

การออกแบบเครื่องจักรกลเกษตร

521312

บทนำ

- เครื่องจักรกลเกษตร
- พื้นฐานของผู้ออกแบบเครื่องจักรกล
- ขั้นตอนของการออกแบบเครื่องจักรกล
- วัสดุวิศวกรรม
- ค่าความปลอดภัย

ขอบเขตของวิชานี้

เนื้อหาของวิชานี้ แบ่งได้เป็น 3 ส่วน คือ

Part 1 แนะนำและทบทวนพื้นฐาน

- เครื่องจักรกลเกษตร วัสดุวิศวกรรม การวิเคราะห์ความเค้น
แรง มุมบิด ฯลฯ

Part 2 การป้องกันความเสียหาย

- ทฤษฎีความเสียหาย ความล้า

Part 3 การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล

- เฟลา รอยต่อ แบร็ริง เฟือง สายพาน โซ่

เครื่องจักรกลเกษตร

เครื่องจักรกลเกษตร ประกอบด้วย

- รถแทรกเตอร์ต่าง ๆ
- เครื่องมือเตรียมดิน
- เครื่องปลูก
- เครื่องมือดูแลรักษาพืช
- เครื่องมือเก็บเกี่ยว
- เครื่องจักรกลอาหาร
- เครื่องมือแปรรูป

ฯลฯ



เครื่องจักรกลเกษตร

รถแทรกเตอร์



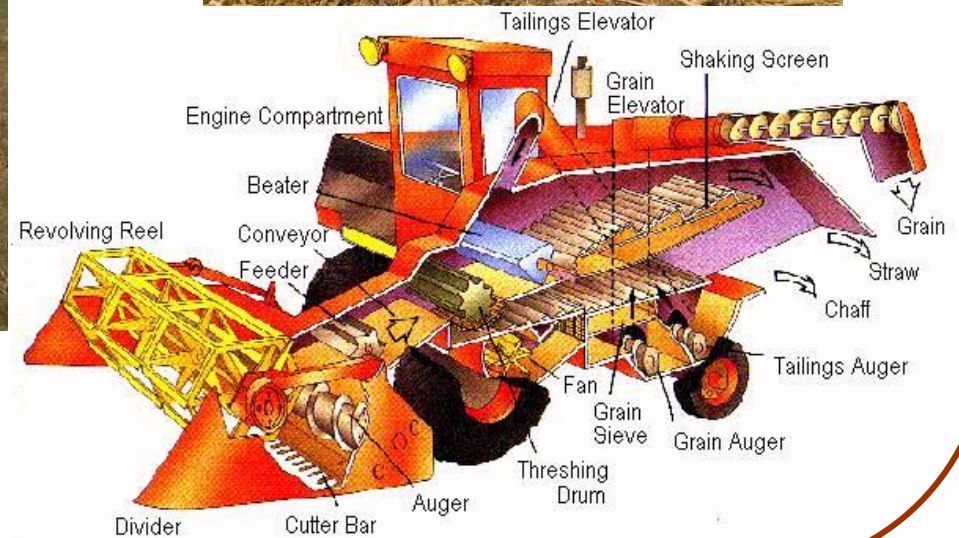
เครื่องจักรกลเกษตร

เครื่องมือเตรียมดิน



เครื่องจักรกลเกษตร

เครื่องเก็บเกี่ยว



เครื่องจักรกลเกษตร

เครื่องแปรรูปผลผลิตเกษตร



เครื่องจักรกลเกษตร

เครื่องแปรรูปผลผลิตเกษตร



เครื่องอบแห้ง



เครื่องจักรกลเกษตร

เครื่องแปรรูปผลผลิตเกษตร



เครื่องจักรกลเกษตร

เครื่องจักรกลอาหาร



หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (retort)

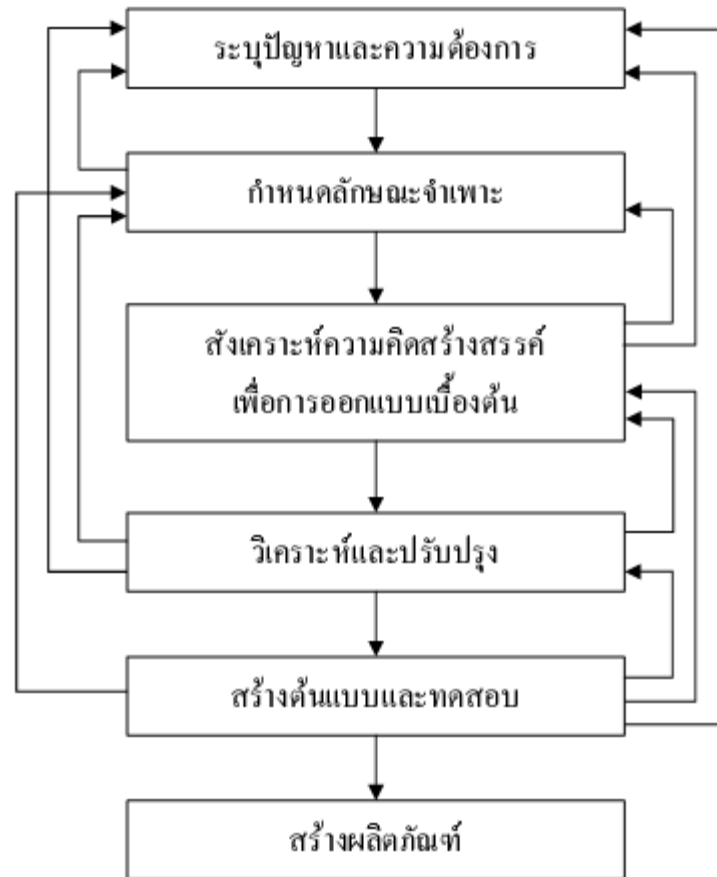


เครื่องอัดอาหาร (extruder)

พื้นฐานของผู้ออกแบบเครื่องจักรกลเกษตร

- มีความรู้ทางด้าน**การเกษตร**เป็นอย่างดี
 - มีความรู้ทางด้าน**วัสดุวิศวกรรม**เป็นอย่างดี
 - มีความรู้เกี่ยวกับ**กลศาสตร์วัสดุ**
 - มีความรู้ทางด้าน**กรรมวิธีการผลิต**
 - มีความเข้าใจถึง**การออกแบบอย่างสร้างสรรค์และสวยงาม**
- ฯลฯ

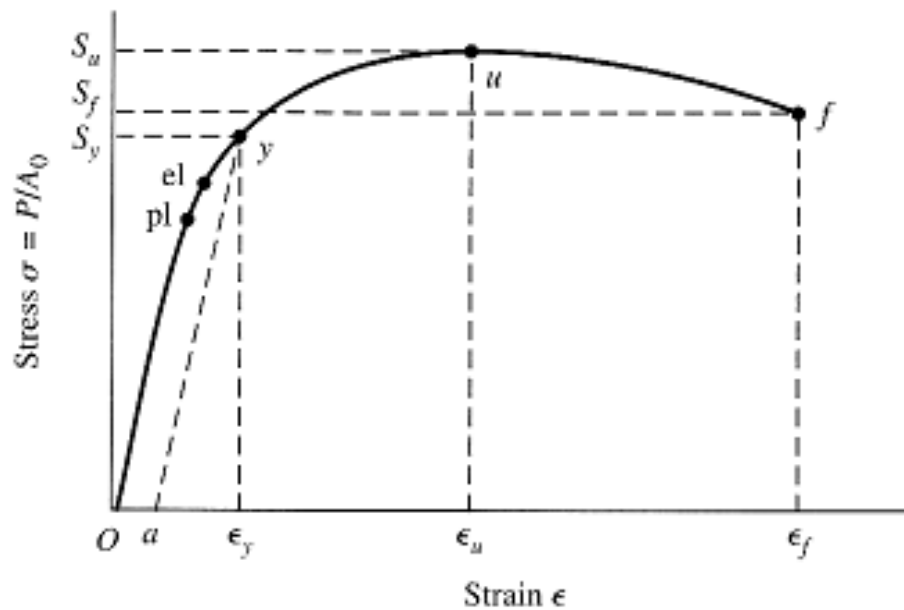
ขั้นตอนของการออกแบบเครื่องจักรกล



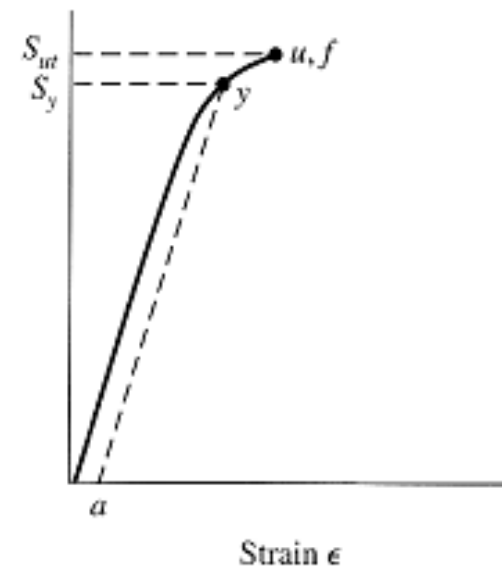
รูปที่ 1.12 แผนผังแสดงการออกแบบเครื่องจักรกลทั่วไป

วัสดุวิศวกรรม

คุณสมบัติทางกลของวัสดุ



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด (ก) วัสดุเหนียว (ข) วัสดุเปราะ

วัสดุวิศวกรรม

- ขีดจำกัดความเป็นสัดส่วน (proportional limit) เป็นจุดสุดท้ายที่ความเค้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเครียด (จุด pl)
 - ขีดจำกัดความยืดหยุ่น (elastic limit) เป็นจุดสุดท้ายที่เมื่อเอาแรงภายนอกออกแล้วชิ้นตัวอย่างทดสอบจะกลับมามีขนาดเท่าเดิม (จุด el)
 - ความต้านแรงดัดคราก (yield strength, S_y) เป็นจุดที่ชิ้นทดสอบยืดออกได้มาก โดยที่เพิ่มแรงอีกเล็กน้อย (จุด y)
- *สำหรับวัสดุที่ไม่มีจุดคราก จะใช้ ความเค้นพิสูจน์ (proof stress)
- $S_{0.2\%}$ แทน

วัสดุวิศวกรรม

- ความต้านทานแรงดึงอัลติเมต (ultimate tensile strength, S_u) เป็นความเค้นสูงสุดที่วัสดุจะรับได้ คำนวณจาก แรงที่ใช้ดึงวัสดุหารด้วยพื้นที่หน้าตัดเดิม (จุด u) เรียกสั้น ๆ ว่า ความต้านทานแรงดึง (tensile strength)

- ความต้านแรงเฉือนคราก (yield strength in shear) มีค่า

$$S_{sy} = 0.6S_y$$

- ยังส์โมดูลัส (Young's modulus, E) อัตราส่วนระหว่างความเค้นต่อความเครียด ในส่วนที่กราฟเป็นเส้นตรง

- โมดูลัสเฉือน (shear modulus, G) อัตราส่วนระหว่างความเค้นเฉือนต่อความเครียดเฉือน ในส่วนที่กราฟเป็นเส้นตรง

วัสดุวิศวกรรม

- **ความแข็ง (hardness)** คุณสมบัติที่ต้านทานการทะลุผ่าน
- **ความแข็งเกร็ง (stiffness)** คุณสมบัติที่ต้านทานต่อการเปลี่ยนรูปร่าง
- **ความยืดหยุ่น (elasticity)** ความสามารถในการยุบตัวแล้วคืนรูปเดิม
- **พลาสติกซิตี (plasticity)** คุณสมบัติที่ตรงข้ามกับความยืดหยุ่น
- **ความอ่อน (malleability)** ความสามารถในการเปลี่ยนรูป
- **ความเหนียว (ductility)** คุณสมบัติที่เกิดการเปลี่ยนรูปอย่างถาวรก่อนการแตกหักเนื่องจากแรงดึง
- **ความเหนียวนุ่ม (toughness)** คุณสมบัติที่สามารถรับพลังงานและเปลี่ยนรูปอย่างถาวรได้ก่อนการแตกหัก

วัสดุวิศวกรรม

กรรมวิธีทางวัสดุ

- **การขึ้นรูปเย็น (cold working)** ทำให้โลหะแข็งขึ้น
- **การชุบ (quenching)** เพิ่มความแข็งของโลหะ
- **การบ่ม (aging)** ทำให้โลหะแข็งขึ้น
- **การชุบแข็ง (hardening)** เพิ่มความแข็งให้เหล็กกล้า
- **การอบคืนตัว (tempering)** เพิ่มความเหนียวให้เหล็กกล้า
- **การอบเหนียว (annealing)** ลดความเค้น เปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกลและทางกายภาพ

วัสดุวิศวกรรม

โลหะ

- เหล็กเหนียว (wrought iron) ประกอบด้วยเหล็กบริสุทธิ์กับสแล็ก (slag) 1-3% มีคุณสมบัติทางกลในแนวยาวดีกว่าในแนวขวาง

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติทางกลของเหล็กเหนียวและเหล็กเหนียวผสมนิกเกิล

คุณสมบัติทางกล, หน่วย	เหล็กเหนียว (คุณสมบัติในแนวยาว)	เหล็กเหนียวผสม นิกเกิล 3.25%
ความต้านแรงดึง, N/mm^2	290-360	380-415
จุดคราก, N/mm^2	180-240	310-345
การยืดตัว (200 mm), %	25-40	25-30
พื้นที่หน้าตัดลดลง, %	40-55	35-45

วัสดุวิศวกรรม

- เหล็กหล่อ (cast iron) มีคาร์บอนผสม 2.5 - 4% เปราะและมีความเหนียวน้อยลง เหมาะกับชิ้นงานที่รับแรงกด
 - เหล็กหล่อสีขาว มีความต้านแรงสูงและแข็งมาก ใช้ทำอุปกรณ์ในการบด ผิวของถังผสมซีเมนต์
 - เหล็กหล่อเหนียว ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตรถยนต์ เช่น ห้องเกียร์ ชิ้นส่วนรถไถ
 - เหล็กหล่อสีเทา **นิยมใช้ที่สุด** ใช้ทำฐานของเครื่องจักรกลและโครงสร้างที่ต้องการความต้านแรงกดสูงหรือมีการสั่นสะเทือนสูง เช่น เพลาช้อเหวี่ยง เสือสูบ เฟือง ห้องเกียร์ เป็นต้น

วัสดุวิศวกรรม

- เหล็กหล่อเหนียวพิเศษ มีความต้านแรง ความเหนียว ความนุ่มเหนียวสูงกว่าเหล็กหล่อสีเทา ใช้ทำ เพลาข้อเหวี่ยง ลูกสูบ ฝาสูบ
- เหล็กหล่อเย็น เป็นเหล็กหล่อที่ผิวนอกเป็นเหล็กหล่อสีขาว ผิวในเป็นเหล็กหล่อสีเทา ใช้ทำชิ้นส่วนสำหรับการبرد ล้อรถไฟ
- เหล็กหล่อผสม เป็นเหล็กหล่อที่ผสมโลหะต่าง ๆ เพื่อให้คุณสมบัติทางกลดีขึ้น

วัสดุวิศวกรรม

- เหล็กกล้า (steel)

- เหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดา (plain carbon steel) มี 3 ชนิด

- เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ มีคาร์บอนผสม 0.05–0.3%

เหนียวและแข็งแรงปานกลาง ใช้ทำ สลักเกลียว แป้นเกลียว หมุดย้ำ สลัก

- เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง มีคาร์บอน 0.3–0.5% ใช้

ทำ เฟลา แกน เฟลาข้อเหวี่ยง ก้านสูบ

- เหล็กกล้าคาร์บอนสูง มีคาร์บอน 0.5%ขึ้นไป มีความ

แข็งและความต้านทานแรงสูง ทนต่อการสึกหรอ ใช้ทำ ชิ้นส่วน

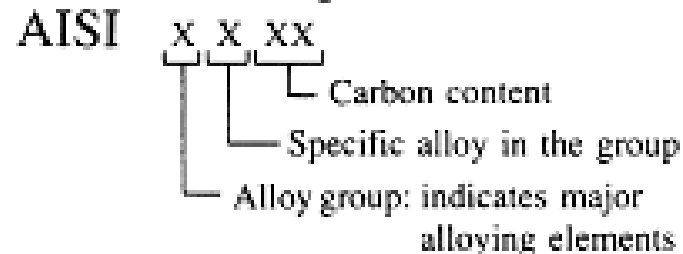
เครื่องจักรกล เครื่องมือการเกษตร

วัสดุวิศวกรรม

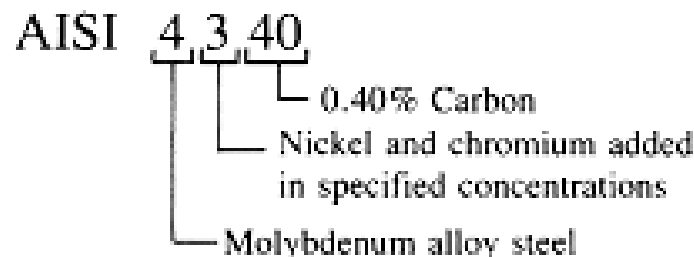
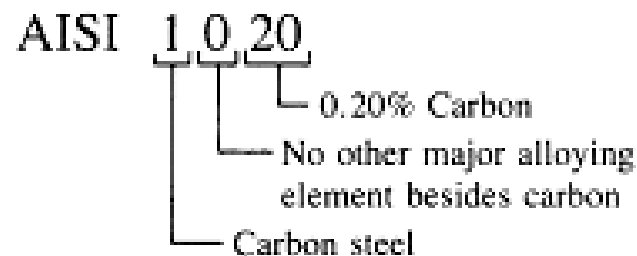
- เหล็กกล้าไร้สนิม (stainless steel) ทนต่อการกัดกร่อนสูง มี 3 ชนิด คือ
 - เหล็กกล้าไร้สนิมแบบออสเทนิติก ใช้ทำ **เครื่องจักรกลอาหาร** อุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุ เครื่องใช้ในครัว โรงงานนม
 - เหล็กกล้าไร้สนิมแบบเฟอร์ริติก
 - เหล็กกล้าไร้สนิมแบบมาร์เทนซิติก รับแรงกระแทกได้ดี ใช้ทำ วาล์ว บ่าวาล์ว เพลาเครื่องสูบ ใบกังหัน ลูกปืนในแบร็ริง บูชชิง
- เหล็กเครื่องมือ มีความแข็งและความต้านทานสูง รับแรงกระแทกได้ ทนต่อการสึกหรอ ใช้ทำ เครื่องมือตัด เครื่องมือเฉือน ดอกสว่าน

วัสดุวิศวกรรม

General Form of Designation



Examples



รูปที่ 2.5 ระบบการเรียกเหล็กกล้าและเหล็กกล้าผสม (มาจาก Mott, 2004)

วัสดุวิศวกรรม

ตารางที่ 23 ตัวอย่างการใช้เหล็กกล้าและเหล็กกล้าผสมผลิตชิ้นส่วนของเครื่องจักรกล

AISI	ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล
1015	ชิ้นส่วน โลหะแผ่นขึ้นรูป ชิ้นส่วนเครื่องจักรกลทั่วไป
1030	งานทั่วไป
1040	เพลลา เฟือง
1080	ชิ้นส่วนเครื่องจักรกลเกษตรที่ทนต่อการขัดสี (จาน ไถ ฝาไถ ใบมีดตัดหญ้า) สปริง
1112	ชิ้นส่วนสกรู
12L 14	ชิ้นส่วนที่ต้องการความสามารถตัดกลึงดี
4140	เฟือง เพลลา
4340	เฟือง เพลลา ชิ้นส่วนที่ต้องการความแข็งแรง
4640	เฟือง เพลลา ลูกเบี้ยว
5150	เพลลารับงานหนัก สปริง เฟือง
51B60	เพลลา สปริง เฟืองที่เพิ่มความสามารถรับแรง
E 52100	แบริ่ง
6150	เฟือง เพลลา สปริง
8650	เฟือง เพลลา
9260	สปริง

ค่าความปลอดภัย

- ค่าความปลอดภัย (Factor of Safety) คือ ตัวเลขที่นำไปหารค่าความต้านแรงดึงหรือความต้านแรงดึงครากของวัสดุ เพื่อให้ได้

ความเค้นใช้งาน, S_d (working stress)

ตัวอย่าง เหล็กกล้า มี $S_u = 700 \text{ MN/m}^2$, $S_y = 420 \text{ MN/m}^2$ เมื่อกำหนดค่า ความเค้นใช้งาน, $S_d = 140 \text{ MN/m}^2$ จงหา ค่าความปลอดภัย

วิธีทำ

$$\text{เมื่อใช้ } S_u; \quad N_u = S_u / S_d = 700 / 140 = 5$$

$$\text{เมื่อใช้ } S_y; \quad N_y = S_y / S_d = 420 / 140 = 3$$

ค่าความปลอดภัย

ค่าความปลอดภัยของชิ้นงาน

N_u = ความต้านแรงดึง/ความเค้นที่คำนวณได้

N_y = ความต้านแรงดึงคราก/ความเค้นที่คำนวณได้

N = แรงที่ทำให้แตกหัก/แรงที่ใช้ออกแบบ

ค่าความปลอดภัย

ตัวประกอบในการเลือกใช้ค่าความปลอดภัย

- ชนิดของแรงที่มากระทำต่อชิ้นงาน
- ลักษณะการใช้งานของชิ้นงาน
- น้ำหนักของชิ้นงาน
- จำนวนของชิ้นงาน
- วัสดุที่ใช้ผลิตชิ้นงาน

ฯลฯ

ค่าความปลอดภัย

ตารางที่ 1.1 ค่าความปลอดภัยโดยประมาณสำหรับการออกแบบเครื่องจักรกล

ชนิดของแรง	เหล็กเหนียวและโลหะเหนียว		เหล็กหล่อและโลหะฟราเซ
	N_y	N_u	N_u
แรงอยู่นิ่ง	1.5 - 2	3 - 4	5 - 6
แรงซ้ำทิศทางเดียว หรือแรงกระแทก เล็กน้อย	3	6	7 - 8
แรงซ้ำสองทิศทาง หรือแรงกระแทก เล็กน้อย	4	8	10 - 12
แรงกระแทกอย่างหนัก	5 - 7	10 - 15	15 - 20