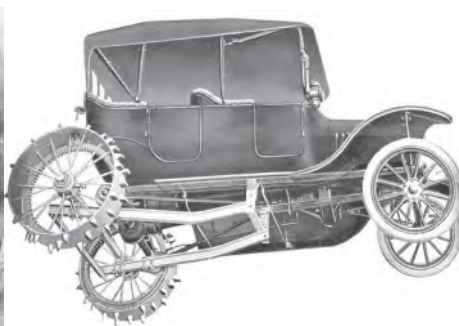
(ข)

รูปที่ 1.32 แทรกเตอร์จอห์น ดีแยร์รุ่น D (ก) และ (ข)

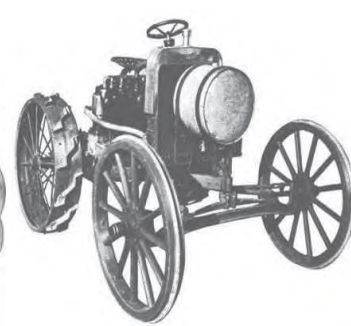
ในปี พ.ศ. 2450 (ค.ศ. 1907) บริษัท ฟอร์ด มอเตอร์ ได้ผลิตรถแทรกเตอร์คันแรก คนทั่วไปเรียกว่า “รถไถ” โดยเฮนรี ฟอร์ด (Henry Ford) ขณะนั้นความต้องการที่จะประยุกต์เทคโนโลยีในอุตสาหกรรมยานยนต์มาใช้งานในฟาร์ม หลังจากฟอร์ดประสบความสำเร็จในการสร้างแทรกเตอร์โมเดล T และสร้างโรงงานใหม่แล้วเสร็จจึงเริ่มสร้างแทรกเตอร์ขึ้นมาใช้งานต่อจากนั้น



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 1.33 เฮนรี ฟอร์ด (ก) ยานยนต์ฟอร์ด (ข) และแทรกเตอร์โมเดลที (Model T tractor) (ค)

เมื่อเกิดสงครามโลกครั้งที่ 1 ความต้องการแทรกเตอร์ที่ใช้ในงานฟาร์มสูงมาก อาหารจำเป็นมากสำหรับกองทัพ แรงงานชายที่ทำงานอยู่ในฟาร์มถูกเรียกไปทำสงคราม แทรกเตอร์ซึ่งสามารถทำงานทดแทนแรงงานคนในการผลิตอาหารได้หลายเท่า ดังนั้นรถแทรกเตอร์ฟอร์ดจึงถูกนำมาใช้เพื่อทดแทนแรงงานในงานฟาร์มเป็นจำนวนมาก

สำหรับ แมสซี เฟอร์กูสัน (Massy Ferguson) ได้ก่อตั้งโรงงานเพื่อผลิตอุปกรณ์ทางการเกษตรประมาณกลางปี พ.ศ. 2343 (ค.ศ. 1800) เป็นที่รู้จักในนามแมสซี-แฮร์ริส พวกเขาเริ่มนำเข้าแทรกเตอร์จากมินนิโซต้าส่งให้ลูกค้าชาวแคนาดาในช่วงต้นศตวรรษ 20 ผลจากสงครามโลกครั้งที่ 1 ผลักดันให้บริษัทให้ความสำคัญกับแทรกเตอร์มากขึ้น พวกเขาเลือกการนำเข้ารถแทรกเตอร์ของบริษัทบูลแทรกเตอร์ ขณะเดียวกันที่ประเทศไอร์แลนด์ แฮร์รี เฟอร์กูสัน (Harry Ferguson) ได้เริ่ม

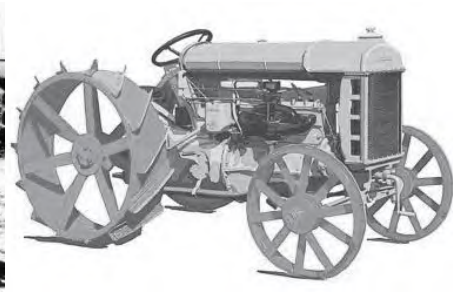
ออกแบบเพิ่มอุปกรณ์ในฟาร์มโดยการดัดแปลงแทรกเตอร์โมเดล T ซึ่งเป็นพื้นฐานสำหรับการสังเคราะห์เพื่อออกแบบรถแทรกเตอร์ฟอร์ดสัน โมเดล เอฟ (Fordson Model F) กลับมาที่แคนาดา แมสซี-แฮร์ริส ได้เริ่มผลิตแทรกเตอร์ของตนเอง



(ก)



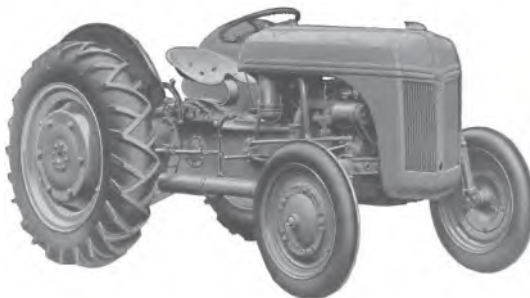
(ข)



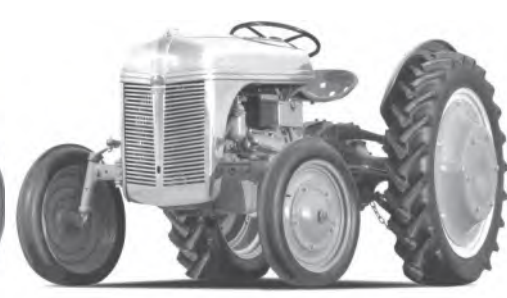
(ค)

รูปที่ 1.34 แฮร์รี เฟอร์กูสัน (ก) และแทรกเตอร์ Big bull (ข) และฟอร์ดสัน โมเดล เอฟ (ค)

ในปี พ.ศ. 2481 (ค.ศ. 1938) เฟอร์กูสันทำข้อตกลงกับฟอร์ดในการออกแบบรถแทรกเตอร์รุ่นใหม่เป็นที่รู้จักในชื่อ ฟอร์ด 9N และในปี พ.ศ. 2496 (ค.ศ. 1953) แมสซี-แฮร์ริสได้ซื้อบริษัทของ เฟอร์กูสัน และกลายเป็นแมสซี เฟอร์กูสัน



(ก)



(ข)

รูปที่ 1.35 แแทรกเตอร์ ฟอร์ด 9N (ก) และ (ข)

ย้อนกลับไปประมาณปี พ.ศ. 2433 (ค.ศ. 1890) หลายบริษัทเริ่มสร้างแทรกเตอร์ที่ใช้เครื่องยนต์สันดาปภายใน ดังรูปที่ 1.36 และมีการพัฒนาทั้งแทรกเตอร์ที่ใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง และที่ใช้เครื่องจักรไอน้ำเป็นต้นกำลัง นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2451–2455 (ค.ศ. 1908–1912) The Winnipeg Tractor Trials ได้เสนอข้อมูลจากการเปรียบเทียบระหว่างแทรกเตอร์ที่ใช้เครื่องจักรไอน้ำ และแทรกเตอร์ที่ใช้น้ำมันเบนซิน ซึ่งแทรกเตอร์ที่ใช้น้ำมันเบนซินสามารถทำงานได้โดยใช้ผู้ควบคุมเพียงคนเดียว ในขณะที่แทรกเตอร์ที่ใช้ไอน้ำต้องใช้คนมากกว่าหลายเท่าเพื่อดูแลเชื้อเพลิงและหม้อน้ำ ข้อมูลนี้มีผลทำให้ความนิยมในแทรกเตอร์ไอน้ำลดลง ซึ่งในปีพ.ศ. 2467 (ค.ศ. 1924) บริษัทฮินเตอร์

เนชั่นแนลฮาร์เวสเตอร์ (International Harvester Company) ได้สร้างแทรกเตอร์เครื่องจักรไถน้ำแบบปิด (Closed cycle steam tractor) ขึ้นแต่ไม่ได้จำหน่าย

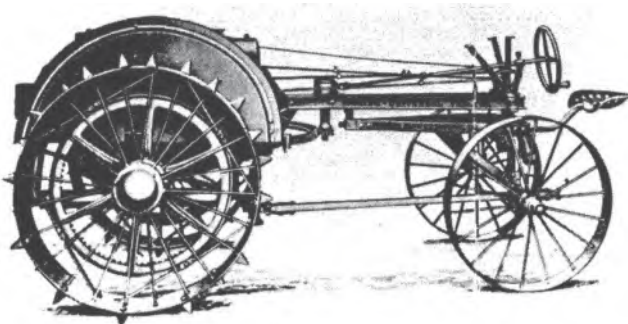


รูปที่ 1.36 แแทรกเตอร์เครื่องยนต์สันดาปภายในในยุคแรก ๆ

ระหว่างปี พ.ศ. 2453–2463 (ค.ศ. 1910–1920) ผู้ผลิตได้เริ่มพัฒนาแทรกเตอร์ให้มีขนาดเล็กลงและมีน้ำหนักเบากว่าที่เคยผลิตในยุคก่อน และเป็นช่วงเวลาเดียวกับที่ระบบส่งกำลัง (Transmission) ระบบจุดระเบิด (Ignition) ระบบหล่อลื่น (Lubrication) อุปกรณ์ควบคุมรอบของเครื่องยนต์หรือกาวานา (Governors) อุปกรณ์ผสมน้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศ (Carburetors) กรองอากาศ (Air cleaners) รวมถึงการจัดวางโครงตัวรถ (Chassis) ได้ถูกพัฒนาจนถึงระดับที่เชื่อถือได้ บางบริษัทได้ผลิต

แทรกเตอร์ให้มีล้อบังคับเลี้ยวอยู่ด้านท้าย ในขณะที่ล้อขับเคลื่อนอยู่ด้านหน้า ดังแสดงในรูปที่ 1.37 แแทรกเตอร์บางรุ่นมีเพียง 2 ล้อ และมีเฉพาะชุดแกนเพลาลัง (Rear axle kits) ซึ่งสามารถหาซื้อได้ตามท้องตลาด เพื่อนำมาปรับเปลี่ยนแปรสภาพเป็นแทรกเตอร์ได้ และในปี พ.ศ. 2463 (ค.ศ. 1920) แแทรกเตอร์ที่มีลักษณะที่ไม่เหมาะสมก็ไม่ปรากฏให้เห็นอีก ทั้งนี้ถือได้ว่าเป็นผลสืบเนื่องมาจากการออกแบบแทรกเตอร์ให้มีพวงมาลัยอยู่ด้านท้ายเพื่อบังคับล้อที่อยู่ด้านหน้า

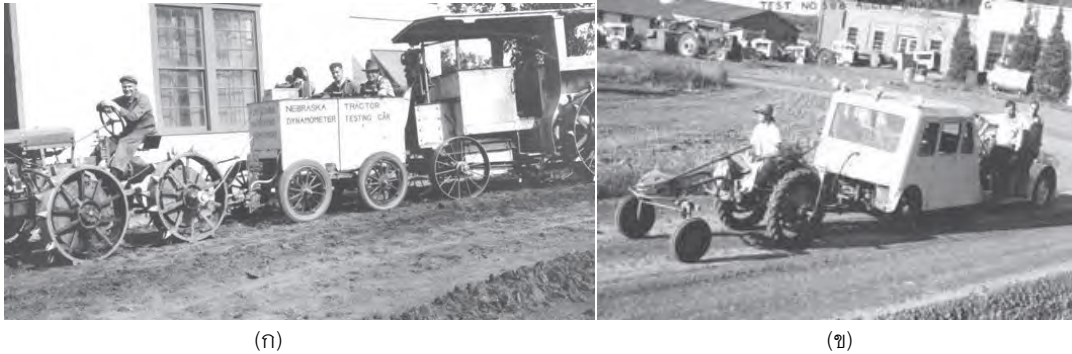
แทรกเตอร์ที่ได้จำหน่ายไปก่อนปี พ.ศ. 2463 (ค.ศ. 1920) ถือว่ายังใช้งานได้ไม่ได้นัก สิ่งนี้กระทบต่อคณะกรรมการทดสอบการทำงานของแทรกเตอร์ (A Federal tractor-testing program) ซึ่งสภาองเกรส (Congress) ไม่สามารถจัดหาทุนเพื่อสนับสนุนโครงการนี้ได้และหัวข้อนี้ก็ได้ถูกนำไปพิจารณาในระดับชาติ E.F. Crozier ซึ่งเป็นเกษตรกรและสมาชิกทางด้าน



รูปที่ 1.37 แแทรกเตอร์รุ่นแรก ๆ ที่ออกแบบใช้กับพืชที่ปลูกเป็นแถวมีการบังคับเลี้ยวจะอยู่ที่ล้อหลัง

กฎหมายของเนบราสกา (Nebraska) เป็นผู้หนึ่งที่ได้อซื้อแทรกเตอร์ที่มีคุณภาพไม่ดีไปใช้เขาได้ทำหนังสือเพื่อเรียกร้องค่าทดแทน ซึ่งมีผลให้สำนักงานกฎหมายแห่งเนบราสกา (Nebraska Legislature) ตั้งกฎการทดสอบแทรกเตอร์แห่งเมืองเนบราสกา (The Nebraska Tractor Test law) ขึ้นในปี พ.ศ. 2462

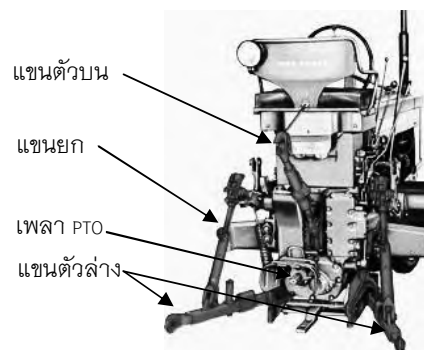
(ค.ศ. 1919) กำหนดให้ผู้ผลิตแทรกเตอร์ต้องนำแทรกเตอร์ไปทดสอบโดยมหาวิทยาลัยแห่งเนบราสก้า (The University of Nebraska) ก่อนนำออกจำหน่ายในท้องตลาด ซึ่งการทดสอบนี้ได้เป็นที่ยอมรับทั้งประเทศว่าเป็นมาตรการเปรียบเทียบแทรกเตอร์ที่เชื่อถือได้ จนกระทั่งมีการตั้งองค์กรทดสอบขึ้นมีชื่อเรียกว่า OECD (Organization of Economic and Community Development, a European organization) ขึ้นในปลายศตวรรษที่ 19 อย่างไรก็ตาม The Nebraska Test ถือได้ว่ามีผลต่อการพัฒนาการด้านการออกแบบและลดข้อด้อยของแทรกเตอร์ได้เป็นอย่างมาก



รูปที่ 1.38 การทดสอบแทรกเตอร์ที่เมืองเนบราสก้า (ก) และ (ข)

แม้การกำหนดรูปแบบพื้นฐานของแทรกเตอร์เกิดขึ้นอย่างจริงจังในปี พ.ศ. 2463 (ค.ศ. 1920) แต่พัฒนาการต่างๆ ได้เริ่มขึ้นก่อนหน้านั้นหลายปีแล้ว ที่สำคัญคือในยุคต้นของปี พ.ศ. 2463 ได้มีการพัฒนาแทรกเตอร์เพื่อใช้งานทั่วไป (General purpose Tractor) ซึ่งสามารถไถเตรียมดิน และทำงานอื่นในแปลงปลูกพืชได้ ซึ่งในอดีตแทรกเตอร์ทำได้เพียงการไถและจดลากเท่านั้นนอกจากนี้การทำงานโดยใช้เพลาอำนาจกำลังหรือ Power take-off (PTO) ก็มีการพัฒนาขึ้นในยุคนี้ด้วยซึ่งสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งอเมริกัน (The American Society of Agricultural Engineers) หรือ ASAE ได้จัดพิมพ์มาตรฐานเกี่ยวกับ PTO ขึ้นในปี พ.ศ. 2468 (ค.ศ. 1925) ส่วนการทำงานของเพลาอำนาจกำลังจะได้กล่าวถึงในบทต่อไป และในระหว่างปี พ.ศ. 2478–2482 (ค.ศ. 1935–1939) ได้มีการนำยางแบบเติมลมมาใช้แทนล้อเหล็ก ซึ่งส่งผลให้แทรกเตอร์สามารถวิ่งบนถนนได้และมีการพัฒนาแขนพวงท้ายแทรกเตอร์ 3 จุด (Three point hitch) ถือว่าประสบความสำเร็จเป็นครั้งแรกในยุคนี้

ระหว่างปีพ.ศ. 2483–2502 (ค.ศ. 1940–1959) ได้มีการนำระบบไฮดรอลิก (Hydraulic system) ระบบสตาร์ทด้วยตัวเอง (Self – starters) มาใช้ ตลอดจนมีการปรับปรุง



รูปที่ 1.39 แขนพวงท้ายและเพลา PTO

เก้าอี้ที่นั่งคนขับและเพิ่มเติมคุณสมบัติอื่น ๆ เพื่อให้เกิดความสะดวกสบายในการใช้แทรกเตอร์มากยิ่งขึ้น พัฒนาการแรกที่ถูกนำมาใช้ระหว่างปี พ.ศ. 2493–2502 (ค.ศ. 1950–1959) คือพวงมาลัยเพาเวอร์ (Power steering) เพลาอำนาจกำลังแบบอิสระ (Independent PTO) และการส่งกำลังแบบเกียร์อัตโนมัติ (Power shift transmissions)

แนวโน้มการใช้แทรกเตอร์ดีเซลได้เริ่มขึ้นระหว่างปี พ.ศ. 2503–2512 (ค.ศ. 1960–1969) และในปัจจุบันแทรกเตอร์เพื่อการเกษตรเกือบทั้งหมดใช้เครื่องยนต์ดีเซล นอกจากนี้ในช่วงเวลาเดียวกันได้มีการนำอัลเทอร์เนเตอร์ (Alternators) เทอร์โบชาร์จเจอร์ (Turbo chargers) และการถ่ายทอดกำลังด้วยไฮดรอลิก (Hydrostatic transmission) อีกทั้งเพื่อความปลอดภัยของผู้ขับที่จะติดตั้งโครงเหล็กสำหรับป้องกันการพลิกคว่ำแทรกเตอร์หมุนกลิ้งหรือพลิกคว่ำ (Roll over protective structure; ROPS) มากับตัวรถด้วยดังแสดงในรูปที่ 1.40 และ 1.41 สำหรับแทรกเตอร์บางรุ่นที่มีโครงเหล็กดังกล่าวจะออกแบบให้เป็นห้องคนขับที่ปิดด้วยวัสดุโปร่งแสง ทำให้สามารถใช้เครื่องปรับอากาศได้ ใช้ป้องกันฝุ่น ความร้อน หิมะหรือฝนได้ ดังแสดงในรูปที่ 1.42



รูปที่ 1.40 โครงเหล็กสำหรับป้องกันคนขับขณะรถเกิดการหมุนกลิ้งหรือพลิกคว่ำ

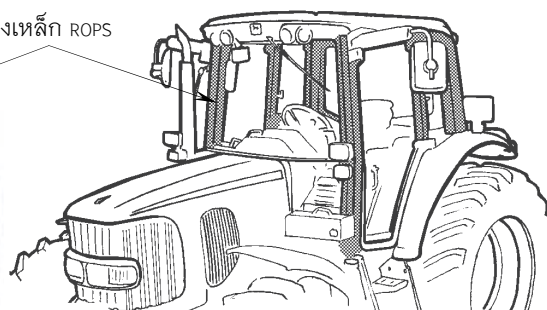


รูปที่ 1.41 เมื่อเกิดการพลิกคว่ำโครงเหล็กต้องแข็งแรงและไม่ยุบตัวลง



(ก)

โครงเหล็ก ROPS



(ข)

รูปที่ 1.42 การออกแบบห้องคนขับโดยอาศัยโครงเหล็กป้องกันการหมุนกลิ้งหรือพลิกคว่ำ (ก) และ (ข)

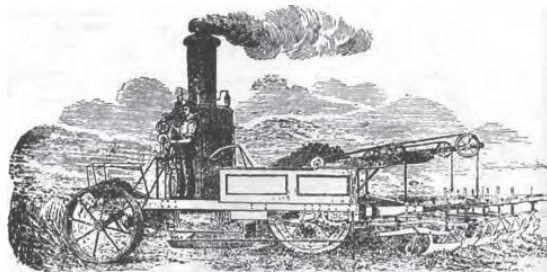
ระหว่างปี พ.ศ. 2513–2522 (ค.ศ. 1970–1979) จำนวนการใช้แทรกเตอร์ขับเคลื่อน 4 ล้อและแทรกเตอร์พิเศษขนาดเล็กเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก และมีการนำเอาระบบระบายความร้อนของน้ำมันหล่อลื่น (Intercoolers) มาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ที่ใช้ระบบเทอร์โบชาร์จเจอร์อีกด้วย

เนื่องจากแทรกเตอร์ขับเคลื่อน 2 ล้อมีขนาดใหญ่ขึ้น ดังนั้นจึงเพิ่มกลไกสำหรับช่วยขับเคลื่อนล้อหน้า (Mechanically driven front-wheel assists หรือ FWA) มาใช้อย่างกว้างขวางในระหว่างปี พ.ศ. 2523–2532 (ค.ศ. 1980–1989) นอกจากนี้ความก้าวหน้าทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ได้นำไปสู่การใช้สัญญาณเตือน (Sensors monitors) และควบคุมการทำงานด้วยอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic controls) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและสมรรถนะของแทรกเตอร์ให้สูงขึ้น

สำหรับเหตุการณ์สำคัญของพัฒนาการแทรกเตอร์ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2401 ถึง พ.ศ. 2510 (ค.ศ. 1858 ถึง 1967) ตามลำดับดังต่อไปนี้

2401 (1858)

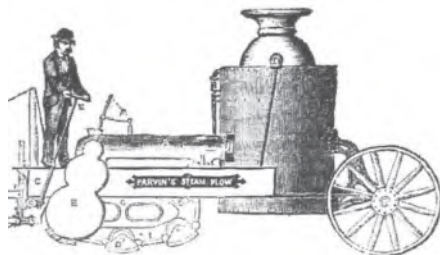
- โจเซฟ วอล์คเกอร์ ฟอกส์ (Joseph Walker Fawkes) ชาวอเมริกันใช้รถแทรกเตอร์เครื่องจักรไอน้ำที่มีความกว้าง 8 ฟุต ยาว 12 ฟุต ระบายสูบเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 นิ้ว ระยะชัก 15 นิ้ว ลากชุดไถ 8 ฟาน ด้วยความเร็ว 3 ไมล์ต่อชั่วโมง



รูปที่ 1.43 เครื่องจักรไอน้ำของโจเซฟ วอล์คเกอร์ ฟอกส์

2416 (1873)

- เครื่องจักรไอน้ำของพาร์วินส์ (Parvins) ซึ่งอาจเป็นเครื่องจักรไอน้ำเครื่องแรกของประเทศสหรัฐอเมริกา โดยได้นำมาติดตั้งบนรถแทรกเตอร์แบบตีนตะขาบ แม้ตามรายงานการจดสิทธิบัตรระบุว่ารถแทรกเตอร์แบบตีนตะขาบได้ถูกพัฒนาขึ้นในต้นปี พ.ศ. 2393 (ค.ศ. 1850) แล้วก็ตาม



รูปที่ 1.44 เครื่องจักรไอน้ำของพาร์วินส์

- 2419 (1876) - นิโคลัส ออกัสท์ ฮอตโต้ ได้จดสิทธิบัตรเครื่องยนต์สันดาปภายใน
- 2432 (1889) - แทรกเตอร์ที่ติดตั้งเครื่องยนต์สันดาปภายในได้ถูกสร้างขึ้น
- 2451 (1908) - รถแทรกเตอร์สำหรับการทดลองคันแรกได้ถูกสร้างขึ้นชื่อ วินนิเพก
- 2453-2457 (1910-1914) - มีการสาธิตแทรกเตอร์ครั้งแรกที่เมืองโอมาฮา มลรัฐเนบราสก้า
 ประเทศสหรัฐอเมริกา ในปี พ.ศ. 2454 (ค.ศ. 1911)
 - รถแทรกเตอร์ขนาดเล็กและมีน้ำหนักเบาได้ถูกแนะนำเข้าสู่ตลาด
 จำหน่าย
 - รถแทรกเตอร์แบบไม่มีโครง (Frameless type) ถูกนำมาใช้เป็นครั้งแรก
- 2458-2462 (1915-1919) - เพลอำนาจกำลัง (PTO) ได้ถูกนำมาติดตั้งเข้ากับรถแทรกเตอร์
 - กฎหมายการทดสอบแทรกเตอร์ของมลรัฐเนบราสก้าได้ผ่านสภา
 และเริ่มนำออกมาใช้
- 2463-2467 (1920-1924) - รถแทรกเตอร์อเนกประสงค์ได้รับการพัฒนาจนประสบความสำเร็จ
- 2468-2472 (1925-1929) - เพลอำนาจกำลัง (PTO) รถแทรกเตอร์ได้รับการปรับปรุงให้ดีขึ้น
- 2473-2480 (1930-1937) - เครื่องยนต์ดีเซลถูกดัดแปลงมาติดตั้งในรถแทรกเตอร์ขนาดใหญ่
 - ล้อยางถูกนำมาใช้กับรถแทรกเตอร์ ทำให้รถแทรกเตอร์มีความเร็ว
 และมีความคล่องตัวมากขึ้น
 - อุปกรณ์ไฟฟ้าในรถแทรกเตอร์ได้รับการปรับปรุงให้ดีขึ้น
 - เครื่องยนต์ที่มีกำลังอัดสูงได้รับความสนใจมากขึ้น
 - แทรกเตอร์แบบอเนกประสงค์เป็นที่ยอมรับของประชาชนมากขึ้น
- 2480-2484 (1937-1941) - มาตรฐานเพลอำนาจกำลังและตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์พวงท้าย
 รถแทรกเตอร์ของสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งสหรัฐอเมริกาเป็นที่
 ยอมรับจากประชาชนทั่วไป
 - ระบบหล่อเย็นแบบแรงดัน (Pressurized cooling system) ได้ถูก
 นำมาใช้กับรถแทรกเตอร์
 - การเพิ่มกำลังจุลลาคโดยการเติมของเหลวเข้าไปในยางของรถ
 แทรกเตอร์ได้ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวาง
 - การติดตั้งอุปกรณ์พวงท้ายหรือเครื่องทุ่นแรงเข้ารถแทรกเตอร์แบบ
 3 จุด (Three point hitch) ได้ถูกนำมาใช้เป็นครั้งแรก
 - การควบคุมเครื่องทุ่นแรงแบบอัตโนมัติด้วยระบบไฮดรอลิกถูก
 นำมาใช้กับรถแทรกเตอร์

- 2484–2492 (1941–1949)
 - เพลอาณานิคมกำลังแบบคลัตช์รวมได้ถูกนำมาใช้กับรถแทรกเตอร์
 - ระบบไฮดรอลิกที่ใช้สำหรับควบคุมอุปกรณ์พวงท้ายแบบลากได้รับการปรับปรุงให้ดีขึ้น
 - รถแทรกเตอร์ใช้แก๊ส (Liquefied petroleum gasses) เป็นเชื้อเพลิงได้ถูกแนะนำเข้าสู่วงการ
 - จำนวนรถแทรกเตอร์ชนิดใช้กับงานสวนขนาดเล็กได้เพิ่มจำนวนมากขึ้น
- 2493–2503 (1950–1960)
 - แทรกเตอร์มีกำลังหรือแรงม้าเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว
 - จำนวนรถแทรกเตอร์เครื่องยนต์ดีเซลเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว
 - ระบบบังคับเลี้ยวแบบกำลัง (Power steering) ระบบเกียร์อัตโนมัติแบบระบบส่งกำลังแบบหลายความเร็ว ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย
- 2503 (1960)
 - ระบบไฮดรอลิกแบบวงจรปิดถูกนำมาใช้กับรถแทรกเตอร์
- 2510 (1967)
 - ระบบการส่งกำลังแบบไฮโดรสแตติก (Hydrostatic) ถูกนำมาใช้กับรถแทรกเตอร์ เพื่อลดความยุ่งยากในการปรับความเร็ว (ระบบส่งกำลังแบบกลไก) เพื่อให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องยนต์ดีขึ้น

1.2 พัฒนาการแทรกเตอร์ในประเทศไทย

สำหรับประเทศไทยแทรกเตอร์มีบทบาทและมีความสำคัญยิ่งต่อเกษตรกร คือรถไถเดินตาม (Walking tractor) เนื่องจากราคาไม่แพงจนเกินไป ทำให้เกษตรกรสามารถซื้อมาใช้ได้ มีระบบกลไกไม่ซับซ้อน ใช้งานง่าย สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานอื่นได้หลากหลาย จากรถไถเดินตามดังกล่าวได้พัฒนากลายเป็นแทรกเตอร์ ซึ่งพัฒนาการของรถไถเดินตามและแทรกเตอร์ของประเทศไทยสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

1.2.1 การนำเข้ารถไถเดินตามจากต่างประเทศ

ประเทศไทยประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม ซึ่งเกษตรกรส่วนมากจะปลูกข้าว ซึ่งปัญหาสำคัญอันหนึ่งของการปลูกข้าวก็คือการไถเตรียมดิน แต่เดิมการไถเตรียมดินจะใช้สัตว์เป็นต้นกำลังสำหรับฉุดลากชุดไถ ซึ่งเป็นงานที่หนักและใช้ระยะเวลาค่อนข้างมาก ดังนั้นการนำเครื่องทุ่นแรงเข้ามาช่วยในการแก้ปัญหาดังกล่าวจึงเริ่มขึ้น คือ

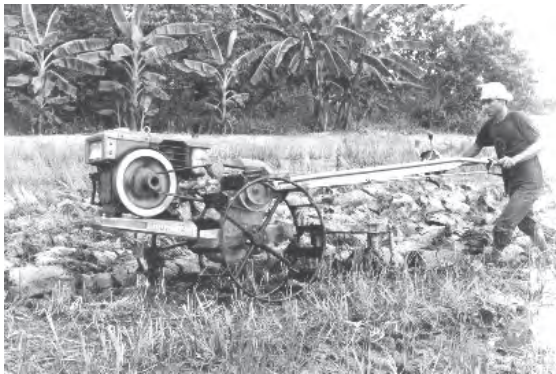
พ.ศ. 2490 บริษัท ส. ธีรชัยนันท์ จำกัด ได้นำเข้ารถไถเดินตามแบบติดจอบหมุนจากประเทศอังกฤษ เป็นแบบล้อยาง ใช้ต้นกำลังเป็นเครื่องยนต์เบนซิน 1 สูบ ขนาด 6 แรงม้า

พ.ศ. 2496 บริษัทดังกล่าวได้นำเข้ารถไถเดินตามติดจอบหมุนจากประเทศเดิม แต่เครื่องยนต์ต้นกำลังเป็นเครื่องยนต์เบนซิน 2 สูบ ขนาด 9.8 แรงม้า มีคันบังคับยาวขึ้นและใช้ล้อเหล็ก

พ.ศ. 2500 บริษัทเดม ได้นำเข้ารถไถเดินตามอีกรุ่นติดไถจอบหมุนจากประเทศเดม แต่ติดตั้งเครื่องยนต์ดีเซลขนาด 9 แรงม้าช่วยให้ประหยัดน้ำมันได้มาก

พ.ศ. 2500-2510 หลายบริษัทเอกชนในประเทศไทยได้นำเข้ารถไถเดินตามจากประเทศญี่ปุ่น ได้แก่ ยี่ห้อมิทซูบิชิ ฮอนด้า อิเซกิ และคูโบต้า อย่างไรก็ตามราคารถที่นำเข้าจากต่างประเทศราคาค่อนข้างสูง จึงทำให้ตลาดไม่ค่อยขยายตัวเท่าที่ควร

พ.ศ. 2520 มีการนำเข้ารถไถเดินตามจากสาธารณรัฐประชาชนจีน ซึ่งมีราคาถูก แต่อย่างไรก็ตามรถไถมีรูปร่างใหญ่และขนาดค่อนข้างเทอะทะ



(ก)



(ข)

รูปที่ 1.45 การไถเตรียมดินด้วยรถไถเดินตาม (ก) และติดตั้งอุปกรณ์พ่วงท้ายอื่น ๆ (ข)

1.2.2 การพัฒนารถไถเดินตามและแทรกเตอร์ในประเทศไทย

สำหรับประเทศไทยการพัฒนารถไถเดินตามเกิดขึ้นจากทั้งหน่วยงานของรัฐ และเอกชน ดังนี้

พ.ศ. 2501 ม.ร.ว.เทพฤทธิ์ เทวกุล ได้เริ่มโครงการควายเหล็ก โดยได้พัฒนารถไถเดินตาม ใช้เครื่องยนต์ดีเซล 4.5 แรงม้า เป็นต้นกำลังถ่ายทอดกำลังด้วยโซ่และต่อมาได้พัฒนาให้มีที่นั่งคนขับ และเพิ่มล้อที่สามเข้าไป นับเป็นรถไถนั่งขับคันแรกของประเทศไทย อย่างไรก็ตามรถไถสามล้อก็ยังมีข้อจำกัดคือ ขณะทำการเลี้ยวจะเกิดความไม่สะดวกขึ้น จึงได้พัฒนาให้เป็นแบบสี่ล้อ และถือเป็นแทรกเตอร์ควายเหล็กสี่ล้อคันแรกของประเทศไทย

พ.ศ. 2502 ได้พัฒนาความกว้างของล้อหน้าให้มากขึ้น จากเดิมระยะห่างของล้อหน้าค่อนข้างชิดกัน และได้เปลี่ยนเครื่องยนต์ดีเซล 4.5 แรงม้า เป็น 8.5 แรงม้า

พ.ศ. 2509 ม.ร.ว.เทพฤทธิ์ เทวกุล ได้พัฒนาควายเหล็กเทพฤทธิ์ขั้นสุดท้าย โดยใช้เครื่องยนต์ดีเซลของโตโยต้าขนาด 25 แรงม้าเป็นต้นกำลัง โดยรถแทรกเตอร์ควายเหล็กดังกล่าวมีคุณลักษณะสากลของแทรกเตอร์ที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันอย่างสมบูรณ์ คือมีเพลลาำนวยกำลัง มีระบบไฮดรอลิกสำหรับยกอุปกรณ์พ่วงท้าย เป็นต้น

พ.ศ. 2510 บริษัทอุตสาหกรรมกรุงจักรกล ได้รับการสนับสนุนจากรัฐบาล ให้ประกอบควายเหล็กเทพฤทธิ์จำหน่าย โดยใช้เครื่องยนต์และส่วนประกอบแทรกเตอร์ที่ถูกผลิตจากประเทศญี่ปุ่น และปิดกิจการลงเมื่อปี พ.ศ. 2515

พ.ศ. 2510 โรงงานสหยนต์ จังหวัดปทุมธานี ได้ผลิตรถแทรกเตอร์แบบเลี้ยวกลางลำ โดยดัดแปลงจากรถไถเดินตาม ตัวคัสซี (ส่วนโครงสร้าง) ได้ถูกต่อออกทางด้านหลังพร้อมที่นั่ง นอกจากนี้ยังพัฒนาพวงมาลัยและแขนยกอุปกรณ์

พ.ศ. 2512 โรงงาน จ. เจริญชัย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ได้พัฒนาแทรกเตอร์แบบขับเคลื่อนด้วยล้อหลัง มีเกียร์เดินหน้าและถอยหลัง ถ่ายทอดกำลังจากเครื่องยนต์ไปกระปุกเกียร์ด้วยสายพาน ลักษณะพิเศษของแทรกเตอร์แบบนี้คือจะมีชุดเฟืองท้ายอยู่ในห้องเกียร์ และแทรกเตอร์ลักษณะนี้จะถูกเรียกชื่อทางวิชาการว่า รถแทรกเตอร์แบบอยุธยา และปัจจุบันได้มีการพัฒนาให้มีระบบไฮดรอลิกเพื่อใช้สำหรับยกอุปกรณ์พ่วงท้าย

พ.ศ. 2522 โรงงาน จ. เจริญชัย ได้พัฒนาแทรกเตอร์รุ่นแรดน้อย การถ่ายทอดกำลังจะถ่ายทอดโดยตรงสู่กระปุกเกียร์ ไม่ใช้สายพานเหมือนรุ่นเก่า ใช้เครื่องยนต์ระบายความร้อนด้วยอากาศขนาด 14 แรงม้า

พ.ศ. 2536 อาจารย์ชาญชัย โรจนสโรช มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้พัฒนาแทรกเตอร์ขนาดเล็กขึ้น คือรุ่นกำแพงแสน 0836 G โดยใช้เครื่องยนต์เบนซิน 8 แรงม้า เป็นต้นกำลัง มีเกียร์เดินหน้า 4 เกียร์ มีเกียร์ถอยหลัง 2 เกียร์ มีเพลลาอำนวยการและระบบไฮดรอลิกสำหรับยกอุปกรณ์

พ.ศ. 2537 อาจารย์ชาญชัย โรจนสโรช ได้พัฒนาแทรกเตอร์จากรุ่นกำแพงแสน 0836 G เป็นรุ่นกำแพงแสน 0837 D โดยให้ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลขนาด 8-11 แรงม้า เป็นต้นกำลัง

พ.ศ. 2538 อัครพล เสนาณรงค์ และสุภาจิต เสี่ยงมพงศ์ กองเกษตรวิศวกรรม ได้พัฒนาแทรกเตอร์ขนาดเล็ก โดยออกแบบชุดเฟืองท้ายอยู่ในห้องเกียร์เช่นเดียวกับแบบอยุธยา แต่เฟืองท้ายจะถูกออกแบบเป็นพิเศษ โดยประกอบจากเฟืองฟันตรงเท่านั้น ไม่ใช้เฟืองดอกจอก ทำให้การผลิตง่ายและมีราคาถูก และได้นำระบบเกียร์แบบ Shuttle shift มาใช้ ทำให้สะดวกในการเปลี่ยนเกียร์



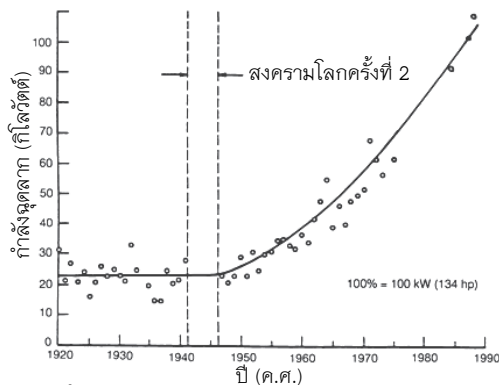
(ก)

(ข)

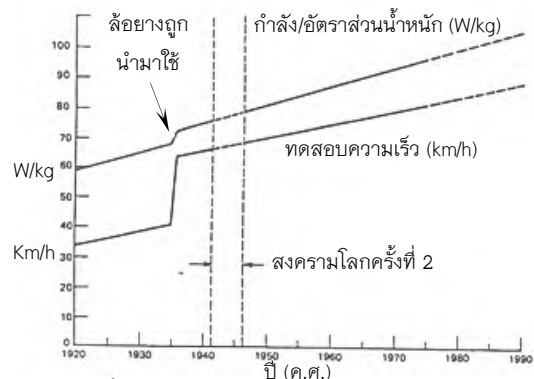
รูปที่ 1.46 การไถเตรียมดินด้วยแทรกเตอร์ที่พัฒนาในประเทศไทย (ก) และ (ข)

1.3 แทรกเตอร์ในอนาคต (Tractors of the future)

แทรกเตอร์ในอนาคตจะแตกต่างจากแทรกเตอร์จากอดีตกาลเพียงใดคงต้องศึกษาจากแนวโน้มของการพัฒนาการในการผลิต จากรูปที่ 1.47 แสดงให้เห็นแนวโน้มจาก Nebraska Testing Station ที่แสดงให้เห็นว่าแนวโน้มความต้องการแรงจลุดลากแทรกเตอร์ของผู้ใช้แทรกเตอร์สูงขึ้น ตามความต้องการสมรรถนะของแทรกเตอร์หรือความเร็วในการทำงานของแทรกเตอร์ที่เพิ่มขึ้นและจากรูปที่ 1.48 แสดงให้เห็นว่าอัตรากำลังของแทรกเตอร์ต่อน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามความเร็วและแรงที่ต้องการใช้งานอย่างไรก็ตามจะเห็นว่าในอนาคตขนาดและสมรรถนะของแทรกเตอร์คงถึงจุดยุติที่ระดับหนึ่ง



รูปที่ 1.47 แนวโน้มของแรงจลุดลากของแทรกเตอร์
ทดสอบที่ Nebraska Testing Station



รูปที่ 1.48 แนวโน้มความเร็วและกำลังต่ออัตรา
ส่วนน้ำหนักของแทรกเตอร์ที่ทดสอบ

ในอนาคตจะมีการนำไมโครโปรเซสเซอร์ (Microprocessor) และอุปกรณ์ควบคุมอัตโนมัติมาใช้ในการเกษตรมากขึ้น และหากมีการรับสัญญาณประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ต้นกำลังมาใช้ในแทรกเตอร์ จะส่งผลให้มีการปรับอัตราทดความเร็วของเกียร์เพื่อรักษสมรรถนะต่าง ๆ ในการทำงานทั้งหมดไว้ ซึ่งในอนาคตอาจมีการควบคุมการส่งกำลังอย่างอัตโนมัติ ความคิดต่าง ๆ เหล่านี้ไม่ใช่ความคิดใหม่แต่ได้เคยถูกนำมาใช้กับแทรกเตอร์แล้ว แต่จะเป็นไปได้หรือไม่ที่ไมโครโปรเซสเซอร์จะสามารถควบคุมระบบพวงมาลัย (Steering) ของแทรกเตอร์ได้อย่างแม่นยำ ซึ่งเป็นประเด็นที่น่าท้าทายและเชื่อว่ามีความเป็นไปได้สูง

ในขณะที่ราคาของน้ำมันปิโตรเลียมสูงขึ้นและเริ่มขาดแคลนมีผลทำให้การออกแบบแทรกเตอร์เปลี่ยนแปลงไป จะมีการนำวัสดุอื่นมาใช้ในการสร้างแทรกเตอร์หรือไม่ จะเป็นไปได้หรือไม่ที่แทรกเตอร์จะทำงานอย่างมีประสิทธิภาพในอัตราความเร็วที่ต่ำลง และจะเป็นไปได้หรือไม่ที่จะมีการสร้างเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงได้หลายชนิด (Multi fuel engines) ที่สามารถทำงานได้กับเชื้อเพลิงทุกประเภทที่ราคาถูกอย่างไรก็ตามพัฒนาการต่าง ๆ ยังคงต้องดำเนินต่อไป

สรุปแล้วแทรกเตอร์สำหรับงานฟาร์ม ทำให้งานการเกษตรซึ่งเป็นงานหนักกลับกลายเป็นงานที่สะดวกสบายยิ่งขึ้น ช่วยเพิ่มผลผลิตและคุณภาพผลผลิต ตลอดจนลดเวลาในการทำงานให้น้อยลง ซึ่ง

จากประวัติและพัฒนาการของแทรกเตอร์ ทำให้เราทราบว่าพัฒนาการสูงสุดของแทรกเตอร์ได้เริ่มขึ้นเมื่อประมาณร้อยกว่าปีที่ผ่านมา โดยอยู่ภายใต้การควบคุมของ The Nebraska tractor Test Law ซึ่งตั้งขึ้นในปี พ.ศ. 2462 (ค.ศ. 1919) เพื่อลดข้อบกพร่องของแทรกเตอร์และทำให้แทรกเตอร์มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

แทรกเตอร์เพื่อการเกษตรเครื่องแรกถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้พรวนเมล็ดพืช และใช้ในการฉุดลากชุดไถระหว่างปี พ.ศ. 2463-2472 (ค.ศ. 1920-1929) ได้มีการสร้างแทรกเตอร์สำหรับใช้งานทั่วไปขึ้น ซึ่งสามารถไถยกทรงเพื่อปลูกพืชได้ ในปัจจุบันแทรกเตอร์ถูกสร้างขึ้นมาเป็นจำนวนมาก เพื่อทำหน้าที่พิเศษต่าง ๆ ทั้งในงานด้านการเกษตรและด้านอุตสาหกรรม

เครื่องจักรไอน้ำเครื่องแรกใช้ฟืนและถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง เมื่อมีการเจาะบ่อน้ำมันบ่อแรกขึ้นในปีพ.ศ. 2402 (ค.ศ. 1859) ได้มีการใช้ปิโตรเลียมเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์สันดาปภายใน ต่อมาน้ำมันดีเซลได้กลายเป็นเชื้อเพลิงหลักสำหรับแทรกเตอร์ทางการเกษตร และเป็นที่นิยมมาจนถึงปัจจุบัน อย่างไรก็ตามการแสวงหาแหล่งเชื้อเพลิงใหม่ก็ยังคงยังดำเนินอยู่อย่างต่อเนื่อง

สำหรับประเทศไทยจุดเริ่มต้นการพัฒนาแทรกเตอร์มาจากการเริ่มนำเข้ารถไถเดินตามเมื่อประมาณปี พ.ศ. 2490 และได้พัฒนาให้เหมาะสมกับการใช้งานยิ่งขึ้น ซึ่งจากเดิมเป็นแบบ 2 ล้อ ได้พัฒนาให้มี 3 ล้อ และ 4 ล้อ ตามลำดับ ปัจจุบันแทรกเตอร์ที่ผลิตในประเทศไทยออกแบบให้มีอุปกรณ์ตามแบบสากลแล้ว และยังมีแนวโน้มการใช้แทรกเตอร์ขับเคลื่อน 4 ล้อมากขึ้น (แบบล้อหน้าเป็นล้อช่วยและมีขนาดเล็กกว่าแทรกเตอร์มาตรฐาน)

สำหรับในอนาคตจะมีการนำไมโครโปรเซสเซอร์มาใช้กับรถแทรกเตอร์ ซึ่งจะทำให้รถแทรกเตอร์มีสมรรถนะในการทำงานที่สูงมากขึ้นและเครื่องยนต์จะถูกพัฒนาให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น เนื่องจากเชื้อเพลิงที่ใช้ในปัจจุบันกำลังมีปริมาณลดลงเรื่อย ๆ นั่นคืออาจมีการผลิตเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงได้หลากหลาย โดยสามารถใช้ได้กับเชื้อเพลิงทุกประเภทที่มีราคาไม่แพงได้

1.4 หน้าที่ของรถแทรกเตอร์

ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นถึงความจำเป็นของการนำแทรกเตอร์เข้ามาทดแทนแรงงานจากคนและสัตว์ ซึ่งแทรกเตอร์สามารถทำงานได้รวดเร็วกว่าคนและสัตว์ ไม่เหน็ดเหนื่อยเมื่อย่ำและต้องการการพักผ่อน เช่น คนและสัตว์ ปัจจุบันการผลิตทางการเกษตรมุ่งเน้นการผลิตเชิงพาณิชย์ เพื่อการผลิตอาหารเลี้ยงประชากรได้อย่างเพียงพอ ขณะเดียวกันในปัจจุบันเกิดปัญหาการขาดแคลนแรงงานในภาคเกษตรค่อนข้างสูงมาก อย่างไรก็ตามการใช้แทรกเตอร์หรือเครื่องจักรกลเกษตรโดยทั่วไปมีวัตถุประสงค์สองประการ คือ เพื่อเพิ่มผลผลิตการเกษตรต่อแรงงาน และเพื่อเปลี่ยนลักษณะการทำงานที่นาเบื้อเป็นงานที่ทำหาย ดังมีรายละเอียด คือ

1.4.1 การเพิ่มผลผลิตการเกษตรต่อแรงงาน

การเพิ่มผลผลิตการเกษตรต่อแรงงานสามารถพิจารณาได้ 2 ลักษณะ คือ การเพิ่มผลผลิตการเกษตรต่อพื้นที่การเกษตร และการเพิ่มผลผลิตการเกษตรต่อแรงงาน ซึ่งแบบแรกไม่ได้หมายถึงการขยายพื้นที่การเกษตรให้มากขึ้นในแต่ละปี แต่หมายถึงการเพิ่มผลผลิตโดยอาศัยวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้ผลผลิตสูงขึ้น เช่น การจัดการระบบชลประทาน การปรับปรุงดิน การใช้พันธุ์พืชที่ให้ผลผลิตสูง การควบคุมพืชและแมลง เป็นต้น ซึ่งจะเห็นว่าการเพิ่มผลผลิตวิธีนี้ต้องลงทุนค่อนข้างสูง ส่วนการเพิ่มผลผลิตการเกษตรต่อแรงงานก็คือ การอาศัยเครื่องจักรกลทางการเกษตรเข้ามาใช้เพื่อลดการใช้แรงงานจากคนและสัตว์ นอกจากนั้นการใช้เครื่องจักรกลเกษตรทำให้ประสิทธิภาพการทำงานสูงขึ้นอีกด้วย

1.4.2 การเปลี่ยนลักษณะการทำงานที่น่าเบื่อเป็นงานที่ทำหาย

เป็นที่รับรู้กันทั่วไปว่าการทำงานด้านการเกษตรส่วนใหญ่จะต้องทำงานกลางแจ้ง บางครั้งอาจทำงานท่ามกลางสายฝน และต้องใช้กำลังแทบทุกส่วนของร่างกาย นอกจากนั้นบางโอกาสต้องทำงานแข่งกับเวลาเพื่อให้ทันฤดูกาลเพาะปลูกหรือเก็บเกี่ยว ซึ่งจะต่างจากงานอุตสาหกรรมค่อนข้างมาก ที่ผ่านมามีการขยายตัวของอุตสาหกรรมมากขึ้น ความต้องการแรงงานภาคอุตสาหกรรมก็มีมากขึ้น ทำให้คนรุ่นใหม่สนใจงานอุตสาหกรรม เนื่องจากให้ค่าตอบแทนที่แน่นอนและสม่ำเสมอกว่างานทางภาคเกษตร แต่หากมีการนำเครื่องจักรมาใช้ในงานภาคเกษตรก็จะทำให้การทำงานง่ายและสะดวกมากขึ้น คนสามารถทำงานได้มากขึ้นแต่มีความเหน็ดเหนื่อยน้อยลง ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและทันตามระยะเวลาที่กำหนด

ดังนั้นแทรกเตอร์จึงมีความสำคัญและมีบทบาทมากกับการทำเกษตรยุคใหม่ ซึ่งแทรกเตอร์ถือเป็นต้นกำลังของเครื่องทุ่นแรงการเกษตรหลายชนิด เช่น เครื่องมือที่ใช้สำหรับการเตรียมดิน เครื่องปลูกพืชและหว่านเมล็ดพืช เครื่องกำจัดวัชพืช เครื่องพ่นสารเคมี และเครื่องเกี่ยวนวดเมล็ดพืช เป็นต้น จะเห็นว่าเครื่องจักรเหล่านี้มีลักษณะการทำงานแตกต่างกัน ดังนั้นแทรกเตอร์ก็ต้องพัฒนาให้มีลักษณะสอดคล้องกับเครื่องจักรดังกล่าว โดยเฉพาะในส่วนของหน้าที่การเป็นต้นกำลัง จากพัฒนาการของรถแทรกเตอร์จะเห็นว่าแทรกเตอร์จะถูกใช้เป็นต้นกำลัง สำหรับนวดลากและหมุนขับเคลื่อนเครื่องนวดเมล็ดพืช ซึ่งต่อมาได้มีการพัฒนาเพลาอำนวยการกำลังและกำลังจากไฮดรอลิก การต่อการส่งกำลังจากเครื่องยนต์โดยตรงจึงลดความสำคัญลง ดังนั้นหากจะสรุปการให้กำลังจากแทรกเตอร์ที่นิยมในปัจจุบันได้ 3 ทาง คือ

1. กำลังนวดลาก

การใช้กำลังนวดลากจากรถแทรกเตอร์ถือว่ามียุทธศาสตร์และความสำคัญตั้งแต่ในอดีตจนถึงปัจจุบัน กำลังนวดลากของแทรกเตอร์ได้จากเครื่องยนต์ต้นกำลัง ส่งกำลังผ่านระบบส่งกำลังไปขับ

เคลื่อนล้อ ทำให้ล้อตะกุดดินดันรถแทรกเตอร์ให้เคลื่อนที่ไปข้างหน้า ขณะเดียวกันจะทำหน้าที่ฉุดลากอุปกรณ์พ่วงท้าย ซึ่งการใช้แรงฉุดลากมีพัฒนาการมาจากการใช้สัตว์เป็นต้นกำลังฉุดลาก ดังรูปที่ 1.49



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)



(จ)



(ฉ)



(ช)

รูปที่ 1.49 การใช้สัตว์ฉุดลากชุดไถ (ก) และ (ข) แทรกเตอร์ยุคแรก ๆ ฉุดลากชุดไถ (ค) และ (ง) การใช้แทรกเตอร์ฉุดลากชุดไถ (จ) และ (ฉ) และเครื่องปลูกเมล็ด (ช)

2. กำลังจากเพลาอำนาจกำลัง

เพลาอำนาจกำลังหรือเพลา พี.ที.โอ. (Power take off : PTO) เป็นเพลาที่ได้รับกำลังจากเครื่องยนต์ต้นกำลังเช่นกัน ซึ่งรายละเอียดจะกล่าวถึงในส่วนของการส่งกำลังอีกครั้งหนึ่ง การใช้กำลังจากเพลาอำนาจกำลังถือเป็นส่วนสำคัญในการทำกรเกษตรในประเทศไทย เนื่องจากในประเทศไทยนิยมใช้ไถจอบหมุนหรือไถแบบโรตารีเป็นหลักในการเตรียมดิน การส่งกำลังแบบนี้จะเกิดการสูญเสียกำลังน้อยกว่าการใช้กำลังฉุดลาก เพราะเกิดการสูญเสียกำลังในระบบการส่งกำลังน้อยกว่า



(ก)



(ข)

รูปที่ 1.50 แทรกเตอร์ส่งกำลังผ่านเพลลาอำวนวกำลังขับเคลื่อนแบบโรตารีสำหรับดินทั่วไป (ก)
และตีดินให้ดินเป็นเลนสำหรับทำนา (ข)

3. กำลังจากไฮดรอลิก

กำลังที่ได้จากไฮดรอลิกถือเป็นความจำเป็นและมีความสำคัญกับแทรกเตอร์มาก เนื่องจากจะใช้ยกอุปกรณ์พ่วงท้ายที่ติดตั้งเข้ากับรถแทรกเตอร์ ทำให้สะดวกต่อการเคลื่อนย้ายเข้าสู่แปลงหรือออกจากแปลง การเคลื่อนย้ายอุปกรณ์พ่วงท้ายข้ามแปลง (กรณีประเทศไทยจะมีกระต๋องนาค่อนข้างเล็ก แต่ละกระต๋องจะมีคันทาล้อมรอบ) ซึ่งหากไม่มีกำลังไฮดรอลิกยกอุปกรณ์พ่วงท้ายขึ้นจะทำงานด้วยข้อจำกัด นอกจากนั้นกำลังไฮดรอลิกยังอาจใช้ควบคุมตำแหน่งอัตโนมัติและระบบควบคุมแรงกระทำอัตโนมัติ อีกทั้งยังสามารถต่อกำลังไฮดรอลิกของรถออกไปภายนอก เพื่อใช้กับเครื่องมือหรืออุปกรณ์ขับเคลื่อนอื่น ๆ เป็นต้น



รูปที่ 1.51 แทรกเตอร์ติดตั้งไ้มีดดันดินด้านหน้าและบั้งที่ชุดด้านหลังควบคุมด้วยกำลังไฮดรอลิก

1.5 แบบฝึกหัดท้ายบท

- 1.5.1 จงอธิบายวิวัฒนาการเทคโนโลยีทางการเกษตรมาพอสังเขป
- 1.5.2 จงบอกข้อจำกัดการใช้แรงงานคนเมื่อเทียบกับต้นกำลังจากแทรกเตอร์
- 1.5.3 จงอธิบายหลักการทำงานของปั้มน้ำของเอ็ดเวิร์ด โซเมอร์เซต มาพอเข้าใจ

1.5.4 จงอธิบายหลักการทำงานเครื่องจักรไอน้ำของโธมัส เชฟเวอร์ มาพอสังเขป

1.5.5 เจมส์ วัตต์ มีบทบาทที่สำคัญอย่างไรเกี่ยวกับแทรกเตอร์ฟาร์ม

1.5.6 จงบอกข้อจำกัดของแทรกเตอร์ที่ใช้เครื่องจักรไอน้ำเป็นต้นกำลัง

1.5.7 ใครคือบิดาแห่งการรถไฟ เนื่องจากเหตุผลอะไร

1.5.8 หลัก 4 ประการของโบ เดอ โรซาส์ คืออะไร และมีผลต่อการพัฒนาการแทรกเตอร์อย่างไร

1.5.9 กฎการทดสอบแทรกเตอร์แห่งเมืองเนบราสก้า มีความสำคัญต่อการพัฒนาแทรกเตอร์อย่างไร

1.5.10 จงอธิบายพัฒนาการการใช้กำลังฉุดลากของรถแทรกเตอร์เพื่อการเกษตรมาพอเข้าใจ

1.5.11 จงบอกเหตุผลที่แทรกเตอร์ในประเทศไทยจำเป็นต้องมีระบบไฮดรอลิกเพราะเหตุใด

1.5.12 จงสรุปเหตุผลและความจำเป็นของการใช้แทรกเตอร์ในฟาร์มมาอย่างละเอียด

1.5.13 จากวิวัฒนาการของแทรกเตอร์ท่านคิดว่าการเปลี่ยนแปลงแทรกเตอร์ในอดีตและปัจจุบันมีอะไรบ้าง จงตอบมาเป็นข้อ ๆ

1.5.14 ท่านคิดว่าสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งอเมริกามีบทบาทต่อการเปลี่ยนแปลงแทรกเตอร์อย่างไรบ้าง ตอบเป็นข้อ ๆ

ประเภทและขนาดของแทรกเตอร์

แทรกเตอร์ในยุคแรก ๆ นอกจากใช้งานประเภทไถเตรียมดินแล้วมักจะใช้กับเครื่องนวดเมล็ดพืช ซึ่งแทรกเตอร์ในยุคแรกไม่ได้ถูกนำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่นอีก ทั้งนี้เนื่องจากแทรกเตอร์ในยุคแรก ๆ มักมีขนาดใหญ่ เทอะทะ มีน้ำหนักมาก ไม่มีความคล่องตัวในการทำงาน (โดยเฉพาะแทรกเตอร์เครื่องจักรไอน้ำ) ต่อมามีการพัฒนาแทรกเตอร์เพื่อให้สามารถยกแปลงปลูกพืชได้ ซึ่งถือได้ว่าเป็นความก้าวหน้าอย่างมากของการพัฒนาแทรกเตอร์เพื่อการเกษตร การพัฒนาเพื่อให้แทรกเตอร์สามารถใช้งานได้หลากหลายได้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดมา ปัจจุบันแทรกเตอร์ที่มีอยู่สามารถทำงานต่าง ๆ ได้มากมาย มีรูปร่างที่กะทัดรัด มีกำลังต่อน้ำหนักมากขึ้น การบังคับเลี้ยวและการเคลื่อนที่มีความคล่องตัวมากยิ่งขึ้น สามารถนำกำลังจากระบบไฮดรอลิก กำลังจากเพลาอำนาจ กำลัง (PTO) มาใช้ร่วมกับอุปกรณ์อื่น ๆ ได้อีกมาก

2.1 ประเภทของแทรกเตอร์

2.1 ประเภทของแทรกเตอร์ตามวิธีการขับเคลื่อน สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ โดยทั่วไปหรือสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งอเมริกาได้แบ่งแทรกเตอร์ที่ใช้ในงานฟาร์ม ดังนี้

2.1.1 แแทรกเตอร์แบบใช้ล้อขับเคลื่อนแบบตีนตะขาบ (Track-type tractors)

สำหรับความเป็นมาของแทรกเตอร์แบบตีนตะขาบ (Crawler tractor) นั้นเกิดควบคู่มา กับแทรกเตอร์แบบใช้ล้อ (Wheel tractors) แม้ปัจจุบันแทรกเตอร์แบบตีนตะขาบจะไม่ใช่ที่นิยมใช้ในการเกษตรเหมือนในอดีต ซึ่งแทรกเตอร์แบบตีนตะขาบมีส่วนประกอบที่สำคัญคือตีนตะขาบที่ทำด้วยเหล็ก (Steel tracks) รถแทรกเตอร์แบบตีนตะขาบจำนวนไม่น้อยยังคงถูกนำมาใช้งานในฟาร์มขนาดใหญ่ และในพื้นที่บุกเบิกใหม่ดังรูปที่ 2.1



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.1 การใช้แทรกเตอร์แบบตีนตะขาบไถเตรียมดิน โดยใช้ไถหัวหมู (ก) และ (ข)

แทรกเตอร์แบบตีนตะขาบเหมาะกับสภาพพื้นที่ที่เป็นดินอ่อนค่อนข้างมากหรือในสภาพพื้นที่ที่แทรกเตอร์แบบล้อยางไม่สามารถทำงานได้ ในปัจจุบันแม้จะมีการนำแทรกเตอร์ที่ใช้ล้อยางขนาดใหญ่มาใช้แทน แต่แทรกเตอร์แบบตีนตะขาบก็ยังได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในงานอุตสาหกรรมก่อสร้าง ดังรูปที่ 2.2 สำหรับแทรกเตอร์ล้อตีนตะขาบยางหรือล้อสายพานยาง (Belted agricultural tractor) ดังรูปที่ 2.3 ซึ่งรถแทรกเตอร์ดังกล่าวได้ถูกนำมาใช้ในการเกษตร โดยมีเป้าหมายเพื่อรวบรวมคุณสมบัติที่ไม่ต้องการสร้างแรงกดทับบนผิวดิน ลดการสิ้นเปลือง บวกเข้ากับมีความคล่องตัวในการเคลื่อนที่ของแทรกเตอร์แบบใช้ล้อนั่นเอง

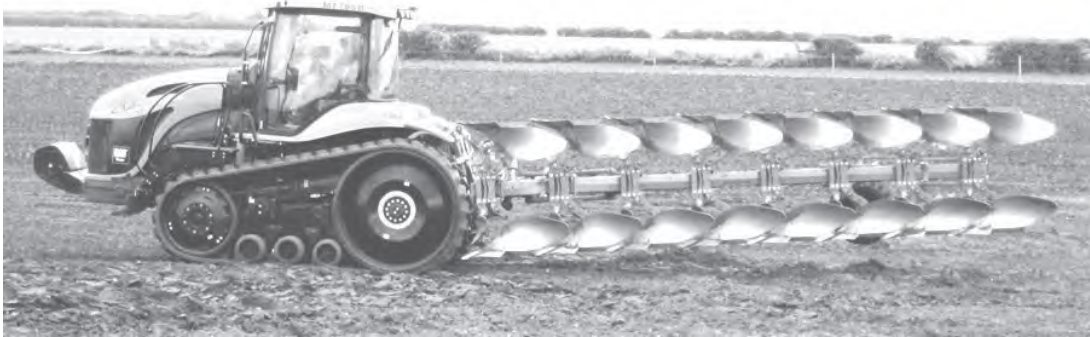


(ก)



(ข)

รูปที่ 2.2 รถดันดินตีนตะขาบ (Bulldozer) ที่ใช้ในงานก่อสร้าง (ก) และ (ข)



รูปที่ 2.3 รถแทรกเตอร์ตีนตะขาบยางใช้ฉุดลากชุดไถสองทาง

2.1.2 แทรกเตอร์แบบใช้ล้อ (Wheel tractors)

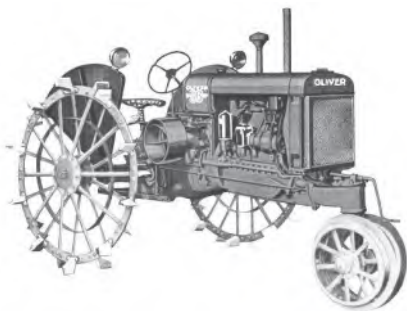
แทรกเตอร์แบบใช้ล้อ ถือเป็นแทรกเตอร์ที่ได้รับความนิยมอย่างมากในภาคการเกษตร หากเทียบกับแทรกเตอร์แบบตีนตะขาบซึ่งนิยมมากในงานก่อสร้างและงานอุตสาหกรรม สำหรับแทรกเตอร์แบบใช้ล้อมีความหลากหลายตามลักษณะการนำไปใช้งาน ซึ่งสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

1. แทรกเตอร์ที่ใช้สำหรับพืชที่ปลูกเป็นแถวหรือระยะ (Row-crop tractor)

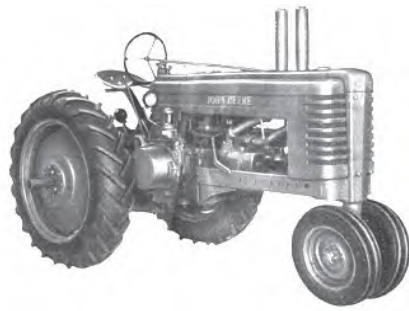
แทรกเตอร์แบบนี้ใช้สำหรับทำงานในแปลงพืชที่มีพืชลักษณะการปลูกแบบเป็นแถวหรือระยะและยังสามารถปรับใช้ได้กับเครื่องพ่วงท้ายอื่น ๆ เพื่อทำงานในแปลงเพาะปลูกที่มีลักษณะเป็นแถวได้อีกด้วย แทรกเตอร์ที่ใช้กับการปลูกพืชเป็นแถวในยุคแรก ๆ ได้รับการออกแบบให้มี 3 ล้อ โดยล้อหน้าอาจเป็นล้อคู่หรือล้อเดี่ยว (Dual or Single wheel) ก็ได้ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แทรกเตอร์ที่ใช้กับพืชที่ปลูกเป็นแถวหรือระยะ (ซ้าย) ขณะเก็บเกี่ยวพืชในแปลง (ขวา)



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.5 แทรกเตอร์ที่ใช้กับพืชที่ปลูกเป็นแถวหรือระยะในยุคแรก ๆ (ก) และ (ข)

ปกติแล้วแทรกเตอร์แบบนี้จะออกแบบให้มีระยะช่องว่างระหว่างท้องของรถแทรกเตอร์มากกว่าแบบมาตรฐาน เพื่อไม่ให้ตัวรถแทรกเตอร์ชนกระทบกับต้นพืชที่ปลูกในแปลง แทรกเตอร์แบบนี้มีการออกแบบล้อหน้าอาจเป็นล้อคู่หรือล้อเดี่ยวดังที่กล่าวมาแล้ว ซึ่งจะเป็นแทรกเตอร์ตั้งแต่ยุคแรก ๆ และในปัจจุบันก็ยังได้รับความนิยมอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามแทรกเตอร์แบบนี้มีข้อเสีย 2 ประการ คือ การทรงตัวของรถจะไม่ค่อยดีนัก และผู้ขับซึ่งจะไม่สะดวกสบายเท่าที่ควร คือ การที่ล้อหน้าออกแบบให้เป็นล้อคู่ชิดกันหรือล้อเดี่ยวก็ตามจะมีแนวโน้มให้รถเซหรือเอียงไปทางด้านข้างได้ง่าย โดยเฉพาะเมื่อเลี้ยวรถด้วยความเร็วค่อนข้างสูง และมีโอกาสพลิกคว่ำมากกว่าปกติจึงทำให้การทรงตัวไม่ดี นอกจากนั้นการที่นำล้อหน้าติดตายอยู่กับเพลาลั่น ๆ ที่ด้านหน้า จะทำให้เกิดการเดินหรือสั่นสะเทือนได้มากกว่าปกติ ทำให้คนขับไม่สะดวกสบายและเมื่อยล้าได้มากกว่าปกตินั่นเอง

อย่างไรก็ตามแทรกเตอร์ที่ใช้สำหรับพืชที่ปลูกเป็นแถวหรือระยะ เพื่อให้เกิดความคล่องตัวในการทำงานจึงออกแบบให้สามารถปรับระยะห่างของล้อได้ และมีล้อ 4 ล้อ ซึ่งเรียกว่าแบบเพลาล้อหน้ากว้างหรือล้อหน้าสามารถปรับขยายได้ (Wide-front axles or adjustable wide-front) ดังรูปที่ 2.6 ซึ่งที่จริงแล้วแทรกเตอร์ดังกล่าวสามารถปรับระยะของล้อได้ทั้งล้อหน้าและล้อหลัง



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.6 แแทรกเตอร์ที่ใช้สำหรับพืชที่ปลูกเป็นแถวหรือระยะที่หน้ากว้าง (ก) และขณะปฏิบัติงาน (ข)

2. แแทรกเตอร์แบบมาตรฐาน (Standard tractor)

มีลักษณะรูปร่างคล้ายคลึงกับแทรกเตอร์ที่ใช้สำหรับพืชที่ปลูกเป็นแถว แแทรกเตอร์แบบนี้ถือว่าเป็นแทรกเตอร์ที่เก่าแก่ที่สุด ปกติจะขับเคลื่อนล้อหลัง ระยะห่างของล้อคู่หน้าและล้อคู่หลังจะไม่สามารถปรับได้ เหมาะสำหรับการใช้งานในพื้นที่กว้าง ๆ การทรงตัวดีและแข็งแรง ดังรูปที่ 2.7

3. แแทรกเตอร์แบบท้องสูง (High-clearance tractor)

คือแทรกเตอร์ที่ใช้ทำงานในแปลงพืชซึ่งมีลำต้นสูง ปกติเป็นแทรกเตอร์ที่ขับเคลื่อนที่ล้อหลัง แต่ปัจจุบันอาจเป็นแบบขับเคลื่อน 4 ล้อ เพลาล้อหน้าสามารถปรับความกว้างได้ ใต้ท้องรถของแทรกเตอร์นี้จะออกแบบให้อยู่สูงกว่าแบบอื่น จากลักษณะดังกล่าวจึงเหมาะกับการนำไปใช้สำหรับปลูกพืชที่ลำต้นค่อนข้างสูง เช่น ใช้หวานปุย พันธ์สารเคมี และกำจัดวัชพืชระหว่างแถวต้นพืช เป็นต้น รูปที่ 2.8



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.7 แแทรกเตอร์แบบมาตรฐาน (ก) และแทรกเตอร์แบบมาตรฐานขณะปฏิบัติงาน (ข)



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.8 แทรกเตอร์ท้องสูงขณะปฏิบัติงานในแปลง (ก) และ (ข)

4. แทรกเตอร์แบบท้องต่ำหรือสวนไม้ผล (Low profile tractor or Orchard tractor)

เป็นแทรกเตอร์ที่ออกแบบมาเพื่อให้สามารถทำงานได้ทรงพุ่มไม้ยืนต้นหรือไม้ผลได้ เช่น ใช้พรวนดินใต้ทรงพุ่มไม้ผล งานในปศุสัตว์ และงานการก่อสร้างอาคารต่าง ๆ ดังนั้นแทรกเตอร์จะมีลักษณะเตี้ยกว่าแทรกเตอร์ทั่วไป และท่อไอเสียจะออกแบบไม่ให้โผล่เลยขึ้นข้างบนตัวรถ เพื่อป้องกันไม่ให้ตัวรถแทรกเตอร์ชนหรือปะทะกับกิ่งก้านสาขาของพืชให้ได้รับความเสียหาย ดังรูปที่ 2.9

5. แทรกเตอร์สำหรับใช้สอย (Utility tractor)

เป็นแทรกเตอร์ที่มีขนาดค่อนข้างเล็ก (ขนาดเล็กกว่าแทรกเตอร์แบบมาตรฐาน) และมีความสูงท้องร่น้อยกว่าแทรกเตอร์ใช้สำหรับพืชที่ปลูกเป็นแถวหรือระยะ ปกติมักนิยมใช้งานทั่วไปในบริเวณรอบ ๆ โรงนาหรืองานที่ไม่หนักเกินไป ดังรูปที่ 2.10



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.9 แทรกเตอร์แบบท้องต่ำหรือสวนไม้ผลขณะปฏิบัติงานในไร่ (ก) และ (ข)