ภาคผนวก ก.

การคำนวณออกแบบและวิธีการใช้เครื่องบดแอทไตรเตอร์

การคำนวณออกแบบเครื่องบดแอทไตรเตอร์ คำนวณหาค่าต่าง ๆที่จำเป็นใช้ในการออกแบบและสร้างเครื่องแอทไตรเตอร์

หม้อบดขนาด 1 ลิตร คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 108 มิลลิเมตร . สูง 128มิลลิเมตร

ขนาดของลูกบอล 6.4 มิลลิเมตร

ปริมาตรหม้อบด $= \pi r^2 h$

r $= 5.4$ เซนติเมตร

h $= 12.8$ เซนติเมตร

$= 3.14 \times 5.4^2 \times 12.8$

$= 1173$ ลูกบาศก์เซนติเมตร

เมื่อ 1000 เซนติเมตร^3 $= 1$ ลิตร

ดังนั้น 1173 เซนติเมตร^3 $= 1.173$ ลิตร

แต่ปริมาตรแท้จริงของหม้อบด = ปริมาตรหม้อบด — (ปริมาตรเพลา + แขนหมุน)

ปริมาตรเพลา $= \pi r^2 h$

r $= 1.25$ เซนติเมตร

h $= 12.8$ เซนติเมตร

$= 3.14 \times 1.25^2 \times 12.8$

$= 62.8$ ลูกบาศก์เซนติเมตร

ปริมาตรแขน(กลม) $= \pi r^2 h$

r $= 0.5$ เซนติเมตร

h $= 3.95$ เซนติเมตร

$= 3.14 \times 0.5^2 \times 3.95$

$= 3.10$ ลูกบาศก์เซนติเมตร

เมื่อแขนมี 10 แขน $= 3.10 \times 10$

$= 31$ ลูกบาศก์เซนติเมตร

ปริมาตรแขน(เหลี่ยม) $= \pi r^2 h$

กว้าง $= 1$ เซนติเมตร

ยาว $= 3.95$ เซนติเมตร

สูง $= 1$ เซนติเมตร

$= 1 \times 3.95 \times 1$

$= 3.95$ ลูกบาศก์เซนติเมตร

เมื่อแขนมี 2 แขน $= 3.95 \times 2$

= 7.9 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ปริมาตรแขนกลม + แขนเหลี่ยม

= 31 +7.9 เซนติเมตร

ปริมาตรแขนทั้งหมด = 38.9 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ปริมาตรเพลา + ปริมาตรแขน

= 62.8 +38.9 ลูกบาศก์เซนติเมตร

= 101.7 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ปริมาตรหม้อบดที่แท้จริง = ปริมาตรหม้อบด —(ปริมาตรเพลา + แขนหมุน)

= 1173 — 101.7 ลูกบาศก์เซนติเมตร

= 1.071.3 ลูกบาศก์เซนติเมตร

เมื่อ 1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร = 1 ลิตร

1.071.3 = 1.071 ลิตร

การคำนวณหาปริมาณของบอลบดและผงวัสดุ

เมื่อบรรจุบอล = 60 % ของหม้อบด

ปริมาณวัสดุ = 40 % ของปริมาตรบอล (40% มาจาก Void ของบอลบด)

(ปริมาตรบอล + Void) × 60 % ของหม้อบด

= 0.6 × 1.071

= 0.642 ลิตร

ปริมาณวัสดุ 40 % = .40 × 0.642

= .40 × 0.642

= 0.2568 ลิตร

ปริมาตรบอลบดจริง = ปริมาตรบอล — void

= 0.642 — 0.2568

= 0.3582 ลิตร

ความหนาแน่นของเหล็กกล้าไร้สนิม $\cong$ 7.8 kg/ เซนติเมตร^3

น้ำหนักบอลบด = ปริมาตรผงวัสดุ × ความหนาแน่น

= 0.3582 × 7.8

= 2.80 กิโลกรัม

เมื่อใช้ผงวัสดุ 2 ชนิดคือ

Al = 67%

Cu = 33%

คำนวณน้ำหนัก Al

ปริมาณ 100 = 0.2568 ลิตร

1 = 0.2568 / 100

67 = (0.2568 / 100) × 67

= 0.1720 ลิตร

น้ำหนัก Al = ปริมาตร Al × ความหนาแน่น

Al = 0.1720 ลิตร

ρ = 2.7 kg/ ลูกบาศก์เซนติเมตร

= 0.1720 ×2.7

= 0.4644 กิโลกรัม

คำนวณน้ำหนัก Cu

ปริมาณ 100 = 0.2568 ลิตร

1 = 0.2568 / 100

33 = (0.2568 / 100) × 33

= 0.0847 ลิตร

น้ำหนัก Cu = ปริมาตร Cu × ความหนาแน่น

Cu = 0.0847 ลิตร

ρ = 8.9 kg/ ลูกบาศก์เซนติเมตร

= 8.9 × 0.0847

= 0.75383 กิโลกรัม

น้ำหนักผงวัสดุทั้งหมด = น้ำหนัก Al + Cu

= 0.4644 + 0.7538

= 0.5397 kg

ในการทดลองใช้เพียง 9% ของน้ำหนักวัสดุ

= .09 × 0.5397

= 0.048573

= 48 g

Al 100 = ใช้ Al เพียง 48 กรัม

1 = 48/100

67 = (48/100)×67

= 32.16 กรัม

Cu 100 = ใช้ Cu เพียง 48 กรัม

1 = 48/100

33 = (48/100)×33

= 15.84 กรัม

ดังนั้น มวลบอล = 2.80 กิโลกรัม

มวลAl = 32.16 กิโลกรัม

มวล Cu = 15.84 กรัม

มวลทั้งหมด = 2.80 + 32.16+15.84

= 2.848 กิโลกรัม

กำหนดให้ F แรงที่กระทำต่อแขน

T แรงบิด

R_1 รัศมีของแขนที่ 1 = 39.5 มิลลิเมตร

R_2 รัศมีของแขนที่ 2 = 39.5 มิลลิเมตร

R_3 รัศมีของแขนที่ 3 = 39.5 มิลลิเมตร

R_4 รัศมีของแขนที่ 4 = 39.5 มิลลิเมตร

R_5 รัศมีของแขนที่ 5 = 39.5 มิลลิเมตร

R_6 รัศมีของแขนที่ 6 = 39.5 มิลลิเมตร

R_7 รัศมีของแขนที่ 7 = 39.5 มิลลิเมตร

R_8 รัศมีของแขนที่ 8 = 39.5 มิลลิเมตร

R_9 รัศมีของแขนที่ 9 = 39.5 มิลลิเมตร

R_{10} รัศมีของแขนที่ 10 = 39.5 มิลลิเมตร

R_{11} รัศมีของแขนที่ 11 = 39.5 มิลลิเมตร

R_{12} รัศมีของแขนที่ 12 = 39.5 มิลลิเมตร

(39.5 มิลลิเมตร = 0.0395 เมตร)

ในการหมุนปั่นบอลและโลหะผงมวล 2.848 กิโลกรัม

เนื่องจากแขนมี 12 แขน แต่ละแขนรับมวล 0.237 กิโลกรัม

F = 12 × 0.237 ×9.81

= 24.838 นิวตัน/เมตร

T = F × R

= 24.838 × 0.0395

= 0.9811 นิวตัน/เมตร

Safety factor ที่ใช้ในการออกแบบ 2.5

ดังนั้น $T = 2.5 \times 0.9811$

$\therefore T = 2.4527525$ N/m หรือ 2452.25 นิวตัน/มิลลิเมตร

$P = T\omega$

$\omega = 2\pi N/60$

$\therefore P = 2\pi NT/60$

P = กำลังมอเตอร์

ω = ความเร็วเชิงมุม (หน่วยเป็น เรเดียน/วินาที)

N = ความเร็วรอบของเพลา (หน่วยเป็น รอบต่อนาที)

T = แรงบิด (หน่วยเป็น นิวตัน /เมตร)

$P = (2 \times 3.14 \times 1430 \times 2.4527)/60$

= 367.11 วัตต์

746 W = 1 แรงม้า

367.1 = 367.11 /746

= 0.5 แรงม้า

ควรใช้มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า

หาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลาขับ

จากสูตร $T = \pi D^2 \tau/16$

T = แรงบิด (นิวตัน/เมตร)

P = กำลังมอเตอร์ (วัตต์)

D = ขนาดของเพลา

τ = ค่า Shear Strength รวมของ Stainless

= 52 กิโลกรัมแรง/ลูกบาศก์เซนติเมตร

หรือ = 473.2 นิวตัน/มิลลิเมตร

จากสูตร $T = \pi D^2 \tau/16$

$= 3.14 \times D^3 \times 306/16$

$D^3 = 2463.75 \times 16/3.14 \times 473.2$

$= 39420/1485.8$

= 26.5 ตารางมิลลิเมตร

D = 2.98 ตารางมิลลิเมตร

แต่เพื่อความเหมาะสม เพื่อจะได้ลงตัวกับชิ้นส่วนมาตรฐานอื่น ๆ เช่น coupling

ได้เลือกใช้เพลาตามขนาดมาตรฐาน = 25 ตารางมิลลิเมตร

การคำนวณขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพูเลย์ตาม

จากสูตร $n_1 \times d_1 = n_2 \times d_2$

n_1 = ความเร็วรอบของมอเตอร์ (รอบต่อนาที)

n_2 = ความเร็วรอบของพูเลย์ตาม (รอบต่อนาที)

d_1 = เส้นผ่าศูนย์กลางของพูเลย์ขับ (รอบต่อนาที)

d_2 = เส้นผ่าศูนย์กลางของพูเลย์ตาม (รอบต่อนาที)

การคำนวณหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพูเลย์ตามที่ความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที

จากสูตร $n_1 \times d_1 = n_2 \times d_2$

$d_2 = (n_1 \times d_1) / n_2$

n_1 = 1430 รอบต่อนาที

n_2 = 500 รอบต่อนาที

$= (1430 \times 55)/500$

= 157 มิลลิเมตร

การคำนวณหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพูเลย์ตามที่ความเร็วรอบ 700 รอบต่อนาที

จากสูตร $n_1 \times d_1 = n_2 \times d_2$

$d_2 = (n_1 \times d_1) / n_2$

n_1 = 1430 รอบต่อนาที

n_2 = 700 รอบต่อนาที

d_1 = 75 มิลลิเมตร

$= (1430 \times 75)/700$

= 153 มิลลิเมตร

การคำนวณหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพูเลย์ตามที่ความเร็วรอบ 900 รอบต่อนาที

จากสูตร $n_1 \times d_1 = n_2 \times d_2$

$d_2 = (n_1 \times d_1) / n_2$

n_1 = 1430 รอบต่อนาที

n_2 = 900 รอบต่อนาที

d_1 = 95 มิลลิเมตร

$= (1430 \times 95)/900$

= 151 มิลลิเมตร

การคำนวณหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพูเลย์ตามที่ความเร็วรอบ 1200 รอบต่อนาที

จากสูตร $n_1 \times d_1 = n_2 \times d_2$

$d_2 = (n_1 \times d_1) / n_2$

n_1 = 1430 รอบต่อนาที

n_2 = 1200 รอบต่อนาที

d_1 = 115 มิลลิเมตร

= (1430×115)/1200

= 137 มิลลิเมตร

วิธีการใช้เครื่องบดแอทไตรเตอร์

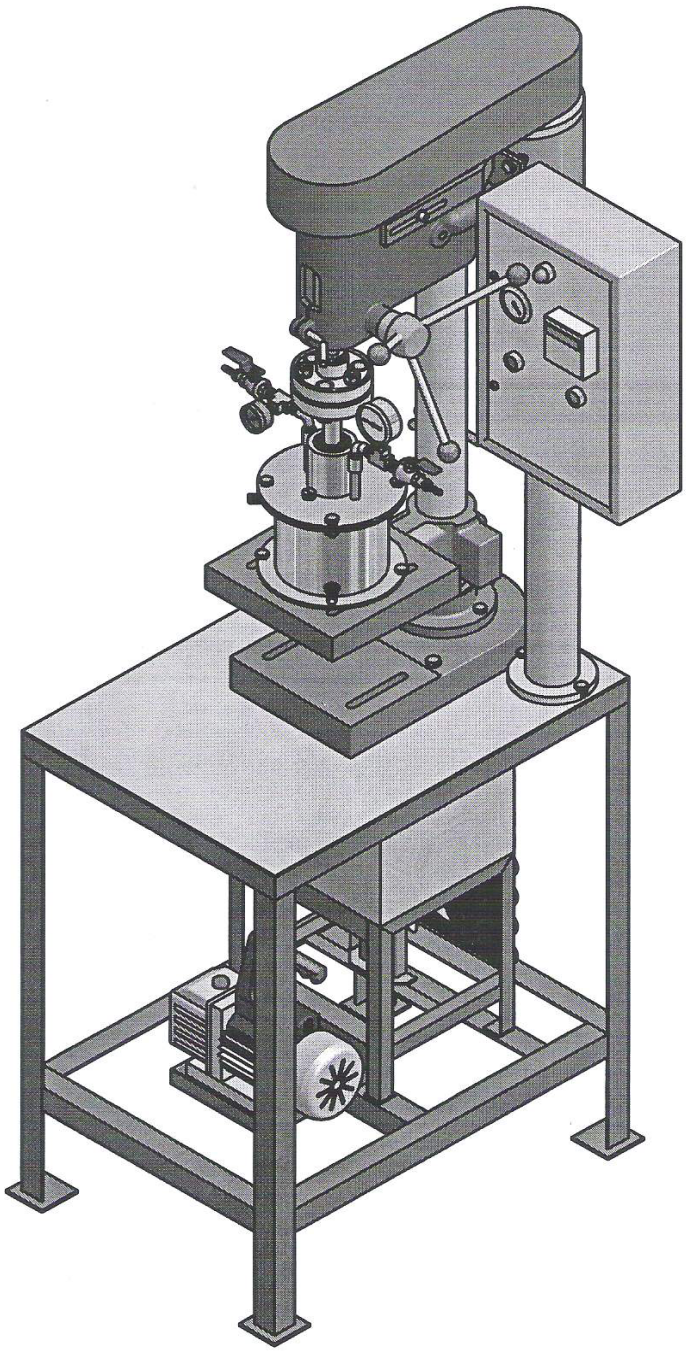
1. ทำความสะอาดหม้อบดและทำความสะอาดบอล ก่อนการบด
2. ปิดฝาห้อบดขันน้อตให้แน่นเพื่อป้องกันการรั่วของก๊าซอาร์กอน
3. ชั่งน้ำหนักบอลและบรรจุบอลลงในหม้อบด
4. ชั่งน้ำหนักของผงโลหะและบรรจุลงในหม้อบด
5. ขันนอตลูกอุดช่องบรรจุให้แน่นเพื่อป้องกันการรั่วของก๊าซอาร์กอน (ควรใช้เทปชนิดที่ใช้พันเกลียว แล้วพันเกลียวพันนอตลูกอุดเพื่อกันก๊าซรั่ว)
6. หมุนสวิงหม้อบดให้คับปลิ้งอยู่ในแนวเดียวกัน
7. คลายนอตปล่อยคับปลิ้งตัวบนลงมาสวมกับคับปลิ้งตัวล่างและขันนอตตัวเดิมล้อคให้แน่น
8. ขันนอตล้อคคอลัมน์กันสวิงและขันนอตแท่นรองหม้อบดไม่ให้เอียงเท
9. เปิดสวิทช์เครื่องสุญญากาศเพื่อไล่อากาศที่อยู่ภายในหม้อบด
10. เปิดวาล์วก๊าซอาร์กอนเข้าหม้อบด
11. ตรวจเช็ครอยรั่วของก๊าซอาร์กอนบริเวณต่าง ๆ
12. เปิดสวิทช์ปั๊มป์หล่อเย็นเพื่อหล่อเย็นหม้อบด
12. เปิดสวิทช์เครื่องบดแอทไตรเตอร์ ทำการบดที่ความเร็วรอบต้องการ

เมื่อบดเสร็จ

14. คลายนอตคับปลิ้งตัวบนหมุนแขนดึงคับปลิ้งตัวบนขึ้น คับปลิ้งตัวบนและล่างก็จะจากกัน
15. คลายนอตลอคคอลัมน์ สวิงหม้อบดออกด้านข้าง
16. คลายนอตฝาหม้อบดและเปิดฝาหม้อบดออก
17. คลายนอตแท่นรองหม้อบดและเอียงเทผงวัสดุและบอลออกมา ก่อนเอียงเทต้องเตรียมหาถาดเหล็กกล้าไร้สนิม มารองรับวัสดุและบอลด้วย

ภาคผนวก ข.

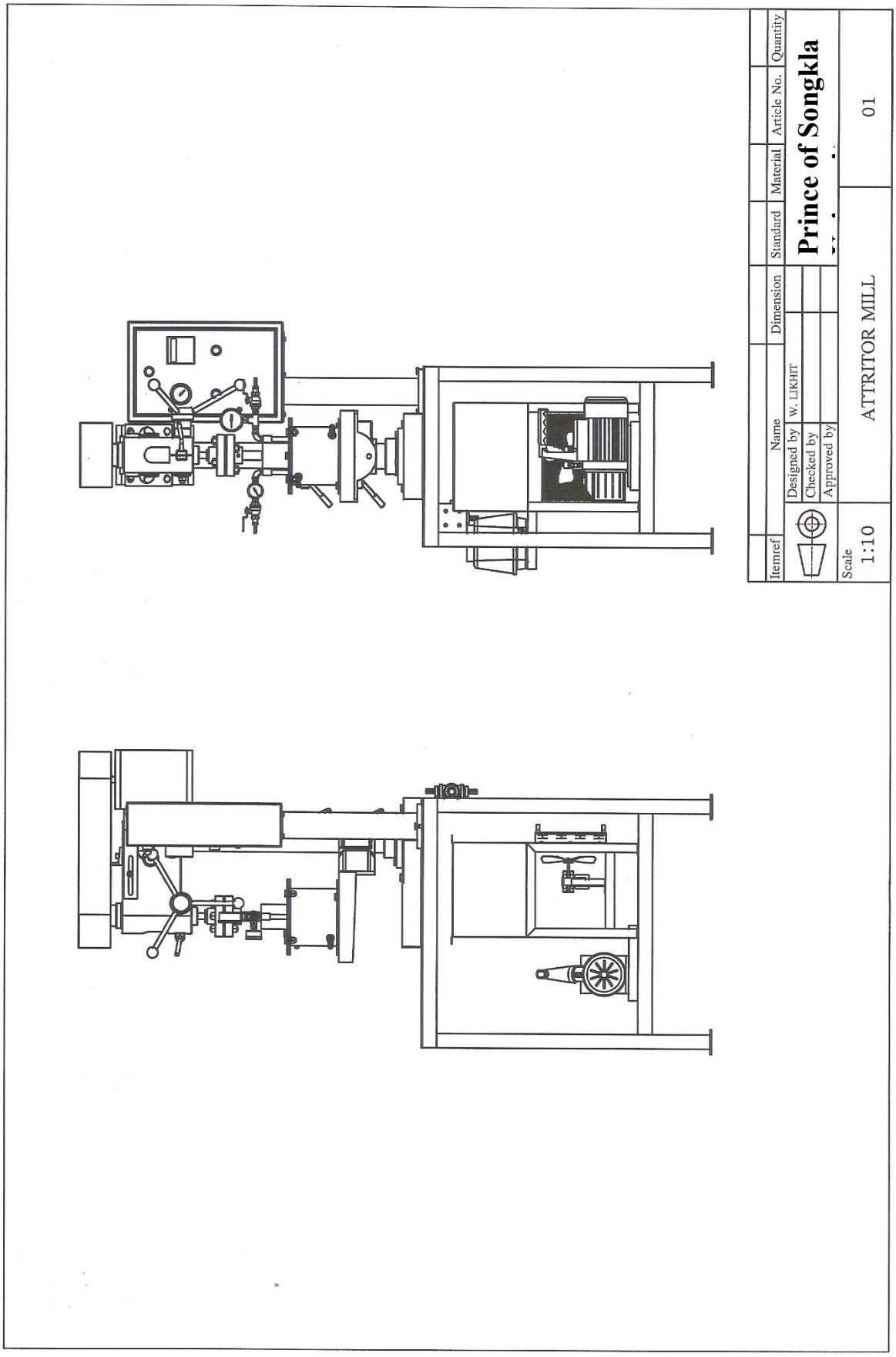
แบบชิ้นส่วนของเครื่องบดแอทไตรเตอร์

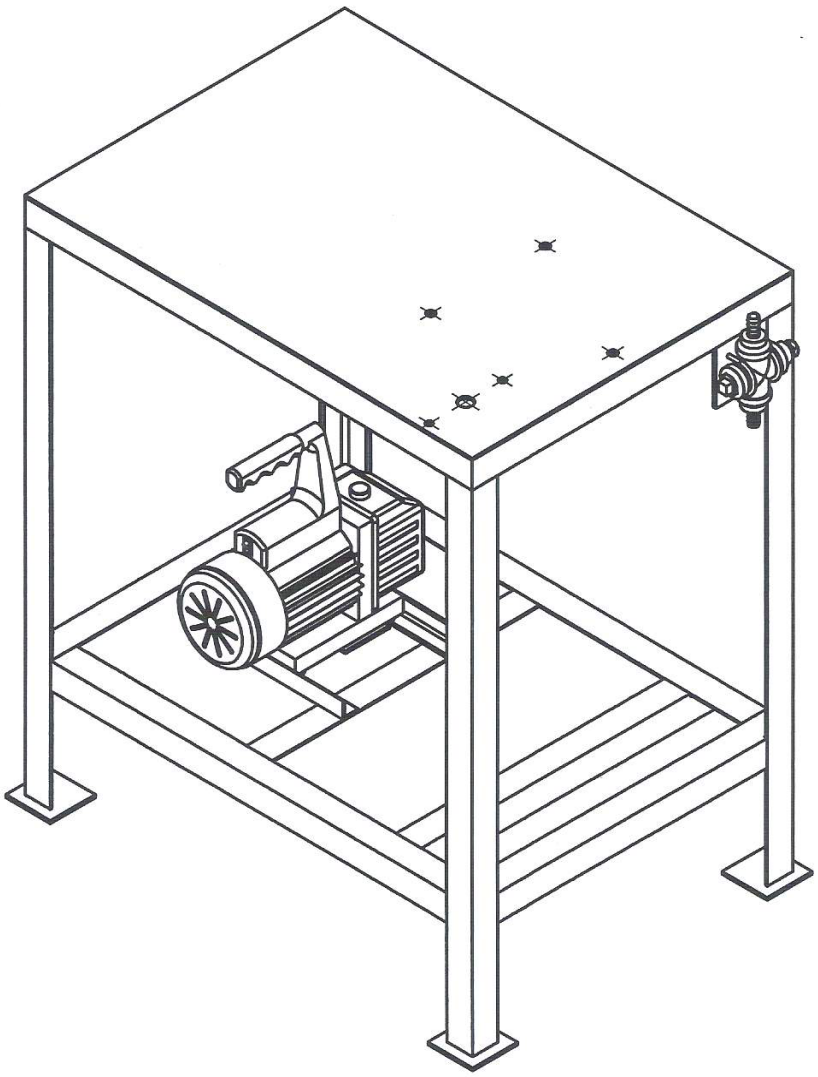


Itemref	Name	Dimension	Standard	Material	Article No.	Quantity

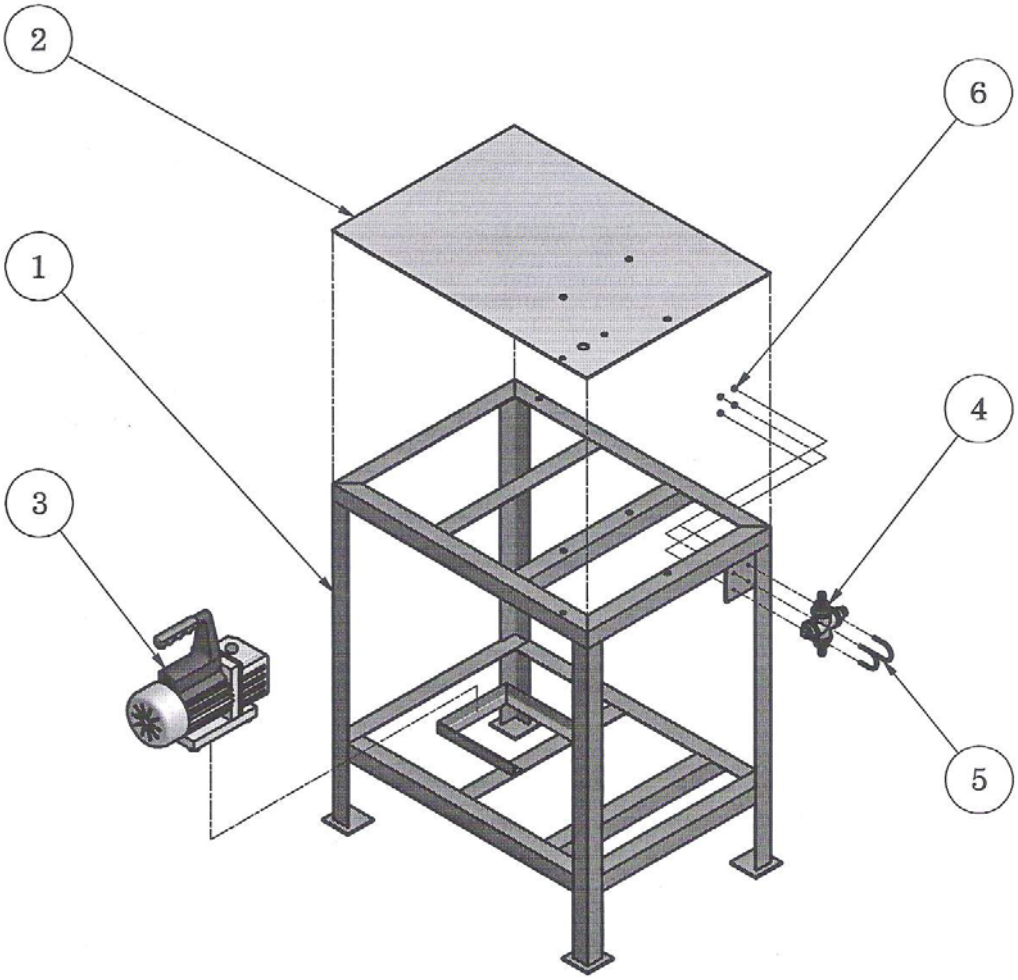
Designed by	W.LIKHIT	**Prince of Songkla**
Checked by		
Approved by		

Scale		
1:9	ATTRITOR MILL	01


Itemref
Name
Dimension
Standard
Material
Article No.
Quantity
Designed by
W. LIKHIT
Checked by
Approved by
Prince of Songkla
Scale
1:10
ATTRITOR MILL
01



Itemref	Name	Dimension	Standard	Material	Article No.	Quantity
	Designed by W.LIKHIT		**Prince of Songkla**			
	Checked by					
	Approved by					
Scale 7:1	ATTRITOR MILL **1**		01-01			



Itemref	Name	Dimension	Standard	Material	Article No.	Quantity
6	HEX NUT	M5	ISO 4032			4
5	U-LOCK	Ø5				2
4	THREAD CROSS SET					1
3	VACUUM PUMP					1
2	SHEET METAL	3X500X700	DIN 1542	ST. 13	01-01-02	1
1	TABLE	500x700x800	DIN 1208	ST. 37	01-01-01	1

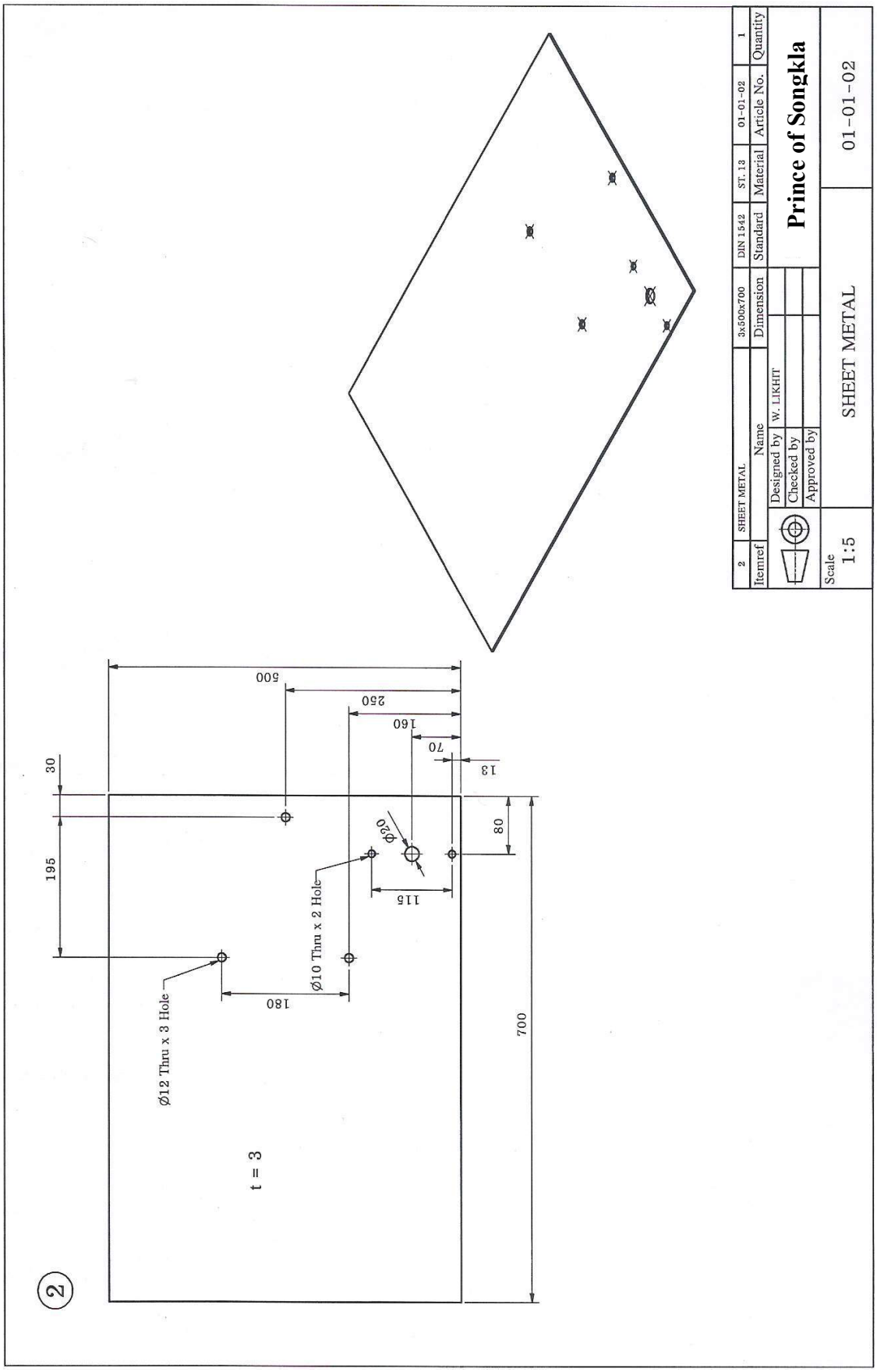
Designed by W.LIKHIT
Checked by
Approved by

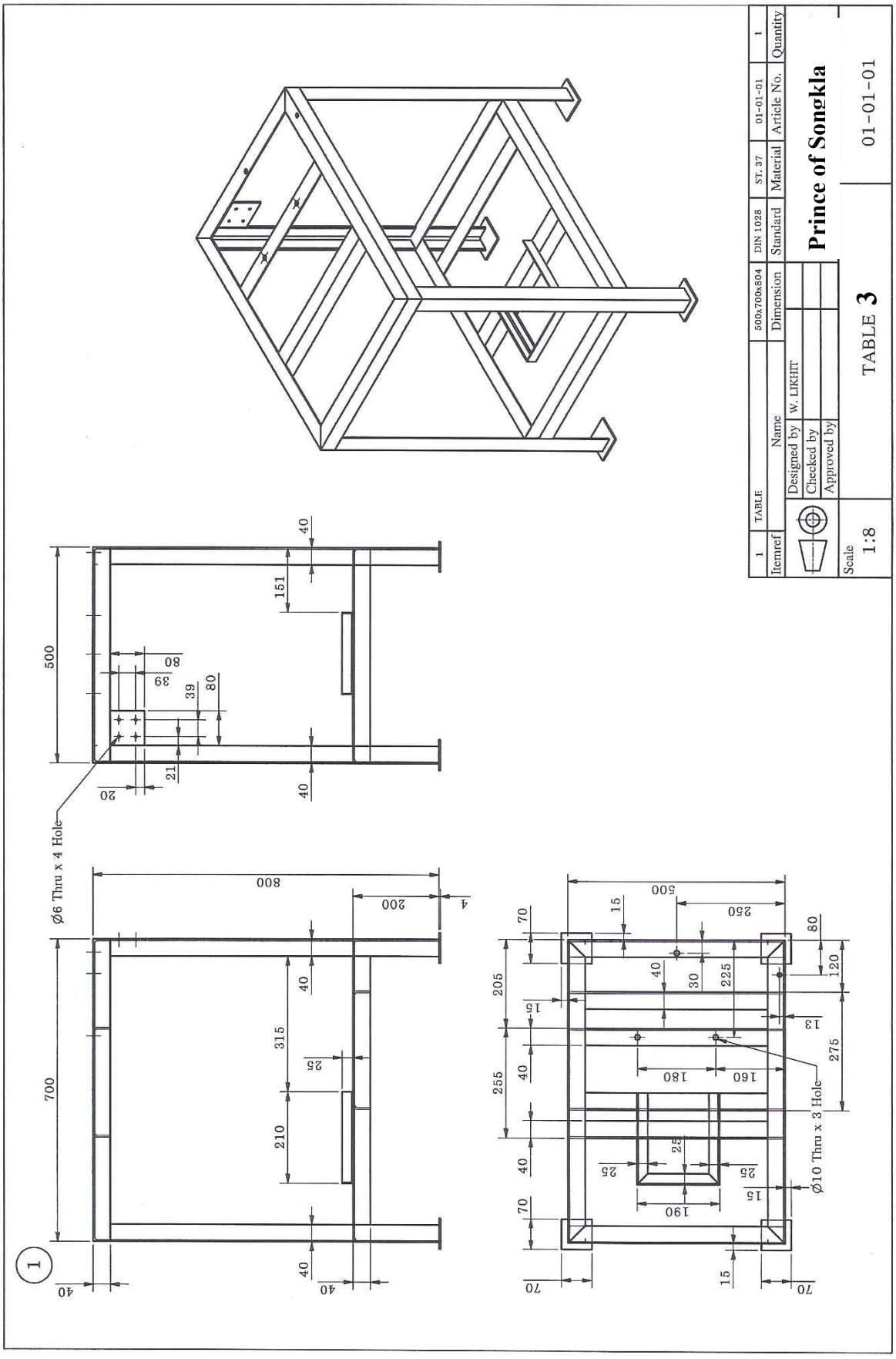
Prince of Songkla

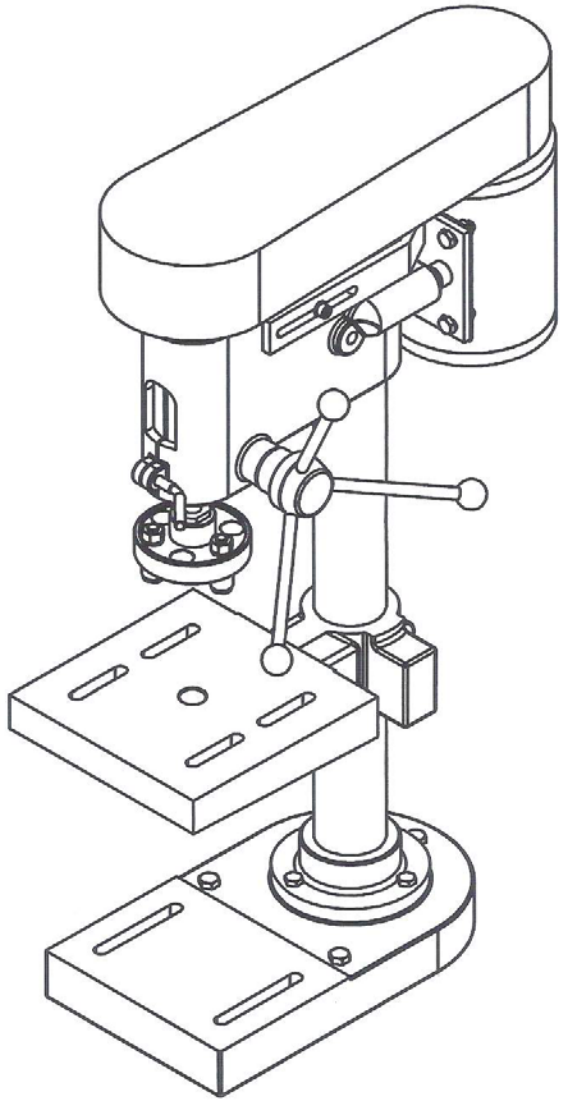
Scale 1:13

ATTRITOR

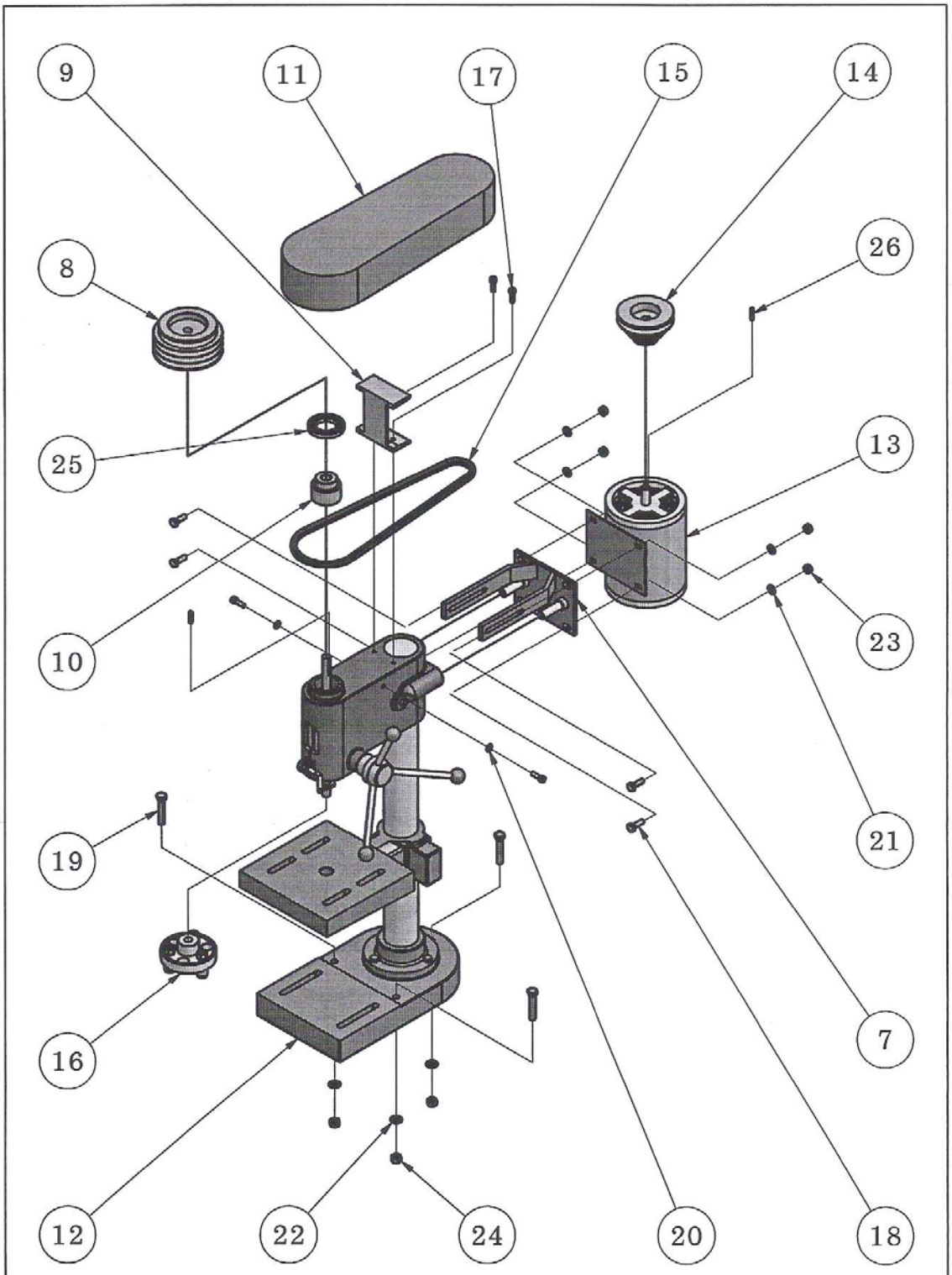
01-01


2
SHEET METAL
3x500x700
DIN 1542
ST. 13
01-01-02
1
Itemref
Name
Dimension
Standard
Material
Article No.
Quantity
Designed by
W. LIKHIT
Checked by
Approved by
Prince of Songkla
Scale
1:5
SHEET METAL
01-01-02
500
250
160
70
13
30
195
80
700
180
115
Ø20
Ø10 Thru x 2 Hole
Ø12 Thru x 3 Hole
t = 3


Prince of Songkla
TABLE 3
01-01-01
Scale 1:8
Designed by W. LIKHIT
Checked by
Approved by
Itemref 1 TABLE
Name
Dimension 500x700x804
Standard DIN 1028
Material ST. 37
Article No. 01-01-01
Quantity 1
Ø6 Thru x 4 Hole
Ø10 Thru x 3 Hole
500
700
800
200
315
210
151
250
225
180
160
190
205
255
275
120
80
30
25
21
20
39
15
13
4
40
70



Itemref	Name	Dimension	Standard	Material	Article No.	Quantity
	Designed by W.LIKHIT		Prince of Songkla			
	Checked by					
	Approved by					
Scale 1:6	ATEITOR				01-02	



Itemref	Name	Dimension	Standard	Material	Article No.	Quantity
	Designed by W.LIKHIT					
	Checked by					
	Approved by					

Prince of Songkla

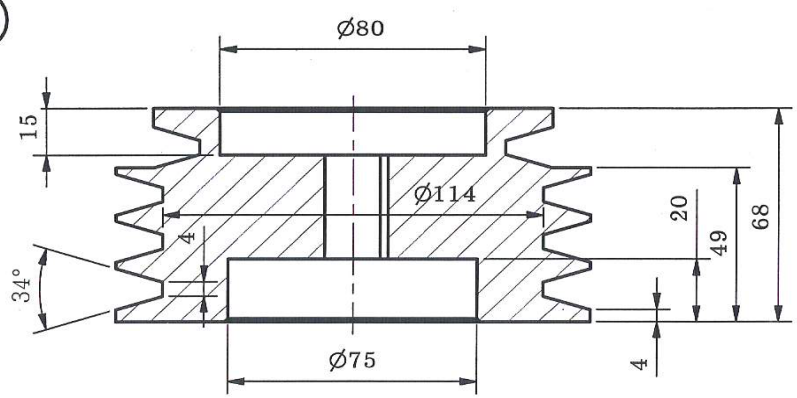
Scale 1:11	ATTRITOR FRAME **2**	01-02

Itemref	Name	Dimension	Standard	Material	Article No.	Quantity
26	PARALLEL KEY	A6x4x30	ISO 2491			2
25	BALL BEARING	Ø45xØ75x10	DIN 625			1
24	HEX NUT	M10	ISO 4034			4
23	HEX NUT	M8	ISO 4034			2
22	WASHER	Ø12	ISO 7089			3
21	WASHER	Ø10	ISO 7089			4
20	WASHER	Ø8	ISO 7090			2
19	HEX-HEAD BOLT	M12X65	ISO 4017			3
18	HEX-HEAD BOLT	M10X30	ISO 4017			4
17	HEX-HEAD BOLT	M8X25	ISO 4017			4
16	COUPLING					1
15	BELT					1
14	PULLEY					1
13	DRIVE MOTOR					1
12	FRAME BASE					1
11	COVER	1x600x200	DIN 1541	ST. 13	01-02-05	1
10	PULLEY AXIS	Ø65x55		ST. 37	01-02-04	1
9	COVER SUPPORT	U 120	DIN 1026	ST. 37	01-02-03	1
8	PULLEY	Ø150x75		ST. 37	01-02-02	1
7	ADJUST PLATE	130x172x248		ST. 37	01-02-01	1

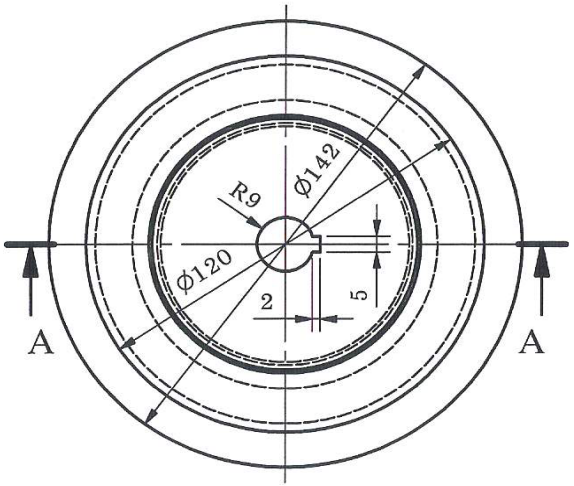
Designed by	W.LIKHIT		**Prince of Songkla**
Checked by			
Approved by			

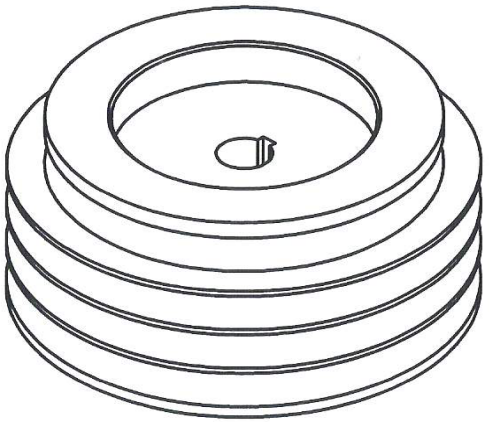
Scale		
1:11	ATTRITOR FRAME	01-02

8



Section A-A

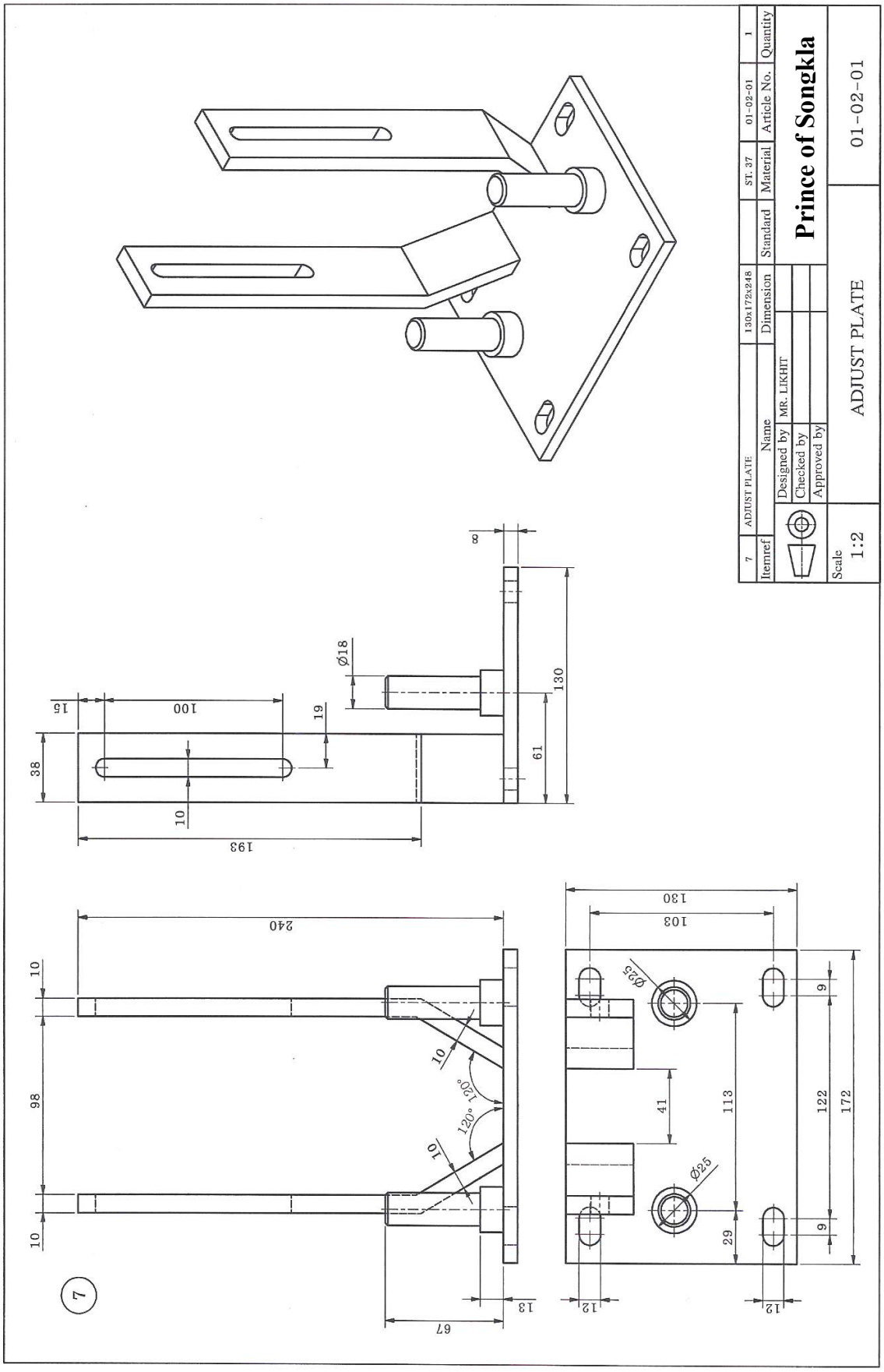




8	PULLEY	Ø150x75		ST. 37	01-02-02	1
Itemref	Name	Dimension	Standard	Material	Article No.	Quantity

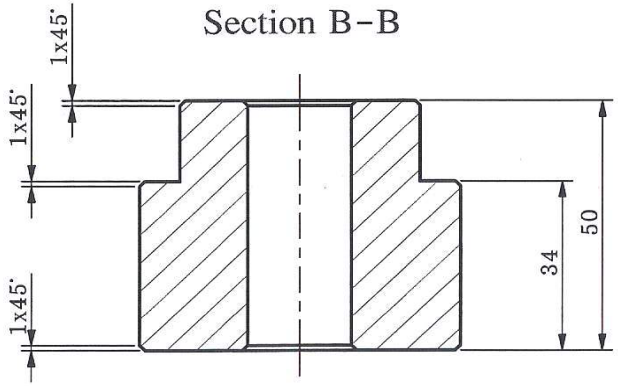
Designed by			Prince of Songkla University
Checked by			
Approved by			

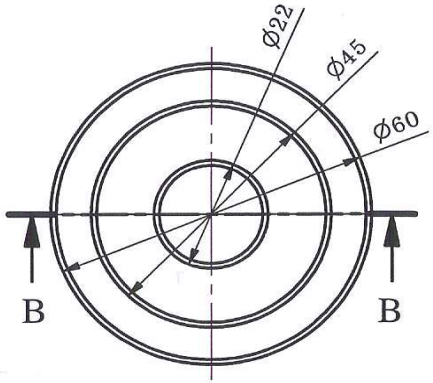
Scale		
1:2	PULLEY	01-01-02

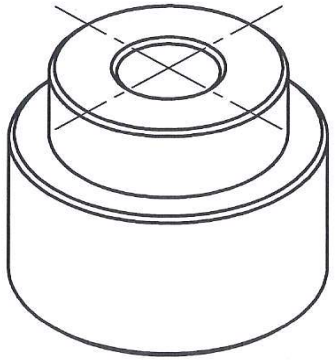

Prince of Songkla
ADJUST PLATE
01-02-01
Scale 1:2
Designed by MR. LIKHIT
Checked by
Approved by
Name
Dimension 130x172x248
Standard
Material ST. 37
Article No. 01-02-01
Quantity 1
Itemref 7
ADJUST PLATE
240
193
130
103
100
98
67
61
38
19
15
10
8
13
12
9
41
113
122
172
29
Ø18
Ø25
120°
30°
7

10

Section B-B





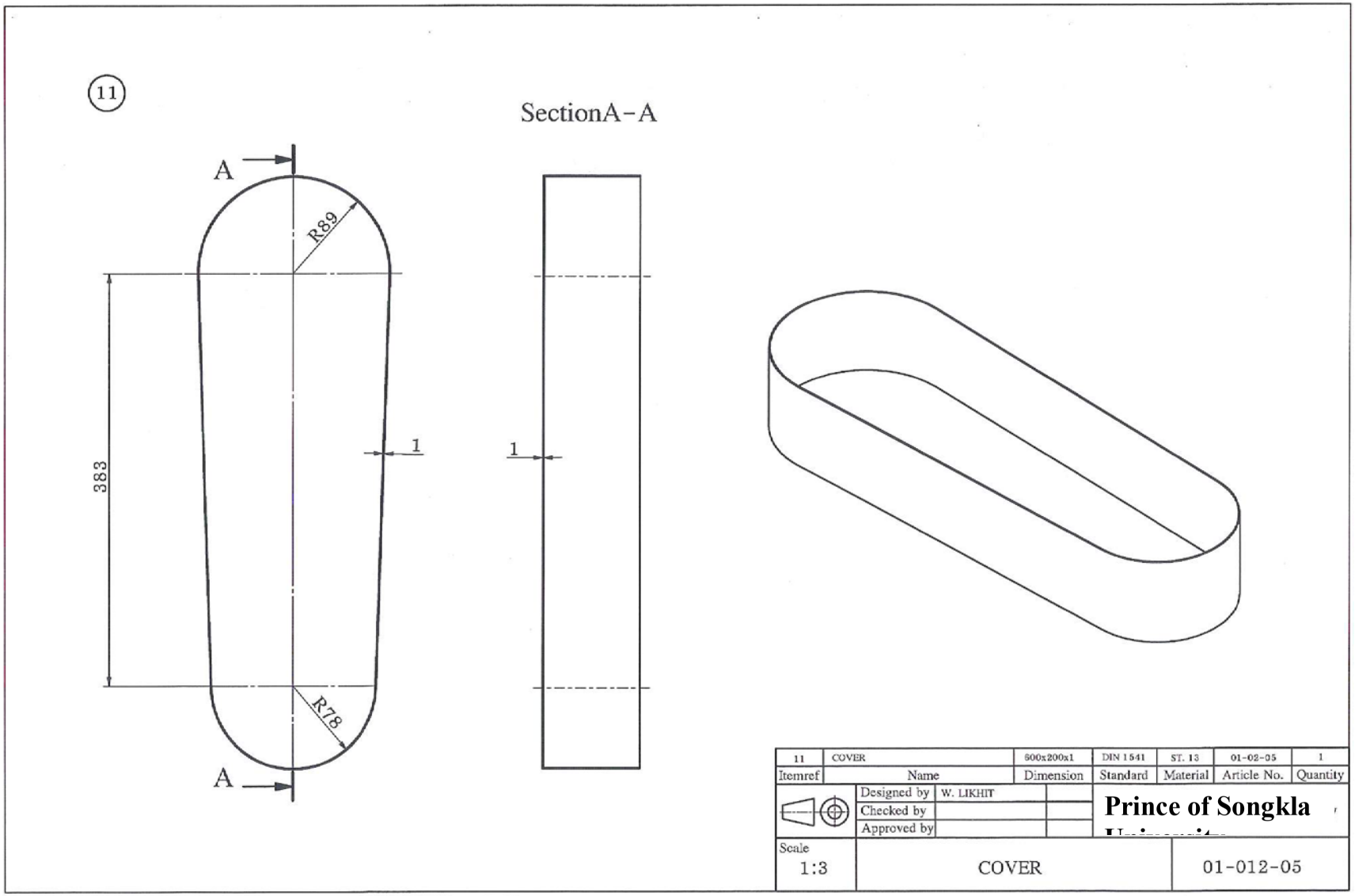


10	PULLEY AXIS	Ø65x55		ST. 37	01-02-04	1
Itemref	Name	Dimension	Standard	Material	Article No.	Quantity

Designed by	W.LIKHIT	
Checked by		
Approved by		

Prince of Songkla

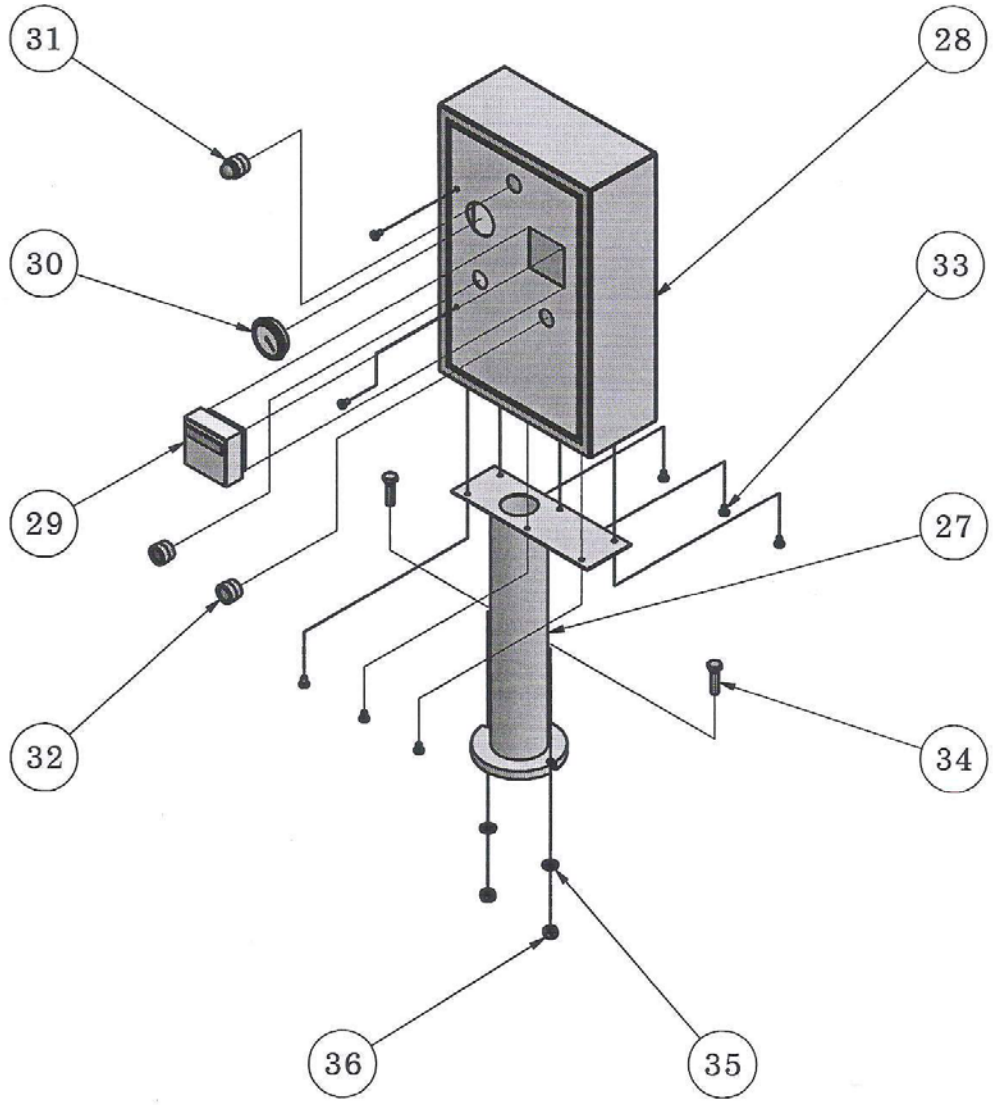
Scale		
1:1	PULLEY AXIS	01-02-04



11	COVER	600x200x1	DIN 1541	ST. 13	01-02-05	1
Itemref	Name	Dimension	Standard	Material	Article No.	Quantity

Designed by	W. LIKHIT	Prince of Songkla
Checked by		
Approved by		

Scale		
1:3	COVER	01-012-05

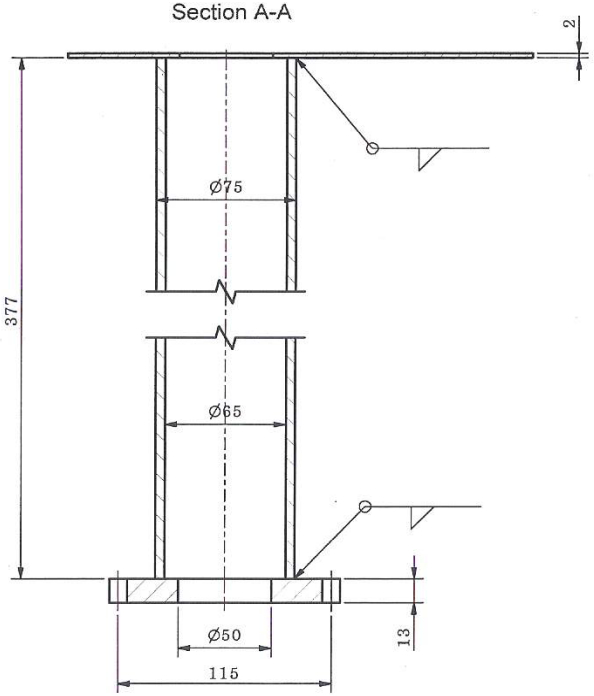


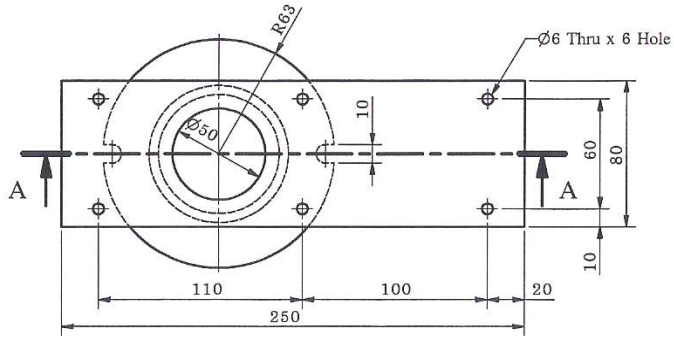
Itemref	Name	Dimension	Standard	Material	Article No.	Quantity
36	HEX NUT	M10x40	ISO 4034			2
35	WASHER	A 10	ISO 7089			1
34	HEX-HEAD BOLT	M10x65	ISO 4017			2
33	RECESSED PAN HEAD SCREW	M6x10	ISO 7045			6
32	PUSH BUTTON					1
31	STATUS WORKING LAMP					1
30	TEMPERATURE GAUGE					1
29	TEMPERATURE MONITOR					1
28	ELECTRIC BOX	123x280x430				1
27	COLUMN			ST. 37	01-03-01	1

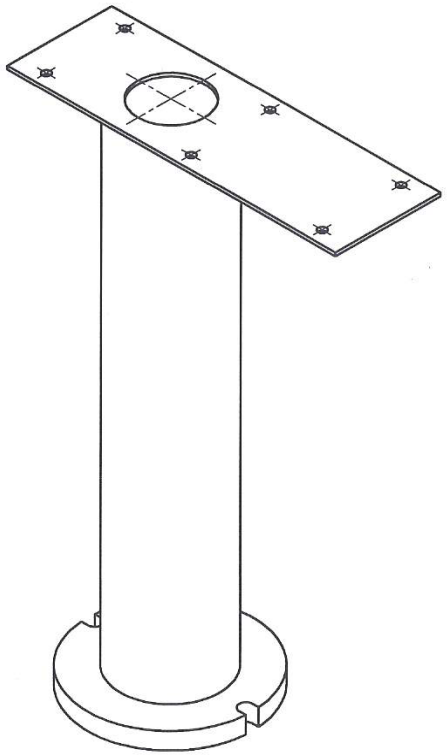
Designed by	W.LIKHIT		Prince of Songkhla University
Checked by			
Approved by			
Scale 1:8	ELECTRIC BOX CONTROL		01-03

(27)

Section A-A



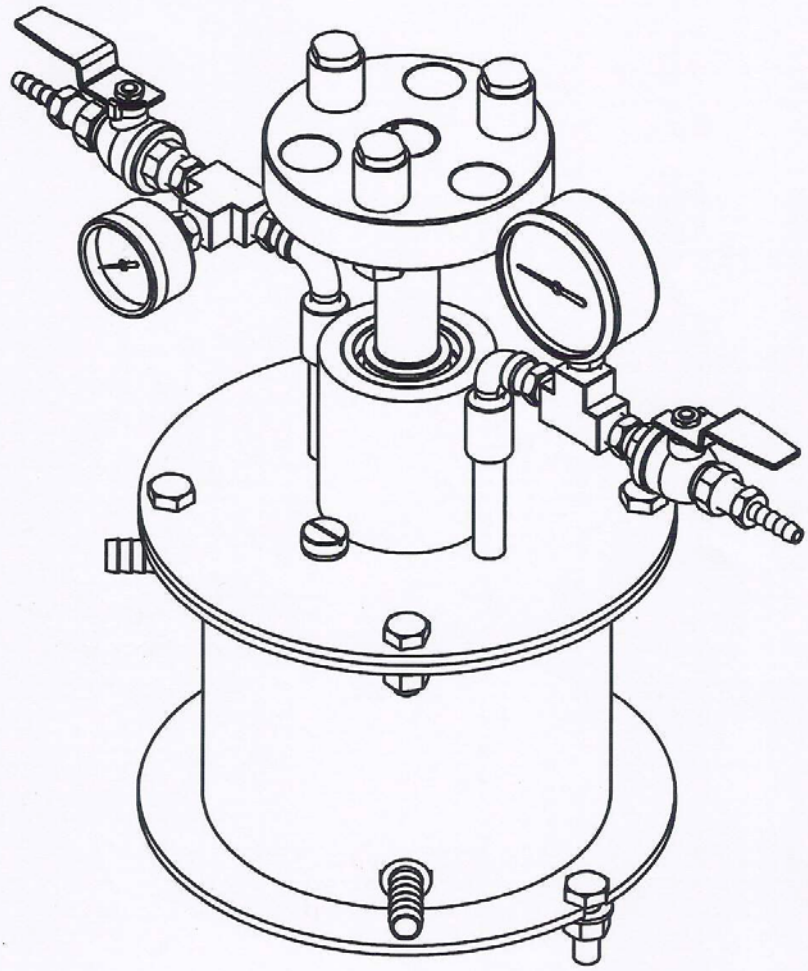




27	COLUMN			ST.37	01-03-01	1
Itemref	Name	Dimension	Standard	Material	Article No.	Quantity

Designed by	W. LIKHIT	**Prince of Songkla**
Checked by		
Approved by		

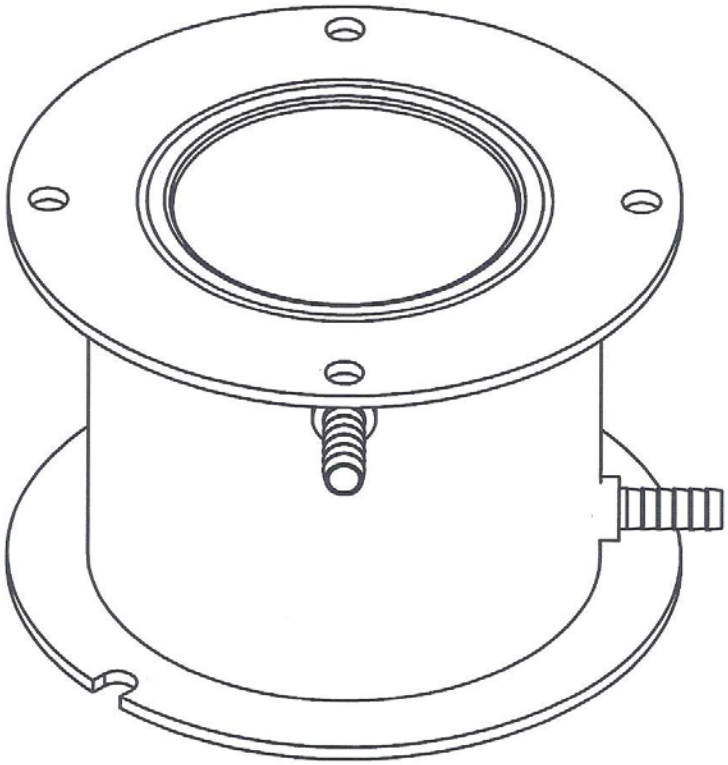
Scale		
1:3	COLUMN	01-03-01



Itemref	Name	Dimension	Standard	Material	Article No.	Quantity
	Designed by W.LIKHIT					
	Checked by					
	Approved by					

Prince of Songkla

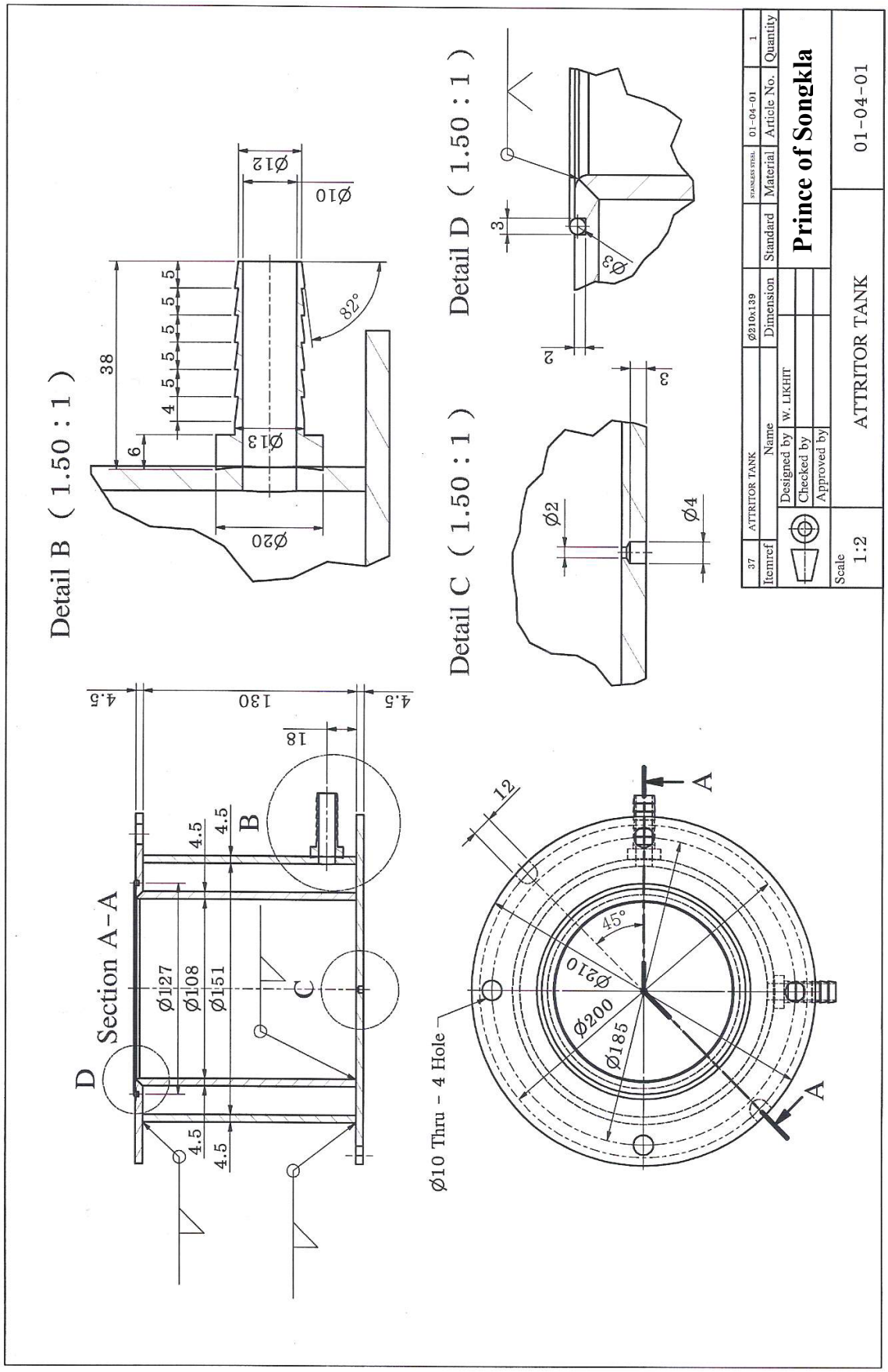
Scale		
1:3	ATTRITOR TANK	01-04

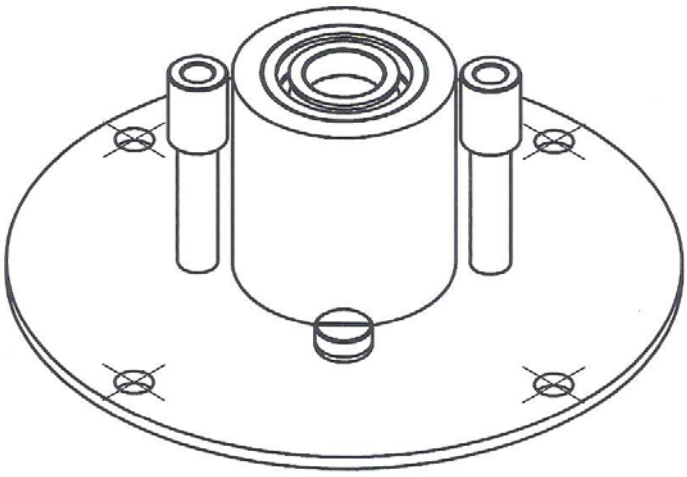


Itemref	Name	Dimension	Standard	Material	Article No.	Quantity
37	ATTROTOR TANK	Ø210X139		STAINLESS STEEL	01-04-01	1

Designed by	W.LIKHIT	Prince of Songkla
Checked by		
Approved by		

Scale		
1:2	ATTROTOR TANK	01-04-01

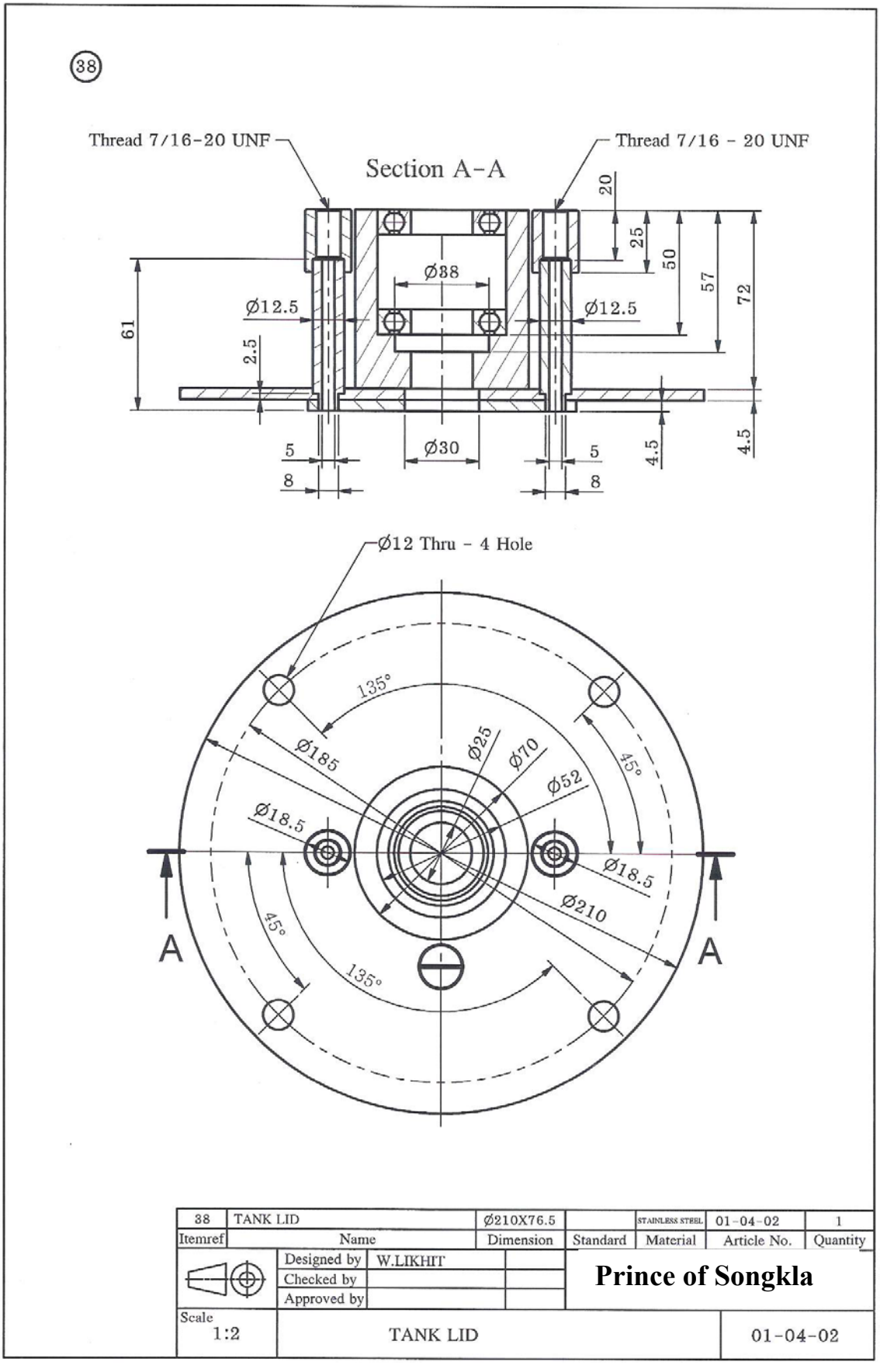

Detail B (1.50 : 1)
Detail C (1.50 : 1)
Detail D (1.50 : 1)
Section A-A
Ø10 Thru - 4 Hole
ATTRITOR TANK
Prince of Songkla
01-04-01
Scale 1:2
Designed by w. LIKHIT
Checked by
Approved by
Standard
Material
Article No.
Quantity
Dimension
Ø210x139
STAINLESS STEEL
37
Itemref
Name

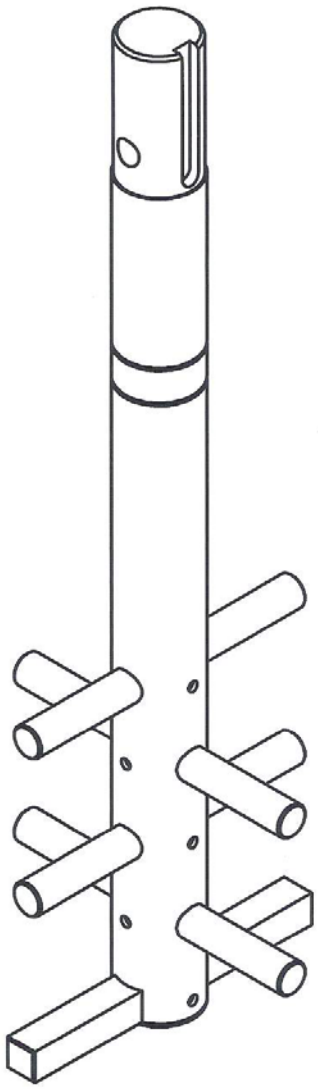


Itemref	Name	Dimension	Standard	Material	Article No.	Quantity
38	TANK LID	Ø210X76.5		STAINLESS STEEL	01-04-02	1

Designed by	W.LIKHIT		**Prince of Songkla**
Checked by			
Approved by			

Scale		
1:2	TANK LID	01-04-02

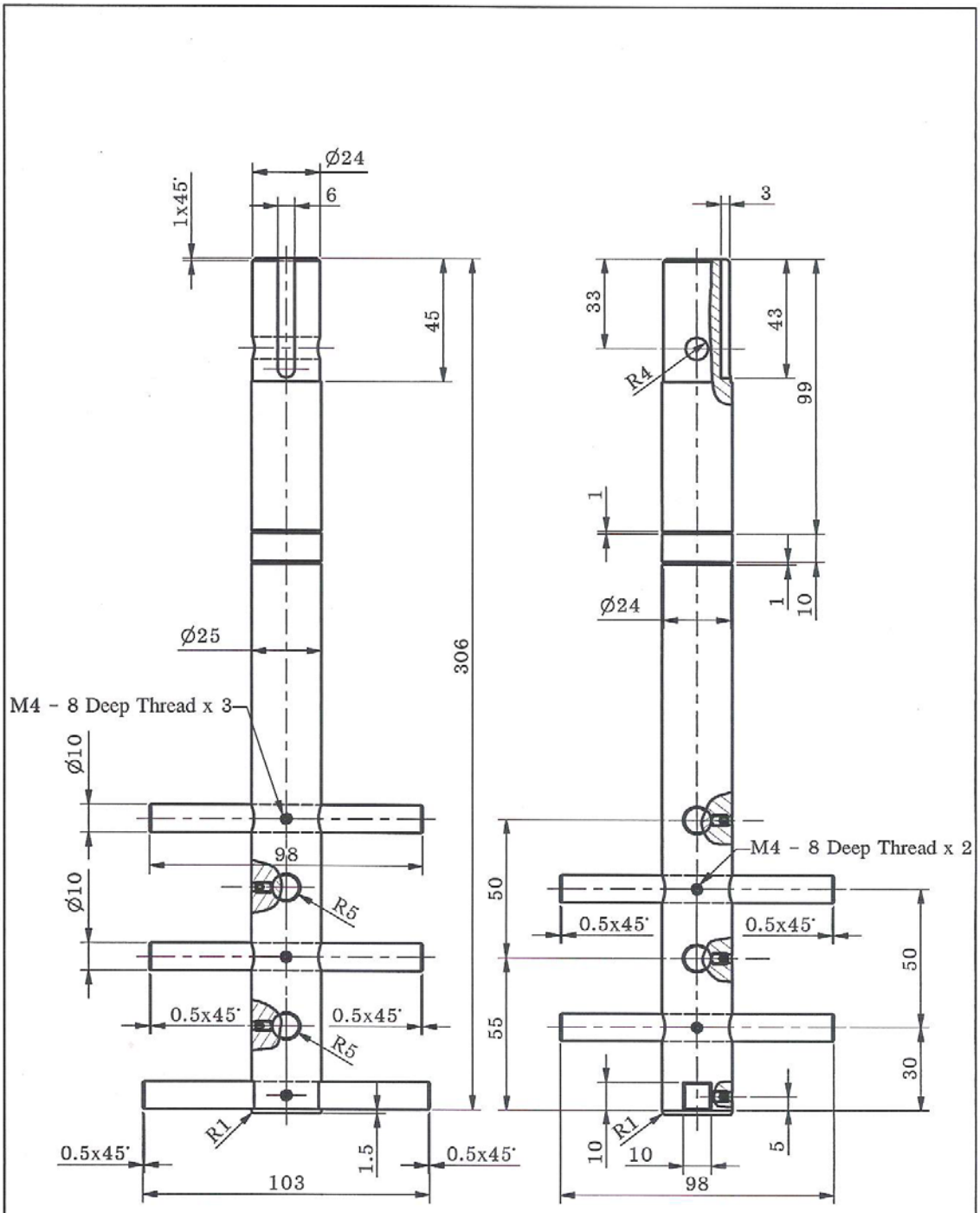

38
Thread 7/16-20 UNF
Thread 7/16 - 20 UNF
Section A-A
20
25
50
57
72
Ø88
Ø12.5
Ø12.5
61
2.5
5
8
Ø30
5
8
4.5
4.5
Ø12 Thru - 4 Hole
135°
Ø185
Ø25
Ø70
Ø52
45°
Ø18.5
Ø18.5
Ø210
45°
135°
A
A
38 | TANK LID | Ø210X76.5 | | STAINLESS STEEL | 01-04-02 | 1
Itemref | Name | Dimension | Standard | Material | Article No. | Quantity
Designed by | W.LIKHIT
Checked by
Approved by
Prince of Songkla
Scale 1:2
TANK LID
01-04-02



Itemref	Name	Dimension	Standard	Material	Article No.	Quantity
39	DRIVE SHAFT 10 ARM			SAINLESS STEEL	01-04-03	1

Designed by	W.LIKHIT		Prince of Songkla
Checked by			
Approved by			

Scale		
1:2	DRIVE SHAFT 10 ARM	01-04-03

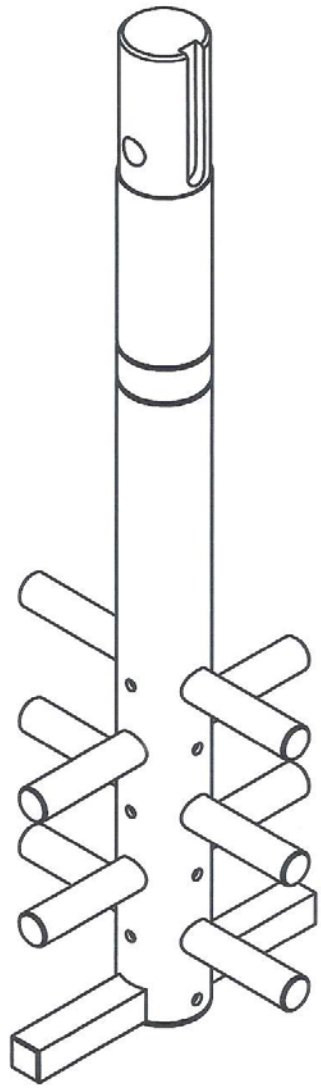


Itemref	Name	Dimension	Standard	Material	Article No.	Quantity
39	DRIVE SHAFT 10 ARM			SAINLESS STEEL	01-04-03	1

Designed by	W.LIKHIT	
Checked by		
Approved by		

Prince of Songkla

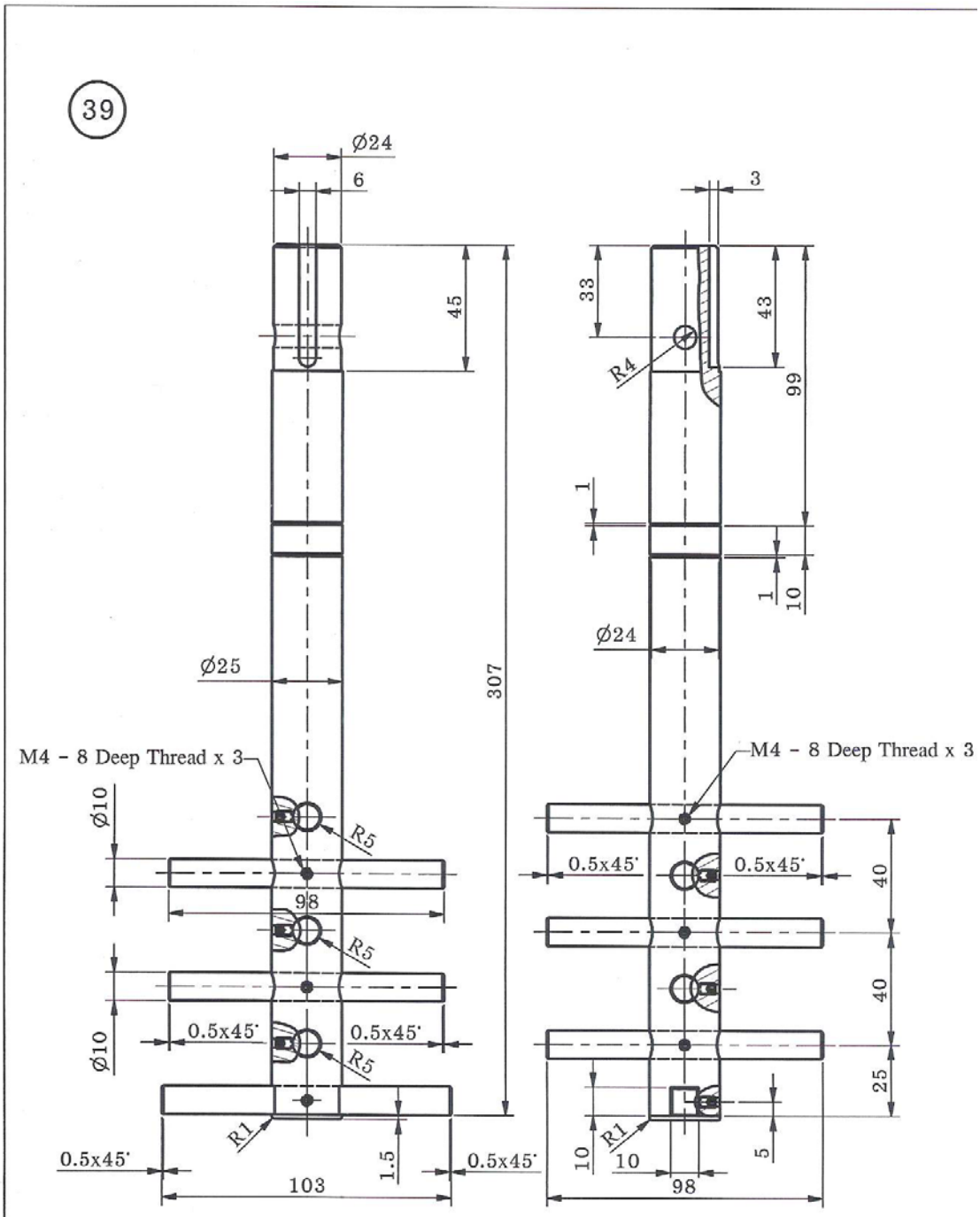
Scale		
1:2	DRIVE SHAFT 10 ARM	01-04-03



Itemref	Name	Dimension	Standard	Material	Article No.	Quantity
39	DRIVE SHAFT 12 ARM			STAINLESS STEEL	01-04-03	1

Designed by	W.LIKHIT	**Prince of Songkla**
Checked by		
Approved by		

Scale		
1:2	DRIVE SHAFT 12 ARM	01-04-03

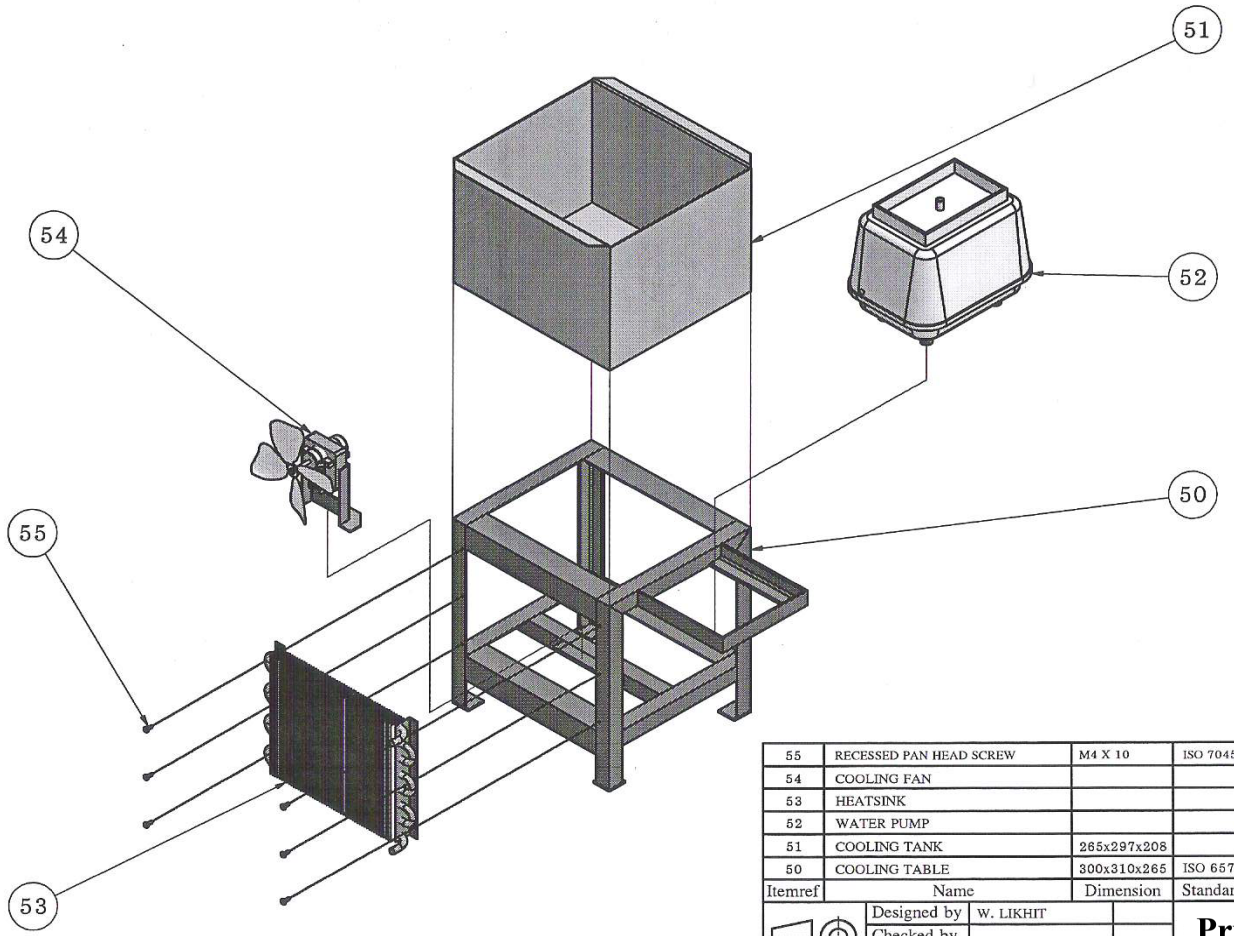


39	DRIVE SHAFT 12 ARM			STAINLESS STEEL	01-04-03	1
Itemref	Name	Dimension	Standard	Material	Article No.	Quantity
	Designed by W.LIKHIT		Prince of Songkla			
	Checked by					
	Approved by					
Scale 1:2	DRIVE SHAFT 12 ARM				01-04-03	

Itemref	Name	Dimension	Standard	Material	Article No.	Quantity
49	O-RING		ISO 3601			1
48	PARALLEL PIN	Ø8x45	ISO 2338			1
47	BALL BEARING	Ø25xØ52x10	DIN 625			1
46	HEX NUT	M10	ISO 4034			6
45	WASHER	A10	ISO 7089			6
44	HEX-HEAD BOLT	M10X40	ISO 4017			2
43	HEX-HEAD BOLT	M10X25	ISO 4017			4
42	PRESSURE GAUGE					1
41	VACUUM GAUGE					1
40	COUPLING					1
39	DRIVE SHAFT			STAINLESS STEEL	01-04-03	1
38	TANK LID	Ø210X76.5		STAINLESS STEEL	01-04-02	1
37	ATTROTOR TANK	Ø210X139		STAINLESS STEEL	01-04-01	1

Designed by	W.LIKHIT		**Prince of Songkla**
Checked by			
Approved by			

Scale		
1:7	ATTRITOR MILL	01-04



Itemref	Name	Dimension	Standard	Material	Article No.	Quantity
55	RECESSED PAN HEAD SCREW	M4 X 10	ISO 7045			6
54	COOLING FAN					1
53	HEATSINK					1
52	WATER PUMP					1
51	COOLING TANK	265x297x208		STAINLESS STEEL	01-05-02	1
50	COOLING TABLE	300x310x265	ISO 657/1	ST.37	01-05-01	1

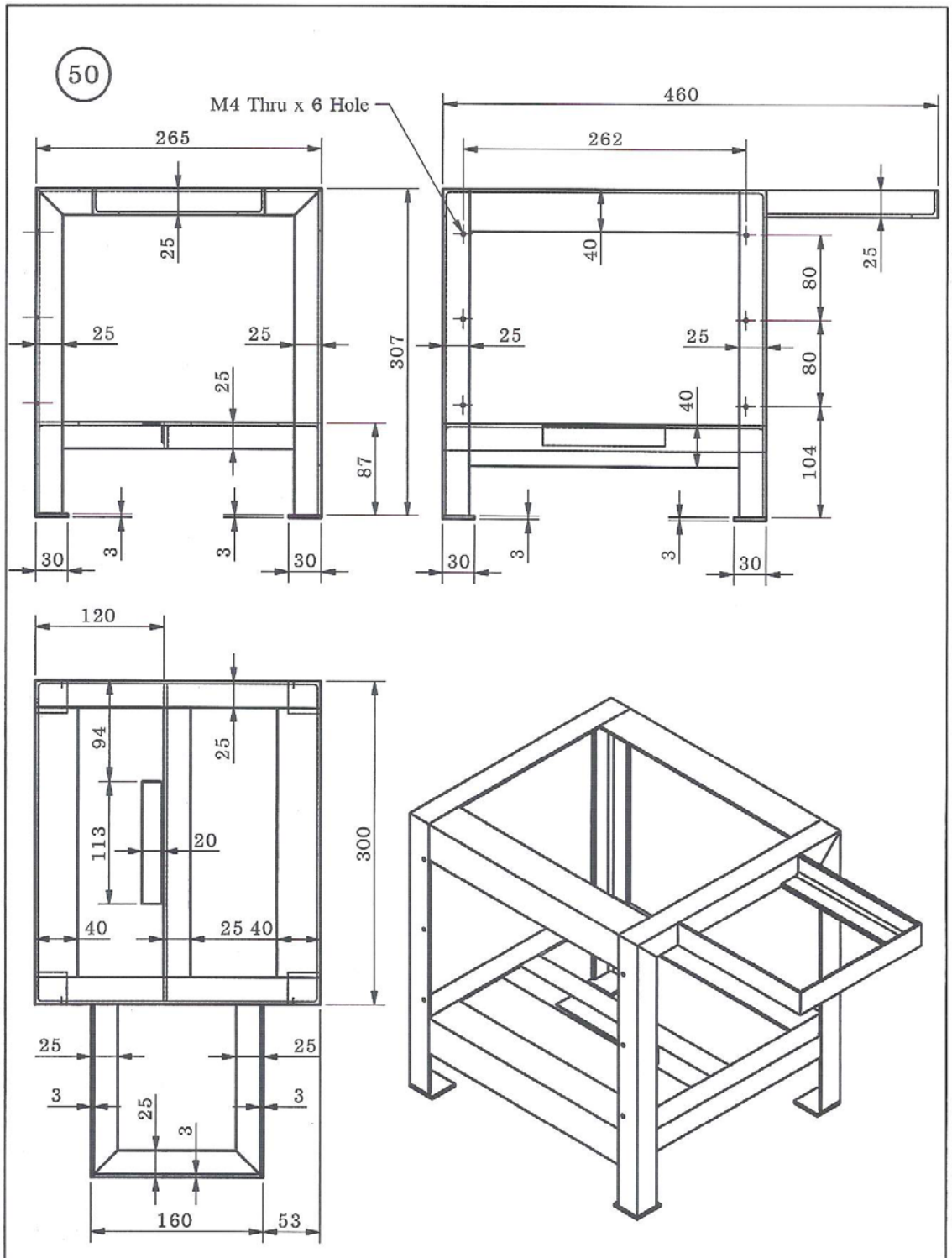
Designed by W. LIKHIT
Checked by
Approved by

Prince of Songkla University

Scale 1:6

ATTRITOR COOLING

01-05

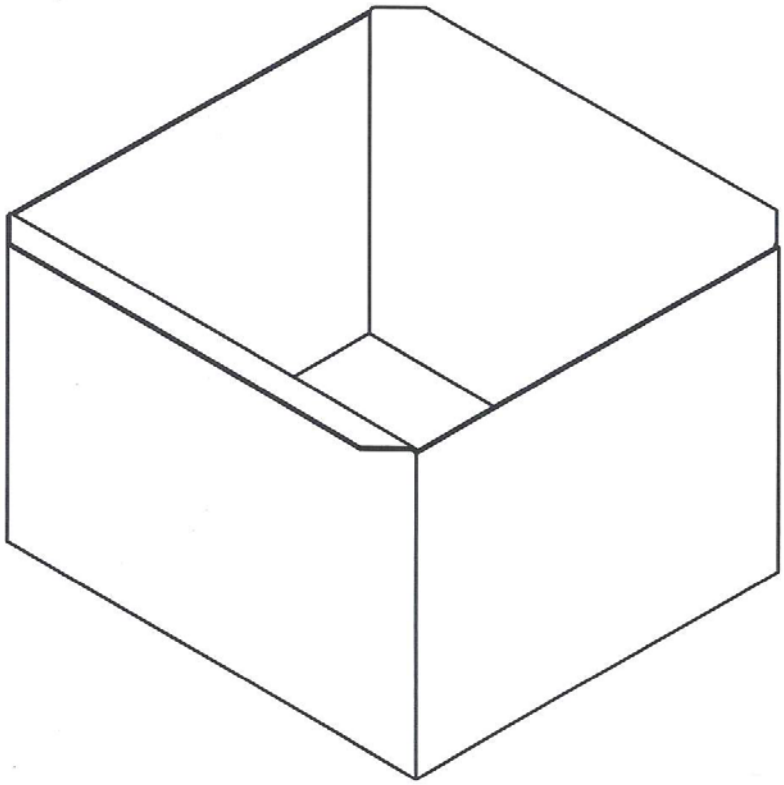


50	COOLING TABLE	300x310x265	ISO 657/1	ST. 37	01-05-01	1
Itemref	Name	Dimension	Standard	Material	Article No.	Quantity

Designed by	W.LIKHIT	
Checked by		
Approved by		

Prince of Songkla

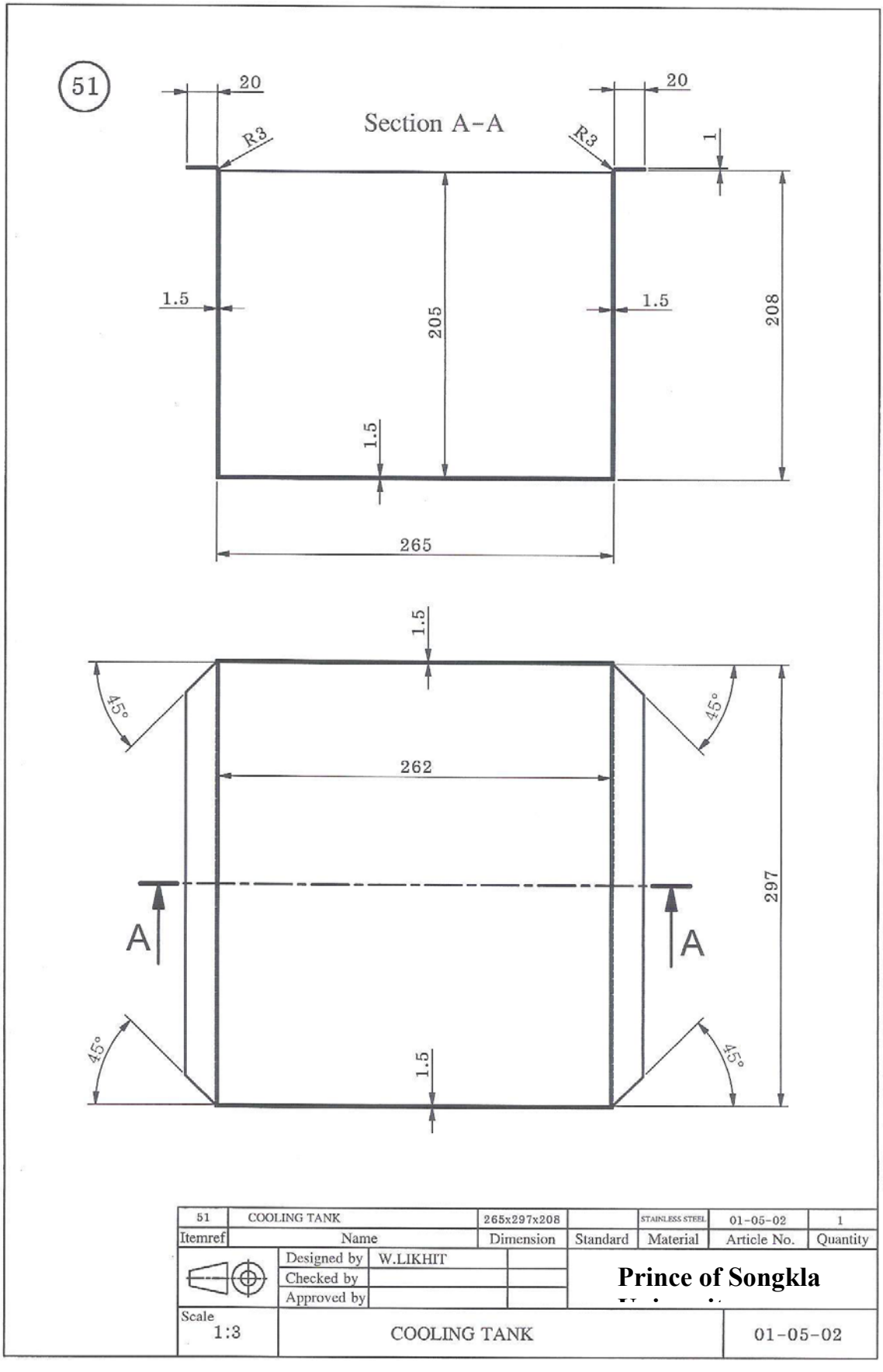
Scale 1:2	COOLING TABLE	01-05-01



Itemref	Name	Dimension	Standard	Material	Article No.	Quantity
51	COOLING TANK	265x297x208		STAINLESS STEEL	01-05-02	1

Designed by	W.LIKHIT		**Prince of Songkla**
Checked by			
Approved by			

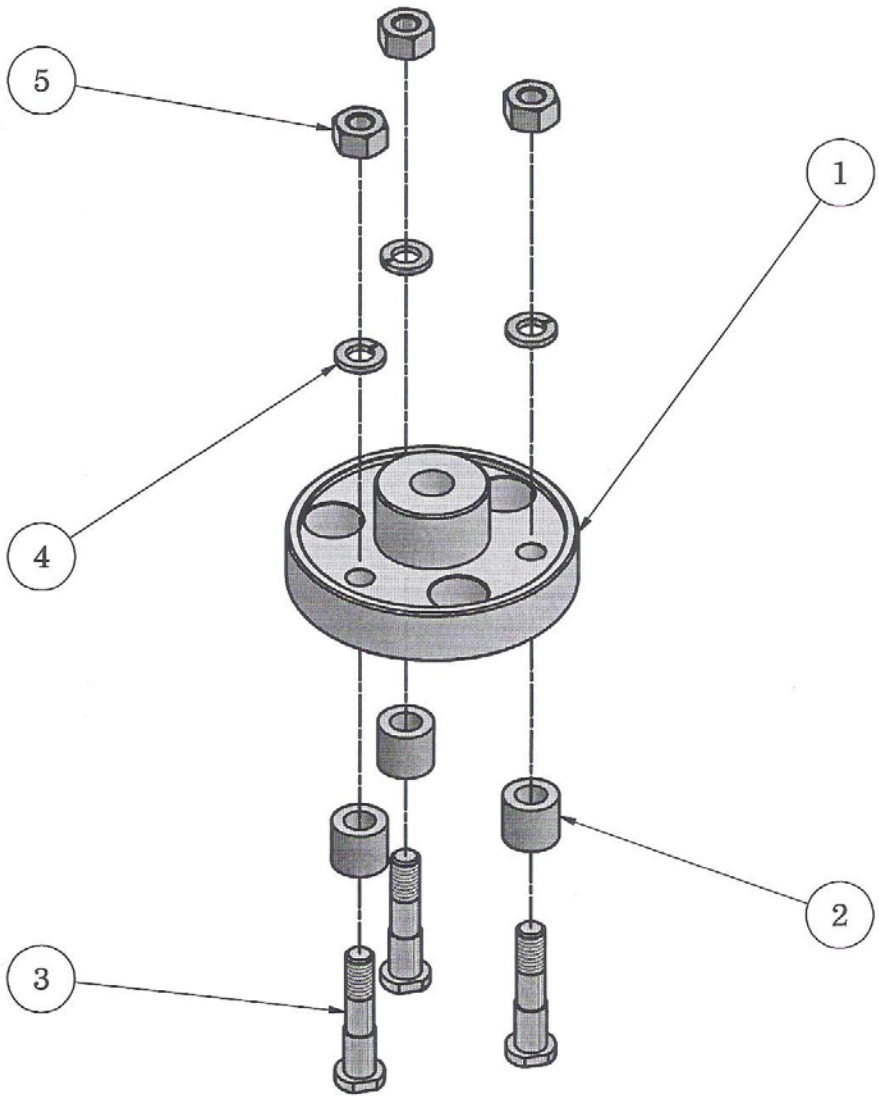
Scale		
1:3	COOLING TANK	01-05-02



51	COOLING TANK	265x297x208		STAINLESS STEEL	01-05-02	1
Itemref	Name	Dimension	Standard	Material	Article No.	Quantity

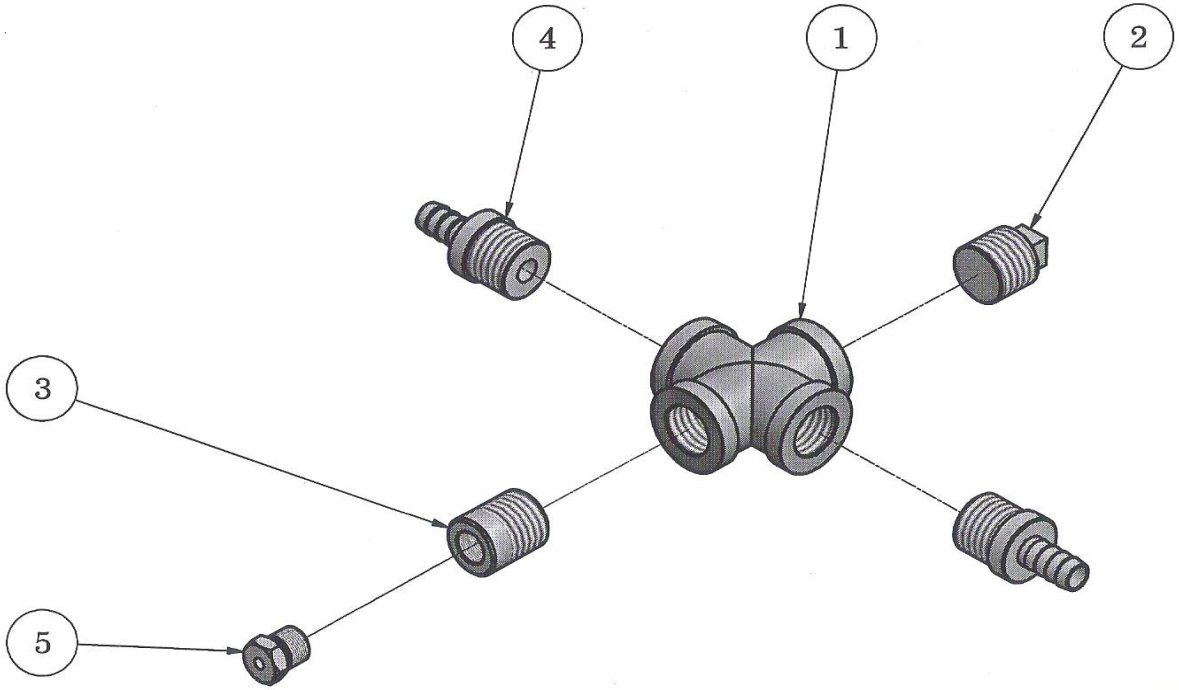
Designed by	W.LIKHIT		Prince of Songkla
Checked by			
Approved by			

Scale		
1:3	COOLING TANK	01-05-02



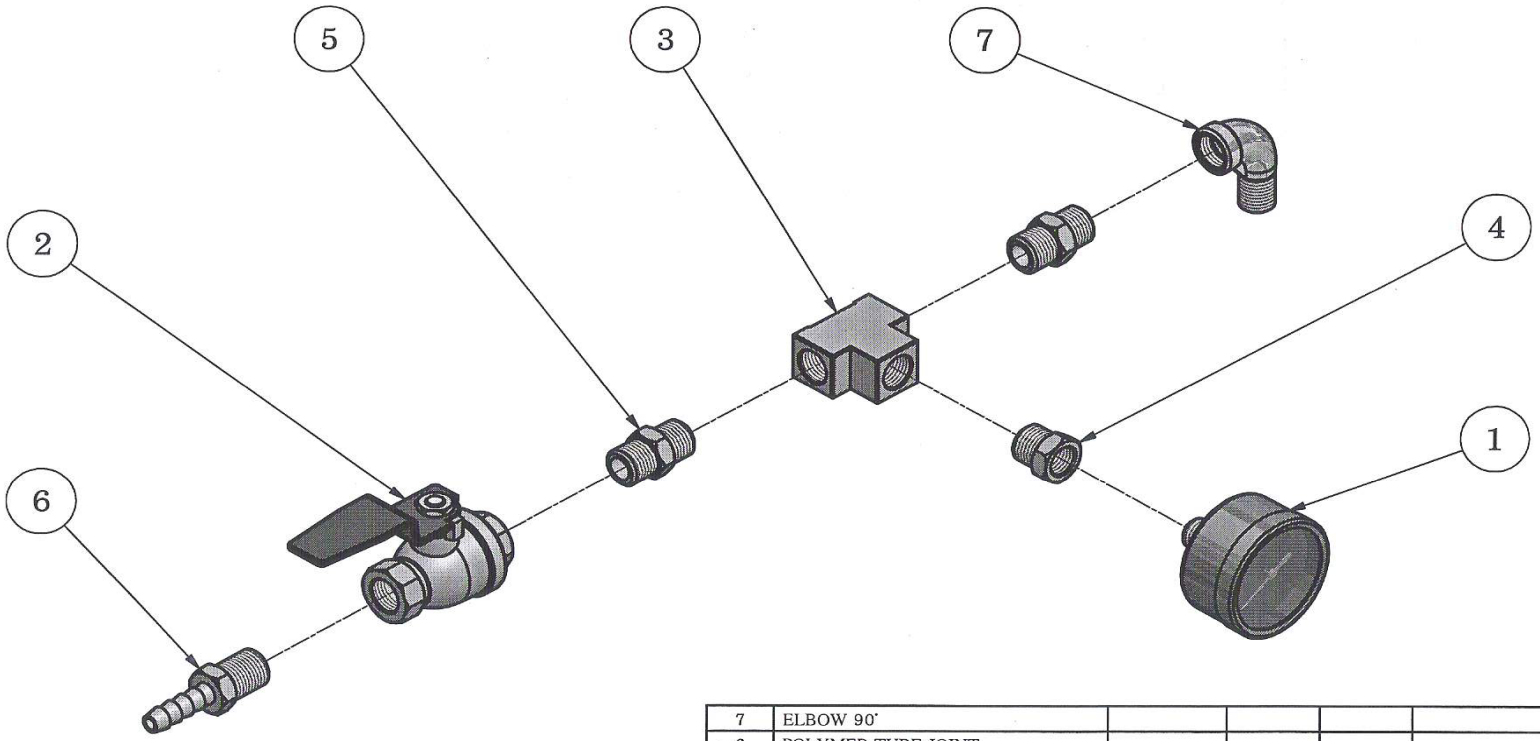
Item No.	Name	Dimension	Standard	Material	Article No.	Quantity
5	NUT					3
4	WASHER					3
3	HEX-HEAD BOLT					3
2	PLASTIC SLEEVE					3
1	BODY					1

Designed by	W.LIKHIT		Prince of Songkla
Checked by			
Approved by			
Scale 1:3	COUPLING		



Item No.	Name	Dimension	Standard	Material	Article No.	Quantity
5	METAL TUBE JOINT					1
4	POLYMER TUBE JIONT					2
3	JOINT					1
2	PLUG					1
1	TREAD CROSS					1

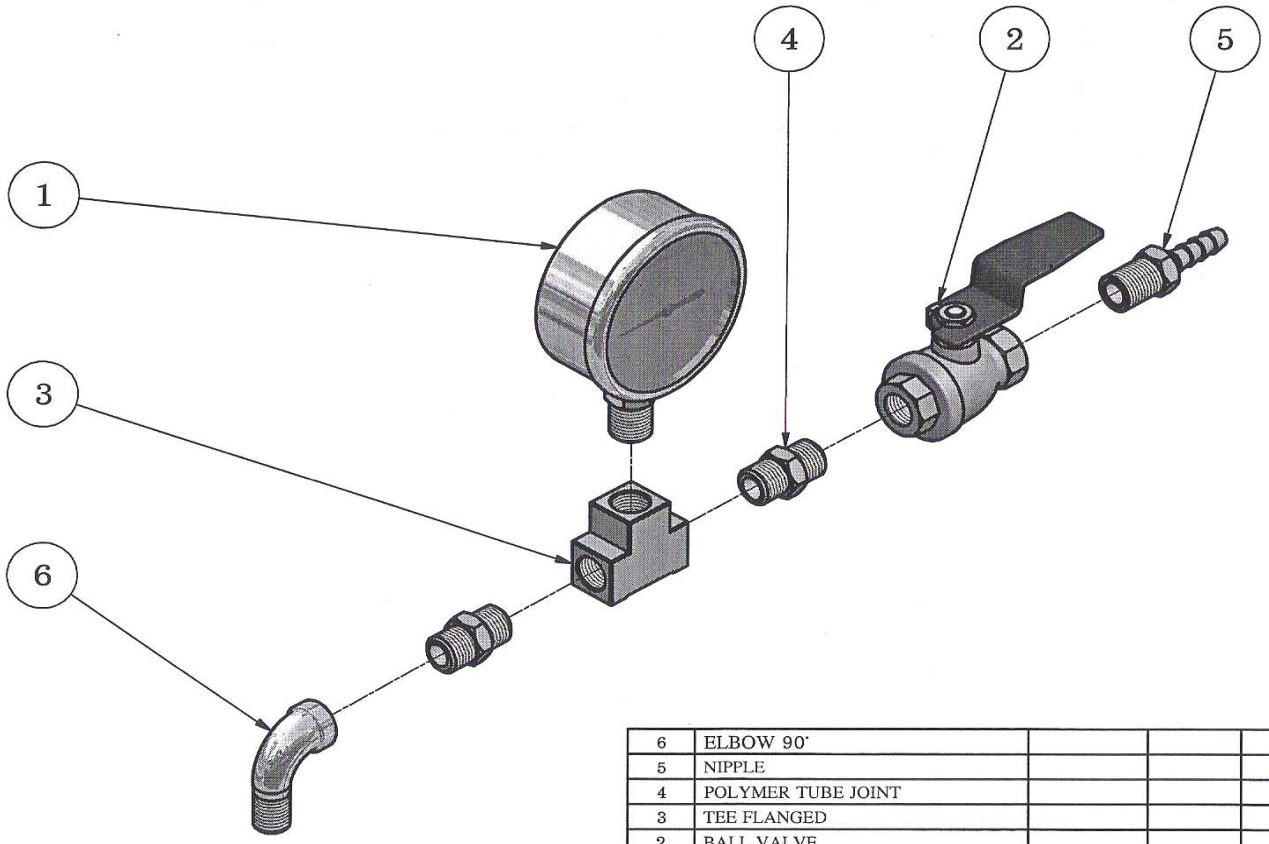
Designed by	W. LIKHIT		**Prince of Songkla**
Checked by			
Approved by			
Scale 1:3	TREAD CROSS SET		



Item No.	Name	Dimension	Standard	Material	Article No.	Quantity
7	ELBOW 90°					1
6	POLYMER TUBE JOINT					1
5	NIPPLE					2
4	JOINT					1
3	TEE FLANGED					1
2	BALL VALVE					1
1	DIAL					1

Designed by	W.LIKHIT	**Prince of Songkla**
Checked by		
Approved by		

Scale	
1:2	PRESSURE GAUGE



Item No.	Name	Dimension	Standard	Material	Article No.	Quantity
6	ELBOW 90˚					1
5	NIPPLE					2
4	POLYMER TUBE JOINT					1
3	TEE FLANGED					1
2	BALL VALVE					1
1	DIAL					1

Designed by	W.LIKHIT	**Prince of Songkla**
Checked by		
Approved by		
Scale 1:2	VACUUM GAUGE	

ภาคผนวก ค .

ผลงานที่ได้รับการเผยแพร่

สมรรถนะของเครื่องบดแอทไตรเตอร์ที่ใช้ในการเตรียมผงโลหะผสม

PERFORMANCE OF ATTRITOR MILL USED FOR ALLOYED POWDER PREPARATION

ลิขิต วรรณพงศ์[1] เล็ก สีคง[1] ศิริกุล วิสุทธิ์เมธางกูร[2] นภิสพร มีมงคล[3] ประภาส เมืองจันทร์บุรี[1]

Likhit Wanapong[1] Lek Sikong[1] Sirikul Wisutmethangoon[2] Napisporn Memongkol[3] Prapas Muangjunburee[1]

[1]Department of Mining and Materials Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla 90110

[2]Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla 90110

[3]Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla 90110

บทคัดย่อ: จุดมุ่งหมายของการวิจัยนี้ คือการออกแบบและสร้างเครื่องบดเตรียมตัวอย่างแบบแอทไตรเตอร์หม้อบดขนาด 1 ลิตร มีเพลาขับ 10 และ 12 แขน ใช้ลูกบดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.4 มิลลิเมตร เตรียมโลหะอะลูมิเนียมและทองแดงในอัตราส่วน 67:33 โดยน้ำหนัก และทำการบดที่เวลา 0.5, 1, 1.5 และ 2 ชั่วโมงภายใต้บรรยากาศก๊าซอาร์กอน ที่ความเร็ว 500 และ 700 รอบต่อนาที ตัวแปรที่ศึกษาคือ จำนวนแขนของเพลาขับ ความเร็วรอบและเวลาที่ใช้ในการบดผสม ผลการเตรียมโลหะผสมปรากฏว่า หลังจากการบด 1.5 ชั่วโมง ที่ความเร็ว 500 รอบต่อนาที และ 0.5 ชั่วโมงที่ความเร็ว 700 รอบต่อนาทีจะได้โลหะผสม Al–33%Cu ในเฟสของยูเทกติกระหว่างสารละลายของแข็งกับสารประกอบระหว่างโลหะ (θ-$CuAl_2$) นั่นคือเมื่อเพิ่มความเร็วรอบทำให้เกิดโลหะผสมดังกล่าวเร็วขึ้นชัดเจน แต่การเพิ่มจำนวนแขนไม่มีผลชัดเจน อย่างไรก็ตามความเร็วรอบเวลาในการบดผสมและจำนวนแขน จะมีผลต่อความละเอียดของอนุภาคที่บดได้โดยพบว่าที่ความเร็วรอบสูงขึ้นและเวลาบดนานขึ้นจะบดได้ละเอียดมากกว่า มีการกระจายตัวของอนุภาคในช่วงที่แคบกว่าและพบว่าเพลาขับ 12 แขนมีประสิทธิภาพในการบดผสมมากกว่า 10 แขนและใช้กำลังไฟฟ้าน้อยกว่า

Abstract: The purpose of this research was to design and construct attritor mill, a rotating impeller with 10 and 12 arms. Al – 33% Cu alloys were prepared by mechanical alloying methods. The mixture of 67% aluminium powder with 33% copper by using weight were milled in an attritor having 10 and 12 arms with balls size of 6.4 mm in diameter and argon atmosphere at the speed of 500, and 700 rpm and at various milling times and numbers of arms. It was found that Al-33% Cu alloyed powders as phases of eutectic between solid solution phase and intermetallic compound, θ-$CuAl_2$ phases at 1.5 h 500 rpm and 0.5 h 700 rpm were formed after milling, the increase in a rotation speed of mill can reduced forming time of eutectic phase, however, increasing the number of arms on the impeller did not significantly change the rate of formation eutectic phase. However, spindle speed, milling time and no. of arms have effect on ground product fineness. It

was apparent that the higher spindle speed and longer milling time, the finer size of ground product with a narrow size distribution was obtained. Spindle of 12 arms was found to have more grinding efficiency and less power consumption than that of 10 arms.

Introduction: The Attritor falls mid range of milling machine, using 1/8″ to 3/8″ media,agitating at moderate speeds of 60 rpm in the largest production size units, to 300 rpm for the laboratory size units (with tip speeds of 600-1000 fpm). Mechanical alloying (MA) is a powder processing technique that produces alloys from element powder mixture. It was developed over 40 years ago and has been used widely to synthesize novel alloy phases and to produce oxide dispersion strengthening materials (1). The important parameters of the MA process are the raw materials, type of mills, and the process variables; such as milling speed, milling time, etc. The raw materials used for MA are in the size range of 1-200 μm and should be smaller than the grinding ball size. Different types of high-energy milling equipment are used in the MA process (2, 3). In this study, the attritor mill was used to prepare the Al-33%Cu alloy by varying three process variables, the spindle speed, the milling time, and the number of spindle impellers.

Methodology: Attritor mill, attritor tank diameter 108 mm and height 128 mm were designed and constructed using stainless steel grade 304 and tool steel using a high-speed steel rotating impeller with 10 and 12 arms. The mechanical alloying was carried out using an attritor mill with a cylindrical vial (working volume : diameter 108 mm and height 128 mm) rotating impeller with 10 or 12 arms, and the stainless steel balls of 6.4 mm in diameter. The rotating impeller was driven at two different rotation speeds of 500 and 700 rpm. The average size of aluminum and copper powders used in this study were 24.98 μm and 53.33 μm, respectively. The mixture of 67 wt% Al (32.16 grams) and 33 wt% Cu (15.84 grams) were manually blended together before sealed in the vial together with the grinding balls with the ball-to-powder mass ratio of 58.3:1 The process control agents (PCA) used in this study, methyl alcohol, was charged into the attritor prior to processing. The milling was carried out in argon atmosphere for a time range of 30-120 min. Small amounts of the powder were taken from the mill at regular periods of time for analyzing structural by XRD, morphological by SEM, thermal analysis by DTA and particle size distribution by Laser scattering particle size analyzer.

Results, Discussion and Conclusion: From the XRD patterns of the processed powders milled with the rotation speed of 500 rpm. It is noticed that γ-Cu_9Al_4 started to form after milling for 1.5 h using the 10-arm rotating impeller. Increasing the milling time to 2 h led to the formation of θ-$CuAl_2$ and γ-Cu_9Al_4. However the evolution of θ-$CuAl_2$ phase appeared already after 1.5 h of milling in the as-milled powders using the 12-arm impeller. In addition, the formation of γ-Cu_9Al_4 phase was not observed in the 12-arm milling process. It revealed evident for both the 10-arm and the 12-arm processes that θ-$CuAl_2$ and unreacted Al and Cu powders were observed in the 0.5 h milled powders. After1.5 h milling, γ-Cu_9Al_4 were formed along with the increase amount of θ-$CuAl_2$ and the lower amount of unreacted Al.
Milling with 12-arm attritor at the spindle speed of 700 rpm tended to give finer median size, d_{50} than that of 10-arm attritor and the longer milling time applied, the finer ground product with narrow size distribution obtained (Figure1 and Figure2).

However, the agglomeration of ground product was observed as milling for 2 hours (Figure2). Spindle of 12arms was found to have more efficiency and less power c

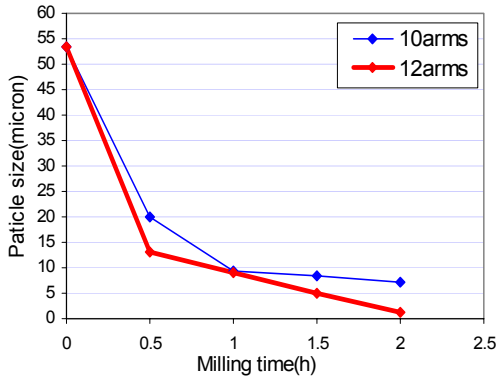


Figure1. Relationship between particle size of ground product and milling time at the spindle speed of 700 rpm for 10 and 12-arms

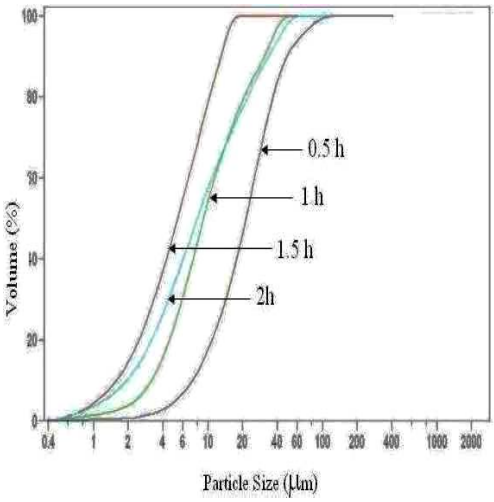


Figure 2. Particle size distribution of ground product of various time milled with 12-arm attritor at the spindle speed of 700 rpm.

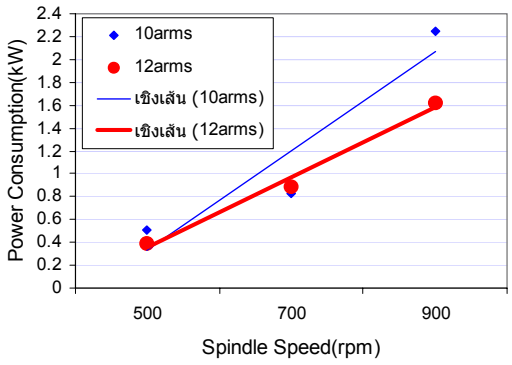


Figure 3. Relationship between power consumption of 10 and 12-arm attritor and spindle speed

mechanically alloyed in a high speed attrito were formed after milling for some certain times in which the decrease in a rotation speed of mill retarded the formation of both phases. However, decreasing the number of arms on the impeller did not significantly change the rate of formation of θ-$CuAl_2$ and γ-Cu_9Al_4 phases.

References:

(1) C. Suryanarayana (2001) Mechanical Alloying and Milling *Progress in Materials Science*, **46**, 1-184.

(2) (2) P.S. Gilman and J.S. Benjamin (1983) Mechanical Alloying *Ann.Rev. Mater.Sci* **13**, pp.279-300. (3) J. Yang, T. Zhang, K. Cui, Z. Hu, (1997) *Acta. Metall. Sinica*, **33**, 381.

(3) Keywords: Al-33%Cu, Mechanical Alloying