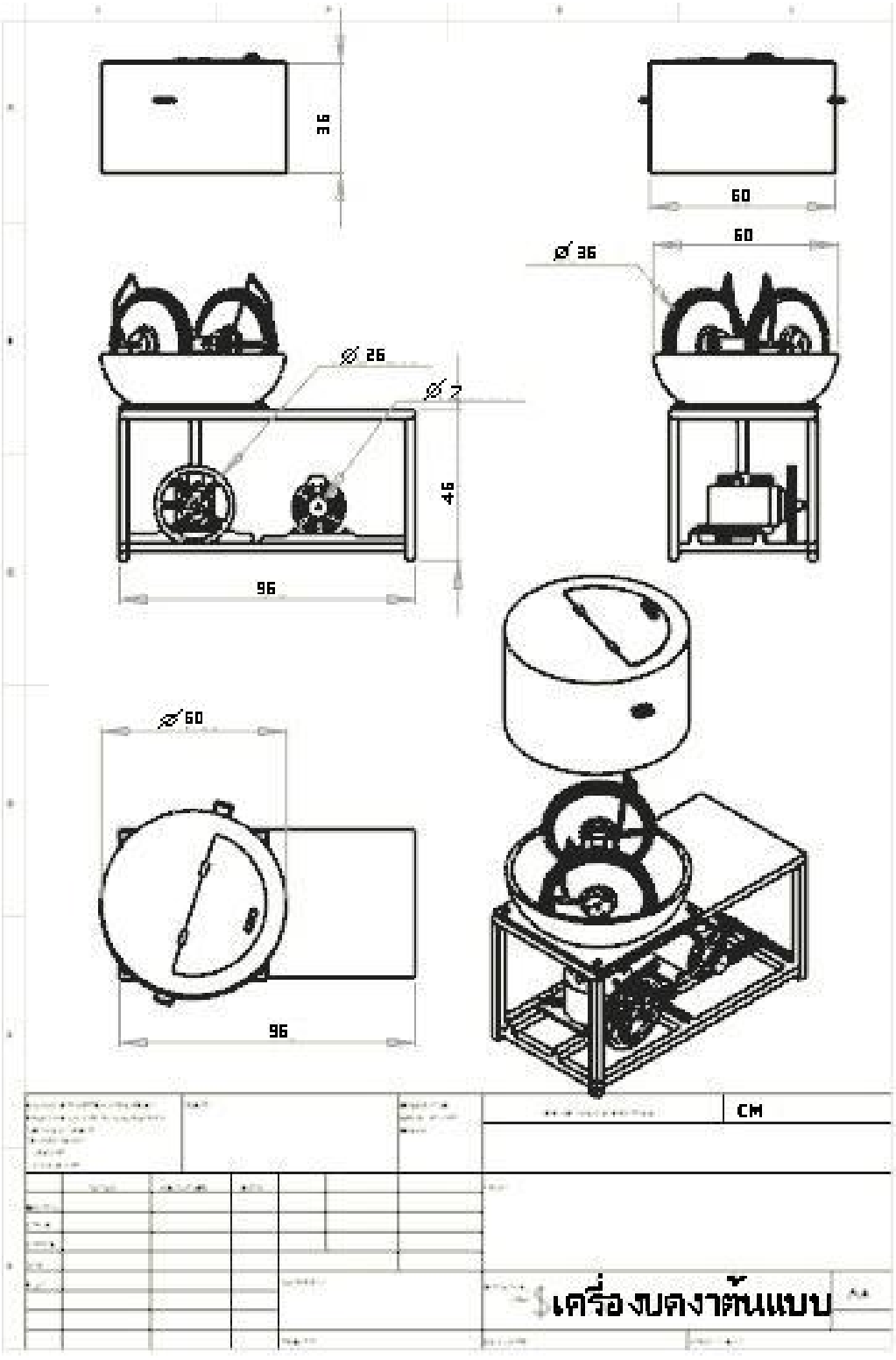
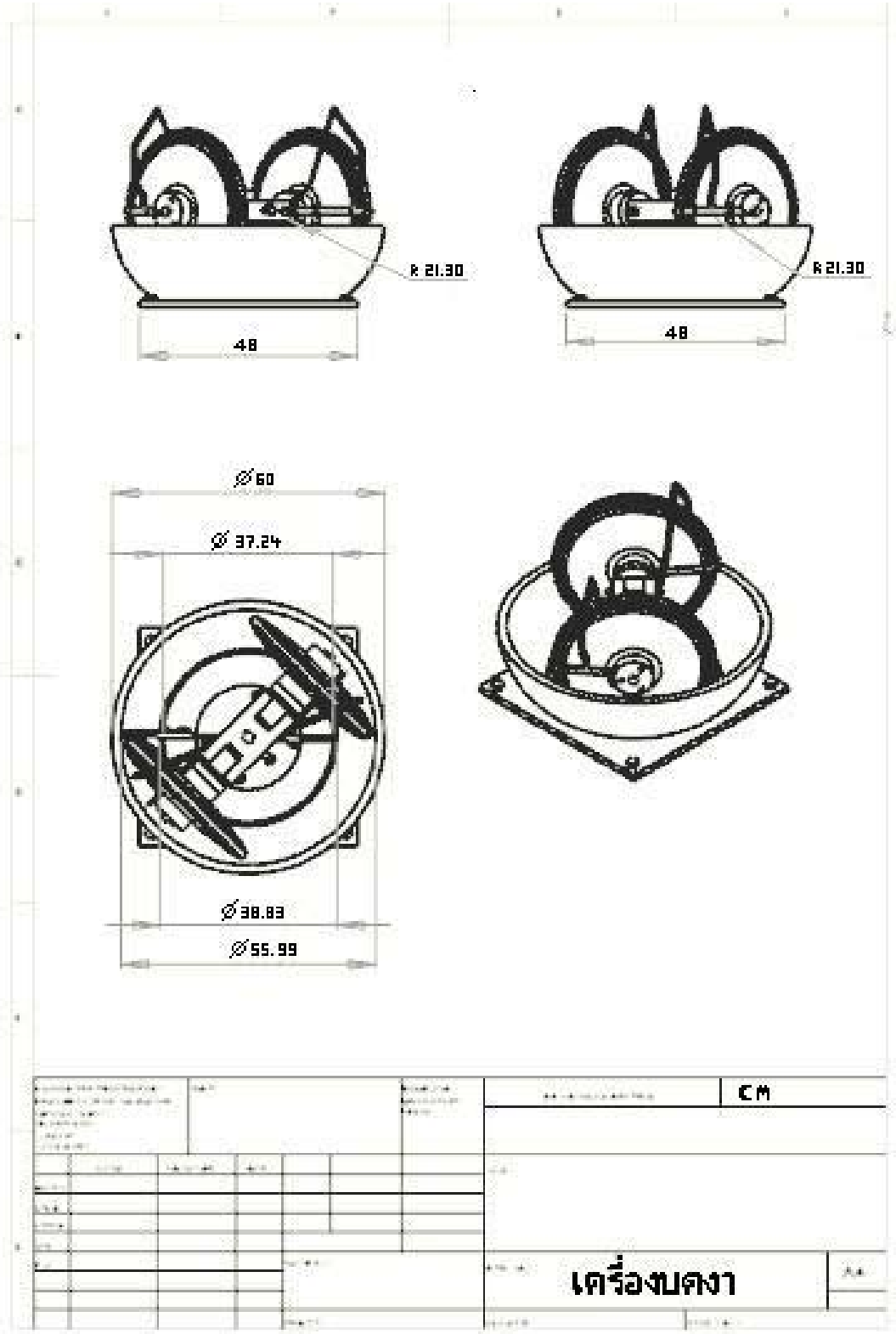
ภาคผนวก

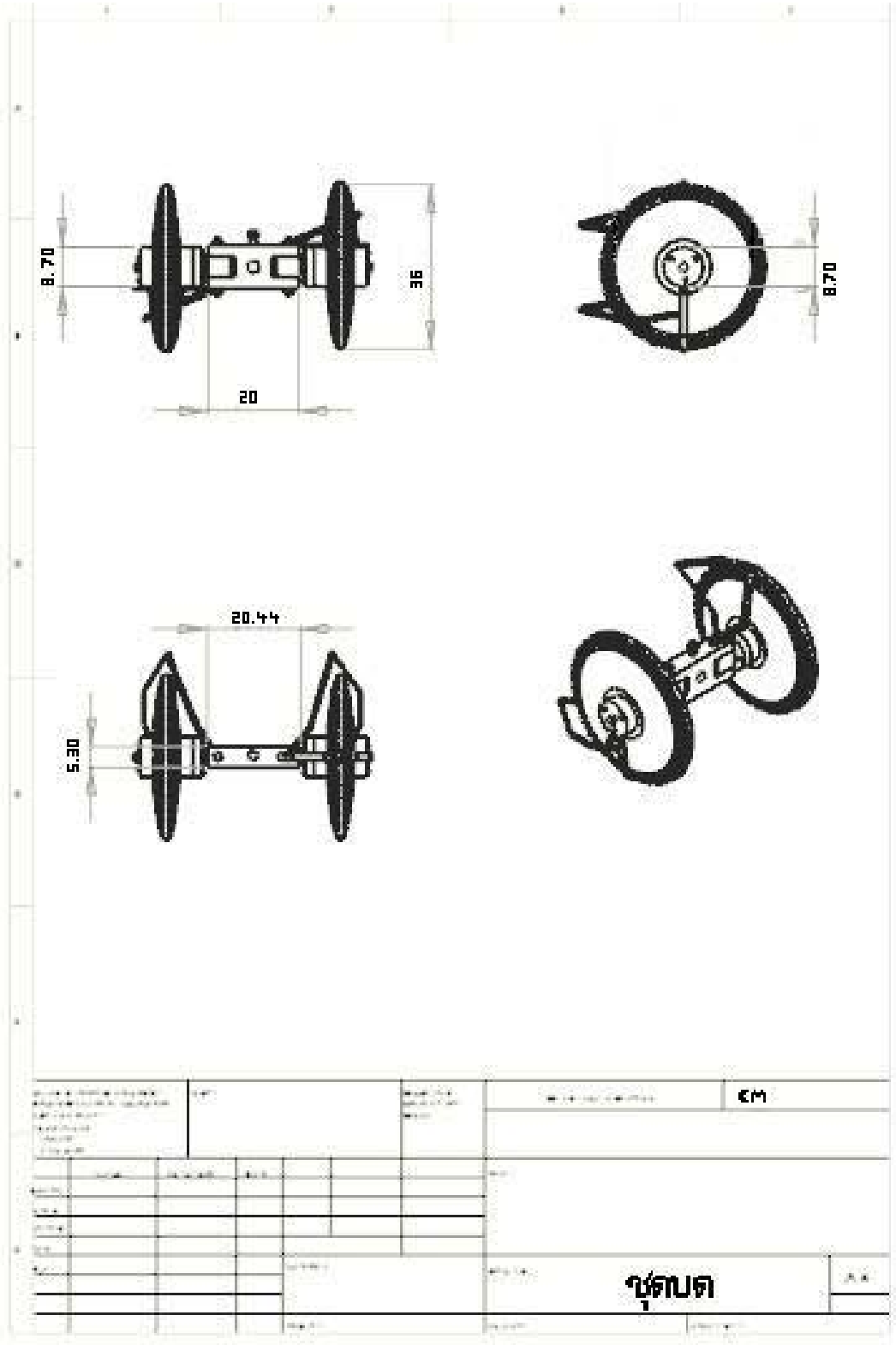
ภาคผนวก ก
แบบแปลน



รูปที่ ก 1 แบบแปลนเครื่องบดงาต้นแบบ



รูปที่ ก 2 แบบแปลนเครื่องบดงาต้นแบบ(เครื่องบดงา)



รูปที่ ก 3 แบบแปลนเครื่องบดงาต้นแบบ(ชุดบด)

ภาคผนวก ข

ตารางคุณสมบัติ

ตารางที่ ข 1 แสดงคุณสมบัติของ Ferrous Metals[6]

Material	Density kg/m^3	Modulus of elasticity $psi \times 10^6$ (GPa)	Yield strength Ksi (MPa)	Ultimate strength Ksi (MPa)	Ductility %EL in 2 in	Poisson's ratio	Thermal conductivity $W/m.^oC$	Coefficient of thermal expansion $(^oC)^{-1} \times 10^{-6}$
Iron	7870	30(207)	19(130)	38(260)	45	0.29	80	11.8
Gray cast iron	7150	Variable	-	18(125)	-	Variable	46	10.8
Nodular cast iron	7120	24(165)	40(275)	60(415)	18	0.28	33	11.8
Malleable cast iron	7200 – 7450	25(172)	32(220)	50(345)	10	0.26	51	11.9
Low carbon steel (AISI 1020)	7860	30(207)	43(295)	57(395)	37	0.30	52	11.7
Medium carbon steel (AISI 1040)	7850	30(207)	51(350)	75(520)	30	0.30	52	11.3
High carbon steel (AISI 1080)	7840	30(207)	55(380)	89(615)	25	0.30	48	11.0
Stainless steel Ferritic , type 446	7500	29(200)	50(345)	80(552)	20	0.30	21	10.4
Austenitic , type 316	8000	28(193)	30(207)	80(552)	60	0.30	16	16.0
Martensitic , type 410	7800	29(200)	40(275)	70(483)	30	0.30	25	9.9

ตารางที่ ข 2 Comparison of Belt Performance[5]

Belt type	**Optimum efficiency (%)**	**Maximum speed (m/s)**	**Minimum pulley diameter (mm)**	**Maximum speed ratio**	**Optimum tension ratio**
Flat	98	70	40	20	2.5
V	80	30	67	7	5
Wedge	86	40	60	8	5
Synchronous	98	50	16	9	-

ตารางที่ ข 3 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของวัสดุที่ถูหรือสัมผัสกันกัน[6]

Rubbing materials	Coefficient of friction , μ	Adhesive wear constant , k_1
Gold on gold	2.5	0.1-1
Copper on copper	1.2	0.01-0.1
Mild steel on mild steel	0.6	10^{-2}
Brass on hard steel	0.3	10^{-3}
Lead on steel	0.2	2×10^{-5}
Polytetrafluoroethylene on steel	0.2	2×10^{-5}
Stainless steel on hard steel	0.5	2×10^{-5}
Tungsten carbide on Tungsten carbide	0.35	10^{-6}
Polyethylene on steel	0.5	10^{-8}-10^{-7}

ตารางที่ ข 4 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานและอัตราการสึกหรอของผิวคู่สัมผัสบางประเภท

คู่ผิวสัมผัส	ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน ,μ	อัตราการสึกหรอ ($cm^3/cm \times 10^{-12}$)
เหล็กกล้าคาร์บอน 0.2 % บนผิวชนิดเดียวกัน	0.62	157,000
Cu-37% Zn-3% Pb อัลลอย บนเหล็กกล้า	0.60	24,000
อัลลอย Stellite บนเหล็กกล้าคาร์บอน	0.60	320
เหล็กกล้าไร้สนิมบนเหล็กกล้าคาร์บอน	0.53	270
ทังสเตนคาร์ไบด์(WC)บนผิวชนิดเดียวกัน	0.35	2

ตารางที่ ข 5 Chemical Compositions of Stainless Steels(Cast Stainless Steels)[6]

Cast Stainless Steels									
CA-6NM	0.06	1.00	0.045	0.035	1.00	12.50	4.00	0.70	-
CA-15	0.15	1.00	-	-	1.50	12.50	1.00	-	-
CA-40	0.40	1.00	-	-	1.50	12.50	1.00	-	-
CF-3	0.03	1.50	0.040	0.040	2.00	19.00	10.00	-	-
CF-3M	0.03	1.50	0.040	0.040	1.50	19.00	10.00	2.5	-
CF-8	0.08	1.50	0.040	0.040	2.00	19.00	9.00	-	-
CF-8M	0.08	1.50	0.040	0.040	2.00	19.50	10.00	2.5	-
CH-20	0.20	1.50	0.040	0.040	1.50	20.00	10.00	-	-
CK-20	0.20	2.00	0.040	0.040	2.00	25.00	20.00	-	-
HF	0.30	2.00	0.040	0.040	2.00	19.00	9.00	-	-
HH	0.35	2.00	0.040	0.040	2.00	25.00	12.00	-	0.2 N
HK	0.30	2.00	0.040	0.040	2.00	25.00	20.00	-	-

ตารางที่ ข 6 Chemical Compositions of Stainless Steels (Wrought Stainless Steels)[6]

Wrought Stainless Steels									
Alloy	C	Mn	P	S	Si	Cr	Ni	Mo	Others
201	0.15	6.50	0.060	0.030	1.00	17.00	4.50	-	0.25N
202	0.15	9.00	0.060	0.030	1.00	18.00	5.00	-	0.25N
301	0.15	2.00	0.045	0.030	1.00	17.00	7.00	-	-
302	0.15	2.00	0.045	0.030	1.00	18.00	9.00	-	-
303	0.15	2.00	0.20	0.15	1.00	18.00	9.00	0.60	-
303Se	0.15	2.00	0.20	0.06	1.00	18.00	9.00	0.60	0.15Se
304	0.08	2.00	0.045	0.030	1.00	19.00	9.25	-	-
304L	0.03	2.00	0.045	0.030	1.00	19.00	10.0	-	-
309S	0.08	2.00	0.045	0.030	0.75	23.00	13.5	-	-
310S	0.08	2.00	0.045	0.030	1.50	25.00	20.5	-	-
316	0.08	2.00	0.045	0.030	1.00	17.00	12.0	2.5	-
316L	0.03	2.00	0.045	0.030	1.00	17.00	12.0	2.5	-
317	0.08	2.00	0.045	0.030	1.00	19.00	13.0	3.5	-
317L	0.03	2.00	0.045	0.030	1.00	19.00	13.0	3.5	-
321	0.08	2.00	0.045	0.030	1.00	18.00	10.5	-	Ti 5 X C
329	0.10	2.00	0.045	0.030	1.00	27.50	4.5	1.50	-
330	0.08	2.00	0.040	0.030	1.00	18.50	35.5	-	-
347	0.08	2.00	0.045	0.030	1.00	18.00	11.0	-	Cb+Ta 10 X C
409	0.08	1.00	0.045	0.045	1.00	11.50	35.5	-	Ti 6 x C
410	0.15	1.00	0.040	0.030	1.00	12.50	-	-	-
416	0.15	1.25	0.040	-	1.00	13.00	-	0.60	S =0.15 min.
416Se	0.15	1.25	0.060	0.060	1.00	13.00	-	-	0.15 Se
420	0.15 min.	1.00	0.040	0.030	1.00	13.00	-	-	-
430	0.12	1.00	0.040	0.030	1.00	17.00	-	-	-
440C	1.00	1.00	0.040	0.030	1.00	17.00	-	-	-
442	0.20	1.00	0.040	0.030	1.00	20.50	-	-	-
904L	0.02	2.00	0.045	0.035	1.00	21.00	25.5	4.5	Cu 1.5
17-4 PH	0.07	1.00	0.045	0.035	1.00	16.5	5.5	-	Cu 3-5, 0.4 Al
17-7 PH	0.09	1.00	0.045	0.035	1.00	17.0	7.0	-	.75-1.5 Al
2205	0.03	2.00	0.030	0.020	1.00	22.0	5.5	3.0	0.15 N

ภาคผนวก ค

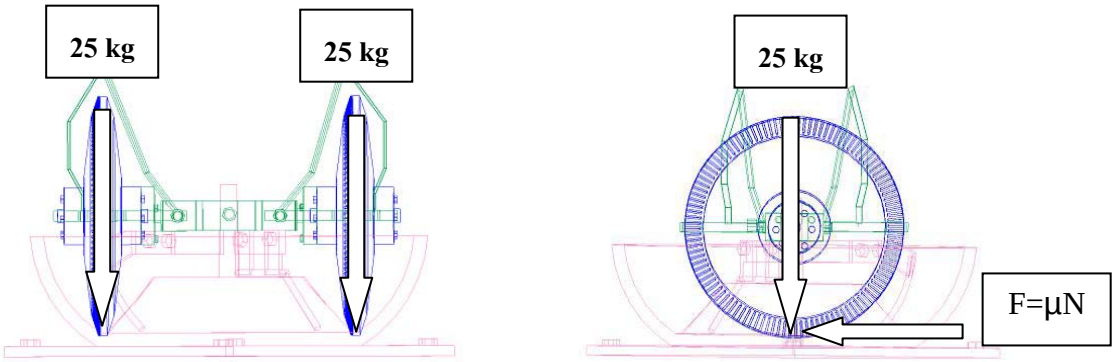
แสดงการคำนวณ

ค.1 กำลังที่เครื่องบดงาใช้ในการบดขณะไม่มีภาระ

ค.2 การคำนวณอายุการสึกหรอของลูกกลิ้ง

ค.3 การคำนวณทางเศรษฐศาสตร์

ค.1 การคำนวณกำลังที่เครื่องบดงาใช้ในการบด



รูปที่ ค.1 Free Body Diagram

สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของ stainless steel $\mu = 0.53$

ชุดขับเคลื่อน ประสิทธิภาพสายพาน V Belt = 80 %

ชุดส่งกำลัง ประสิทธิภาพของ Bevel Gear =99 %

ประสิทธิภาพของ มอเตอร์=85%

รัศมีของล้อบด r = 0.18 m

ความเร็วรอบของเครื่องบดงา N= 102 rpm

จะได้ $F = \mu N = 0.53 \times (25 \times 9.81) = 129.98N$

จะได้ Torque ; $T = F \times r = 129.98 \times 0.18 = 23.4N.m$

ดังนั้นจะได้กำลังที่ใช้จริง

$$P = \frac{2\pi NT}{60} = \frac{2\pi \times 102 \times 23.4}{60} = 250W$$

เนื่องจากมีล้อบด 2 ลูก

จะได้ $2 \times 250 = 500$ W

ดังนั้นจะได้ $P = \frac{500}{0.8 \times 0.99 \times 0.85} = 742.7W$

สรุป ควรเลือกใช้มอเตอร์ขนาด 1HP หรือเท่ากับ 745.7 W

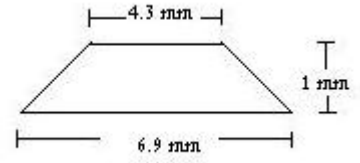
ค.2 การคำนวณหาอายุการสึกหรอของล้อบด

ก้นอ่างบดงามีรัศมี 19 cm

ความเร็วรอบ 120 รอบ/นาที

ระยะทางที่ล้อบดเคลื่อนที่ในอ่าง เท่ากับ

สมมุติว่า ยอมให้ stainless steel สามารถสึกหรอลงได้ 0.1 cm



รูปที่ ค.2 ส่วนของล้อบดที่สึกหรอ

จะได้ Volume loss $= \frac{1}{2}\times(4.3+6.9)\times 1$

$= 5.6\ \text{mm}^3$

ดังนั้น Volume loss ทั้งล้อ $=5.6\times 2\pi r = 5.6\times 2\times \pi \times 170$

$= 5.98\ \text{cm}^3$

จากตารางภาคผนวก ข 4 ตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานและอัตราการสึกหรอของผิวคู่สัมผัสบางประเภท

จะพบว่าเหล็กกล้าไร้สนิม หรือ stainless steel มีอัตราการสึกหรออยู่ที่ 270×10^{-12} cm^3/cm

ดังนั้นจะได้ว่า

stainless steel สึกหรอ 270×10^{-12} cm^3 เมื่อ stainless steel เคลื่อนที่ไป 1 cm

ถ้า stainless steel สึกหรอ 5.98 cm^3

ดังนั้น stainless steel ต้องเคลื่อนที่ไปเท่ากับ $\frac{5.98\times1}{270\times10^{-12}} = 2.21\times10^{10}\,cm$

จะได้ว่า ล้อบดเคลื่อนที่ไป 119.38 cm จะใช้เวลา 1/120 นาที

ถ้าล้อบดเคลื่อนที่ไป 2.21×10^{10}cm

จะใช้เวลาเท่ากับ $\frac{2.21\times10^{10}}{(120\times119.38)} = 1542692.8$ นาที หรือประมาณ 2.94 ปี

สรุปได้ว่า การที่จะทำให้ล้อบด stainless steel สึกหรอไป 0.1 cm จะใช้เวลาประมาณ 2.94 ปี

ค.3 การคำนวณทางเศรษฐศาสตร์

ต้นทุน

ราคาเครื่องบดงา 200,000 บาท

ราคางาในท้องตลาด 50 บาทต่อกิโลกรัม

ใช้แรงงาน 2 คนต่อวัน คนละ 180 บาท คิดเป็น 45 บาท ต่อครั้ง

ค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการบดงา 5 กิโลกรัม เท่ากับ 1.35 บาท ต่อครั้ง

กำไร

งา 1 กิโลกรัม สามารถแปรรูปเป็นครีมงาใส่กระปุกได้ 5 กระปุก ๆขนาด 150 กรัม

ราคาขายครีมงากระปุกละ 50 บาท ทำการหักต้นทุน = (50×5)-50-45-1.35

จะได้กำไรกิโลกรัมละ 153.65 บาท

เครื่องบดงาสามารถบดงาได้ครั้งละ 5 กิโลกรัม

ดังนั้นจะได้กำไร 768.25 บาท ต่อครั้ง

ระยะคืนทุน

ถ้าต้องการขายครีมงาให้ได้เท่ากับราคาเครื่องบดงา ซึ่งมีราคาเท่ากับ 200,000 บาท

ดังนั้นจะต้องทำการบดงาประมาณ 261 ครั้ง จึงจะสามารถคืนทุนได้

ภาคผนวก ง

ภาพเข้าร่วมงานวันเกษตรอีสานที่มหาวิทยาลัยขอนแก่น

รูปที่ ง 1 ที่ตั้งเครื่องบดงาอยู่ที่ซุ้มของสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

รูปที่ ง 2 ทีมงานวิจัยทำเครื่องบดงาต้นแบบ

รูปที่ ง 3 ครีมงาหรือเนยงาที่บดแล้วนำไปขายจริง

รูปที่ ง 4 สาธิตการเดินเครื่องบดงาต้นแบบครั้งที่ 1

รูปที่ ง 5 สาธิตการเดินเครื่องบดงาต้นแบบครั้งที่ 2

รูปที่ ง 6 สาธิตการเดินเครื่องบดงาต้นแบบครั้งที่ 3

รูปที่ ง 7 เสร็จสาธิตการเดินเครื่องบดงาต้นแบบ

รูปที่ ง 8 ผู้ที่สนใจมาลองชิมครีมงา