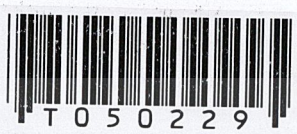
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องบรรจุน้ำ

WATER FILLING MACHINE



นายอวิรุทธ์ พัตราภรณ์
นายไพฑูรย์ พัดศรี
นายวรรัตน์ ถนอมปัญญารักษ์
นายขวัญชัย โชควิสิทธิชัย

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 50229
วัน,เดือน,ปี 28 เม.ย. 2547

.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WATER FIL LING MACHINE

AVIRUT PATTRAPORN

PHAITOON PUDSRI

WORARAT THANOMPANYARAK

KHUANCHAI CHOKWISITTHICHAI

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING

DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์ เครื่องบรรจุน้ำ

WATER FILLING MACHINE

นักศึกษาผู้จัดทำ	นายอวิรุทธ์	พัตราภรณ์	รหัสประจำตัว 43015497
	นายไพฑูรย์	พัดศรี	รหัสประจำตัว 43015524
	นายวรรัตน์	ถนอมปัญญารักษ์	รหัสประจำตัว 43015534
	นายขวัญชัย	โชควิสิทธิชัย	รหัสประจำตัว 43015553

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม

ปีการศึกษา 2545

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผศ.ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์	
ผศ.ประภาษ อุคคกิมาพันธุ์	
อาจารย์วิชัย ตันติจริยางกูร	
อาจารย์พิทยา ปานนิล	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ วันอังคารที่ 25 มีนาคม พ.ศ. 2546

สถานที่สอบ ณ ห้องสอบปริญญานิพนธ์ ภาควิศวกรรมการวัดคุม

ภาควิชารับรองแล้ว

(ผศ.ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เครื่องบรรจุน้ำ
	WATER FILLING MACHINE
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายอวิรุทธ์ พัตราภรณ์
	นายไพฑูรย์ พัดศรี
	นายวรรัตน์ ถนอมปัญญารักษ์
	นายขวัญชัย โชควิสิทธิชัย
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์
	ผศ.ประภาษ อุดคกิมาพันธุ์
	อาจารย์วิชัย ตันติจริยางกูร
	อาจารย์พิทยา ปานนิล
ปีการศึกษา	2545

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้ นำเสนอการออกแบบเครื่องบรรจุน้ำใส่ขวดซึ่งรูปแบบการทำงานจะเป็นแบบหมุนหรือโรตารี่ เนื่องจากรูปแบบของการบรรจุนี้มีกระบวนการเติมน้ำได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งมีผล ทำให้การเพิ่มและลดปริมาณการผลิตเป็นไปด้วยดี และการพัฒนาต่อไปเป็นไปได้หลากหลาย โดยเครื่องบรรจุน้ำนี้ อาศัยหลักการของแรงโน้มถ่วงโลกในการเติมน้ำ เพื่อง่ายต่อการออกแบบควบคุมรอบการทำงาน (Timing Cycle) และการควบคุมการปริมาตรของน้ำในขวด (Measuring)

การออกแบบเครื่องบรรจุน้ำนี้ มีแบบส่วนประกอบโครงสร้างและแบบของชิ้นส่วนทุกชิ้น โดยสามารถถอดจากแบบ และนำไปสร้างเป็นเครื่องบรรจุน้ำในงานจริงได้ และจะได้มีการพัฒนาต่อให้เป็นเครื่องที่สมบูรณ์ที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis TiTle	Water Filling Machine
Authors	Mr. Avirut Pattraporn
	Mr. Phaitoon Pudsri
	Mr. Worarat Thanompanyarak
	Mr. Khuanchai Chokwisitthichai
Thesis Advisor	Asst. Prof. Prasit Julsereewong
	Asst. Prof. Prapart Ukakimaparn
	Mr. Wichai Tantichariyangkul
	Mr. Pittaya Pannil
Year	2002

ABSTRACT

This thesis is presenting the Automatic Water Filling Machine. This machine automaticly rotate (Rotary System) so this filling will keep continue fill water to the bottle by itself. This system effected to increase and decrease of production capacity. There are so many way to develop this system. This project is choosing to gravity. So this machine is very easy to control time cycle , and the measuring of the water.

This thesis lay out will have all the components , just like real automatic water filling machine. So after you see this project. You can use to develop the best filling machine.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ดีเพราะได้รับความเมตตาจาก ผศ.ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์ , ผศ.ประภาษ อุคคกิมาพันธุ์ ,อาจารย์โกวิท บุณยพุกกณะ ,อาจารย์วิชัย ตันติจริยางกูร และอาจารย์พิทยา ปานนิล ที่ได้ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์แก่ผู้วิจัยด้วยดีตลอดมา อีกทั้งยังเอื้อเฟื้ออุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ในการทำปริญญานิพนธ์ รวมถึง พี่กฤษณ์ เสมอพิทักษ์ ที่ช่วยให้คำแนะนำในเรื่องของงานกลึง CNC และการตัดพลาสติก ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณอาจารย์ และบุคลากรภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลที่ให้คำแนะนำ เอื้อเฟื้ออุปกรณ์และสถานที่ในการทำงาน

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมทุกท่านที่ให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่อการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

และส่วนสำคัญ คือขอกราบขอบพระคุณคุณแม่และคุณพ่อ ที่ให้การสนับสนุนและเป็นแรงบันดาลใจในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญภาพ.....VI I

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและเหตุจูงใจของการทำปริญญานิพนธ์.....1

1.2 วัตถุประสงค์.....2

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์.....2

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการของการบรรจุภัณฑ์.....3

2.1 กล่าวนำ.....3

2.1.1 ประเภทของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุ.....3

2.1.2 ชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์.....4

2.2 ระบบการบรรจุของเหลว.....4

2.2.1 การบรรจุแบบปริมาตรคงที่ (Measured Dosing).....4

2.2.2 การบรรจุแบบระดับคงที่ (Filling to give level).....5

2.3 Flow Chart วิธีการต่างๆในการบรรจุผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลว.....6

2.4 การจัดวางฐานรองขวดของเครื่องบรรจุแบบ Ratary.....7

2.5 หลักการคำนวณปริมาตรของถังและอัตราการไหลของน้ำ.....9

2.6 การเลือกมอเตอร์ให้เหมาะสมกับความเร็วรอบที่คำนวณได้และเหมาะกับอุปกรณ์ที่มีอยู่.....11

2.7 การออกแบบวงจรควบคุมทางไฟฟ้า.....12

2.8 การใช้อุปกรณ์ตรวจจับเพื่อแก้ปัญหาไม่มีน้ำไหลเข้าถัง.....13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 ส่วนประกอบหลักของเครื่องบรรจุของเหลวที่ออกแบบ.....15

3.1 กล่าวนำ.....15

3.2 ส่วนประกอบหลักของเครื่องบรรจุของเหลวที่ได้ออกแบบ.....16

3.2.1 ชุดถังบรรจุและชุดนำน้ำเข้าหัวบรรจุ.....16

3.2.2 ชุดหัวจ่ายและฐานรองรับขวด.....17

3.2.3 ชุด Star Wheel (เป็นชุดจัดขวดเข้า-ขวดออกในการเติม).....21

3.2.4 ชุดขับเคลื่อนเพลาและ Star Wheel.....22

บทที่ 4 แสดงรายละเอียดของชิ้นส่วนต่างๆและการประกอบ.....24

4.1 แบบหัวจ่ายน้ำเข้าและน้ำออก ชุด A.....25

4.2 หัวจ่ายและชุดรองรับขวด ชุด B.....32

4.3 ชุดนำขวดเข้าและออก ชุด C.....45

4.4 แบบชุดขับมอเตอร์และการทดรอบ ชุด D.....54

4.5 แบบชุดโครงและแผ่น plate ทางวิ่ง ชุด E.....65

บทที่ 5 แบบแสดงขั้นตอนในการสร้างเครื่องบรรจุน้ำ.....68

บทที่ 6 บทสรุปและแนวทางการพัฒนา.....71

6.1 สรุป.....71

6.2 ปัญญาและแนวทางแก้ไข.....71

6.3 แนวทางการพัฒนาต่อ.....72

บรรณานุกรม.....74

ภาคผนวก.....75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 รูปแผนภาพแสดงชนิดการบรรจุของเหลวต่าง.....6
2.2 รูปแสดงการ Plot Star Wheel และ เพลาชุดหัวจ่าย.....8
2.3 รูปแสดงการทดรอบ.....11
2.4 รูป Block Diagram แสดงการทำงานของโซลินอยล์วาล์ว.....12
2.5 รูป One Line Diagram แสดงการทำงานของโซลินอยล์วาล์ว.....13
2.6 รูปถังพร้อมภาพแสดงการติดตั้ง Sensor.....13
2.7 รูปขบวนการควบคุมระดับน้ำของถังบรรจุน้ำ.....14
3.1 รูปแสดงภาพรวมเครื่องบรรจุภัณฑ์.....15
3.2 รูปชุดนำน้ำเข้าหัวบรรจุ.....16
3.3 รูปชุดถังบรรจุ.....17
3.4 รูปชุดหัวจ่ายและชุดฐานรองขวด.....17
3.5 รูปหัวจ่ายและ Limit Switch.....18
3.6 รูปโซลินอยล์วาล์วและ Limit Switch.....19
3.7 รูปฐานรองรับขวด.....20
3.8 รูปแสดงพื้นที่ต่างระดับ.....21
3.9 รูปแสดงด้านข้างและด้านบนของ Star Wheel นำขวดเข้า-ออก.....21
3.10 รูปแสดงชุดขับเคลื่อนเพลาและ Star Wheel.....22
3.11 รูปแสดงการขับเพลา Star Wheel.....23
4.1 แสดงรูปหัวจ่ายน้ำเข้าและน้ำออก ชุด A.....25
4.2 แสดงรูปหัวจ่ายและชุดรองรับขวด ชุด B.....32
4.3 แสดงชุดนำขวดเข้าและนำขวดออก ชุด C.....45
4.4 แสดงแบบชุดขับมอเตอร์และการทดรอบ ชุด D.....54
4.5 แสดงแบบชุดโครงและแผ่น Plate ทางวิ่ง ชุด E.....65
6.1 รูปภาพจริงของเครื่องบรรจุน้ำขณะพัฒนา.....73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและเหตุจูงใจของการทำปริญญานิพนธ์

เนื่องจากเศรษฐกิจในปัจจุบันเป็นยุค IT มีการแข่งขันทางด้านเทคโนโลยีสูง ทั้งในด้านการผลิตสินค้าอุปโภคบริโภคและการส่งออก จึงต้องมีการคิดและออกแบบเครื่องอำนวยความสะดวกที่ให้ทั้งความรวดเร็วและแม่นยำเที่ยงตรงเพื่อที่ช่วยให้การผลิตสินค้าได้คุณภาพ โดยยึดหลักที่ว่าต้นทุนต่ำหรือผลผลิตสูงและรวดเร็ว เพื่อผลิตสินค้าให้ทันกับความต้องการของผู้บริโภคและส่งออกให้ทันกับความต้องการของตลาด

อีกทั้งเทคโนโลยีที่ใช้เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆ นั้นใช้ต้นทุนสูง และในปัจจุบันประเทศของเรามีลักษณะค่อนข้างเป็นระบบทุนนิยมเครื่องจักรที่นำมาใช้ก็มีราคาค่อนข้างสูง ประจวบกับในเวลานี้ทางราชการได้มีการส่งเสริมด้านภูมิปัญญาชาวบ้าน เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์พื้นบ้านทำให้ทางกลุ่มผู้จัดทำได้มีความคิดออกแบบประดิษฐ์เครื่องบรรจุของเหลวนี้ขึ้นมา เพื่อช่วยใช้แทนแรงงานคนและขจัดปัญหาเรื่องเครื่องจักรที่มีราคาสูง ทำให้เกษตรกรหรือผู้ที่คิดจะประกอบกิจการขนาดเล็กแต่ไม่มีกำลังที่ซื้อเครื่องจักรในการบรรจุผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นมาได้ ดังนั้น กลุ่มผู้จัดทำได้เล็งเห็นปัญหาในส่วนนี้ จึงได้ริเริ่มทำการออกแบบและสร้างเครื่องบรรจุของเหลวนี้ขึ้น

ซึ่งเป็นเครื่องต้นแบบ โดยเริ่มที่ส่วนของการสร้างแบบของเครื่องบรรจุน้ำก่อนและจะมีการพัฒนาเป็นเครื่องบรรจุน้ำที่สมบูรณ์ ตลอดจนพัฒนาไปถึงการทำเครื่องปิดฝา จนครบกระบวนการและถ้าเป็นไปได้จะมีการพัฒนาจนกระทั่งสามารถบรรจุของเหลวได้หลายชนิด

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 สามารถนำความรู้ที่ได้ศึกษาและค้นคว้ามาออกแบบสร้างสิ่งที่ทำให้เกิดประโยชน์

1.2.2 สามารถนำความรู้ที่ได้ศึกษาและค้นคว้ามาสร้างเป็นธุรกิจขนาดย่อม เพื่อก่อให้ เกิดการสร้างงาน

1.2.3 นำความรู้และสิ่งที่ค้นคว้ามาช่วยเหลือเกษตรกร โดยการสร้างบรรจุสิ้นค้าในราคาถูก

1.2.4 นำความรู้และสิ่งที่ค้นคว้ามาสร้างความสะดวกสบายและความรวดเร็วในการบรรจุสินค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1.3.1 ในการออกแบบเครื่องขั้นแรกเป็นการออกแบบ ส่วนต่างๆของเครื่องบรรจุ เช่น หัวจ่าย ชุดขับเคลื่อนเพลา ชุดรองรับขวด ชุดนำขวดเข้าและนำขวดออกหรือ Star Wheel การจ่ายน้ำเข้าเครื่องบรรจุและโครงสร้างของเครื่องบรรจุ

1.3.2 นำชิ้นส่วนที่ได้ออกแบบมาประกอบกันเป็นเครื่องบรรจุ โดยทำการออกแบบจัดวางให้เหมาะสมและถูกต้องตามหลักความเป็นจริง การคำนวณอัตราการไหลเพื่อ กำหนดความเร็วของชุดหมุน ทำการทดสอบที่เหมาะสมเพื่อขับเพลา

1.3.3 ออกแบบเครื่องโดยลงรายละเอียดและสัดส่วนที่สามารถถูกนำไปถอดแบบทำจริงได้

1.3.4 ทำการสร้างเครื่องบรรจุของเหลว โดยเป็นเครื่องต้นแบบ ซึ่งในโครงงานนี้จะเริ่มจากการหาวัสดุที่นำมาทำเป็นชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องบรรจุ เช่น มอเตอร์หัวจ่าย และอุปกรณ์ส่วนต่างๆ และจะได้มีการพัฒนาเป็นเครื่องบรรจุที่สมบูรณ์ในขั้นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการของการบรรจุภัณฑ์

2.1 กล่าวนำ

การบรรจุภัณฑ์จะแบ่งเป็นประเภทของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุ และชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์

2.1.1 ประเภทของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุ

ระบบการบรรจุแบ่งตามประเภทสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ของแห้งและผลิตภัณฑ์ของเหลว

1. ผลิตภัณฑ์ของแห้ง

ผลิตภัณฑ์ของแห้งจะครอบคลุมไปถึงผลิตภัณฑ์ที่เป็นชิ้น เป็นเม็ด เป็นก้อนหรือเป็นแผ่น ซึ่งสามารถทำการนับได้ ผลิตภัณฑ์ของแห้งนี้รวมทั้งผลิตภัณฑ์ที่เป็นเกล็ด ที่สามารถไหลตกด้วยตัวเอง คุณสมบัติที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือ การมีความหนาแน่นคงที่ ซึ่งทำให้ความสะดวกและความแน่นอนในการบรรจุ การชั่งตวง

ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ไม่สามารถไหลตกด้วยตัวเองอย่างอิสระและมีลักษณะจับกันแน่นเป็นกลุ่มหรือเป็นก้อนหรือเป็นผงละเอียด ทำให้ผลิตภัณฑ์เหล่านี้มีความหนาแน่นไม่คงที่ จึงไม่สามารถบรรจุโดยใช้แรงโน้มถ่วงได้ แต่ต้องอาศัยระบบเกลียวช่วยในการส่งผ่านสู่ท่อบรรจุ ส่วนผลิตภัณฑ์ที่เป็นแผ่นชิ้น เช่น มันฝรั่งทอด ซึ่งมีคุณลักษณะแตกหักง่าย การใช้ระบบการบรรจุป้อนแบบสั่นสะเทือน และบรรจุแบบน้ำหนักสุทธิจะเป็นการบรรจุที่เหมาะสมกว่า

2. ผลิตภัณฑ์ของเหลว

ผลิตภัณฑ์ที่มีความเหนียวข้นต่ำ ซึ่งสามารถไหลตกด้วยตัวเองจะบรรจุได้ง่าย ส่วนผลิตภัณฑ์ของเหลวที่มีความเหนียวข้นสูง จำเป็นต้องออกแบบเครื่องจักรให้ช่วยอัดหรือดันทำให้บรรจุยากกว่า ในการบรรจุขึ้นกับองค์ประกอบอื่นๆ ของผลิตภัณฑ์อาหารที่เป็นของเหลว เช่น อุณหภูมิในการบรรจุ แนวโน้มที่จะรวมตัวกับอากาศ ความตึงที่ผิวหน้า เป็นต้น

ผลิตภัณฑ์บางประเภทจะมีส่วนผสมและมีมวลแขวนลอยต่างๆ กัน เช่น ซุปสำเร็จรูปจะมีผักหลายชนิดพร้อมทั้งเนื้ออบแห้งและน้ำซุปผสมอยู่ ซึ่งไม่สามารถจะทำการบรรจุครั้งเดียวด้วยระบบบรรจุเดียวกัน ที่ทำให้ส่วนผสมมีสัดส่วนเหมาะสมตามต้องการ เนื่องจากว่าส่วนผสมแต่ละอย่างจะแยกกันตามความหนาแน่นและขนาดพร้อมทั้งความสามารถในการไหลตกอย่างอิสระ ดังนั้น ผลิตภัณฑ์เหล่านี้จึงต้องทำการแยกกันบรรจุสำหรับส่วนผสมแต่ละประเภท เช่น การบรรจุถั่วกระป๋องต้องทำการบรรจุแยกกันเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนหนึ่งทำการบรรจุพวกของแข็งและอีกส่วนหนึ่งทำการบรรจุส่วนผสมที่เป็นน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 ชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์

เมื่อพิจารณาถึงสมบัติทางกายภาพของบรรจุภัณฑ์ สามารถแบ่งบรรจุภัณฑ์ออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ บรรจุภัณฑ์แข็งตัว บรรจุภัณฑ์กึ่งแข็งตัว และบรรจุภัณฑ์อ่อนนุ่ม

1. บรรจุภัณฑ์แข็งตัว (Rigid Packaging)

บรรจุภัณฑ์ประเภทแข็งตัวได้แก่ แก้ว กระป๋องโลหะและพลาสติกแข็งตัว ส่วนมากเป็นพลาสติกฉีด บรรจุภัณฑ์ชนิดนี้มีความแข็งแรงคงรูปได้ดี ลำเลียงบนสายพานได้สะดวก สามารถใช้กับเครื่องบรรจุของเหลวระบบสูญญากาศและระบบที่ใช้ความดันได้ และทำการบรรจุได้เร็วกว่า

2. บรรจุภัณฑ์กึ่งแข็งตัว (Semi-Rigid Packaging)

บรรจุภัณฑ์ประเภทกึ่งแข็งตัว เช่น ขวดพลาสติกขึ้นรูปด้วยการเป่า ถาดโฟม ถ้วยไอศครีมขึ้นรูปด้วยความร้อนและสูญญากาศ บรรจุภัณฑ์ชนิดนี้มีข้อจำกัดการรับแรงอัดและแรงดันจึงบรรจุแบบสูญญากาศไม่ได้

3. บรรจุภัณฑ์อ่อนนุ่ม (Flexible Packaging)

บรรจุภัณฑ์ประเภทอ่อนนุ่ม เช่น ซองและถุง ไม่สามารถรักษารูปทรงหรือมิติได้ จึงต้องมีอุปกรณ์ช่วยระหว่างทำการบรรจุ และมักใช้ระบบการบรรจุแบบกระบอกสูบอัดใส่ในถุงบรรจุภัณฑ์

2.2 ระบบการบรรจุของเหลว

การบรรจุของเหลวแยกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆคือ

2.2.1 การบรรจุแบบปริมาตรคงที่ (Measured Dosing)

2.2.2 การบรรจุแบบระดับคงที่ (Filling to give level)

2.2.1 การบรรจุแบบปริมาตรคงที่ (Measured Dosing)

คือ การบรรจุแบบวัดปริมาตร ระดับการเติมจะไม่คงที่ ปริมาตรของของเหลวที่ถูกต้องจะถูกบรรจุในภาชนะบรรจุโดยใช้กระบอกสูบหรือกระบอกตวง ชั่ง อย่างอื่น ดังนั้น ระบบการบรรจุแบบปริมาตรคงที่จะใช้กับ

1. ผลิตภัณฑ์ที่มีราคาสูง
2. ผลิตภัณฑ์ที่ขายตามน้ำหนัก
3. ผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคขั้นสุดท้ายต้องการน้ำหนักหรือปริมาตรที่ถูกต้อง (ตัวอย่างเช่น แม่สีของสีกระป๋อง)
4. ผลิตภัณฑ์ทางยาหรือสารเคมีที่ต้องการปริมาตรการบริโภคและการใช้ที่ถูกต้อง
5. ผลิตภัณฑ์ที่มีความเหนียวเข้มข้นและไม่สามารถไหลได้ด้วยตัวเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 การบรรจุแบบระดับคงที่

คือ การบรรจุแบบกำหนดระดับของเหลวให้คงที่ จะใช้กับผลิตภัณฑ์ของเหลวที่มีราคาต่ำจนถึงราคาปานกลาง ตัวอย่างเช่น น้ำอัดลม เบียร์ และซอส ซึ่งปริมาตรที่ถูกต้องไม่มีสาระสำคัญนัก การบรรจุแบบระดับคงที่นี้สามารถสังเกตโดยใช้สายตาวัดระดับ ในขณะเดียวกันภาชนะบรรจุจะมีปริมาตรบรรจุไม่คงที่เนื่องจากความหนาของผนังของภาชนะบรรจุไม่สม่ำเสมอ ถ้าทำการบรรจุแบบปริมาตรคงที่ก็จะทำให้ระดับความสูงในการบรรจุแตกต่างกันไป ในขณะที่ผู้บริโภคพอใจจะซื้อภาชนะที่บรรจุในระดับเดียวกัน ด้วยเหตุนี้จึงต้องเอาใจลูกค้าโดยการบรรจุให้ระดับคงที่แม้ว่าการบรรจุแบบระดับคงที่จะไม่คำนึงถึงปริมาตรจริง

ระบบการบรรจุแบบระดับคงที่สามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภท คือ

1. แบบอุปกรณ์อิเลคโทรนิกส์ (Electronic Level Sensing)

หลักการทำงาน ใช้เครื่องส่งสัญญาณ (Sensor) ควบคุมระดับการเติม เมื่อของเหลวถึงระดับที่กำหนดไว้ก็จะหยุดเติม โดยส่งสัญญาณไปสั่งวาล์วให้เปิด หยุดการไหลลงสู่ขวด

2. แบบความดัน (Pressure)

หลักการทำงาน โดยใช้ Pump ทำให้เกิดแรงดันขึ้น เพื่อทำให้ความดันอากาศถังที่เก็บของเหลวมีค่าใกล้เคียงกับขวดที่ต้องการบรรจุ จะทำให้ของเหลวไหลลงสู่ขวด วิธีการปั๊มนี้ไม่จำเป็นต้องยกถังเก็บขึ้นที่สูงและมีผลทำให้การไหลของผลิตภัณฑ์เป็นไปได้เร็วยิ่งขึ้น ระบบแบบบรรจุแบบใช้ความดันนี้เหมาะที่ใช้กับผลิตภัณฑ์ที่มีความข้นเหนียว

3. แบบใช้แรงโน้มถ่วง (Gravity)

หลักการทำงาน ใช้แรงดึงดูดจากโลกให้ของเหลวไหลโดยน้ำหนักตัวเอง หัวบรรจุจะเป็นแบบที่มีสปริงกดและมีห่วงยางซีลกันรั่ว มีขนาดพอเหมาะที่สามารถกดลงปากขวดได้พอดี เมื่อทำการกดหัวยางลงปากท่อด้วยสปริง ก็จะเป็นจังหวะที่จะไปเปิดวาล์ว ของเหลวก็จะไหลจากถังจ่ายที่ตั้งอยู่ตอนบนลงในบรรจุภัณฑ์ ระดับที่เติมจะถูกกำหนดด้วยระดับของท่อน้ำล้น การบรรจุเติมของเหลวด้วยระบบแรงโน้มถ่วงจะไม่เกิดปัญหาเรื่องการหยดก่อนและหลังการบรรจุ แต่จะทำงานช้ากว่าการบรรจุแบบสูญญากาศด้วยเหตุนี้จึงไม่เหมาะกับผลิตภัณฑ์ประเภทของเหลวที่มีความหนืดสูงซึ่งจะไหลช้ามาก

แบบแรงโน้มถ่วง สามารถแยกย่อยได้อีก 2 ประเภท คือ

1. แบบกำหนดเวลา (Timing cycle)
2. แบบตวงวัดปริมาตร (Measuring chamber)

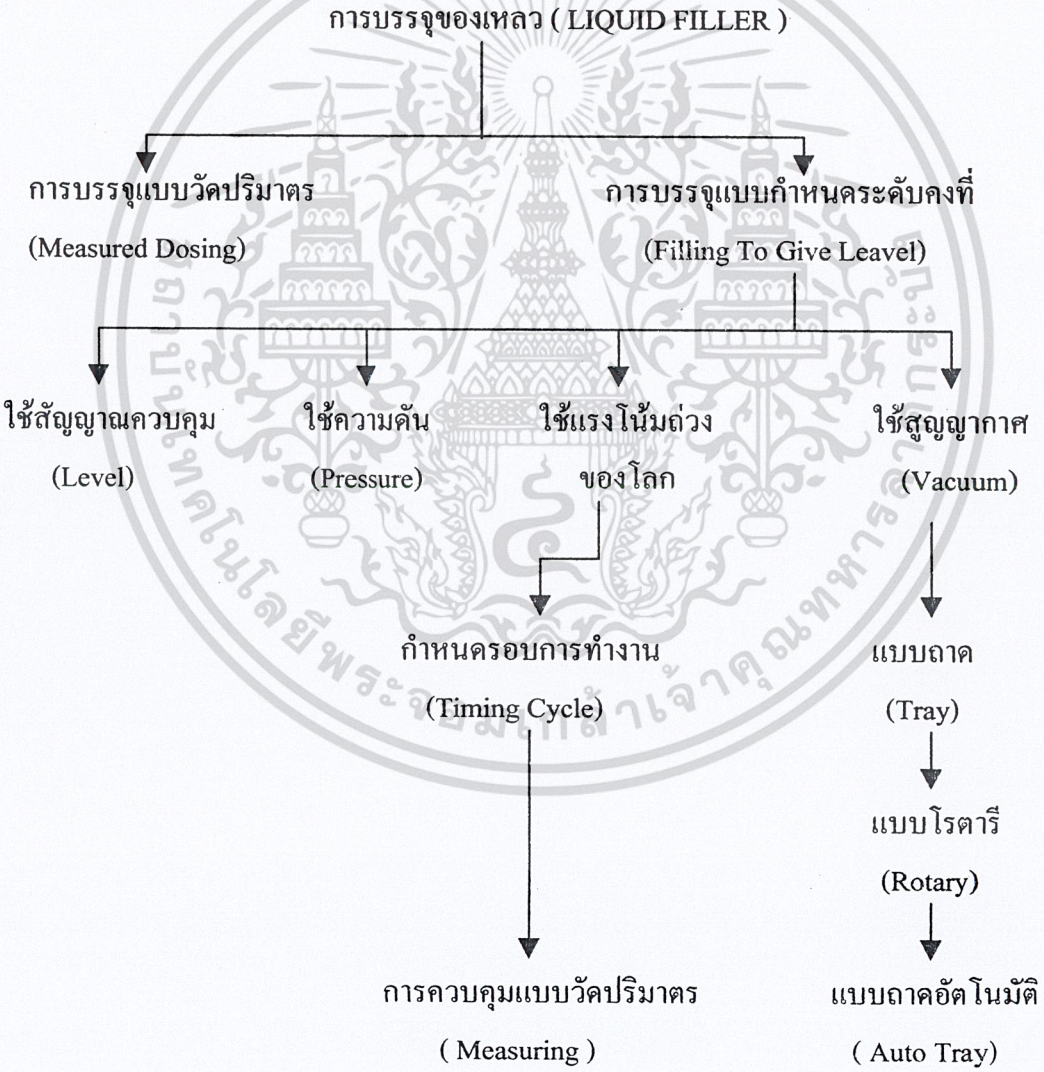
4. แบบสูญญากาศ (Vacuum) ใช้สูญญากาศทำให้ของเหลวไหลเรียบผนังด้านในขวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรจุภัณฑ์ เมื่อของเหลวเติมในบรรจุภัณฑ์ถึงระดับปลายท่อหัวเติมจะดูดของเหลวที่อยู่เหนือระดับปลายท่อไหลออกไปยังถังน้ำล้น ทำให้ของเหลวไม่ขึ้นสูงเกินระดับที่ต้องการบรรจุ ส่วนอากาศในการบรรจุภัณฑ์ก็จะดูดผ่านปั๊มสูญญากาศปล่อยทิ้งไว้

การบรรจุสูญญากาศ ใช้สำหรับบรรจุผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวที่สามารถไหลได้ด้วยตนเองลงในบรรจุภัณฑ์ประเภทแข็งตัว ซึ่งเป็นวิธีการที่รวดเร็ว ยืดหยุ่นและการลงทุนต่ำ แต่วิธีนี้จำกัดเฉพาะบรรจุภัณฑ์ที่คงรูปแข็งตัวเท่านั้น และต้องใช้วิธีการบรรจุแบบระดับคงที่เท่านั้น สิ่งพึงระวัง คือ บริเวณปากบรรจุภัณฑ์จะต้องไม่บิ่นหรือแตก เนื่องจากจะทำให้การดึงสูญญากาศออกจากขวดไม่สัมฤทธิ์ผล

2.3 FLOW CHART วิธีการต่างๆในการบรรจุผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลว



รูปที่ 2.1 แผนภาพแสดงชนิดการบรรจุของเหลวต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทุกระบบของการบรรจุที่กล่าวมาข้างต้น จำเป็นต้องมีห่วงยางบนปากขวดของภาชนะบรรจุและท่อดูดผลิตภัณฑ์ส่วนเกิน ท่อน้ำล้นนี้สามารถใช้ระบบนิวเมตริกควบคุมระดับการเติมของเหลว ระบบนิวเมตริกนี้จะทำให้อากาศที่มีความดันต่ำช่วยดันของเหลวไหลผ่านท่อภายในท่อบรรจุเมื่อถึงระดับความสูงที่ต้องการของเหลวในภาชนะบรรจุจะก่อให้เกิดความดันย้อนกลับ ทำให้ระบบนิวเมตริกหยุดระบบการเติมของเหลว

วิธีการบรรจุของเหลว

ถ้าพิจารณาจากการเคลื่อนที่ตัวของภาชนะและท่อบรรจุ (Nozzle) สามารถแบ่งเป็น 2 วิธี คือ วิธีภาชนะเคลื่อนที่ลง และวิธีให้ท่อเติมเคลื่อนที่ขึ้น

วิธีให้ภาชนะเคลื่อนที่เริ่มจากการสอดท่อบรรจุของเหลวลงในคอภาชนะบรรจุจนถึงระดับหนึ่ง แล้วจึงปล่อยผลิตภัณฑ์ของเหลวให้ไหลลงไปที่ก้นภาชนะ หรือให้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวนั้นกระจายไปทางด้านข้างของภาชนะบรรจุเพื่อให้ของเหลวนั้นค่อยๆไหลลงตามผนังภาชนะซึ่งจะช่วยลดความแรงของการไหลของผลิตภัณฑ์ และลดการรวมตัวของอากาศจนเกิดเป็นฟองอากาศ

วิธีให้ท่อบรรจุเคลื่อนที่ทำโดยการใส่ท่อหรือบรรจุลงไปถึงก้นของภาชนะบรรจุแล้วปล่อยผลิตภัณฑ์ของเหลวให้ไหลเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ วิธีการนี้จะช่วยลดฟองอากาศในผลิตภัณฑ์และหลีกเลี่ยงการระเหยกลายเป็นไอของผลิตภัณฑ์

การออกแบบท่อบรรจุของเครื่องบรรจุ สามารถออกแบบทรงแข็งหรือแบบอ่อนนุ่ม ถ้าหัวเติมเป็นแบบทรงแข็ง เวลาที่ทำการบรรจุจะถูกยกขึ้น แล้วเลื่อนต่ำลงในการบรรจุไปเรื่อยๆ ส่วนท่อบรรจุแบบอ่อนนุ่มจะทำงานแตกต่างกัน กล่าวคือ เมื่อสอดท่อบรรจุเข้าไปข้างในบรรจุภัณฑ์แล้ว ตัวต่อท่อจะค่อยๆเลื่อนสูงขึ้นในขณะบรรจุ

2.4 การจัดวางฐานรองขวดของเครื่องบรรจุแบบ ROTARY

การจัดวางฐานขวด

จากการทำเครื่องบรรจุน้ำ ถ้าสมมุติออกแบบให้มีฐานรองขวด 6 จุด เมื่อเราทำแบบ Rotary ก็จะต้อง ทำการหาค่าตำแหน่งการวางนั้นคือ $360 \div 6 = 60$ องศา ซึ่งจุดศูนย์กลางของฐานรองขวดแต่ละอันจะต้องวางห่างกันเป็นมุม 60 องศา (ถ้าต้องการมากกว่านี้ก็เอา 360 / จำนวนของฐานรองขวดที่ต้องการ ก็จะได้ค่าองศาระยะห่างระหว่างฐานรองขวด) แต่ในที่นี้จะขอยกตัวอย่างที่ 6 ขวดซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.2 แสดงการ Plot Star Wheel และ เพลาชุดหัวจ่าย

ดังนั้นจะเห็นว่า ถ้าเราออกแบบเป็น 6 ขวด จะมีจำนวนที่ไม่ได้มีการบรรจุ 2 ขวด คือ ขวดที่กำลังจะนำเข้าและขวดที่เติมเต็มแล้วและกำลังจะนำออก ดังนั้นก็จะเหลือขวดที่เราจะทำการบรรจุเพียง 4 ขวด นั่นคือ ช่วงที่จะทำให้น้ำเติมเต็มขวดจะอยู่ในช่วง 180 องศา ซึ่ง 180 องศานี้ก็จะต้องสัมพันธ์กับอัตราการไหลของน้ำที่ทำให้น้ำเต็มขวดและจะต้องสัมพันธ์กับความเร็วรอบของมอเตอร์ด้วย ซึ่งจะแสดงได้ดังความสัมพันธ์ของอัตราการไหลและความเร็วรอบของมอเตอร์ และในกรณีที่ต้องการทำการบรรจุให้ได้ครั้งละมากกว่า 4 ขวด แต่อยู่ในระยะเวลาในการเติมเท่าเดิม ก็จะต้องทำการออกแบบตำแหน่งฐานรองขวดใหม่ Plot Star Wheel ใหม่และคำนวณอัตราการไหลใหม่ เพื่อที่จะหาระดับความสูงของน้ำที่จะต้องเพิ่มขึ้น ซึ่งเมื่อความสูงเพิ่มขึ้นก็จะทำให้อัตราการไหลเพิ่มขึ้นด้วย (เมื่อให้พื้นที่หน้าตัดของท่อเท่าเดิม) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 หลักการคำนวณปริมาตรของถังและอัตราการไหลของน้ำ

2.5.1 รายละเอียดเกี่ยวกับถังบรรจุ

เป็นถังพักของเหลวเพื่อเตรียมในการบรรจุมีลักษณะเป็นทรงกลมมีรูข้างบนมีความจุ คือ จะมี 2 ช่วง ช่วงแรกจะมีลักษณะกลมมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร สูง 20-30 เซนติเมตร แต่เราบรรจุสูงแค่ 20 เซนติเมตร ดังนั้นน้ำในถังจะบรรจุปริมาตรได้เท่ากับ

ส่วนแรกมีปริมาตร $= \pi r^2 h$

$= 25.13$ ลิตร

ส่วนที่สองรูปกรวย $= \frac{1}{3}\pi r^2 h$

$= \frac{1}{3}\pi(0.1^2)(0.10989)$

$= 1.15$ ลิตร

รวมปริมาตรที่จะบรรจุน้ำทั้งหมดในถังนี้ $= 25.13 + 1.15$

$= 28.899$ ลิตร

ภายในถังบรรจุน้ำเราจะควบคุมการไหลของน้ำโดยเป็นการควบคุมแบบจุดโดยใช้ลูกลอยบังคับการไหลของน้ำ เมื่อระดับน้ำต่ำลงลูกลอยจะต่ำลงน้ำจะไหลออกมาทางวาล์วของลูกลอย

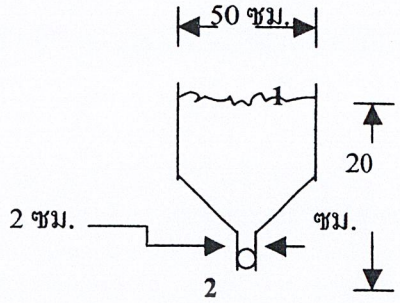
1. วาล์วเปิด-ปิดน้ำจะใช้ขนาด 2.5 นิ้ว
2. ข้อต่ออื่นโดยให้ส่วนถังเก็บน้ำอยู่กับที่และส่วนที่จ่ายน้ำให้หัวจ่ายหมุนจะมีซีลรูปแหวน (o-ring)
3. เราอาจจะเอาถังไปไว้ในบริเวณอื่นก็ได้โดยใช้การลากสาย แต่ความสูงเท่าเดิม

การคำนวณอัตราการไหล

การคำนวณเพื่อออกแบบเครื่องบรรจุน้ำ สมมุติถังพักน้ำเป็นถังเปิดและมีการไหล แบบอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก สมมุติให้มีระดับความสูงของน้ำจนถึงทางออกของน้ำที่ปลายท่อมีความสูง 20 เซนติเมตร และท่อที่ให้น้ำไหลผ่านมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 2 เซนติเมตร และบรรจุน้ำลงในขวดขนาด 500 cc ทั้งหมดนี้คือข้อกำหนดที่ให้มา แสดงการคำนวณได้ดังนี้ การคำนวณจาก Bernoulli ′s equation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{p_1}{\gamma}+\frac{V_1^2}{2g}+Z_1=\frac{P_2}{\gamma}+\frac{V_2^2}{2g}+Z_2$$



เมื่อ P_1 = ความดันที่จุดที่ 1 (N/m^2)

P_2 = ความดันที่จุดที่ 2 (N/m^2)

γ = น้ำหนักจำเพาะของน้ำเท่ากับ 9.81 N/m^3

V_1 = ความเร็วในการไหลของน้ำที่จุดที่ 1 (m/s)

V_2 = ความเร็วในการไหลของน้ำที่จุดที่ 2 (m/s)

G = แรงโน้มถ่วงของโลกมีค่า 9.81 m/s^2

Z_1 = ระดับความสูงที่จุดที่ 1 (m)

Z_2 = ระดับความสูงที่จุดที่ 2 (m)

ดังนั้น ณ จุดที่ 1

P_1 = 0 เนื่องจากเป็นความดันบรรยากาศ

P_2 = 0 เนื่องจากเป็นความดันที่ทางออกเท่ากับความดันบรรยากาศ

V_1 = 0 เนื่องจากความเร็วน้อยมาก ๆ เมื่อเทียบกับความเร็วที่จุดที่ 2

Z_2 = 0 เนื่องจากให้เป็นค่าความสูงที่ฐาน

ดังนั้นจะได้

$$V_2=\sqrt{(Z_1+Z_2)\times 2g} \quad m/s$$
$$=\sqrt{(0.2-0)\times 2\times 9.81} \quad m/s$$
$$=1.98 \quad m/s$$

จาก $Q = VA$

$$=(1.98\ m/s)\left(\frac{\pi}{4}\times(0.02)^2\right)$$
$$=0.000622 \quad m^3/s$$
$$=622 \quad cc/s \qquad ;\ 1000\ cc = 1\ liter = 1\times10^{-3} \quad m^3/s$$
$$=0.622 \quad liter/s$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และผลที่ได้คืออัตราการไหลในเชิงปริมาตรของน้ำเท่ากับ 622 cc/s ถ้านำน้ำไปเติมในขวดขนาด 500 cc จะใช้เวลา ประมาณ 0.803 วินาที (และยังไม่คิดค่าสูญเสียของท่อ)และในเงื่อนไขนี้ ถ้าเราต้องการให้เติมได้ ทีละ 4 ขวด พร้อม ๆ กัน ก็จะได้อัตราการไหลต่อหัวจ่าย

เท่ากับ $$\frac{Q}{4} = \frac{0.000622}{4} \, m^3/s = 0.0001555 \, m^3/s$$

$$= 155.5 \; cc/s$$

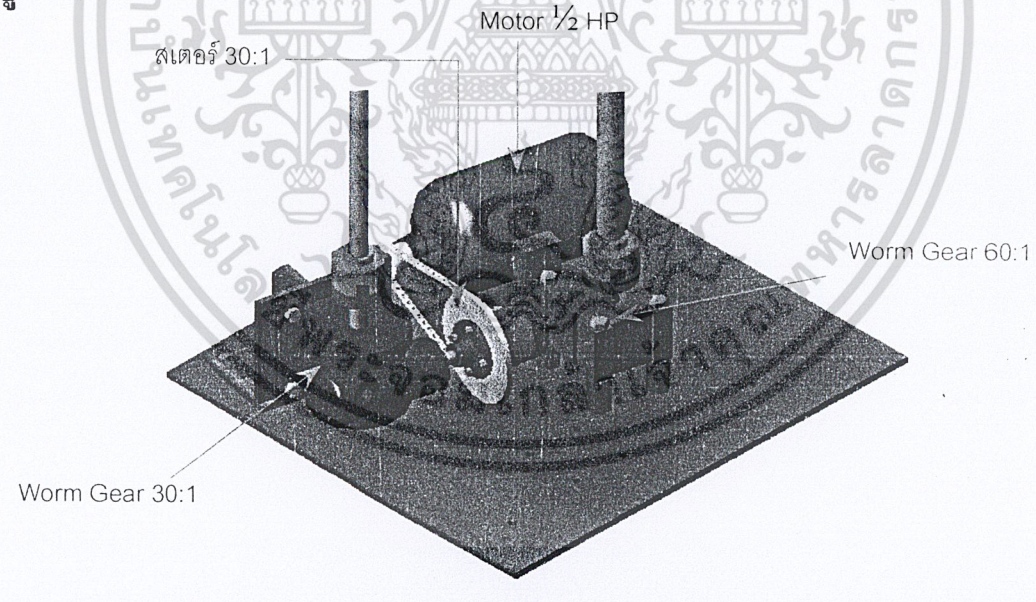
$$= 0.1555 \; liter/s$$

ดังนั้นขวดขนาด 500 cc แล้วเราจะทำการเติมทีละ 4 หัวจ่าย จะใช้เวลาเติมเท่ากับ $\frac{500cc}{155.5 cc/s} = 3.215$ S จึงจะสามารถเติมน้ำได้เต็มขวด (เป็นช่วงระยะ 180 องศา ที่มีการเติมน้ำ) นั่นคือ การหมุนของมอเตอร์ 1 รอบจะใช้เวลาทั้งหมด ประมาณ 6.43 วินาที (ประมาณ 6.5 วินาที)

ดังนั้น มอเตอร์หัวจ่ายหมุน 1 รอบ ใช้เวลา 6.43 วินาที

ถ้า 1 นาที จะหมุนได้ $\frac{60}{6.43} = 9.331$ รอบต่อนาที

2.6 การเลือกมอเตอร์ให้เหมาะสมกับความเร็วรอบที่คำนวณได้และเหมาะกับอุปกรณ์ที่มีอยู่



รูปที่ 2.3 แสดงการทดรอบ

จากการคำนวณจะได้ว่าความเร็วของมอเตอร์ชุดจ่ายจะต้องมีอัตราความเร็วรอบเท่ากับ 9.331 รอบต่อนาที และเราอัตราการทดความเร็วรอบที่ชุดหัวจ่าย เท่ากับ 60 : 1 ดังนั้นจะได้ความเร็ว เท่ากับ $9.331 \times 60 = 559.86$ RPM และเรายังมีการทดรอบที่เฟืองโซ่อีกในอัตราส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3 :1 ดังนั้น จะได้ความเร็วรอบของมอเตอร์ที่เราต้องใช้ เท่ากับ 3 × 559.86 = 1679.58 RPM แต่ว่าความเร็วรอบเท่านี้จะไม่มีขาย ดังนั้นเราจึงเลือกใช้มอเตอร์ตัวที่มีความเร็วรอบใกล้เคียงและใช้อินเวอร์เตอร์เข้าไปช่วยในการปรับความเร็วรอบให้เหมาะสม เพื่อความถูกต้องและแม่นยำของความเร็วรอบ และในวิธีหนึ่งทำได้โดยการคำนวณหาค่า Overall ratio โดยคำนวณได้ ดังนี้

Overall ratio ของอุปกรณ์ = ผลคูณของอัตราทด

= 3 × 60 = 180

หาความเร็วรอบที่ใช้ในการหมุนเพื่อบรรจุน้ำ = RPM

ถ้าเรามีมอเตอร์ขนาด 1700 RPM จะได้

= 1700 / 180

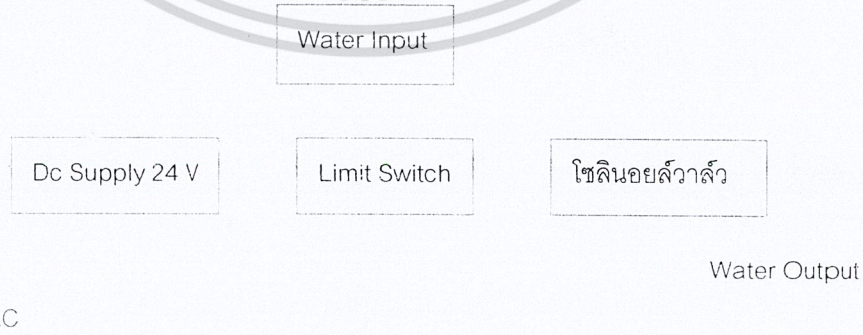
= 9.444 RPM

นั่นคือ ความเร็วรอบของชุดหัวจ่ายเริ่มตั้งแต่รับขวดเข้ามาแล้วเติมน้ำให้เต็มขวด แล้วส่งขวดออกจนกระทั่งรับขวดเข้ามาใหม่จะใช้เวลา 60 ÷ 9.444 = 6.35 วินาทีต่อรอบ จะเห็นว่าในกรณีนี้ ที่ความเร็วรอบที่เราทำการคำนวณได้กับการออกแบบให้เข้ากับอุปกรณ์ที่เรามีอยู่จะไม่เท่ากัน ดั้งนั้นเราจึงใช้อินเวอร์เตอร์เข้ามาช่วยในการปรับความเร็วรอบ

เราจะสังเกตุเห็นว่าเราสามารถทำให้น้ำเต็มขวดได้ในเวลาที่เร็วโดยการเพิ่มความสูงของถัง (ดูจากสมการ Bernoulli ในหัวข้อ 2.5.2) หรือใช้ถังปิดและเพิ่มความดัน น้ำจะเต็มขวดเร็วขึ้นดังนั้นจึงต้องเพิ่มความเร็วของมอเตอร์ตามไปด้วย ในทางกลับกันถ้าเอาถังไว้ต่ำกว่าจุดที่เราคำนวณไว้น้ำจะไหลช้าลงเราจึงต้องปรับความเร็วของมอเตอร์ให้ช้าตามไปด้วย

2.7 การออกแบบวงจรควบคุมทางไฟฟ้า

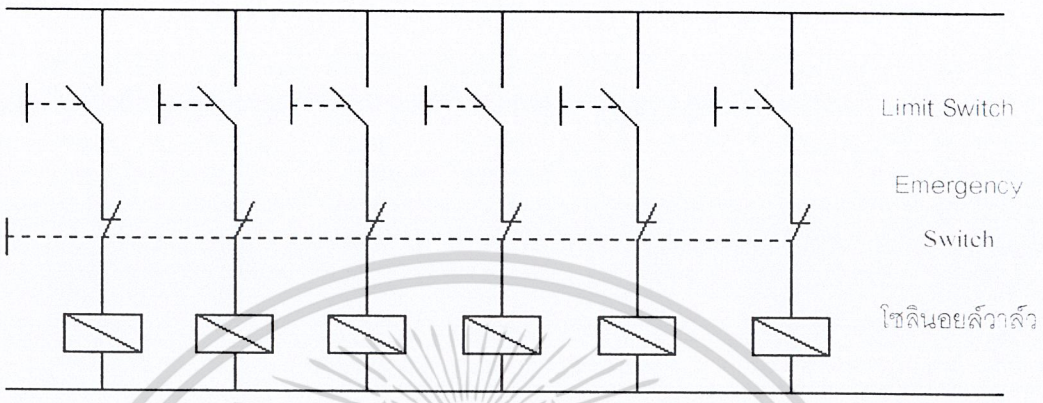
การควบคุมน้ำเข้าออกเราใช้โซลินอยล์วาล์วในการเปิด-ปิดน้ำ โดยจะรับสัญญาณไฟ 24 V DC จาก Limit Switch ดังแสดงตาม Block Diagram



รูปที่ 2.4 Block Diagram แสดงการทำงานของโซลินอยล์วาล์ว

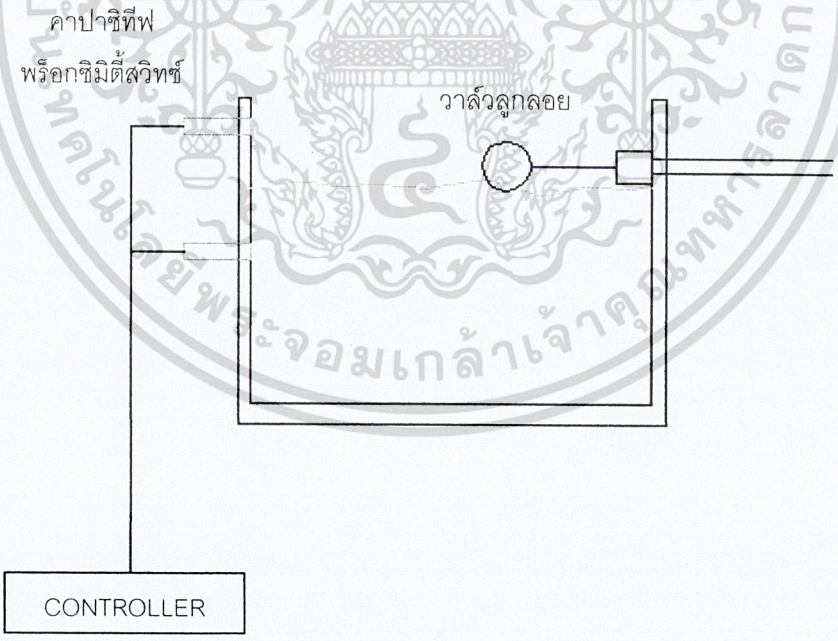
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณไฟฟ้าจะต่อผ่าน Limit Switch เพื่อให้ Limit Switch เป็นตัวกำหนดให้โซลินอยล์วาล์ว ทำงาน สภาวะ ON-OFF ของ Limit Switch จะถูกสั่งโดยกระบอกสูบ สามารถแสดงได้ดังรูป One Line Diagram



รูปที่ 2.5 0ne Line Diagram

2.8 การใช้อุปกรณ์ตรวจจับเพื่อแก้ปัญหาไม่มีน้ำไหลเข้าถัง

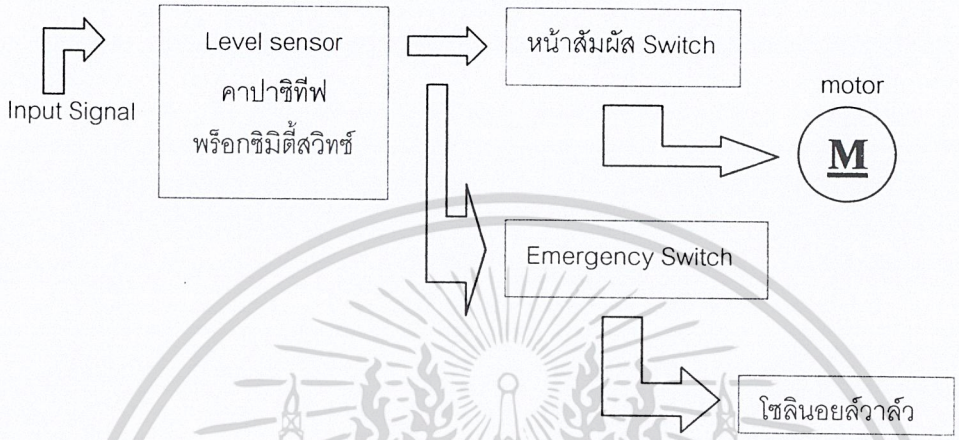


รูปที่ 2.6 รูปถังพร้อมภาพแสดงการติดตั้ง Sensor

จากท่อส่งน้ำเข้าถังถ้าไม่มีน้ำเข้ามาในท่อ เมื่อเครื่องได้บรรจุน้ำเข้าไปเรื่อยๆ พอน้ำหมดถัง จะทำให้เครื่องยังคงทำงานต่อไปเรื่อยๆ เราแก้ปัญหาโดยการใช้ LEVEL SENSOR ชนิด

คาปาซิทีฟพร็อกซิมิตี้สวิทซ์โดยให้สัญญาณกับ Sensor วัดระดับ ซึ่งติดตั้งไว้ที่ถัง ในระดับน้ำที่เราตั้งไว้

เมื่อไม่มีน้ำไหลจากท่อเข้าถัง และน้ำลดลงมาถึงระดับที่เรากำหนดไว้ ตัวตรวจจับทั้งสองตัวก็จะทำงานและส่งสัญญาณไปที่หน้าสัมผัสของสวิทซ์ ทำให้มอเตอร์หยุดหมุนเครื่องจะหยุดและสัญญาณยังถูกส่งไปยัง หน้าสัมผัสของ Emergency Switch สั่งให้โซลินอยล์วาล์วปิด



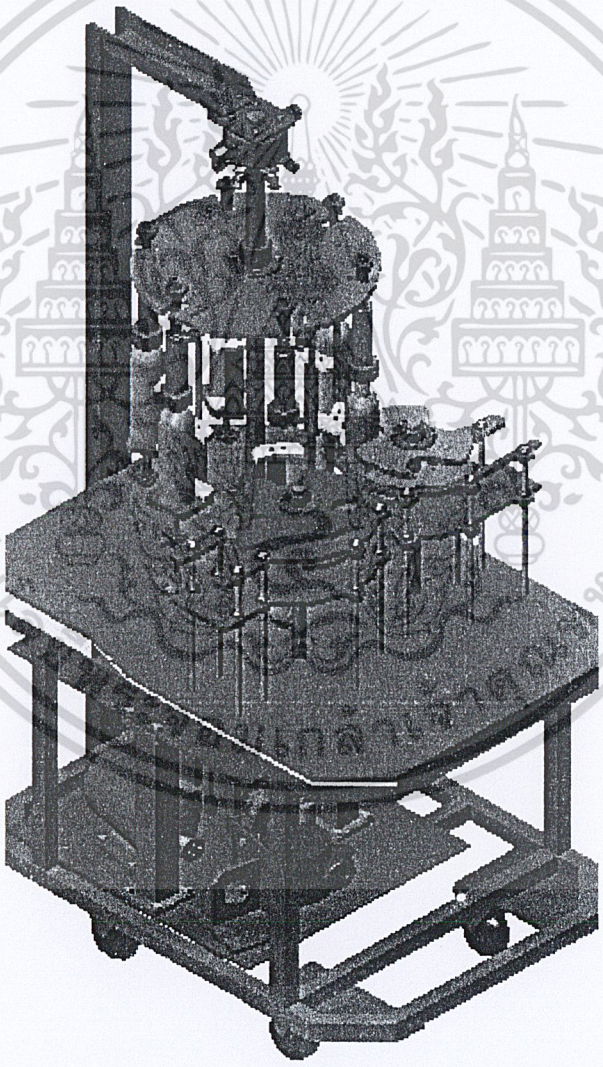
รูปที่ 2.7 ขบวนการควบคุมของเครื่องบรรจุน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ส่วนประกอบหลักของเครื่องบรรจุของเหลวที่ออกแบบ

3.1 กล่าวนำ

ในการออกแบบเครื่องบรรจุของเหลวในโครงงาน เราใช้หลักการแรงโน้มถ่วง (Gravity) และการเคลื่อนของขวดในการเติมของเหลว คือ น้ำจะไหลจากถังพักในระดับที่สูงกว่าขวดโดยที่ขวดจะอยู่ในระดับที่ต่ำกว่า โดยใช้ความดันบรรยากาศเป็นความดันให้น้ำไหลลงมาโดยจะผ่านวาล์วลงมาที่หัวจ่าย หัวจ่ายจะมีโซลินอยล์วาล์วเป็นตัวควบคุมการเปิดปิดน้ำ



รูปที่ 3.1 แสดงภาพรวมเครื่องบรรจุภัณฑ์ขั้นตอนในการบรรจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทำงาน

1. นำขวดเข้าในตำแหน่งที่รองรับขวด

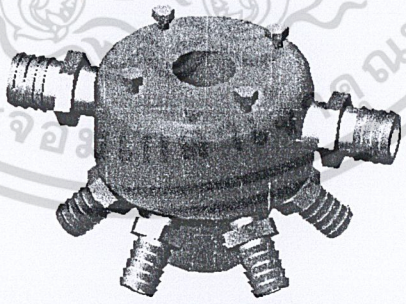
2. ขวดเคลื่อนที่ไปกระทั่งถึงทางต่างระดับทำให้ขวดถูกยกขึ้น
3. ปากขวดที่ถูกยกขึ้นไปจะชนกับหัวจ่าย
4. ชุดหัวจ่ายถูกยกขึ้นไปถูก Limit Switch ซึ่ง Limit Switch จะสั่งให้โซลินอยล์วาล์วทำงานให้น้ำไหลลงสู่ขวด
5. ชุดหัวจ่ายกับชุดขวดจะเคลื่อนที่ไปพร้อมกันในเพลาชุดเดียวกัน
6. เมื่อถึงทางต่างระดับอีกจุดซึ่งเป็นช่วงลงทำให้ปากขวดออกจากชุดหัวจ่ายที่จุดนี้น้ำจะเต็มพอดี
7. ชุดหัวจ่ายจะลงมาอยู่ในสภาวะปกติ limit switch จะอยู่ในสภาวะปกติ โซลินอยล์วาล์วจะปิดน้ำหยุดไหล

3.2 ส่วนประกอบหลักของเครื่องบรรจุของเหลวที่ได้ออกแบบ

ส่วนประกอบหลักจะมีหลายชิ้นส่วนและแต่ละชิ้นส่วน จะมีความสัมพันธ์ต่อเนื่องกันไปเป็นชุดๆ ดังนั้นเราจึงจำแนกเป็นชุดๆ ได้ดังนี้

3.2.1 ชุดถังบรรจุและชุดนำน้ำเข้า
3.2.2 ชุดหัวจ่ายและฐานรองรับขวด
3.2.3 ชุด Star Wheel (เป็นชุดจัดขวดเข้า-ขวดออกในการเติม)
3.2.4 ชุดขับเคลื่อนเพลาและทดรอบ

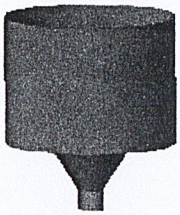
3.2.1 ชุดถังบรรจุและชุดนำน้ำเข้าหัวบรรจุ



รูปที่ 3.2 ชุดนำน้ำเข้าหัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

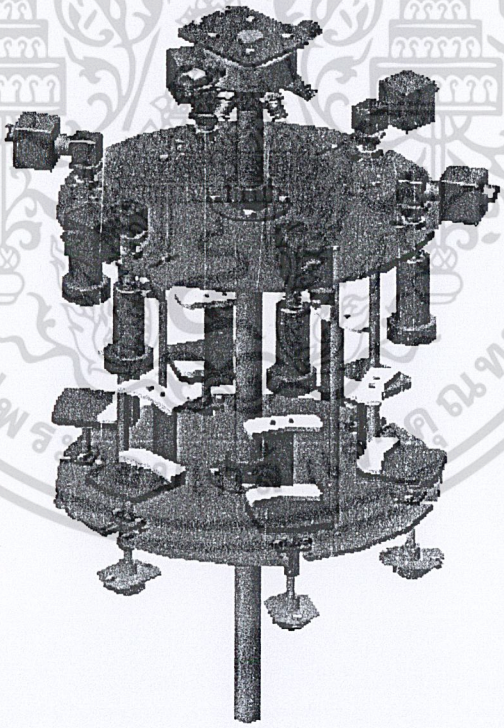
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าฉลาดกระบัง



รูปที่ 3.3 ชุดถังบรรจุ

จากรูปเป็น จุดต่อท่อเพื่อแยกน้ำเข้าหัวจ่ายทั้งหมด 6 หัวและจุดน้ำเข้า 2 จุด โดยส่วนที่เป็นน้ำเข้าจะอยู่กับที่และส่วนที่น้ำออกจะหมุนตามเพลา การควบคุมระดับน้ำในถังให้คงที่เราใช้ลูกลอยในการควบคุมระดับ ดังนั้นจะลดลงมาไม่มากเพราะถ้าน้ำลดระดับลงลูกลอยจะตก น้ำจะไหลออกมาจนกระทั่งลูกลอยสูงขึ้นอยู่ในลักษณะปิดวาล์วน้ำ

3.2.2 ชุดหัวจ่ายและชุดฐานรองรับขวด



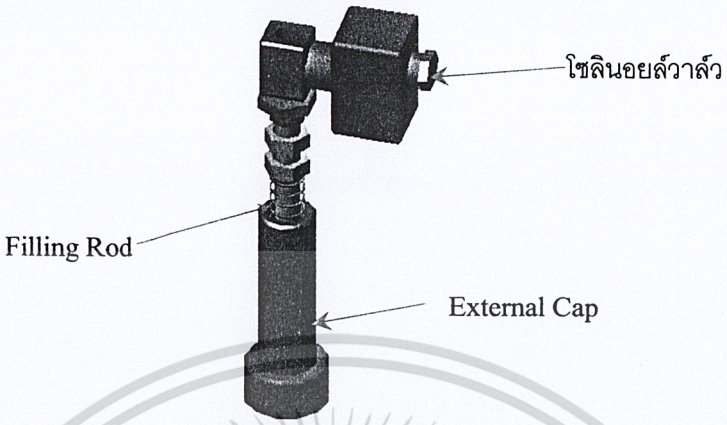
รูปที่ 3.4 ชุดหัวจ่ายและชุดฐานรองรับขวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

50229

จากรูปที่ 3.4 ชุดหัวจ่ายและชุดฐานรองรับขวดประกอบด้วย

1. หัวจ่าย (Filling Head)



รูปที่ 3.5 หัวจ่าย Limit switch

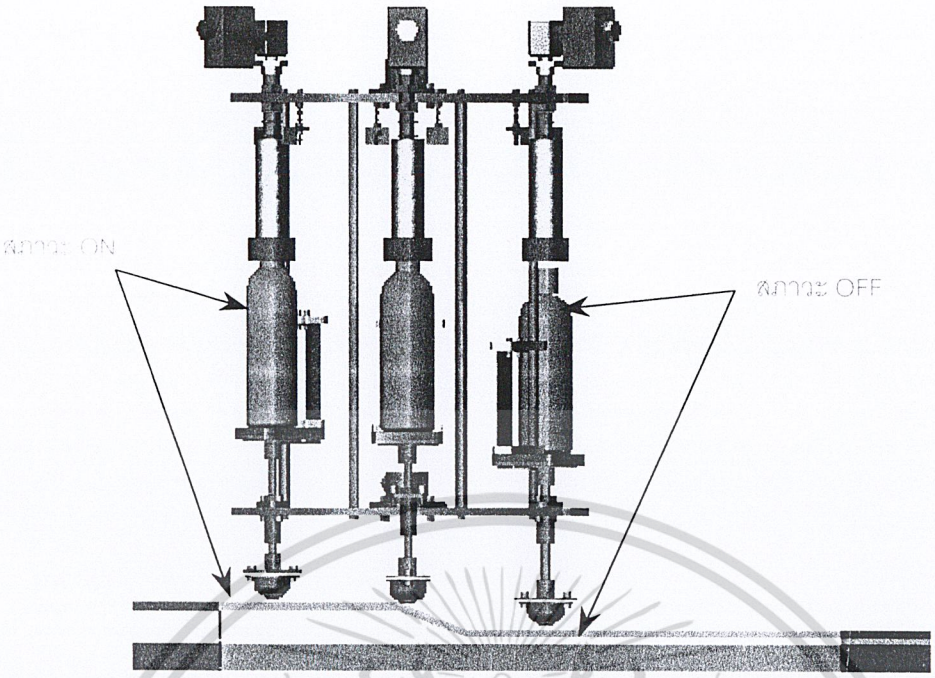
1.1 Filling Rod หรือตัวท่อที่น้ำผ่านส่วนบน จะติดกับโซลินอยล์วาล์วด้านล่างปีกนกกันไม่ให้ส่วนปลอกหล่น และทำล่องเว้าเพื่อใส่ล่องแหวน o – ring

1.2 External Cap เป็นตัวกดหัวขวดบรรจุและเป็นตัวดันสปริงเพื่อกด Limit Switch และที่ปลายสัมผัสกับขวดจะออกแบบให้มีขนาดใหญ่กว่าปากขวด คือ 3.1 เซนติเมตร ปากขวดมีขนาดประมาณ 2.75 เซนติเมตร และมีท่อออกสำหรับเดรนน้ำที่ล้นขวดดังรูปที่ 3.4

1.3 ขดลวดสปริง(Spring) การออกแบบสปริงควรออกแบบให้มีความเค้นที่เหมาะกันขนาดการกดของขวดและไม่ทำให้ขวดเสียหาย

เรากำหนดให้ ขวดน้ำจะรับน้ำหนักได้ประมาณ 8 kg โดยที่ขวดไม่พัง(ได้จากการทดลอง) หรือประมาณ 8×9.81 = 78.48 N และเราจะใช้ระยะหดตัวของสปริงหรือระยะที่หัวสูบสัมผัส limit switch ประมาณ 2 เซนติเมตร ระยะสูงสุดของการเปิดวาล์วที่จะไม่ทำให้เสียหายต่อ o – ring เท่ากับ 28 มิลลิเมตร ใช้ตาราง AISI-A313 ในการหาค่าสปริงโดยเราเลือก Dm = 20 mm, d = 1.6 mm, F = 86.5 N, Lo = 73.5 mm, I = 5.5 ขด, f = 55.9 mm โซลินอยวาล์วเลือกขนาด Input-Output เดียว ขนาด ½ นิ้ว ใช้กับศักดิ์ไฟฟ้าขนาด 24 Vdc แบบและการติดตั้งดังรูปที่ 3.4 ในหัวข้อขั้นตอนการติดตั้ง ขวดบรรจุลักษณะขวดจะเป็นวงกลม ซึ่งมีขนาดบรรจุเท่ากับ 500 cc ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของปากขวดวงนอกรวมเกลียวประมาณ 2.7 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางของปากขวดวงในประมาณ 2.150 m เส้นผ่านศูนย์กลางขวดประมาณ 6.14 cm เส้นผ่านศูนย์กลางฐานขวด 6.30 cm ความสูงขวด 21.5 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

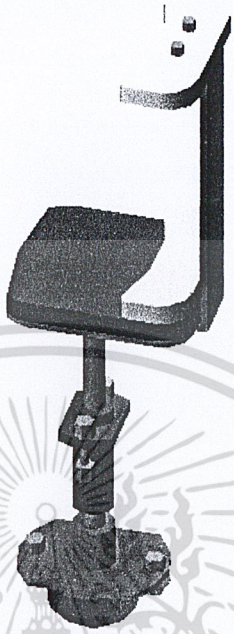


รูปที่ 3.6 ชุดโซลินอยล์วาล์วและ Limit Switch

โซลินอยล์วาล์วจะทำงานสัมพันธ์กับ Limit Switch เมื่อ Limit Switch ถูกกดโซลินอยล์วาล์วจะปล่อยน้ำไหลลงสู่ขวด และเมื่อไม่ถูกกดก็จะทำการปิดวาล์ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ฐานรองรับขวด



รูปที่ 3.7 แสดงฐานรองขวด

ฐานรองขวด ประกอบด้วย

1. หัวประคองขวด จะอยู่ในระดับตรงกลางขวดช่วยกันจับขวดให้อยู่นิ่งขณะกำลังเติมหรือขณะฐานเคลื่อนที่และจะอยู่สูงจากฐานรองรับขวดประมาณ 115 เซนติเมตร

2. ฐานรองรับก้นขวดจะประกอบด้วยวัสดุ 3 ชิ้น คือ

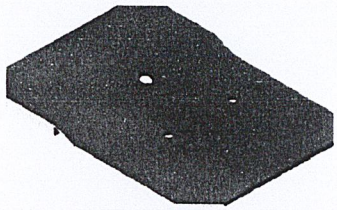
2.1 เหล็กแผ่น มีความหนา 0.1 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 7 เซนติเมตร จะยึดติดกับแกนเหล็ก

2.2 พลาสติกหนา มีความหนา 1 เซนติเมตร เจาะรูใส่หัวน็อตฝังเก็บหัวน็อตเพื่อป้องกันการติดและสะดุดของขวด และทำการยึดติดกับแผ่นเหล็ก

3. แกนเหล็ก มีความยาว 10.50 เซนติเมตร ซึ่งติดกับล้อเคลื่อนที่ บริเวณแกนจะมีปลอกลูกปืนสวมอยู่ ซึ่งปลอกลูกปืนนี้จะเชื่อมติดกับแขนด้วย น็อตเราสามารถปรับระดับได้และแขนนี้จะเชื่อมติดกับเพลาหมุน โดยแกนเหล็กนี้จะเคลื่อนที่ขึ้นลงตามระดับของพื้นที่เราได้ทำการออกแบบไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

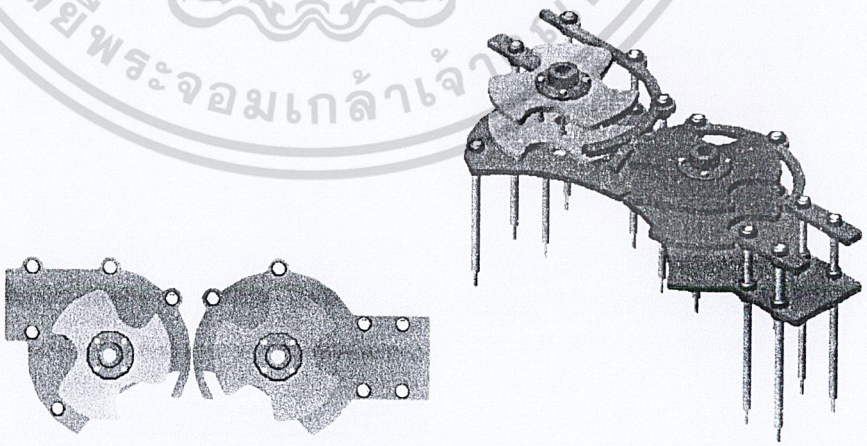
พื้นที่ต่างระดับ



รูปที่ 3.8 แสดงพื้นที่ต่างระดับ

มีไว้สำหรับล้อวิ่งในการบรรจุ ทางต่างระดับจะเป็นจุดเริ่มในการบรรจุและจุดน้ำเต็ม สิ้นสุดการบรรจุ

3.2.3 ชุดขับ Star Wheel



รูปที่ 3.9 รูปแสดงด้านข้างและด้านบนของ Star Wheel นำขวดเข้า-ออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

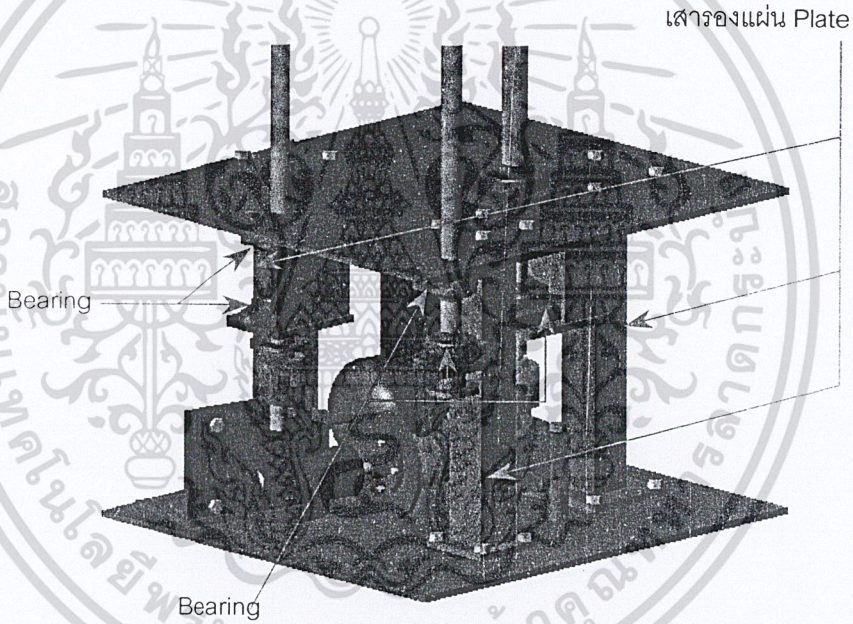
ชุดขับ Star Wheel

ชุดขับ Star Wheel คืออุปกรณ์ที่จะนำขวดเข้ารายการผลิตและนำขวดออกจากรายการผลิต ซึ่งจังหวะเข้าหรือออกต้องสัมพันธ์กันกับฐานรองรับขวดที่เคลื่อนที่ตามเพลาหมุน

รูปร่างลักษณะของ Star Wheel ที่ออกมาเป็นลักษณะนี้ได้มาเนื่องจากการ Plot การเข้าออกของขวดทีละองศา และทำการตัดเว้ามุมของสตาร์วิวล์เพื่อไม่ให้ส่วนใดส่วนหนึ่งของสตาร์วิวล์ไปชนขวดล้ม

ฐานรองขวดที่อยู่ใต้ Star Wheel เราได้จากการ Plot องศาของขวดที่เข้ามาและออกไปเหมือนกับการที่ Plot Star Wheel

3.2.4 ชุดขับเคลื่อนเพลาและ Star Wheel



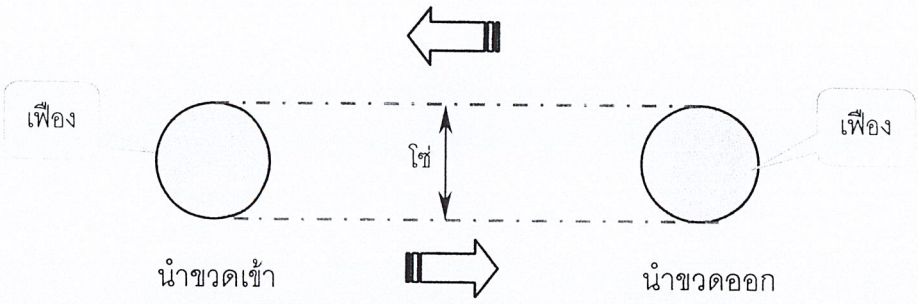
รูปที่ 3.10 แสดงชุดขับเคลื่อนเพลาและ Star Wheel

ความเร็วรอบของเพลาขับของชุดบรรจุ (ประมาณ 10 รอบ/นาที) จะน้อยกว่าความเร็วรอบของมอเตอร์ (ประมาณ 1450 rpm) มาก ดังนั้นเราจึงใช้เฟืองทดรอบที่มีอัตราทด 60:1 และเฟืองที่มีขนาด 3:1 โดยใช้ขับระหว่าง Worm Gear 60:1 กับมอเตอร์เพื่อทดรอบอีกที

Worm Gear 30:1 จะมีเพลตต่อเป็นแกนเดียวกับ Worm Gear 60:1 โดยต่อด้วย Coupling เพื่อขับ Star Wheel และเราจะได้อัตราส่วนในการหมุนของเพลาขับชุดจ่ายกับเพลาขับ Star Wheel เป็นดังที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Star Wheel ของชุดขวดเข้าและชุดขวดออกจะมีความสัมพันธ์กัน เราใช้สเตอร์และใช้โซ่ดึงเพื่อให้หมุนโดยสัมพันธ์กัน ดังรูปข้างล่าง

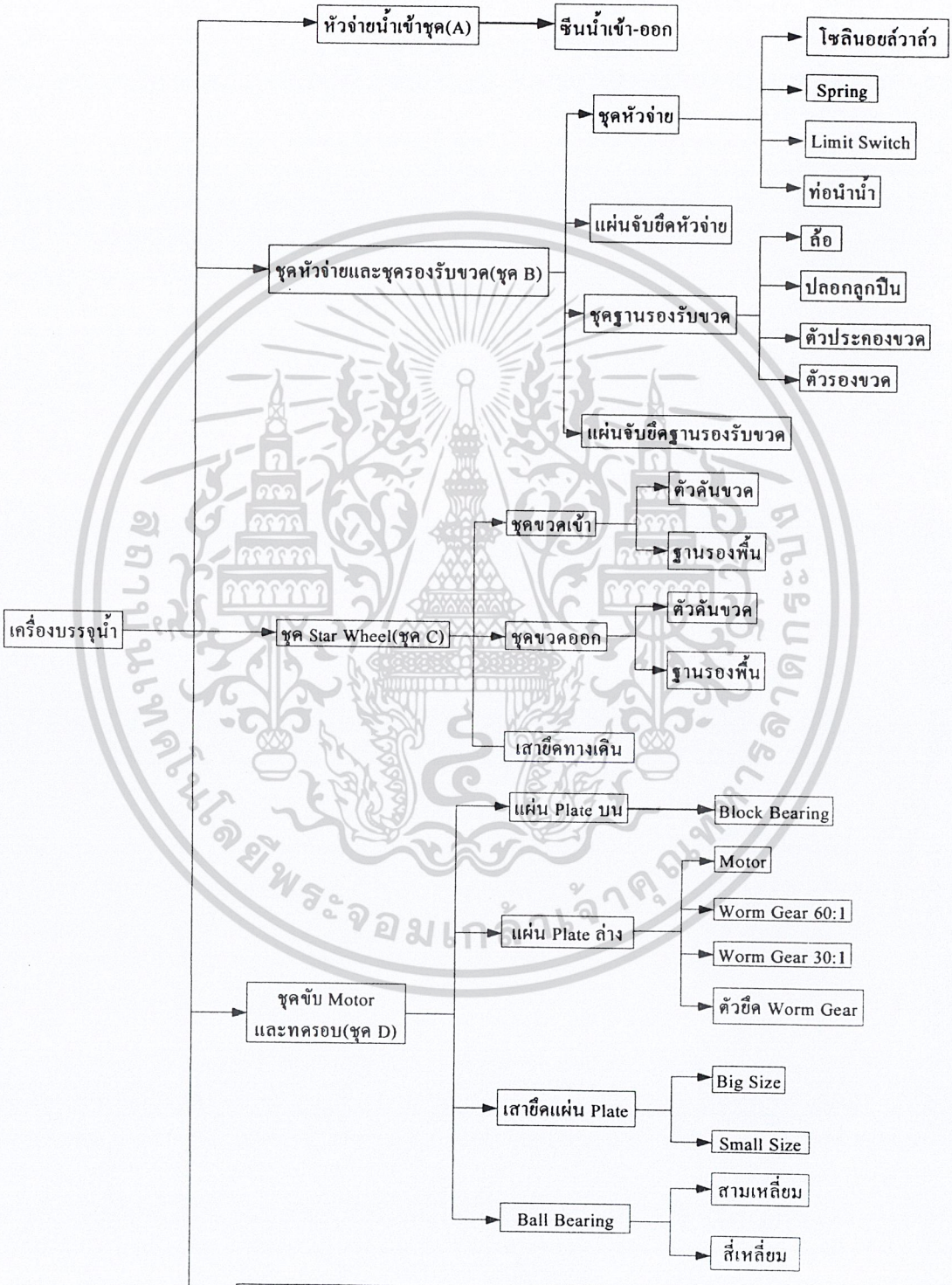


รูปที่ 3.11 รูปแสดงการขับของเพลา Star Wheel

ซึ่งจากการทำงานเราเลือกใช้ Worm Gear ของ Star Wheel ที่มีอัตราทด 30:1 เพื่อลดความเร็วรอบและใช้ Worm Gear ของชุดหัวจ่ายเป็น 60:1 เพื่อลดความเร็วรอบซึ่งก็จะได้อัตราส่วนความเร็วรอบระหว่างชุดหัวจ่ายกับชุด Star Wheel เท่ากับ 2:1 เช่นเดิม และจากการเลือกใช้ Worm Gear ทดรอบและรักษาอัตราส่วนเราก็จะต้องมีการ Coupling แกนความเร็วรอบทางด้านสูงของ Worm Gear เข้าด้วยกัน แล้วนำมาพ่วงเข้ากับแกนมอเตอร์โดยใช้เฟืองและโซ่เป็นตัวเชื่อมโยงเข้าด้วยกันโดยมีอัตราทดความเร็วรอบจากมอเตอร์มาแทน Coupling เท่ากับ 3:1 เหตุผลที่ใช้โซ่เพราะว่า วัสดุที่ใช้ทำหาได้ง่ายกว่าเพราะมีตามท้องตลาดทั่วไป และเหตุผลทางด้านราคาจะถูกกว่าการใช้สายพาน

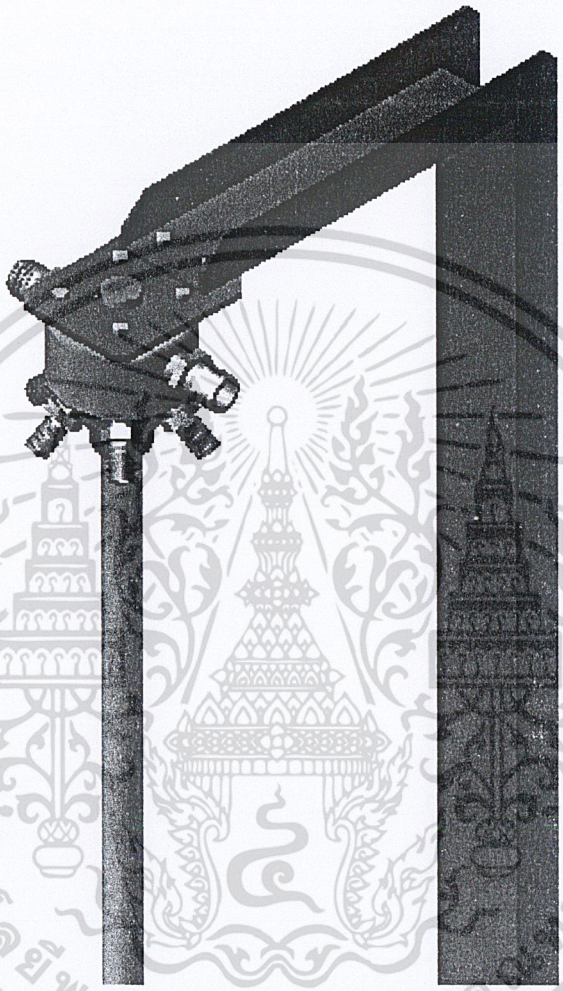
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
แสดงรายละเอียดของชิ้นส่วนต่างๆและการประกอบ



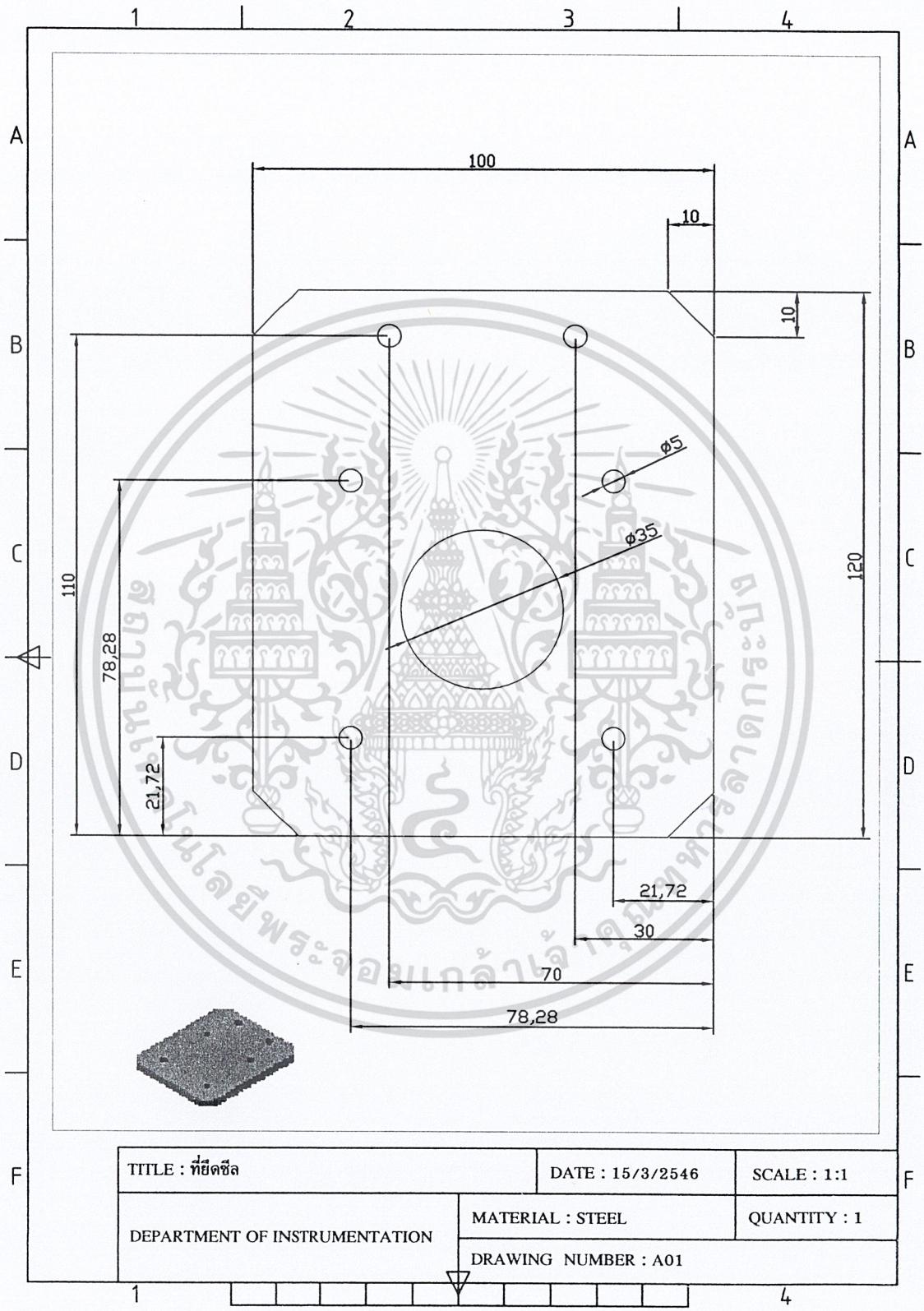
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 แบบหัวจ่ายน้ำเข้าและน้ำออก

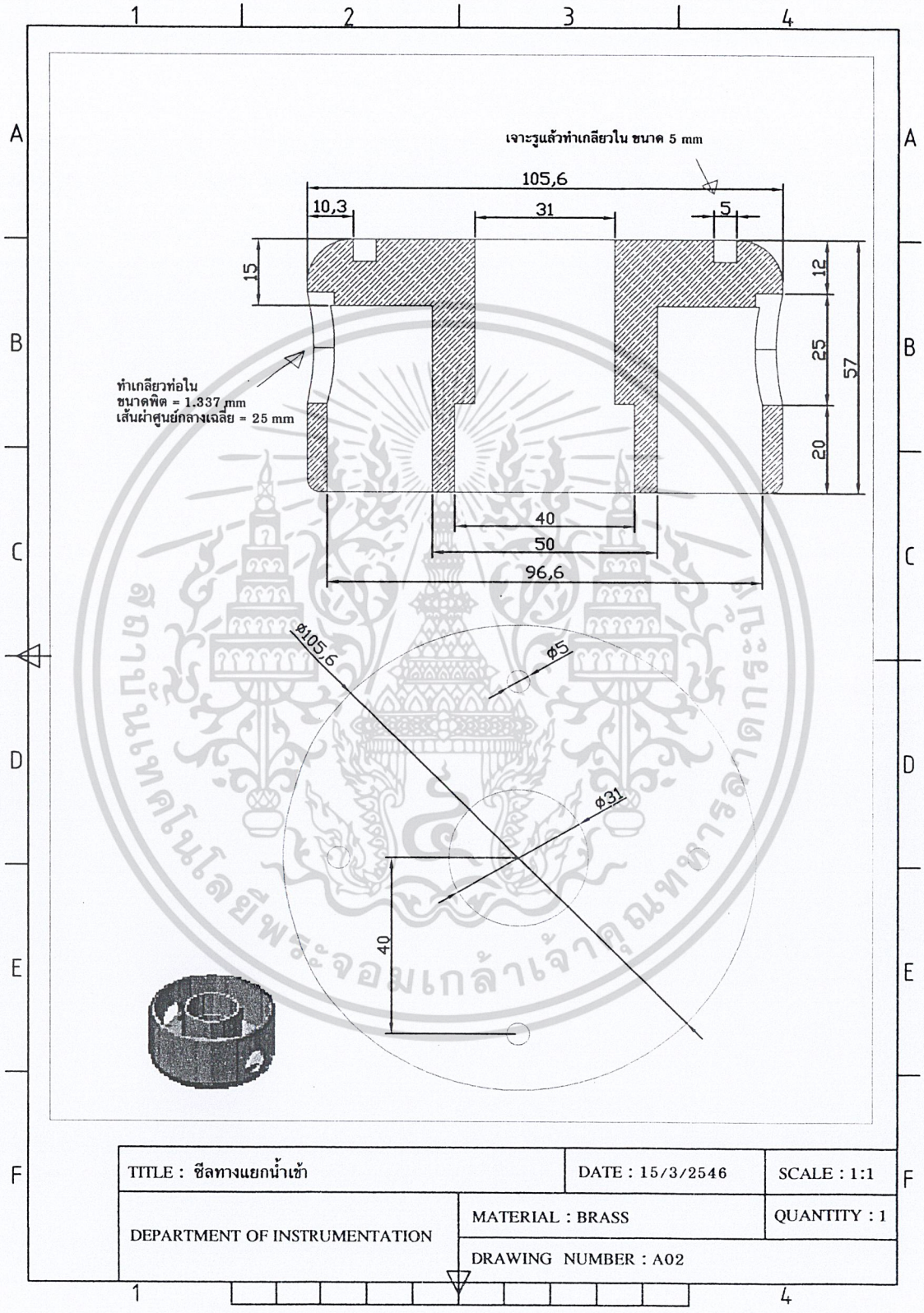


รูปที่ 4.1 แสดงรูปหัวจ่ายน้ำเข้าและน้ำออก ชุด A

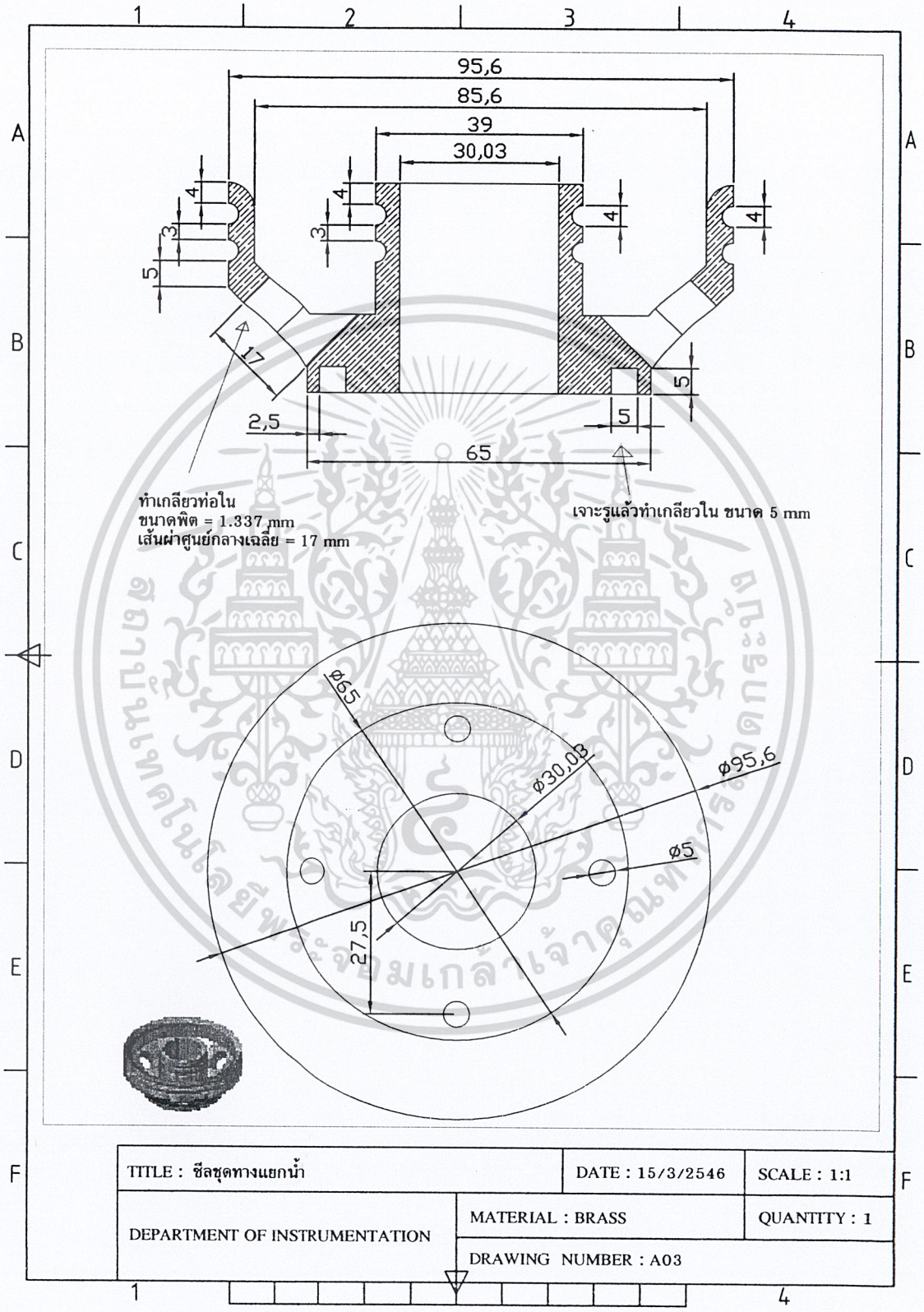
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



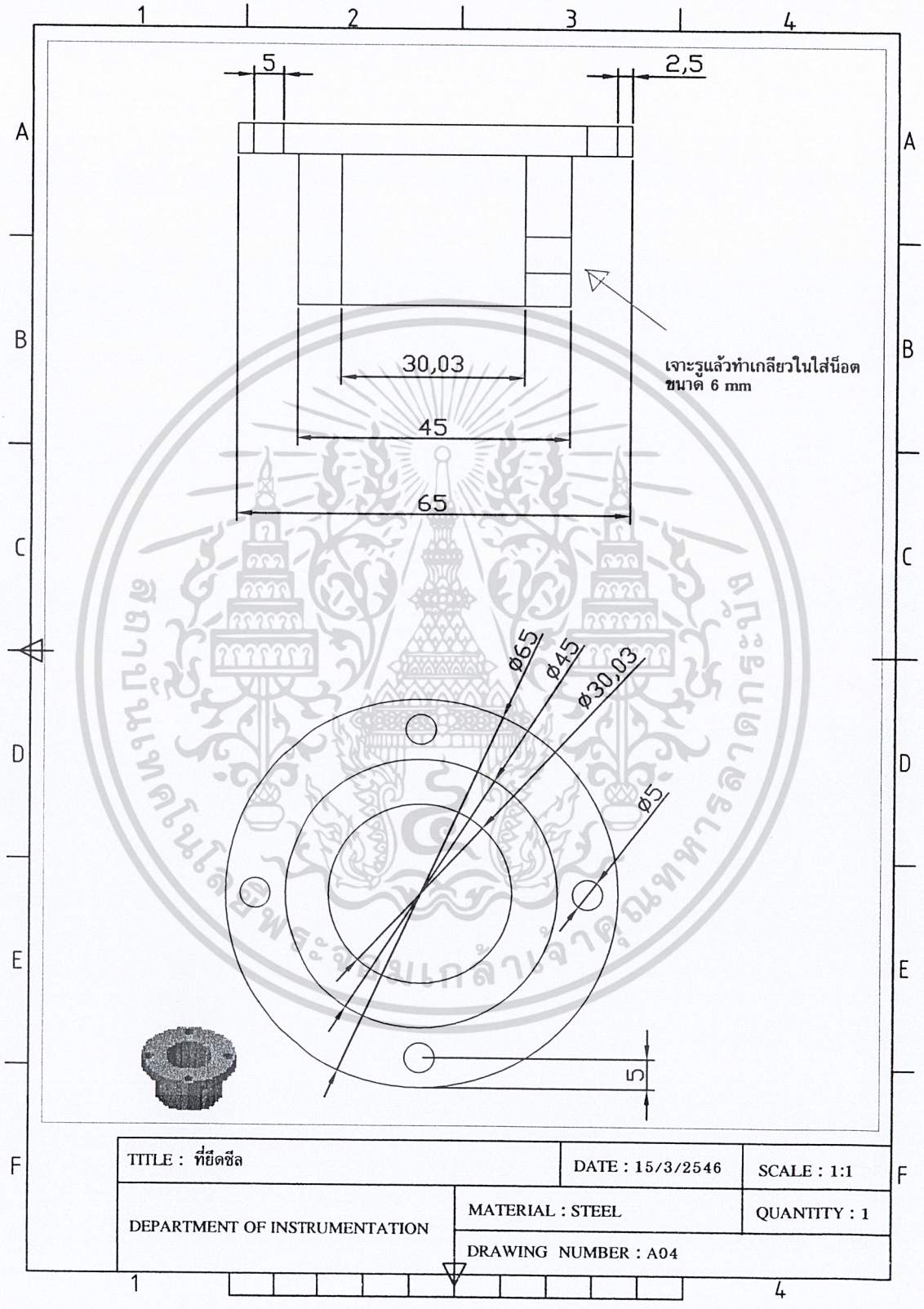
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



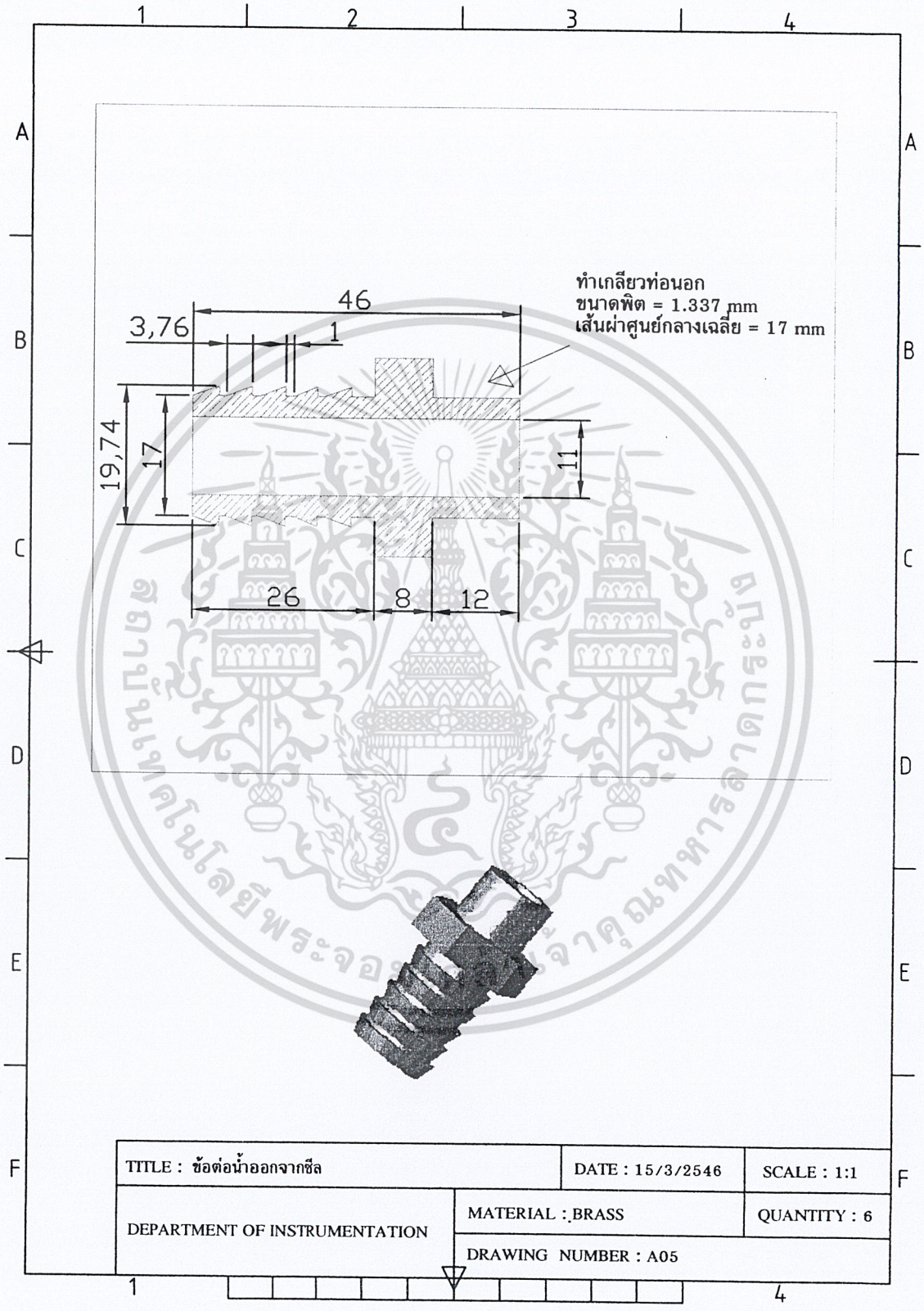
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



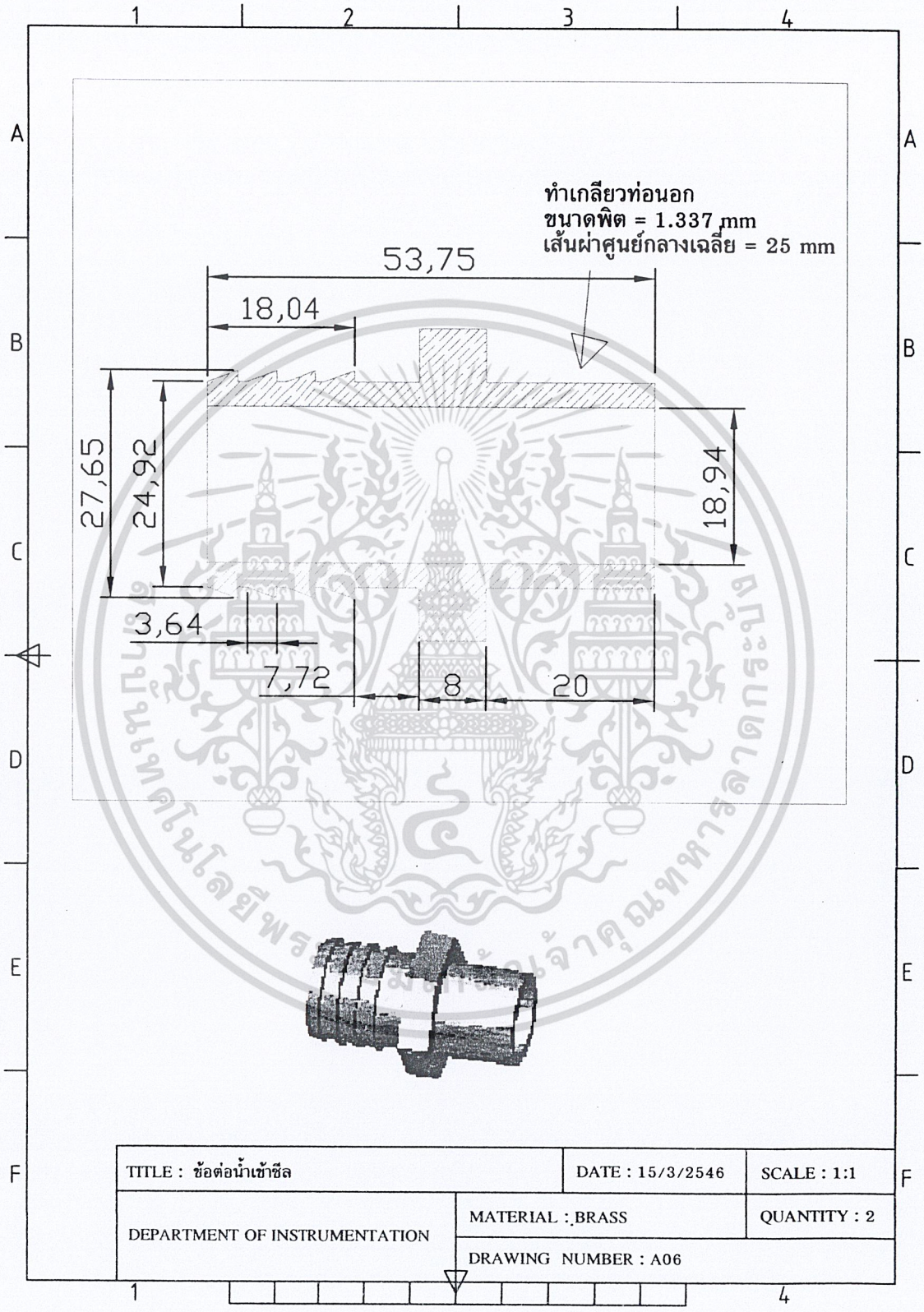
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

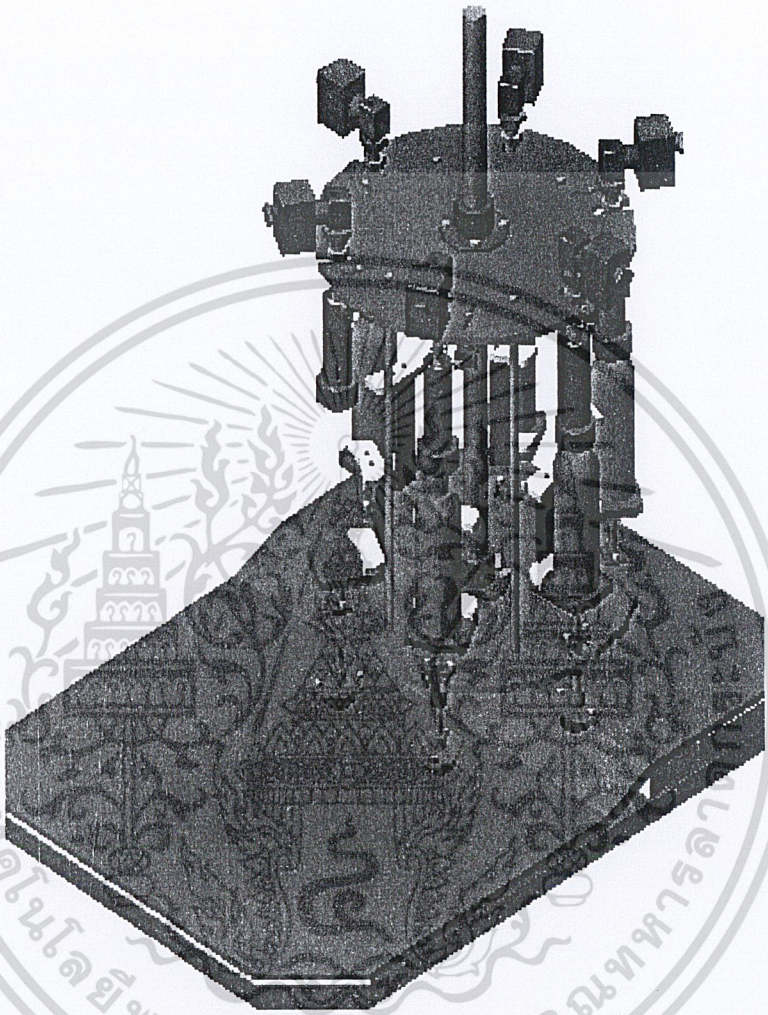


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



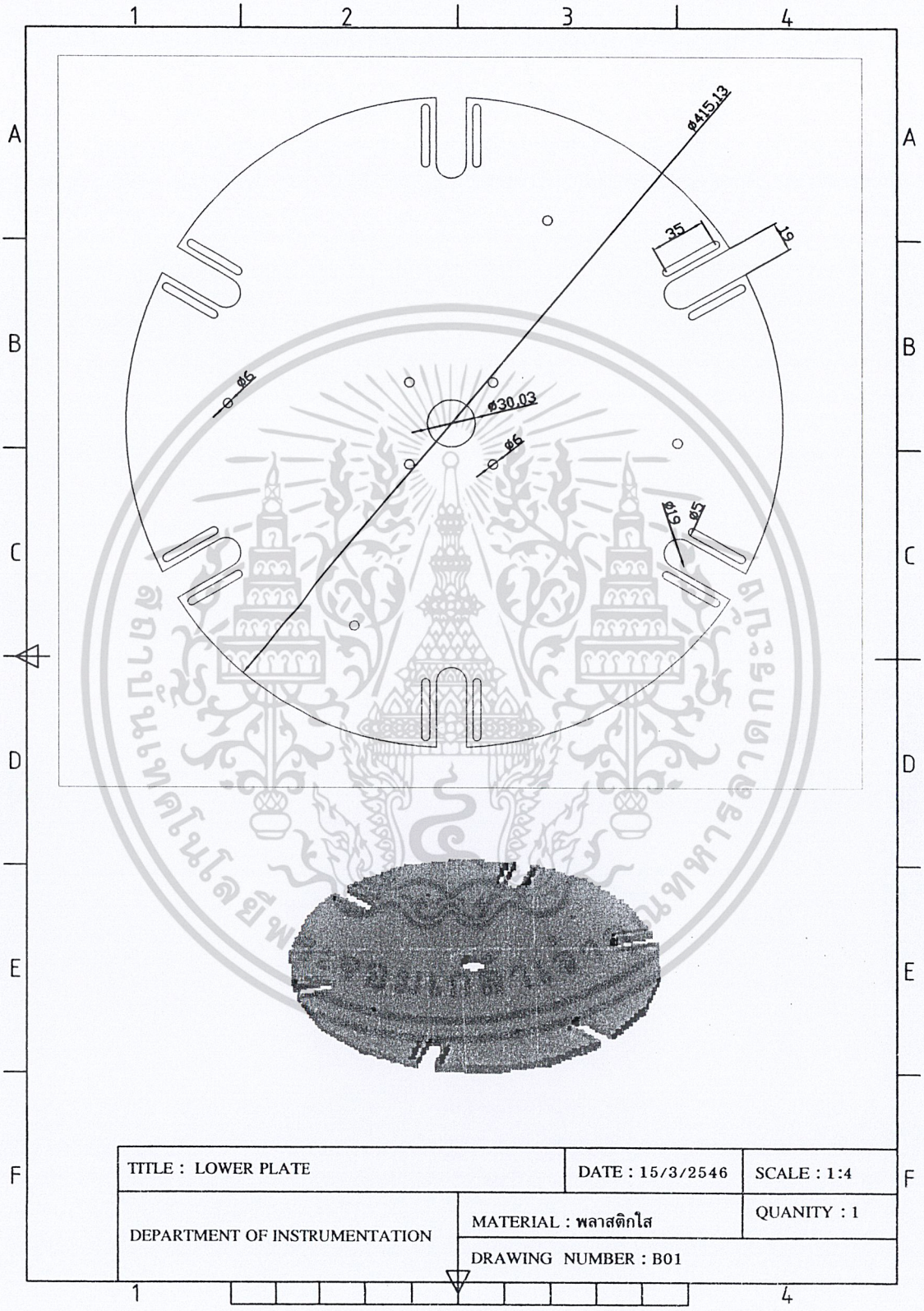
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 หัวจ่ายและชุดรองรับขวด



รูปที่ 4.2 แสดงรูปหัวจ่ายและชุดรองรับขวด ชุด B

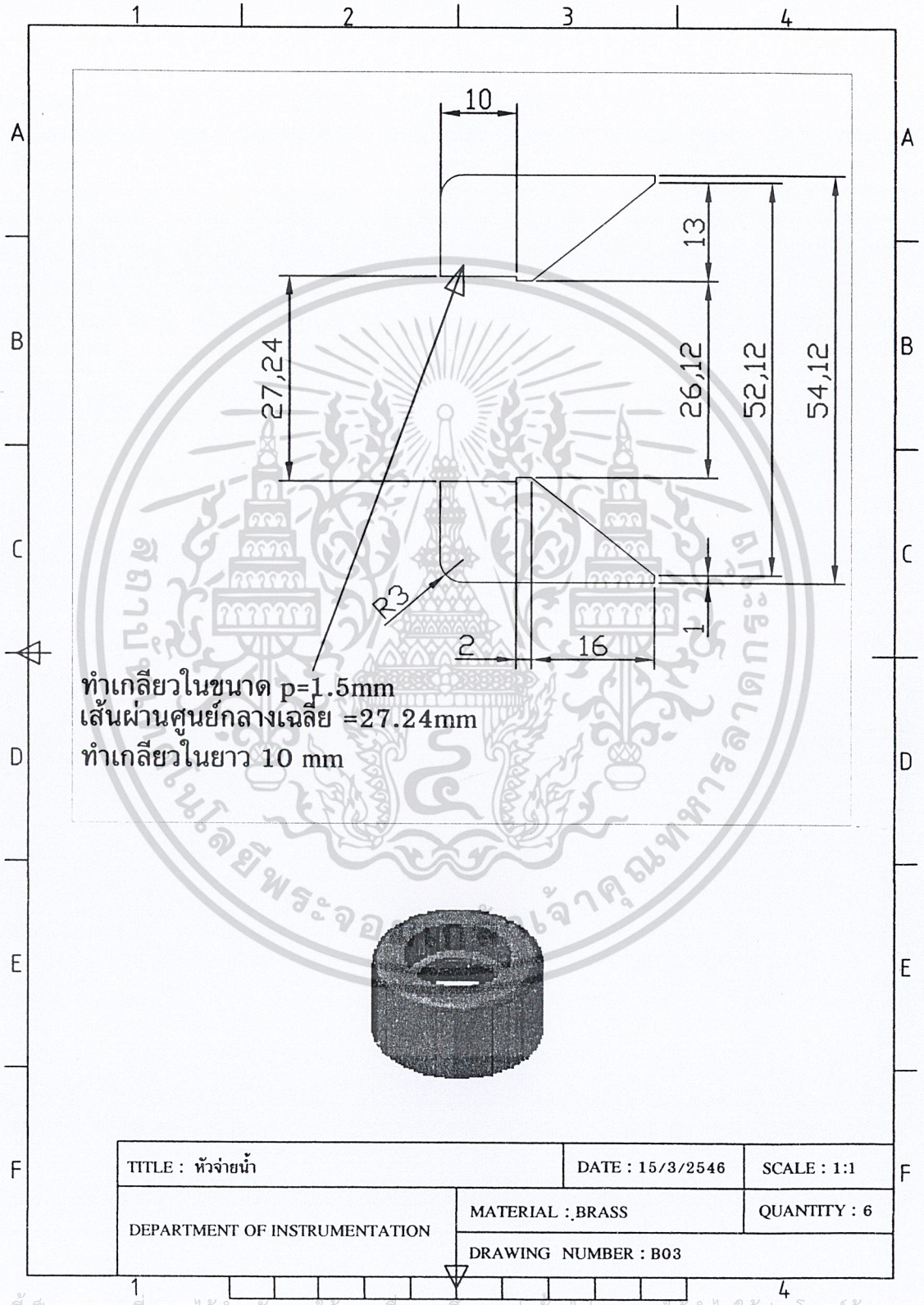
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



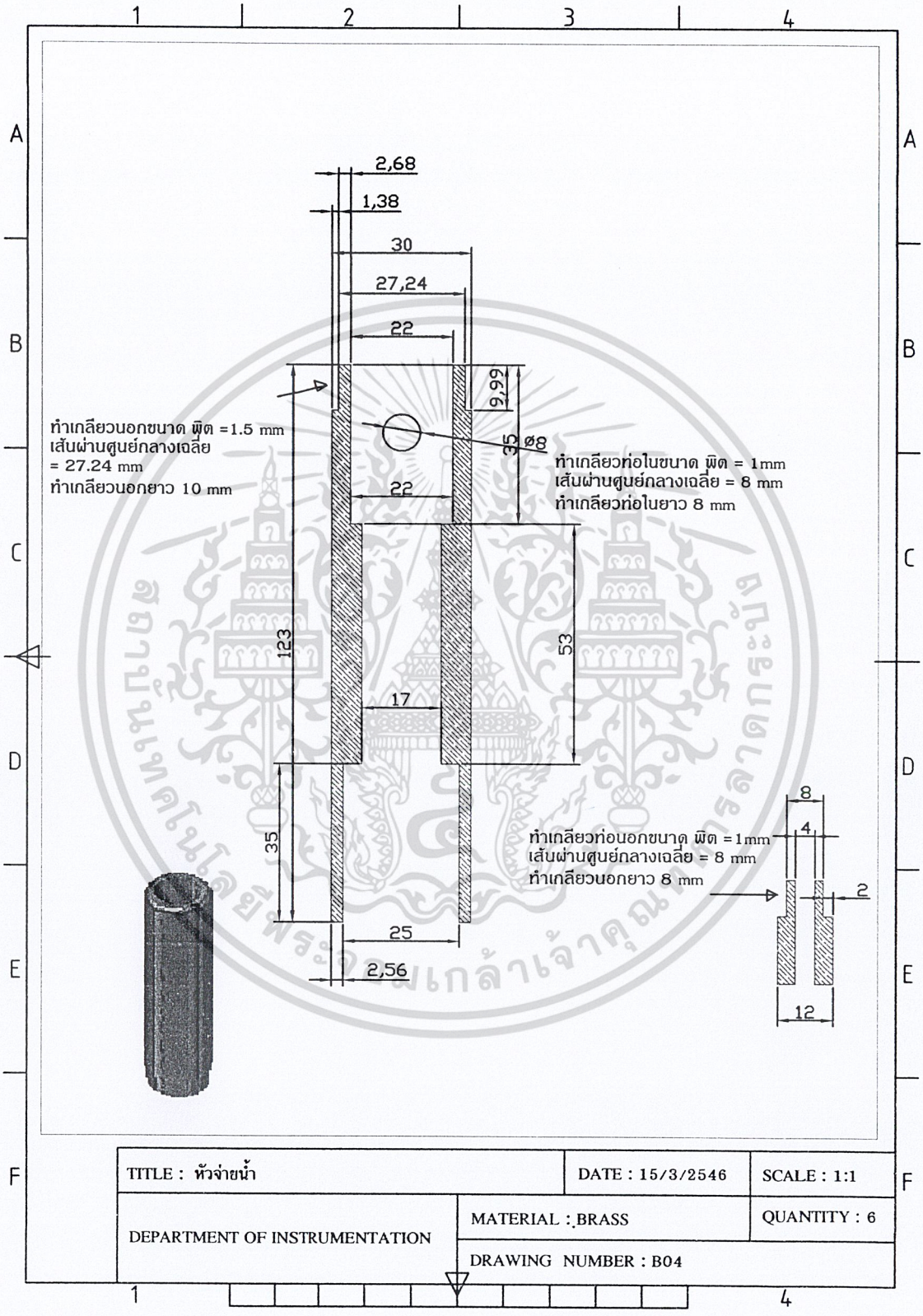
TITLE : LOWER PLATE	DATE : 15/3/2546	SCALE : 1:4
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION	MATERIAL : พลาสติกใส	QUANITY : 1
	DRAWING NUMBER : B01	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

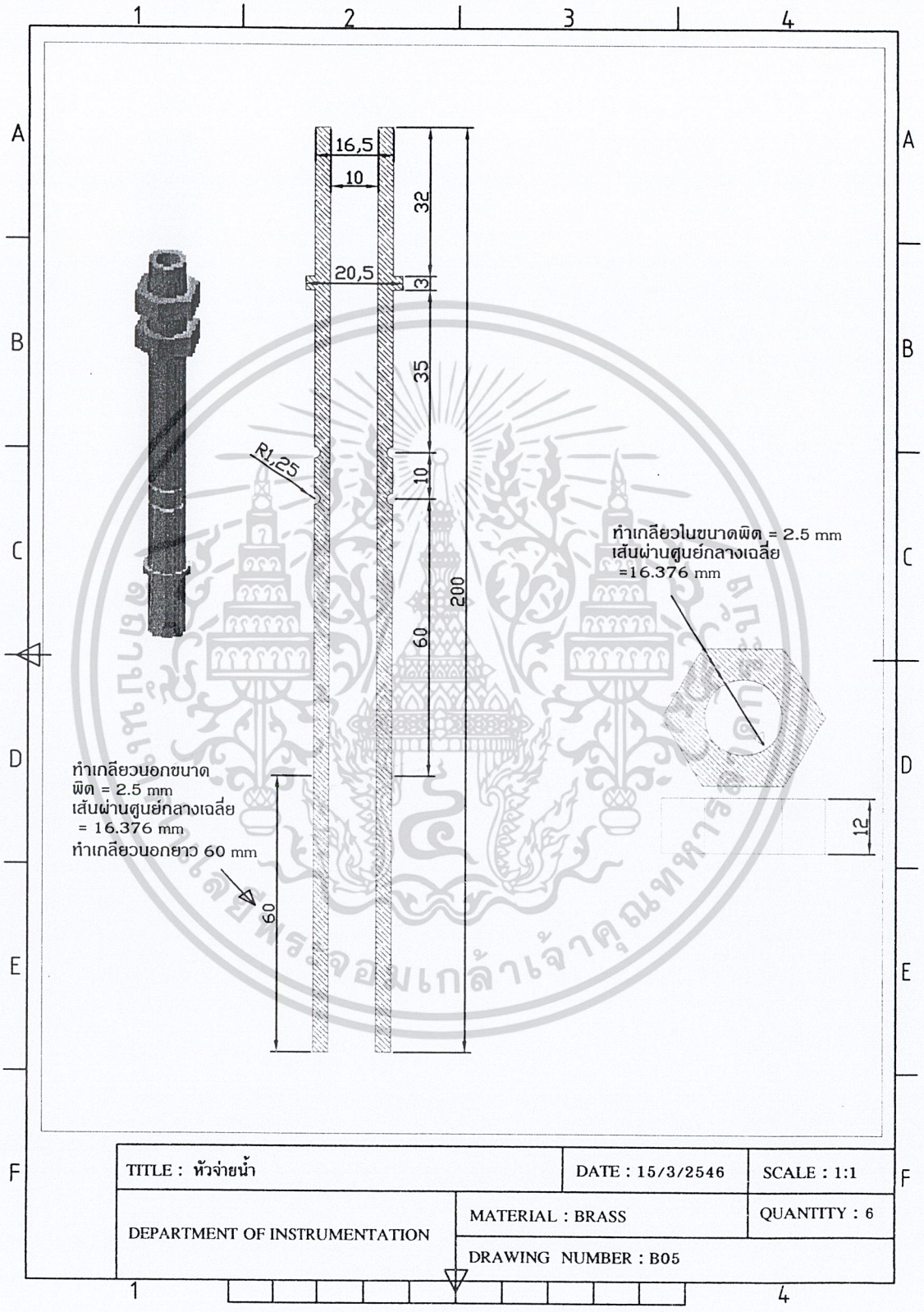
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



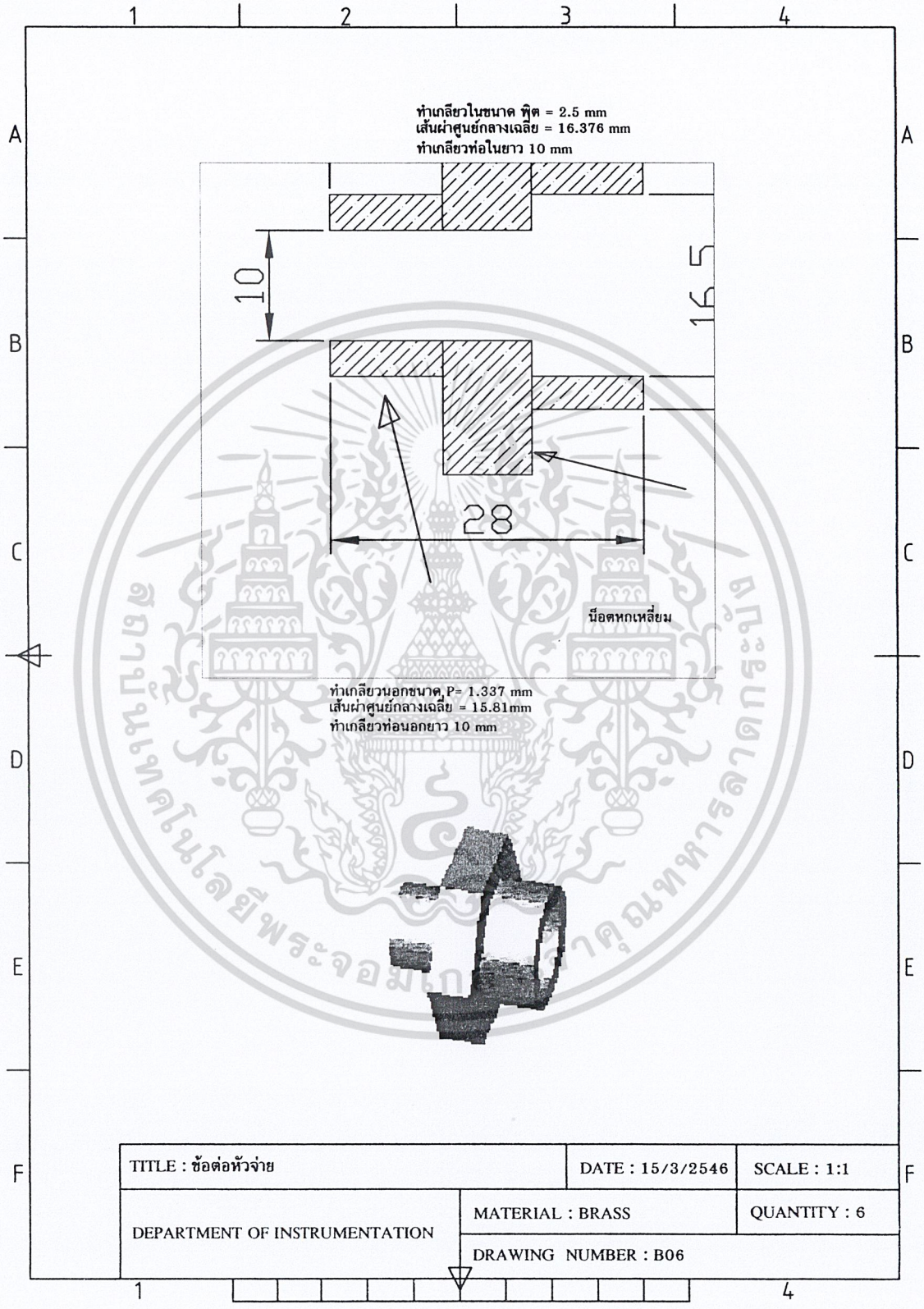
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



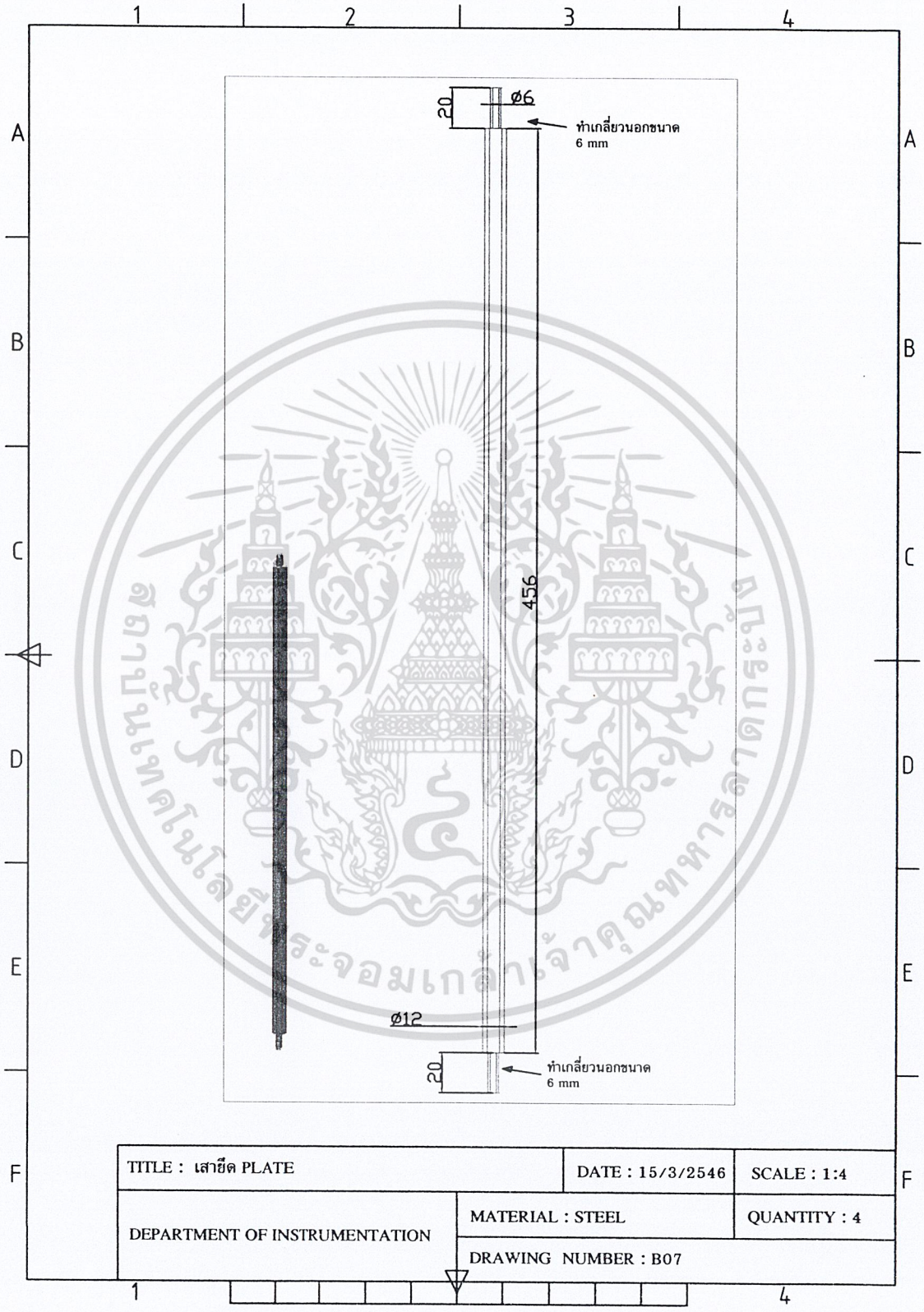
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



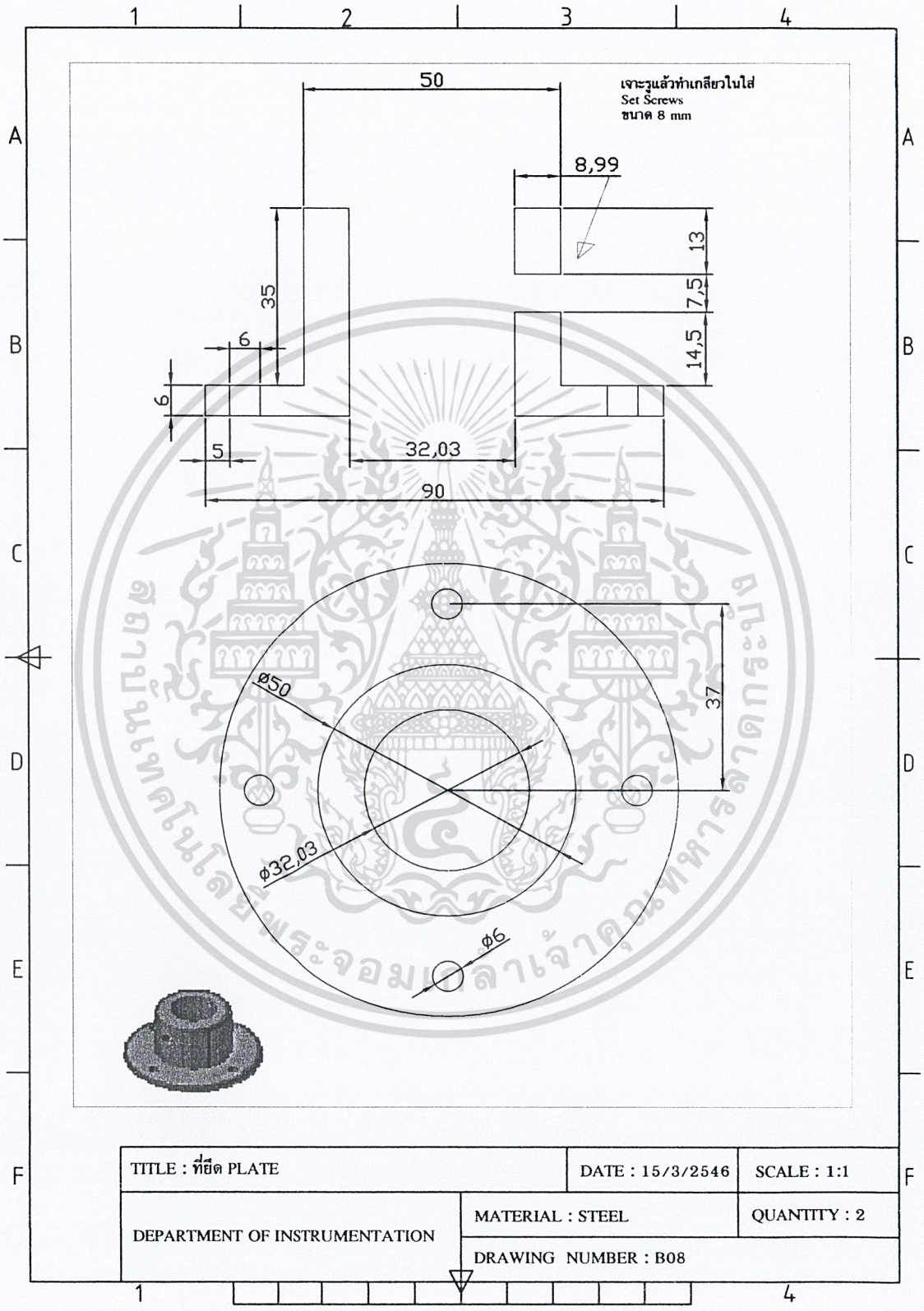
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



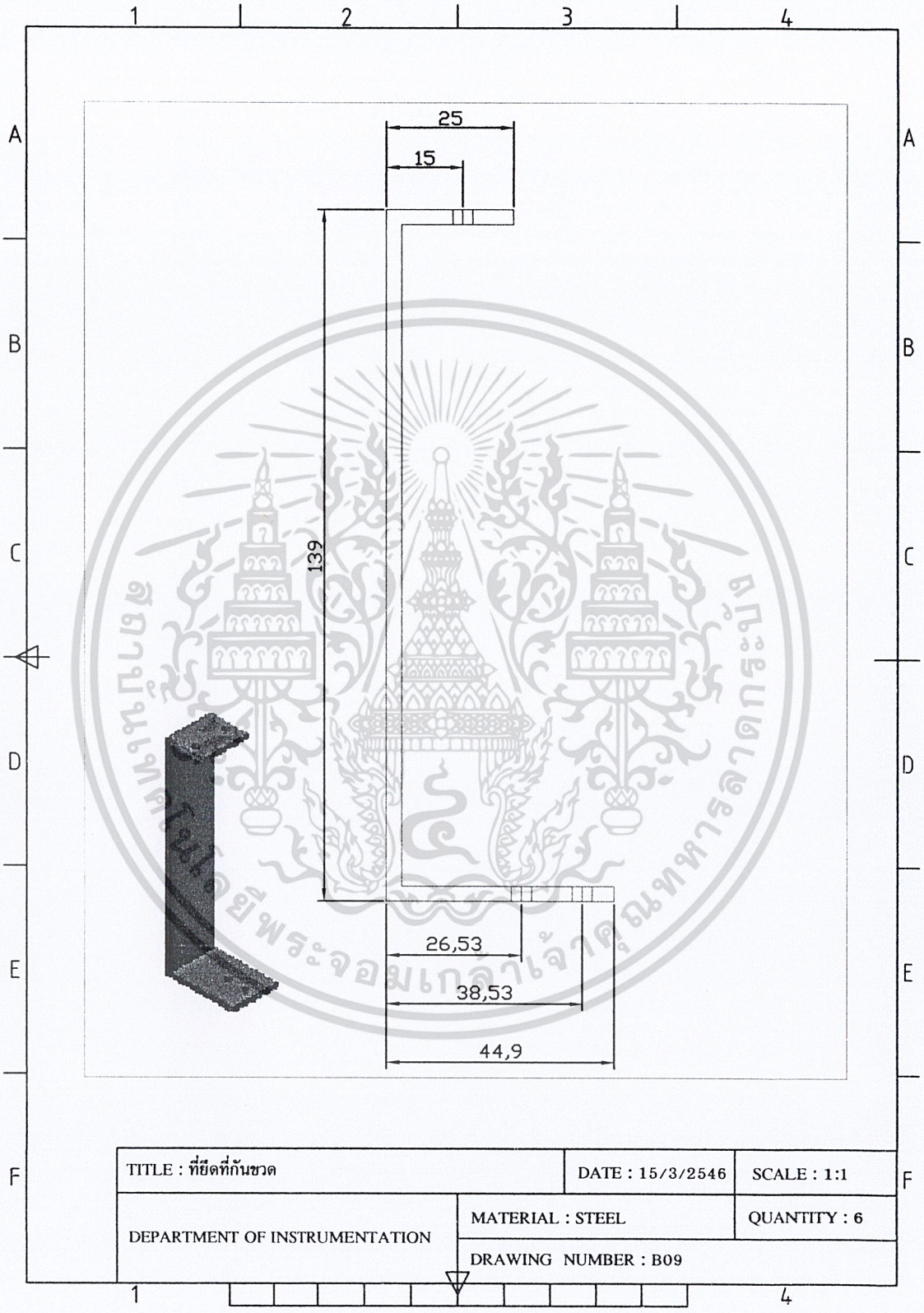
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



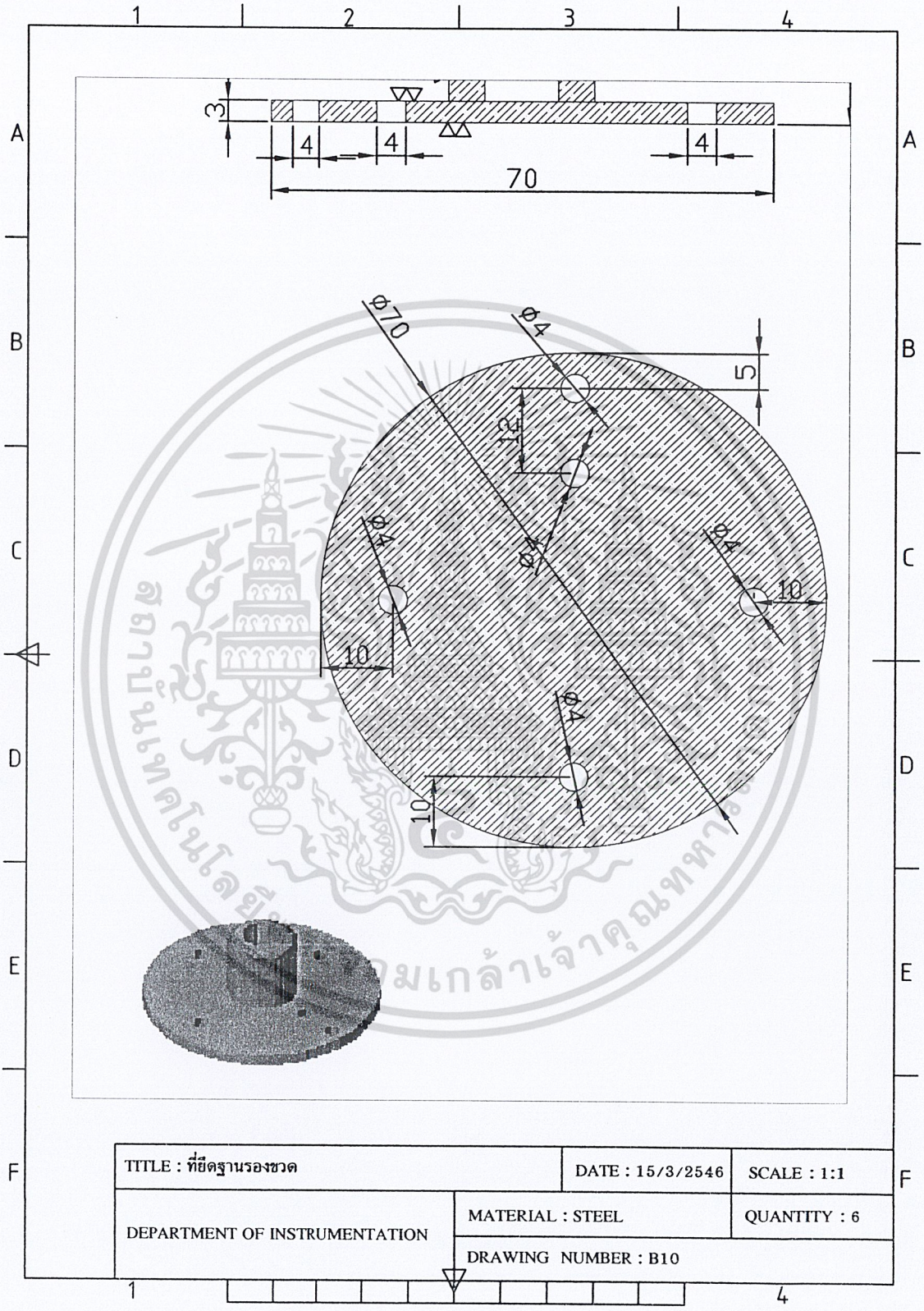
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



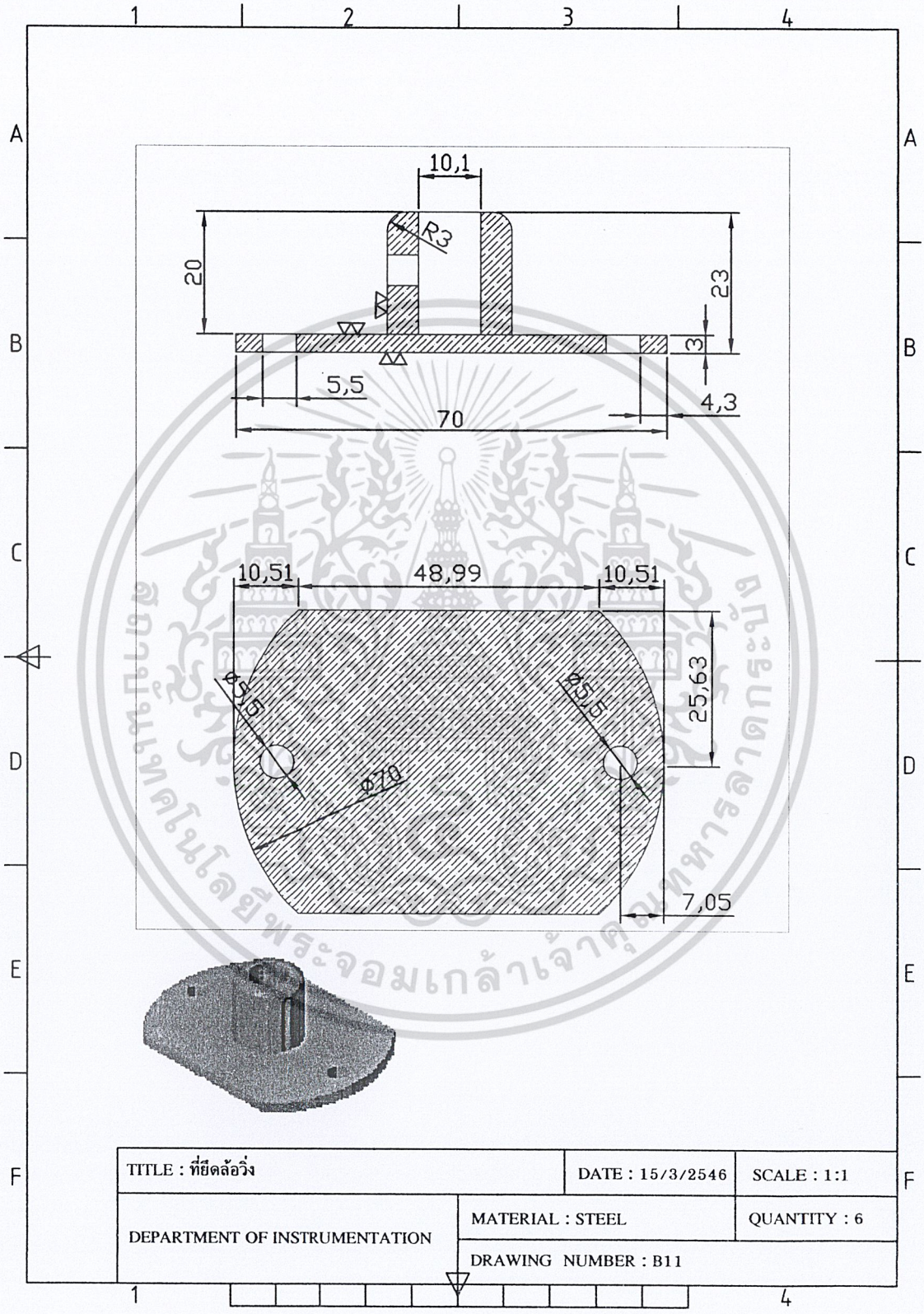
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

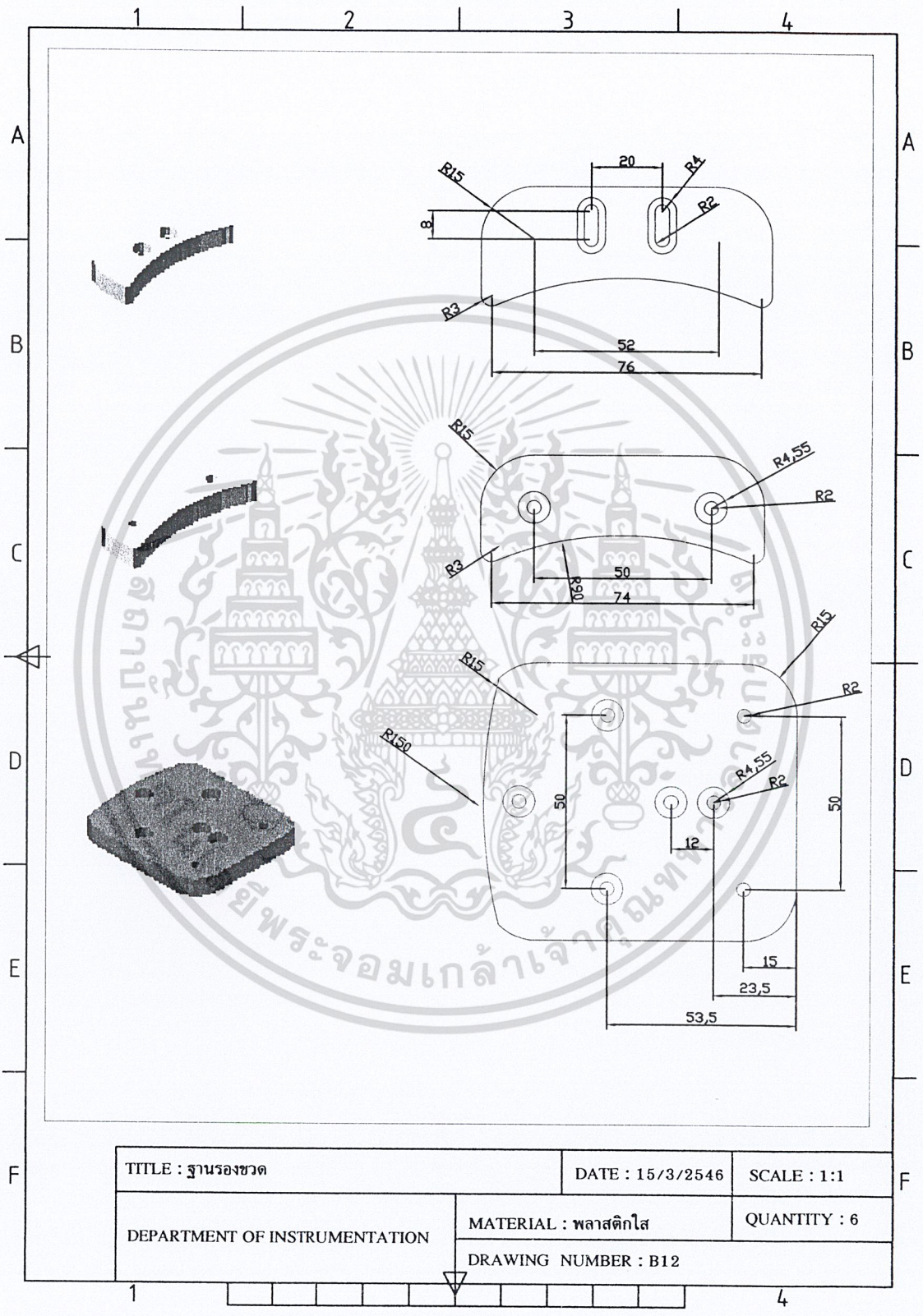


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



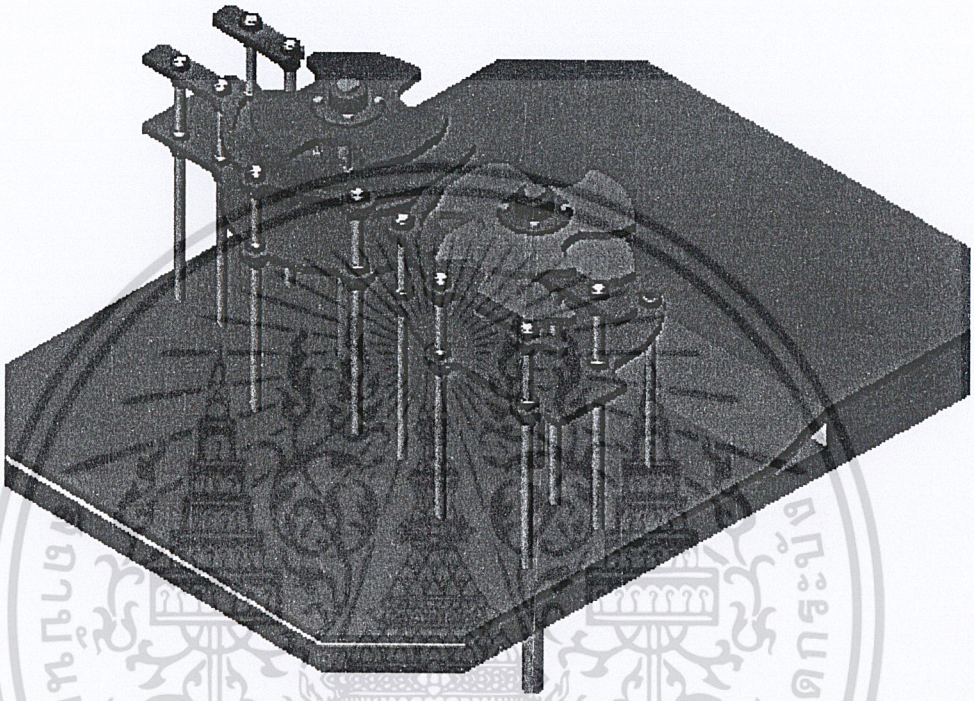
TITLE : ที่ยึดล้อวิ่ง	DATE : 15/3/2546	SCALE : 1:1
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION	MATERIAL : STEEL	QUANTITY : 6
	DRAWING NUMBER : B11	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



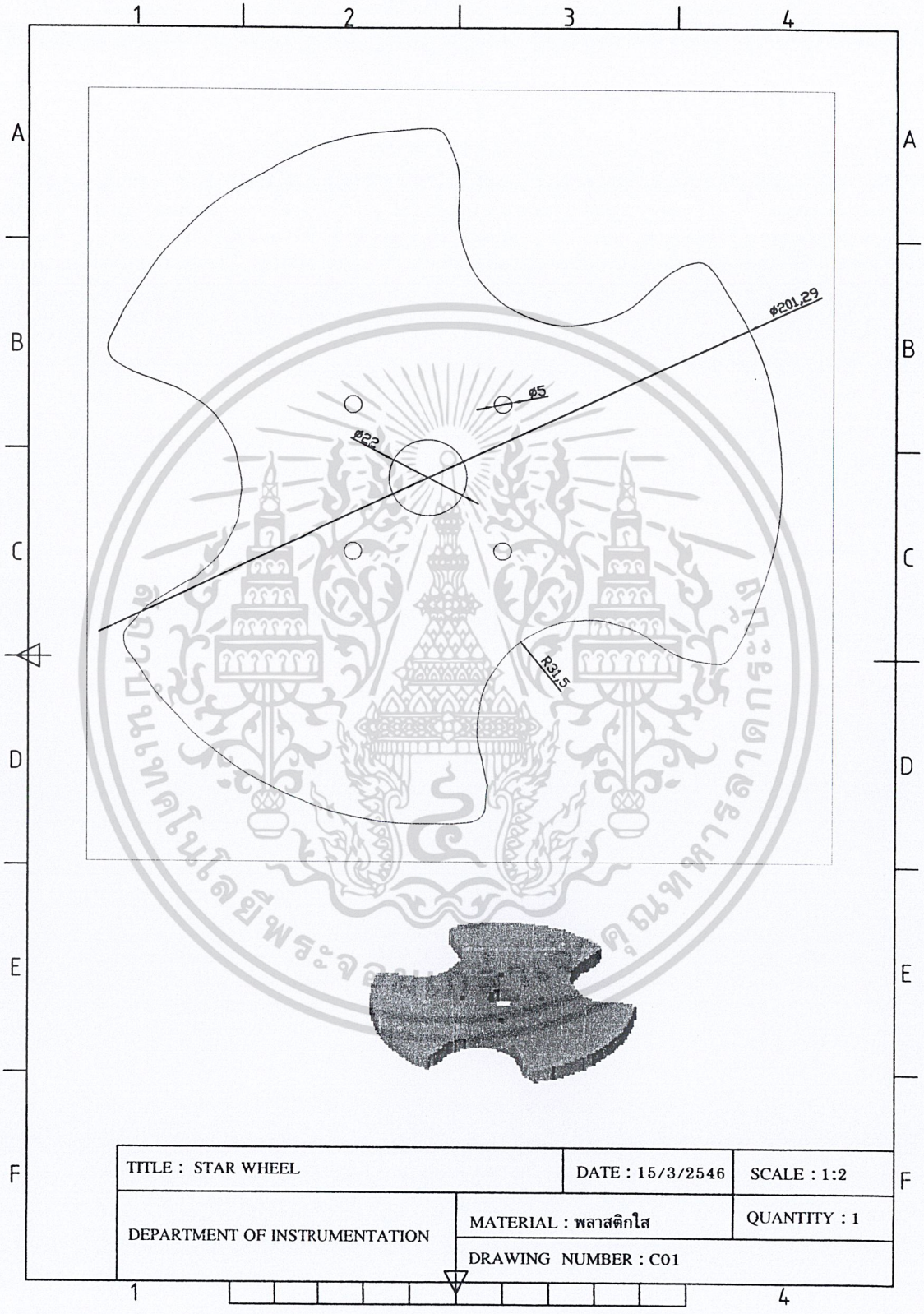
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ชุดนำขวดเข้าและนำขวดออก (Star Wheel)

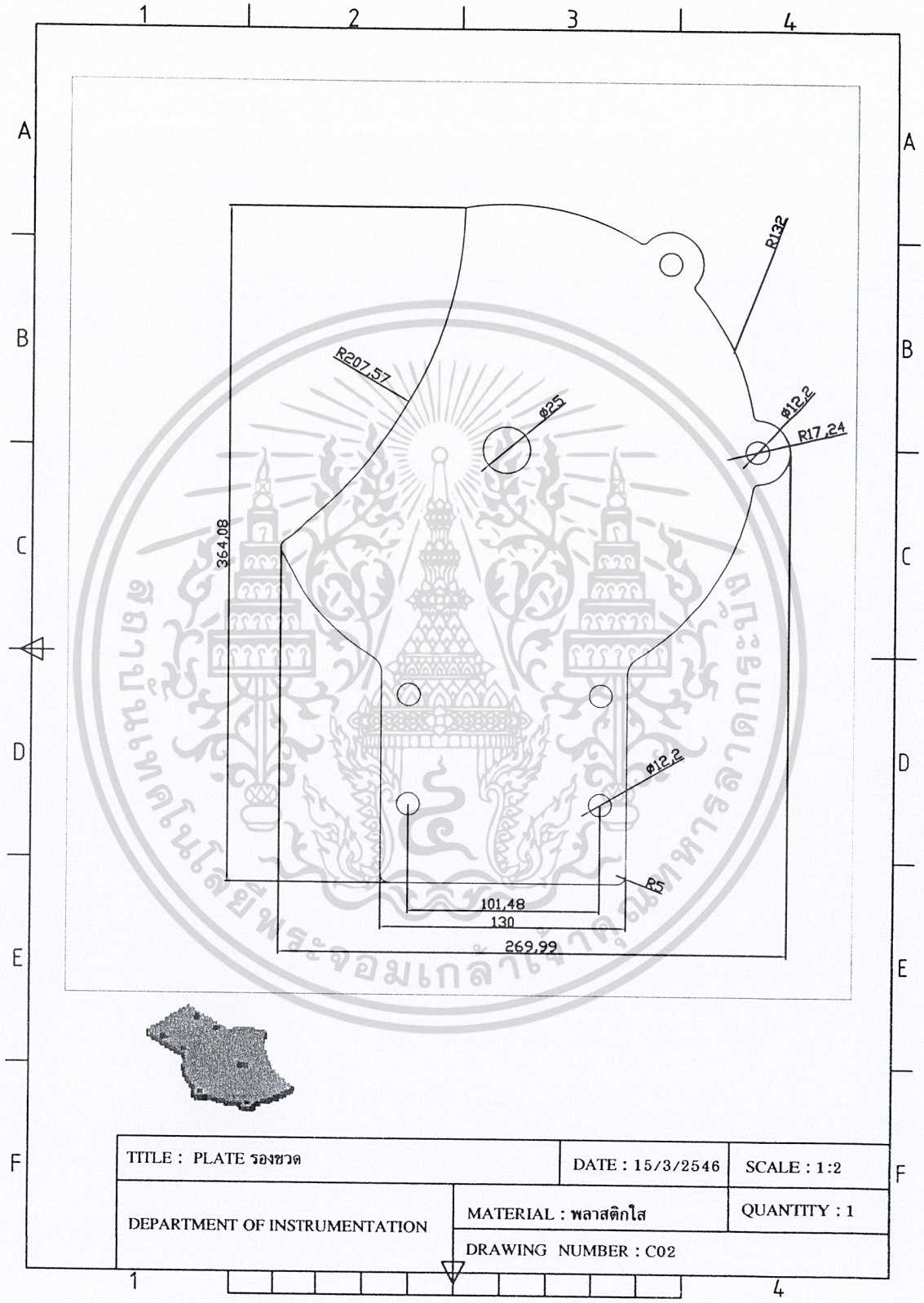


รูปที่ 4.3 แสดงชุดนำขวดเข้าและนำขวดออก ชุด C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

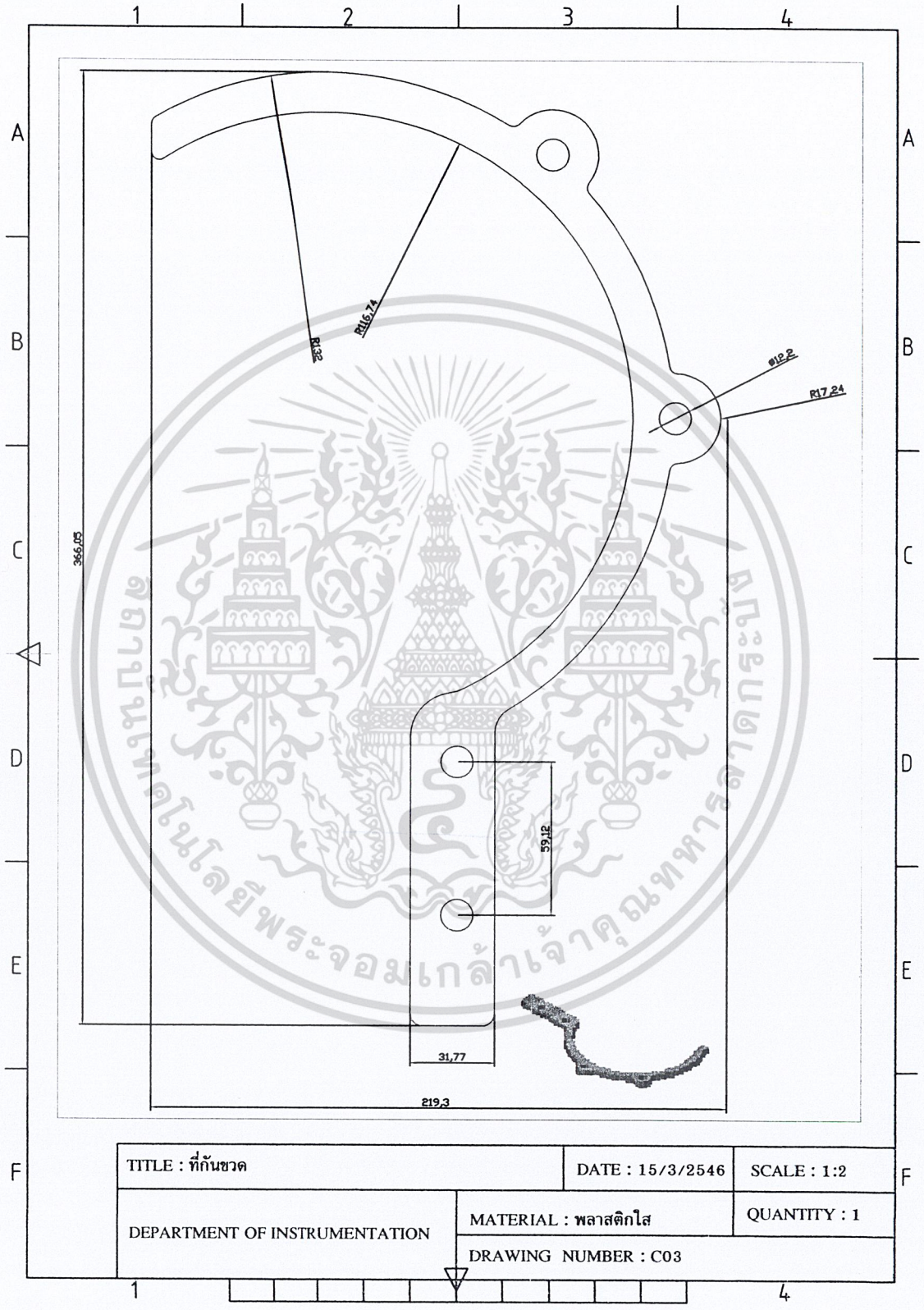


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

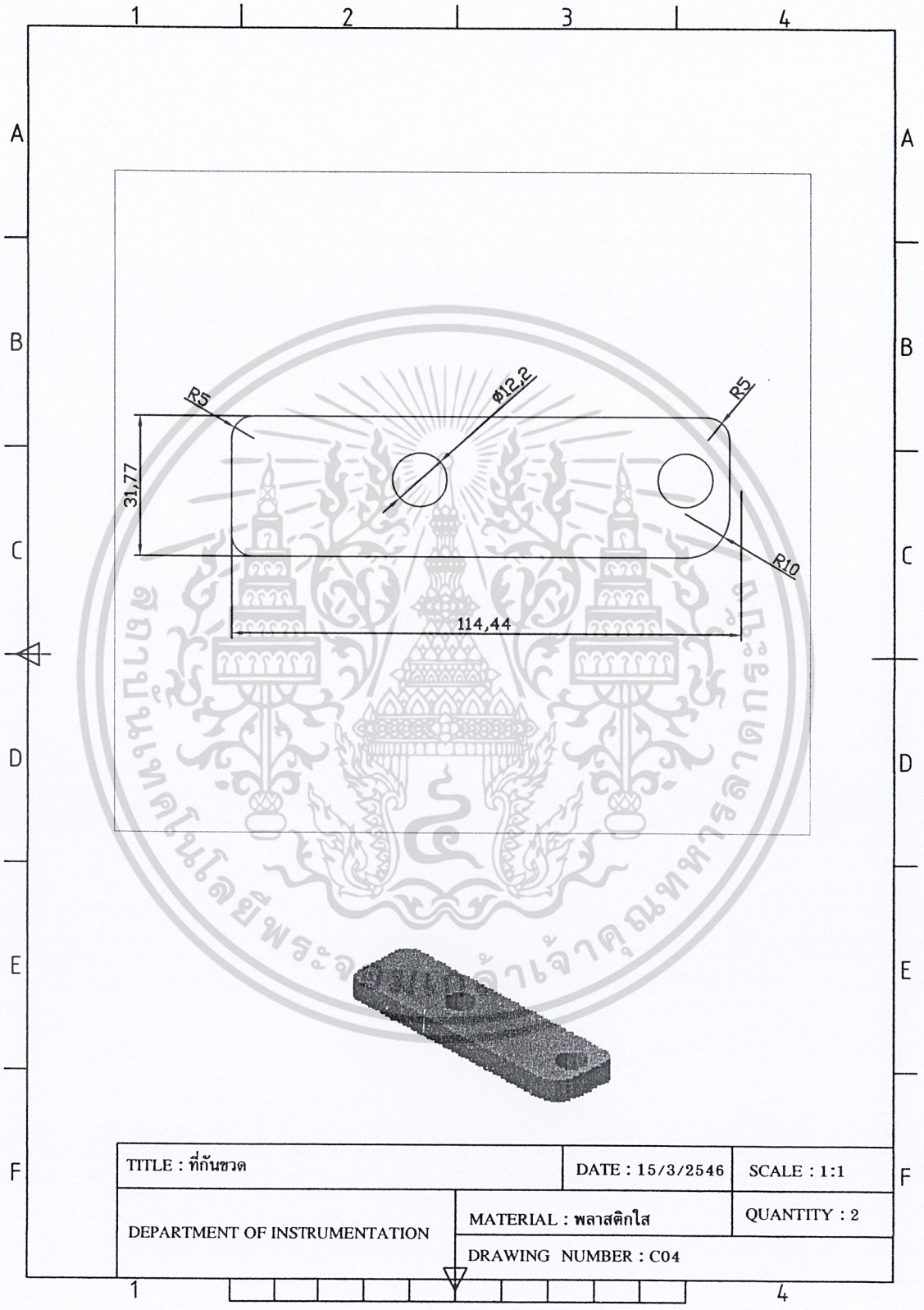


TITLE : PLATE รองขวด	DATE : 15/3/2546	SCALE : 1:2
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION	MATERIAL : พลาสติกใส	QUANTITY : 1
	DRAWING NUMBER : C02	

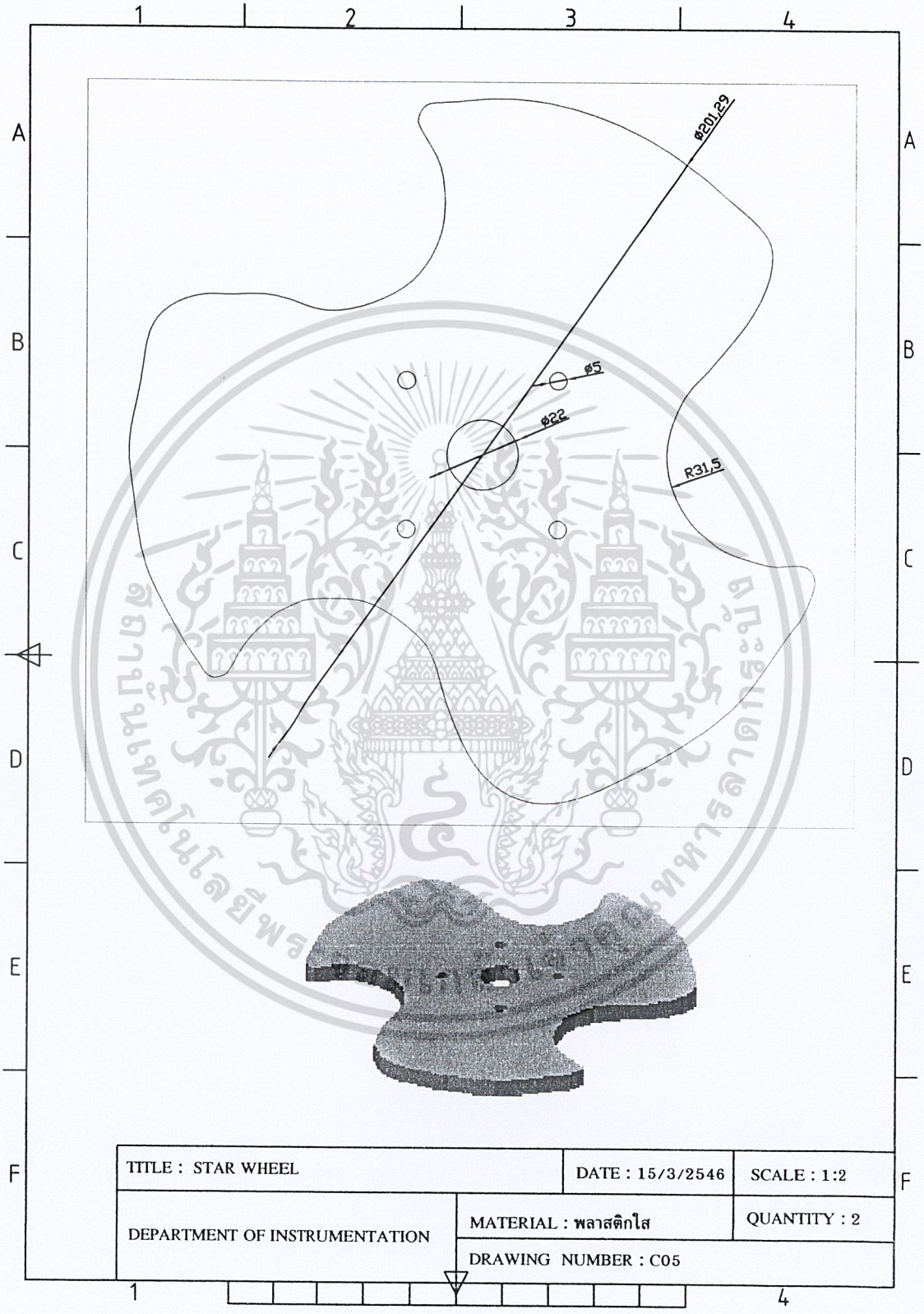
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



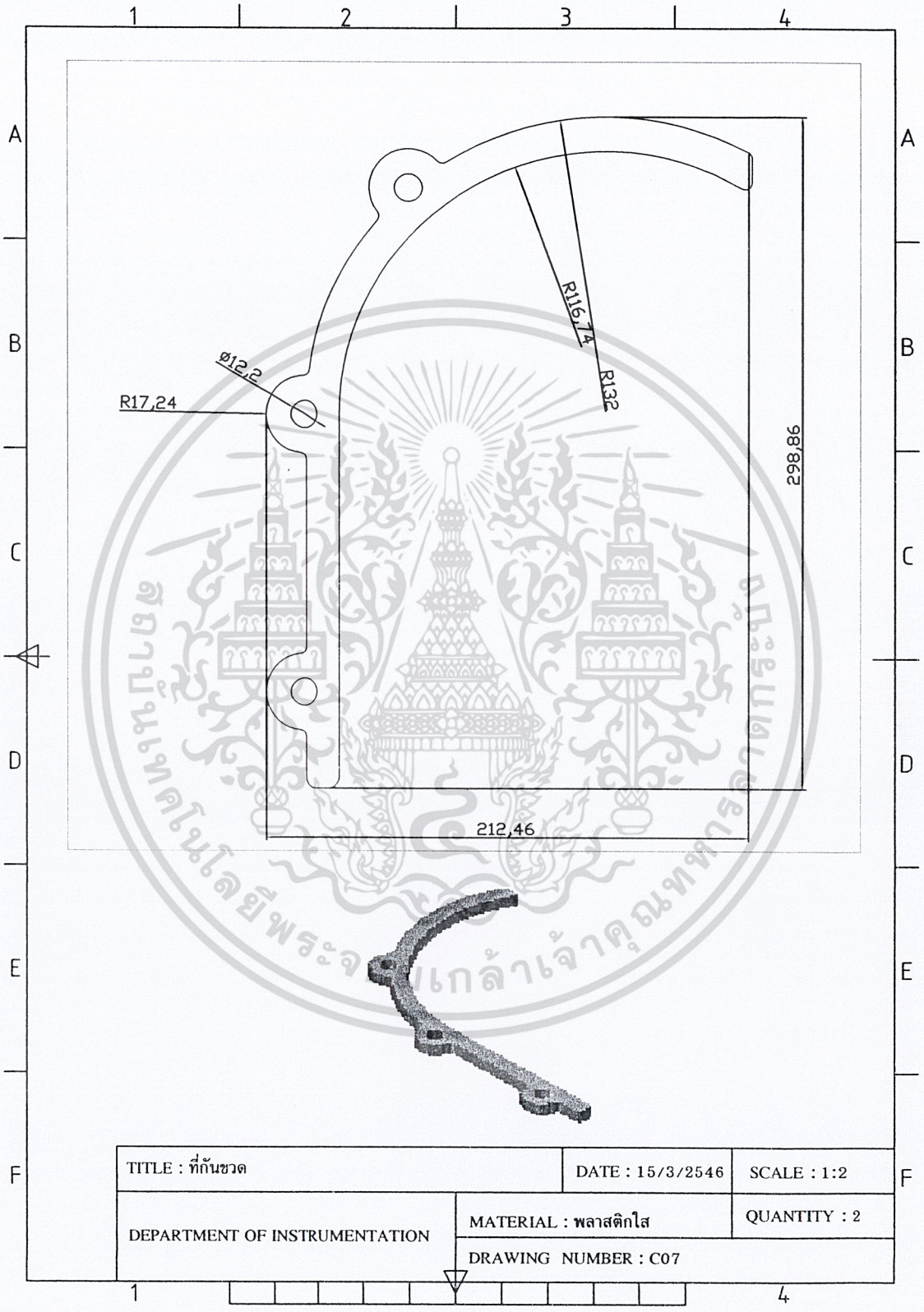
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



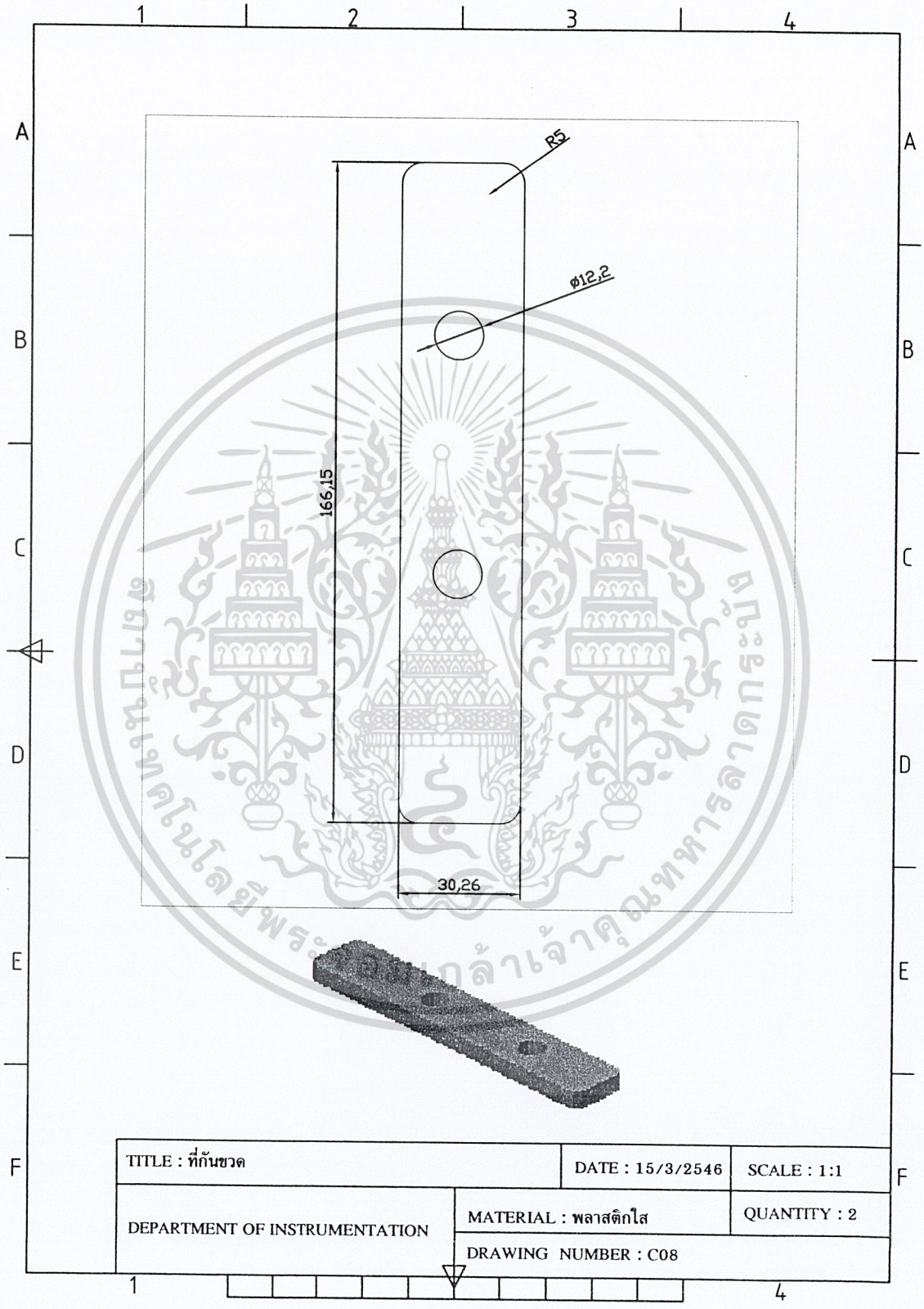
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



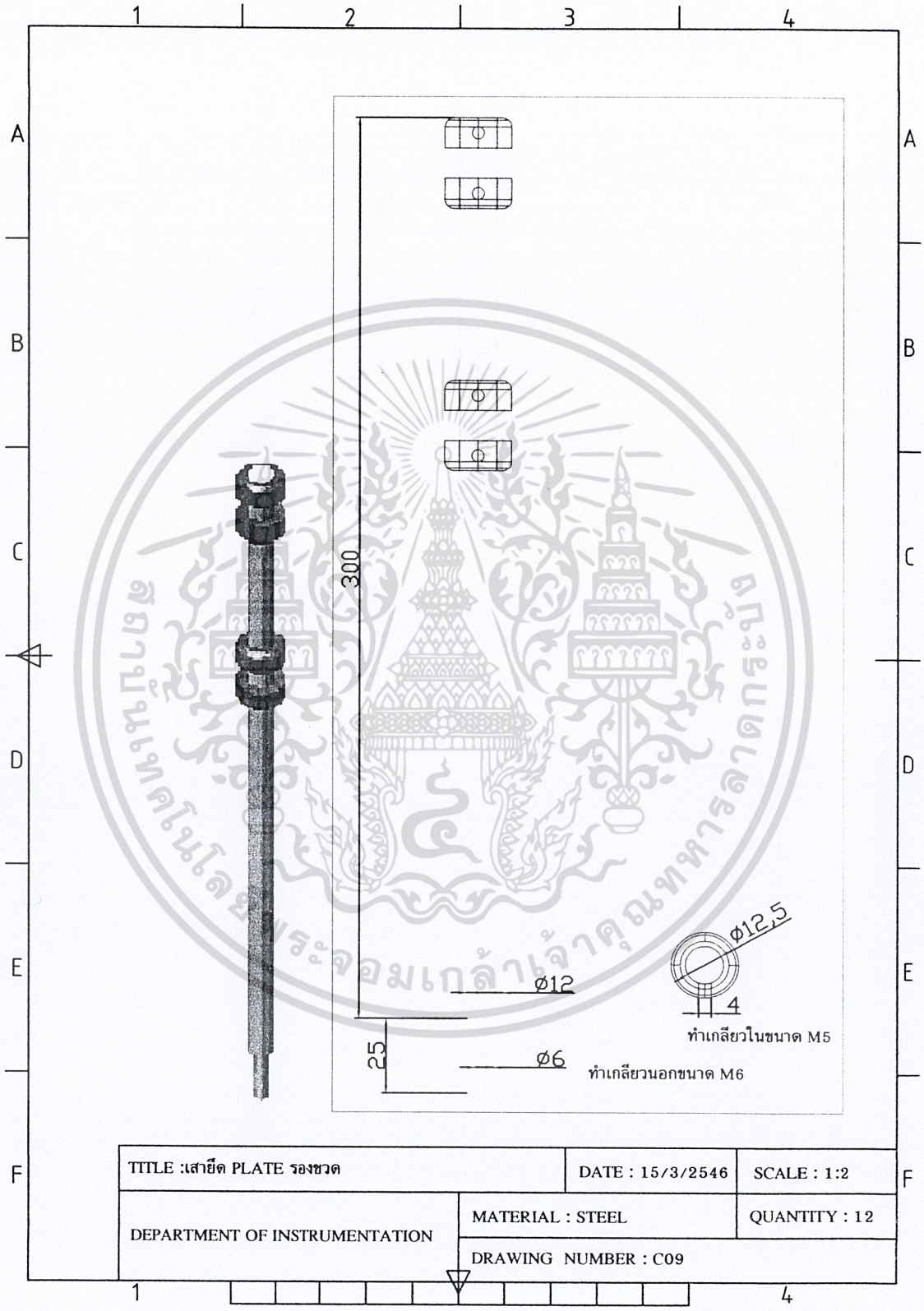
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

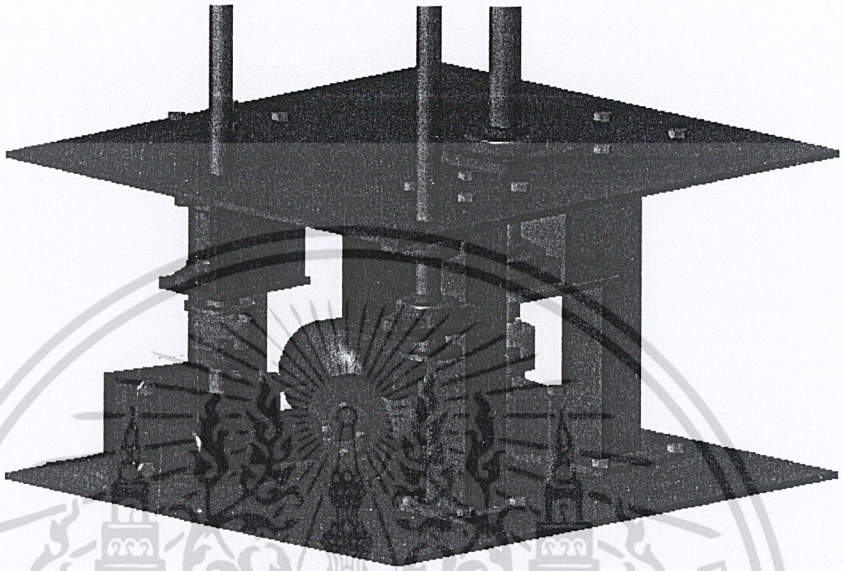


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



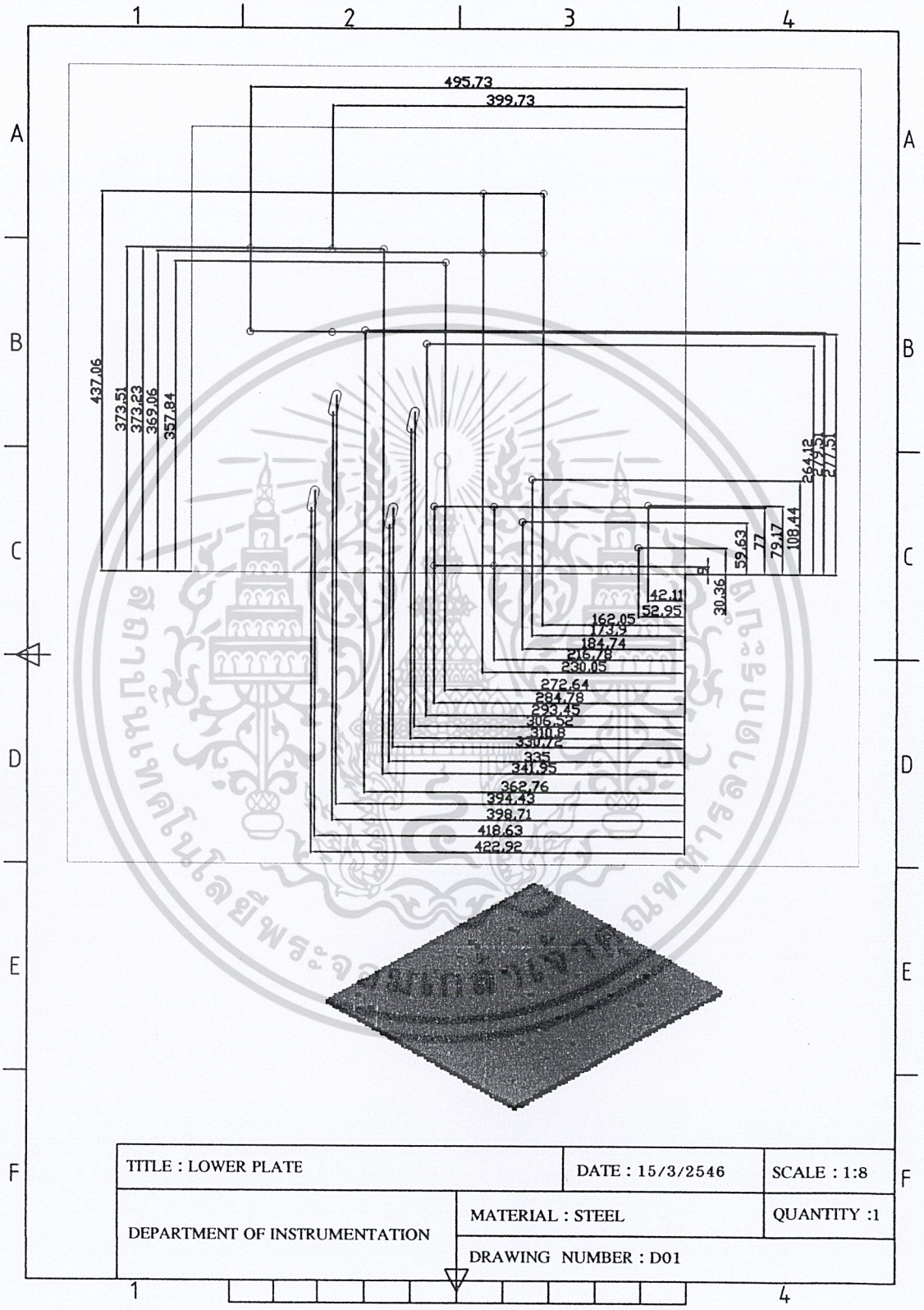
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 แบบชุดขับมอเตอร์และการทดรอบ

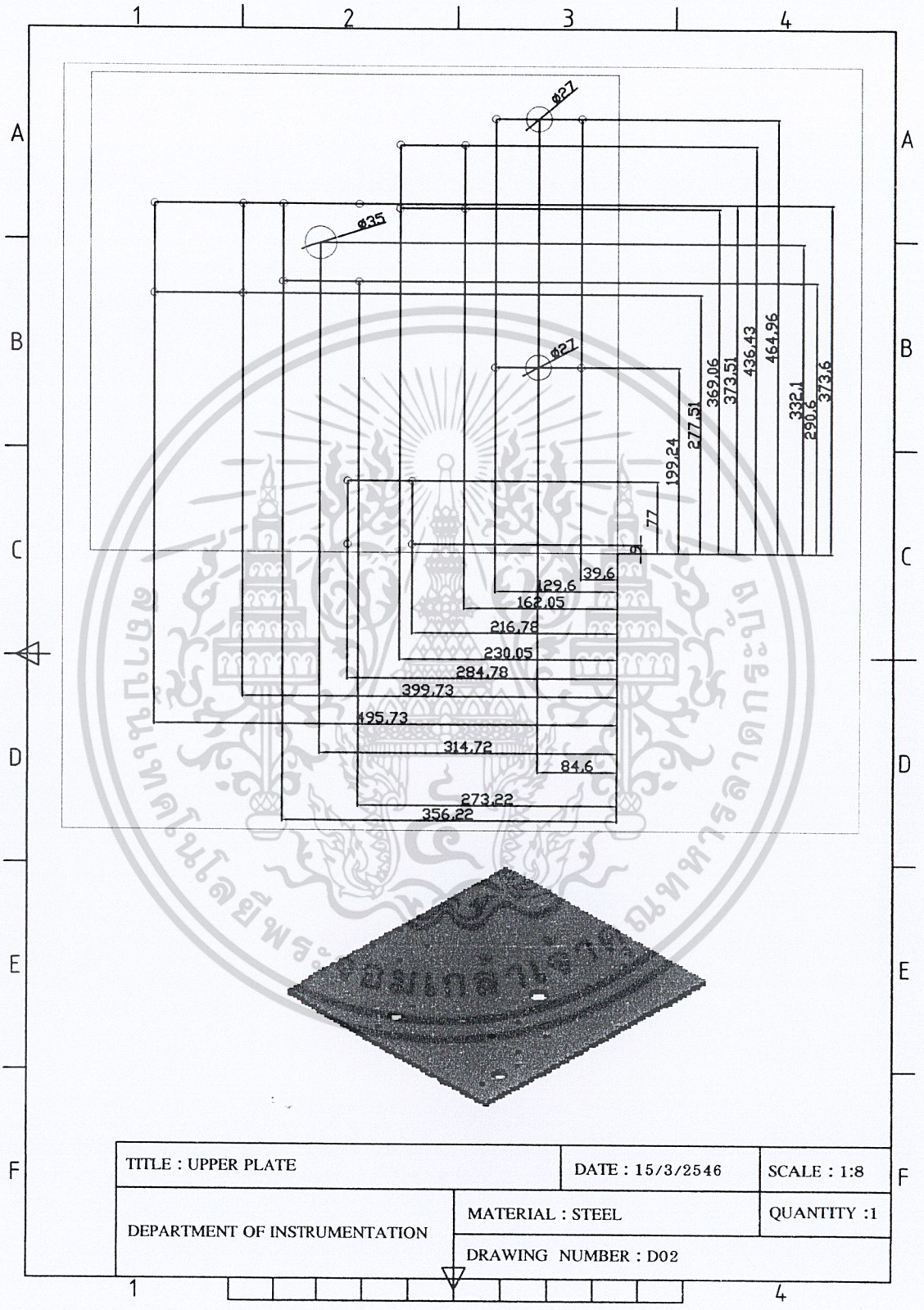


รูปที่ 4.4 แสดงแบบชุดขับมอเตอร์และการทดรอบ ชุด D

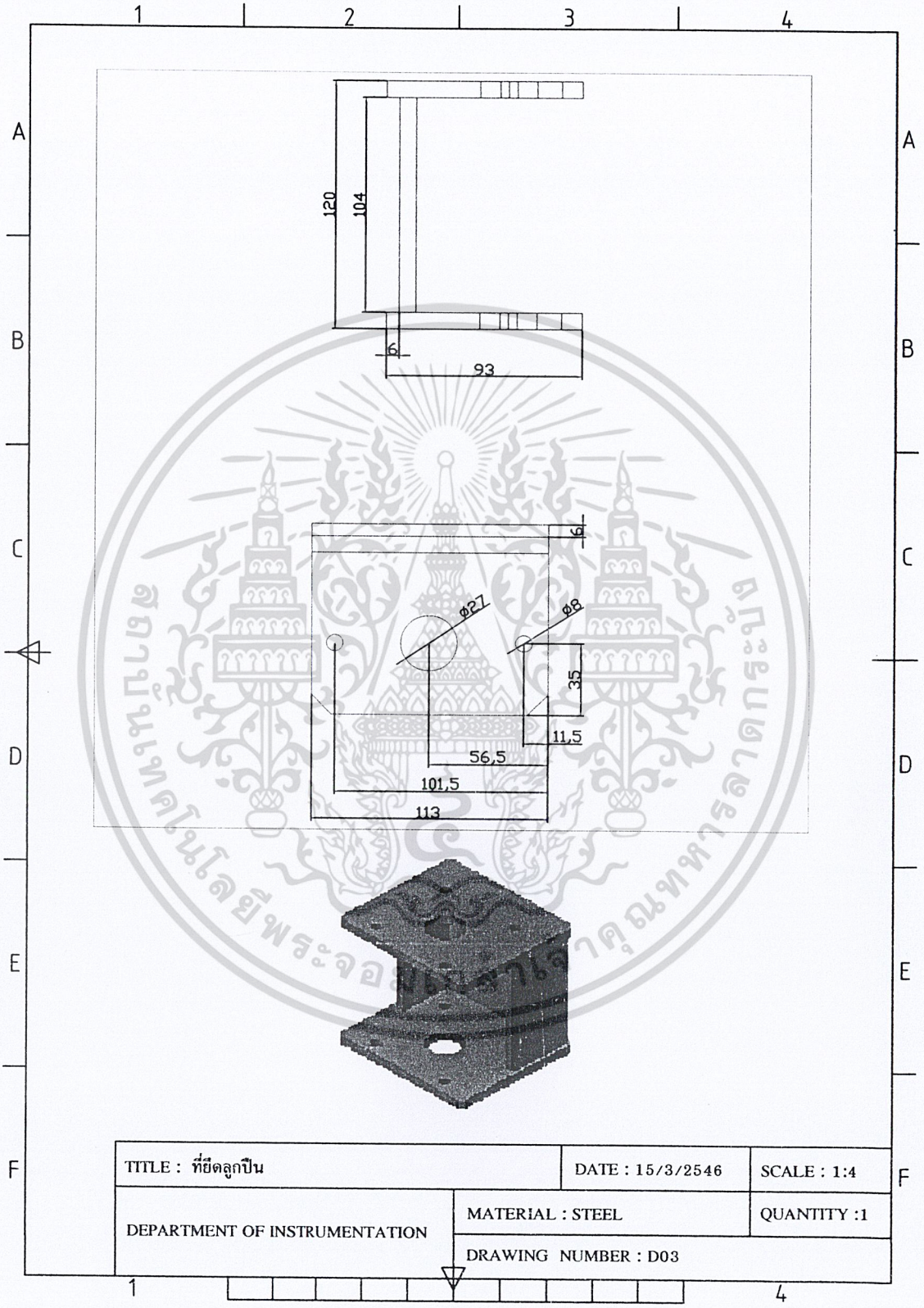
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



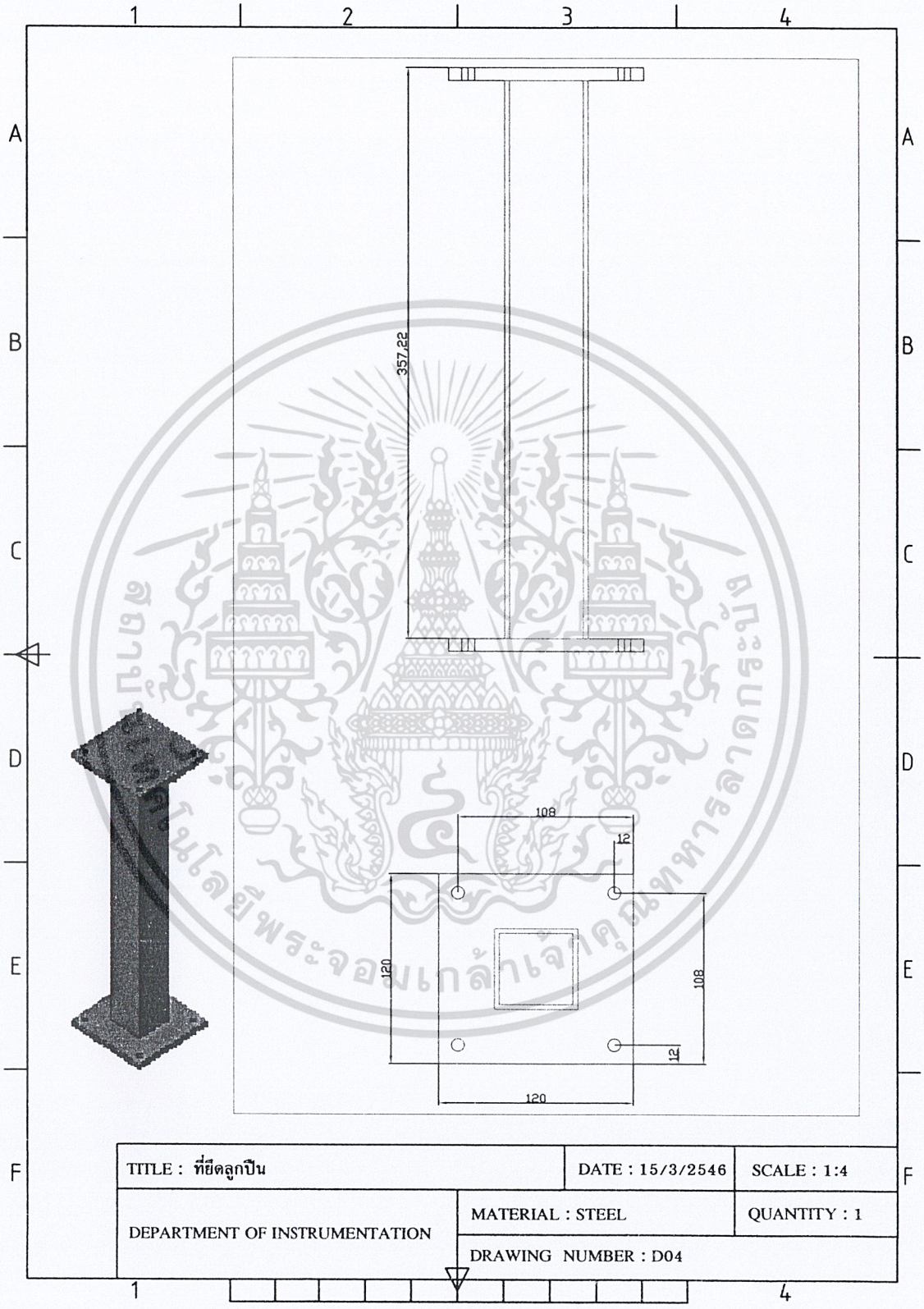
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



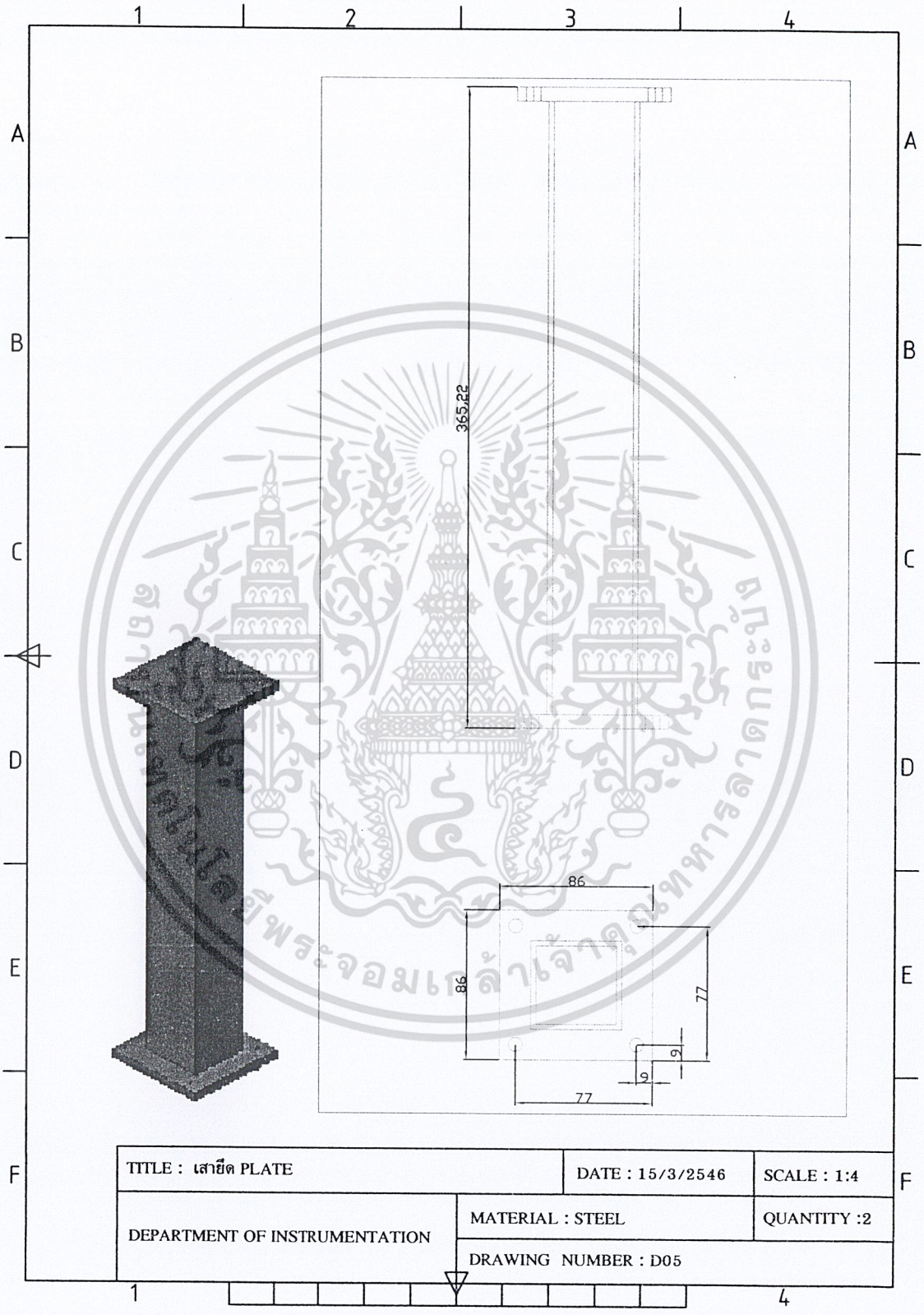
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



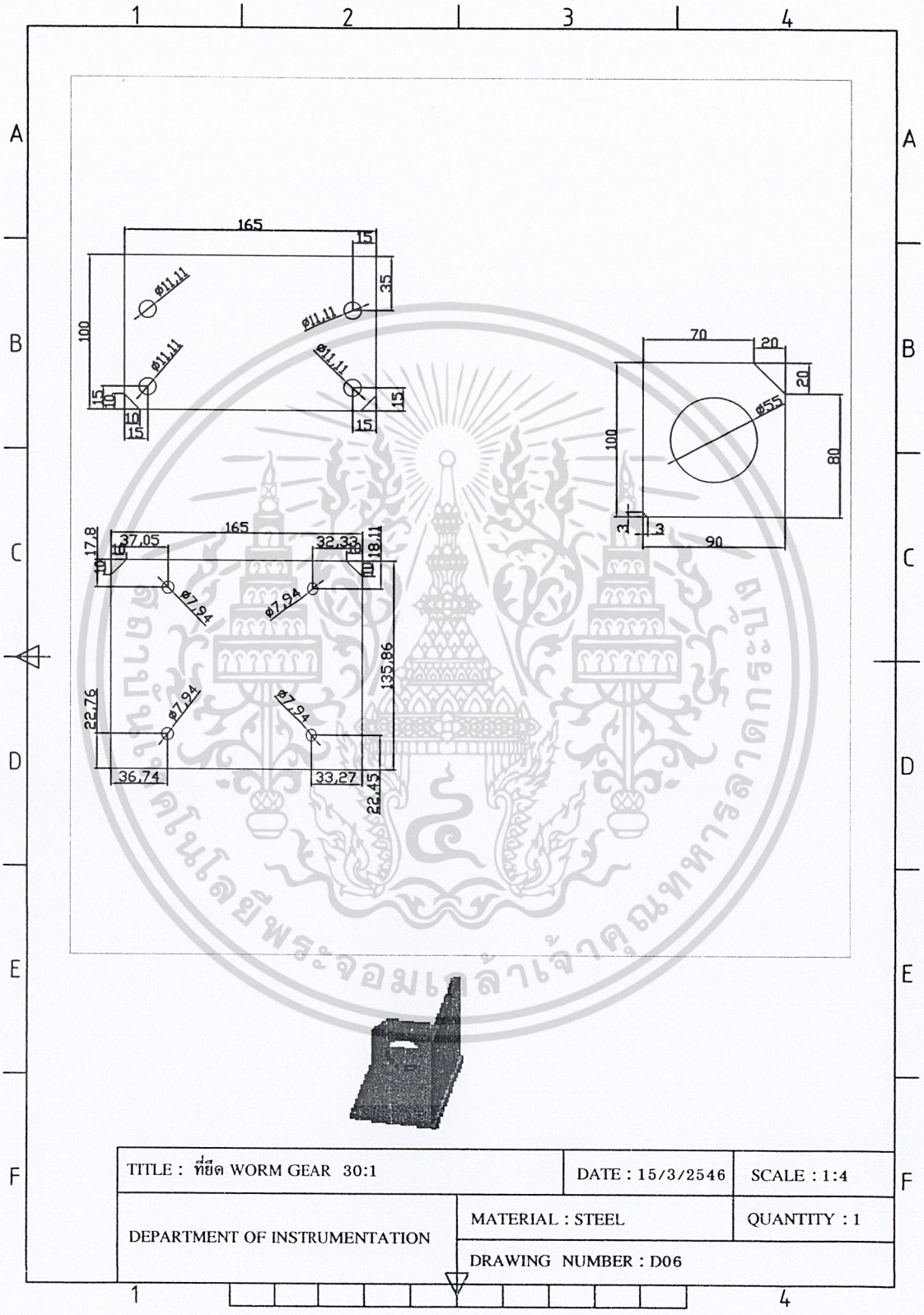
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



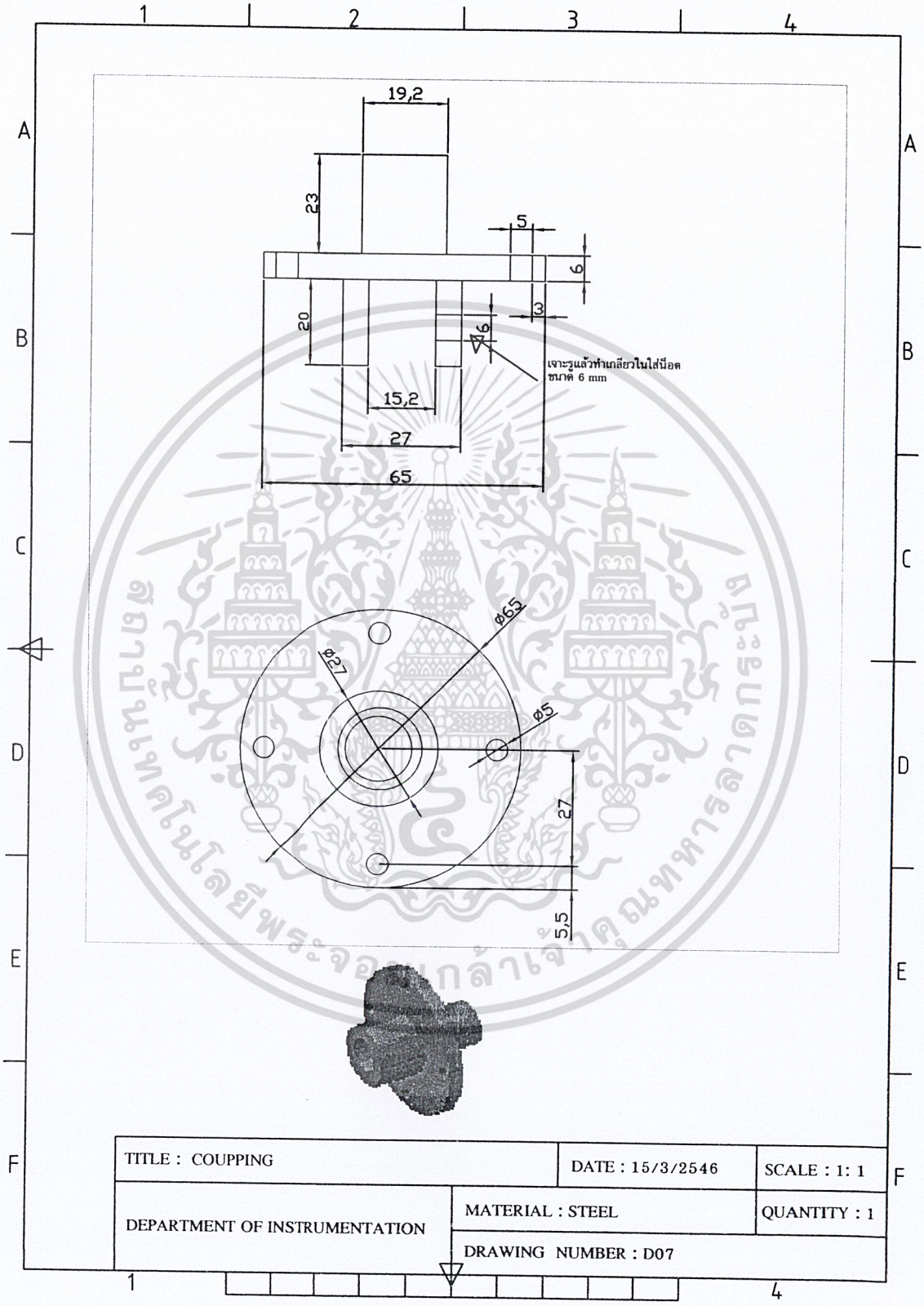
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

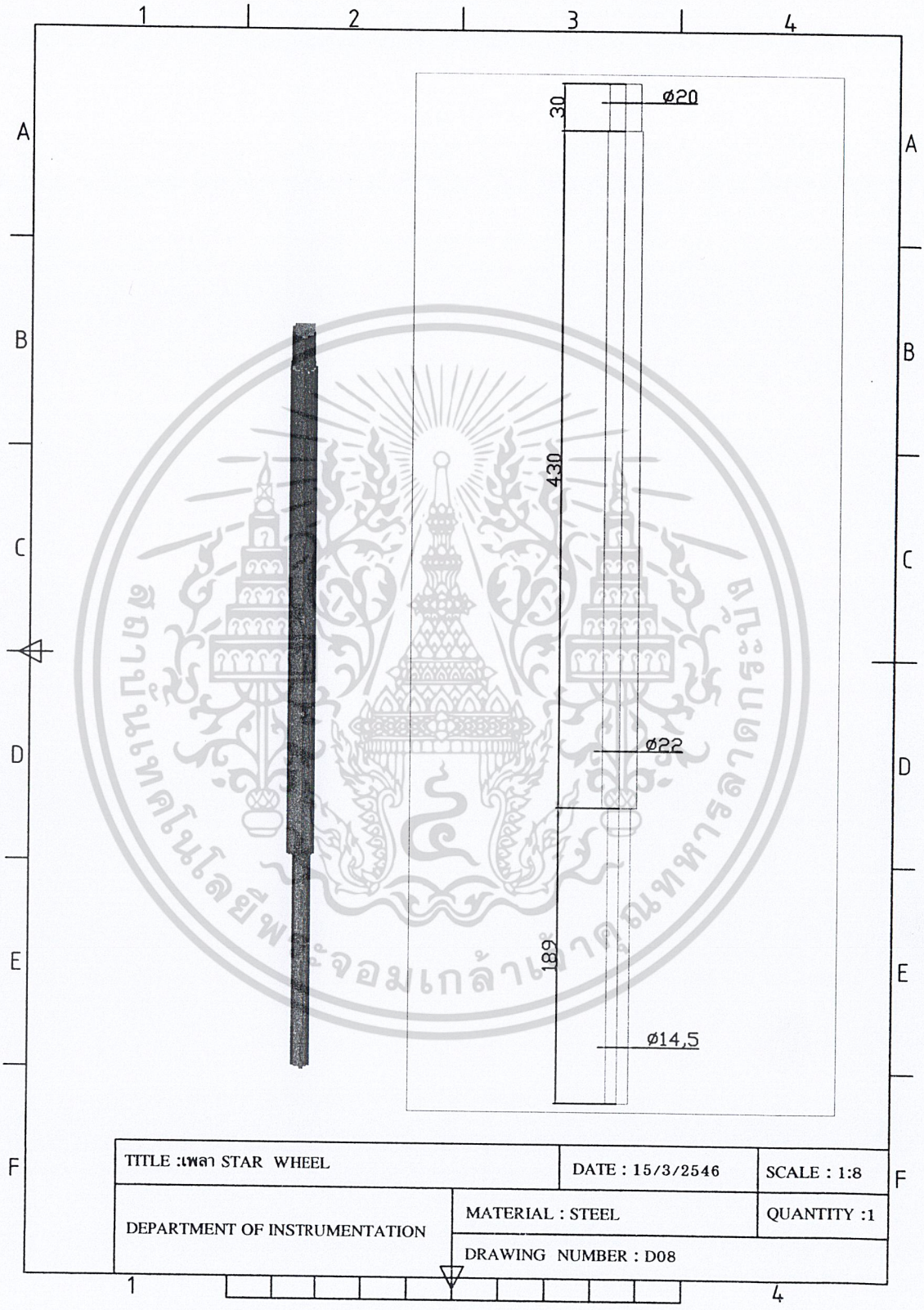


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

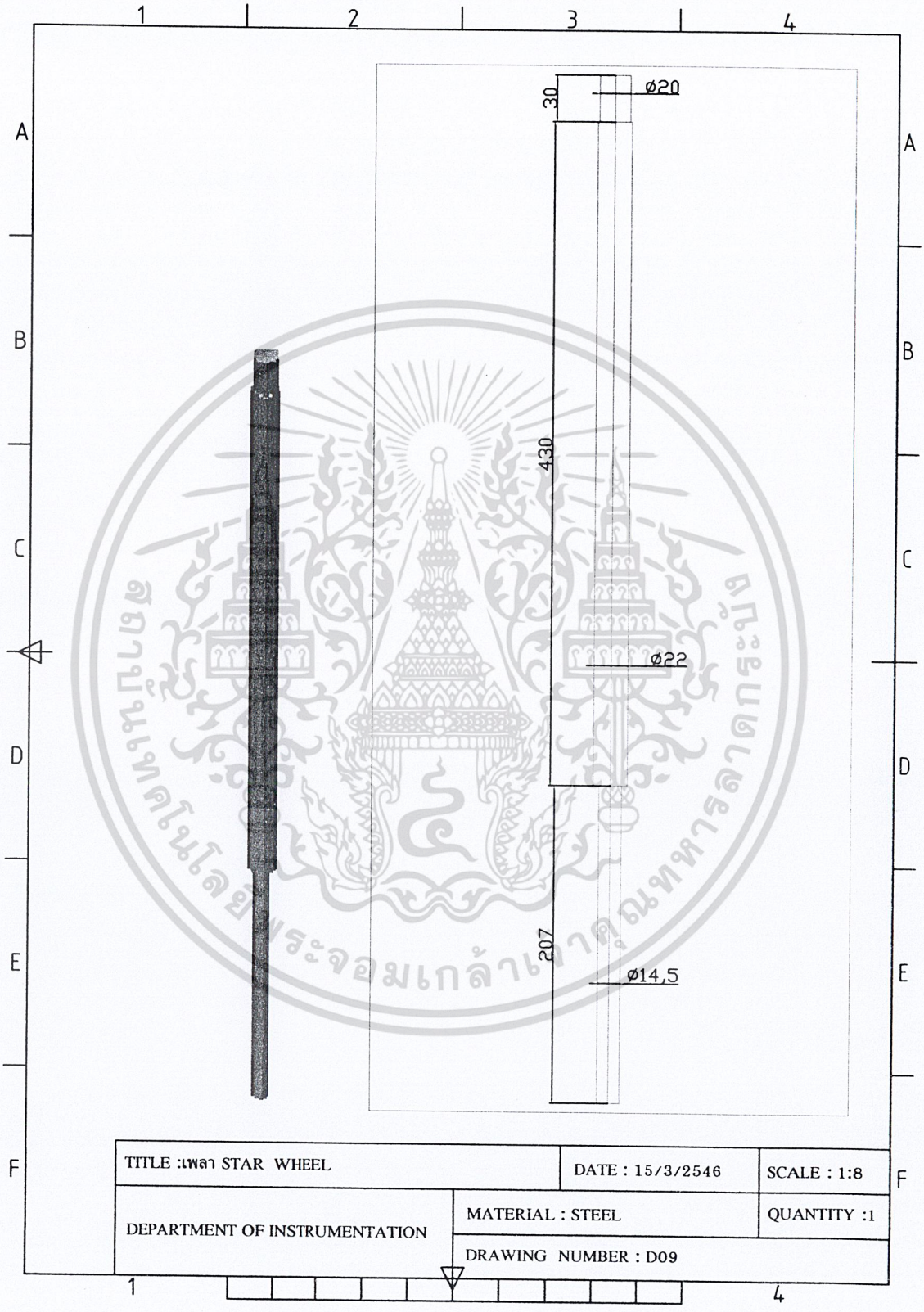


TITLE : COUPPING	DATE : 15/3/2546	SCALE : 1: 1
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION	MATERIAL : STEEL	QUANTITY : 1
	DRAWING NUMBER : D07	

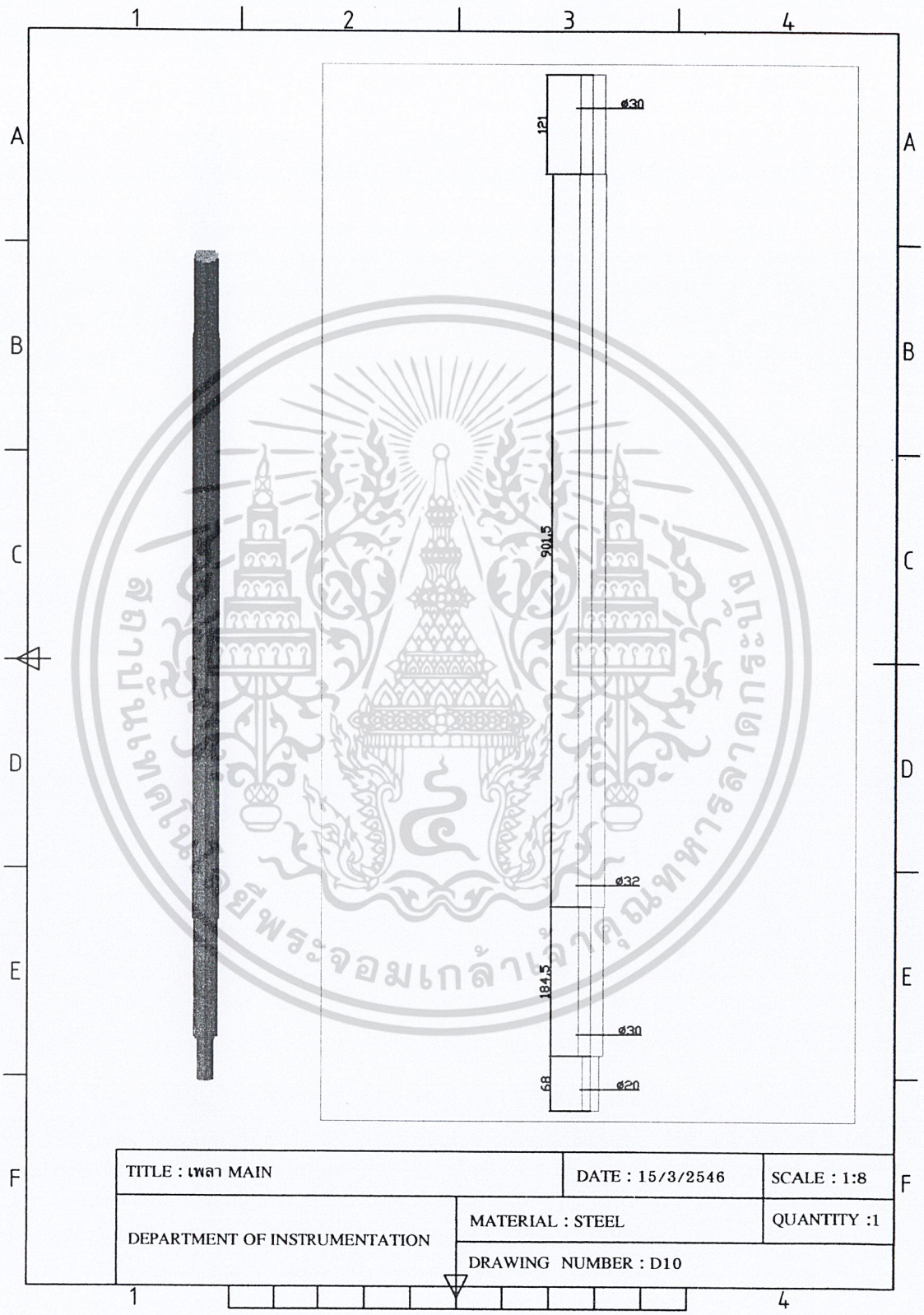
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

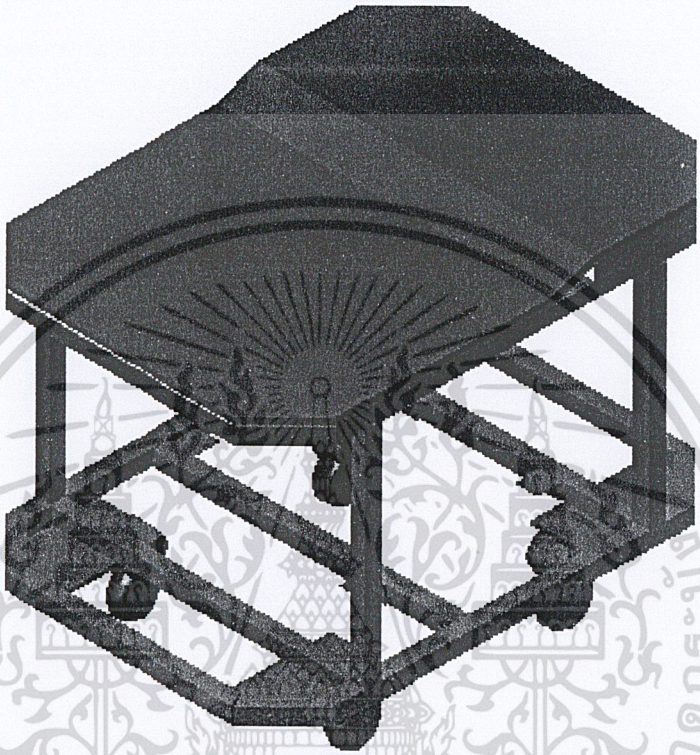


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



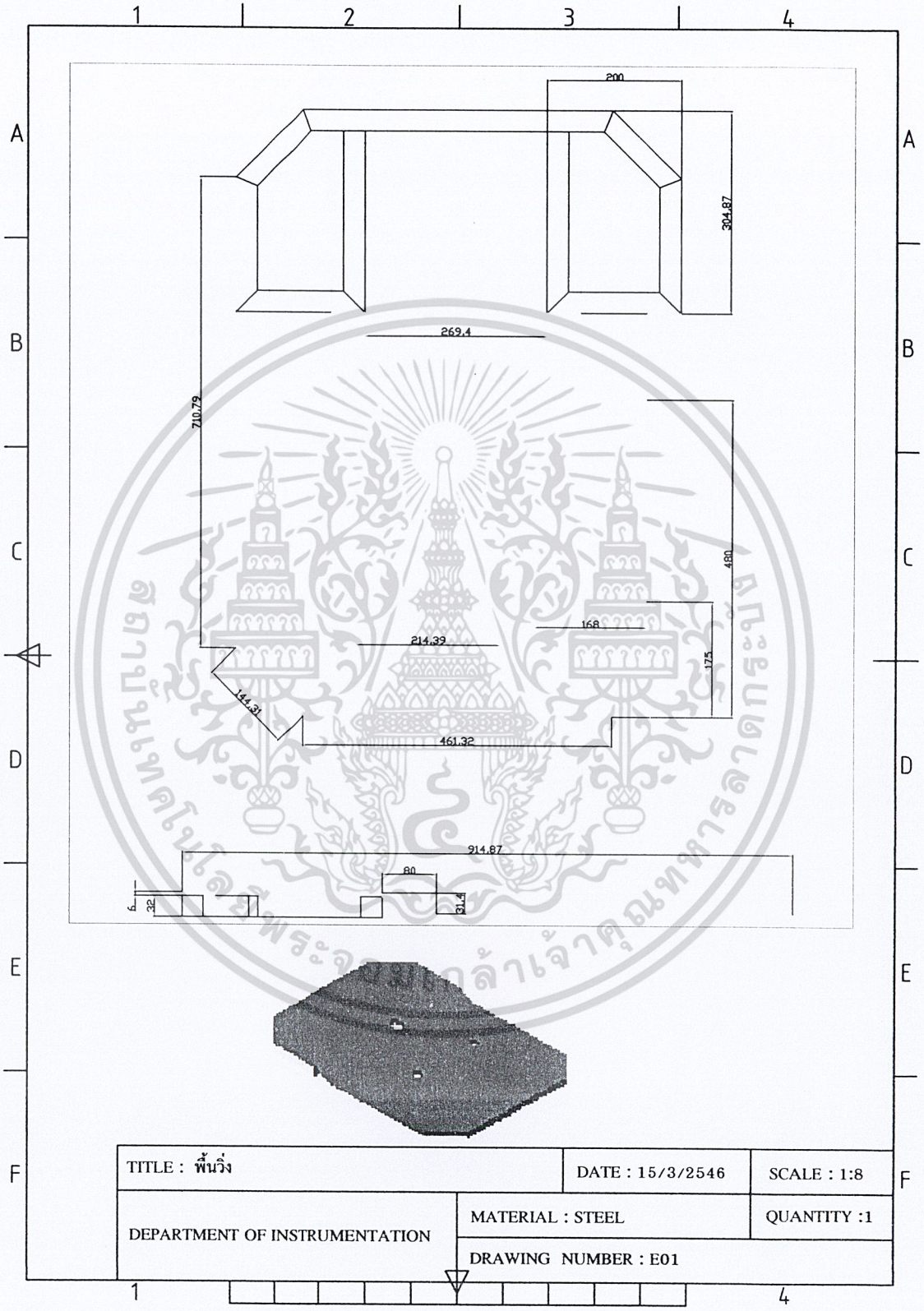
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 แบบชุดโครงและแผ่น plate ทางวิ่ง

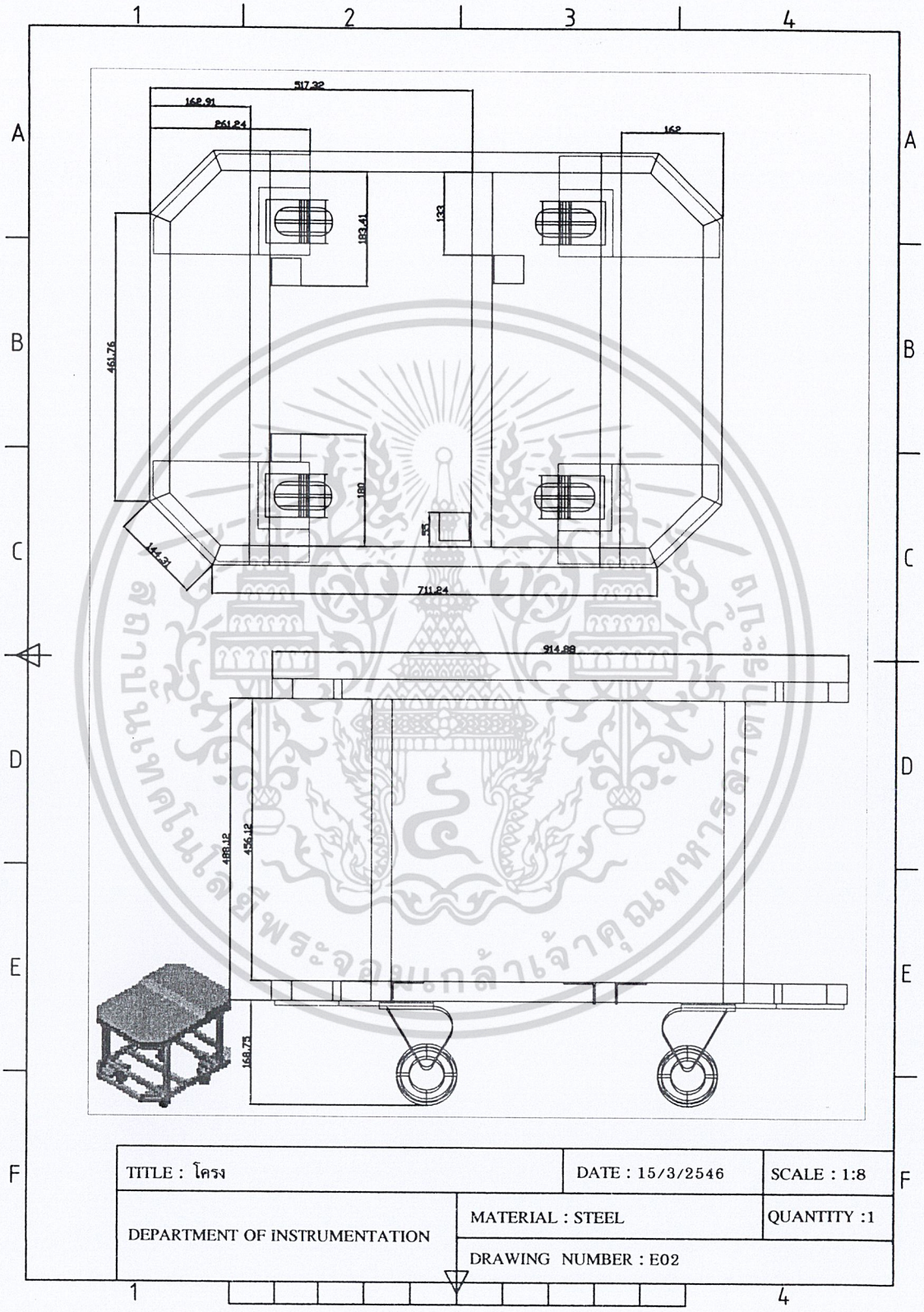


รูปที่ 4.5 แสดงแบบชุดโครงและแผ่น plate ทางวิ่ง ชุด E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

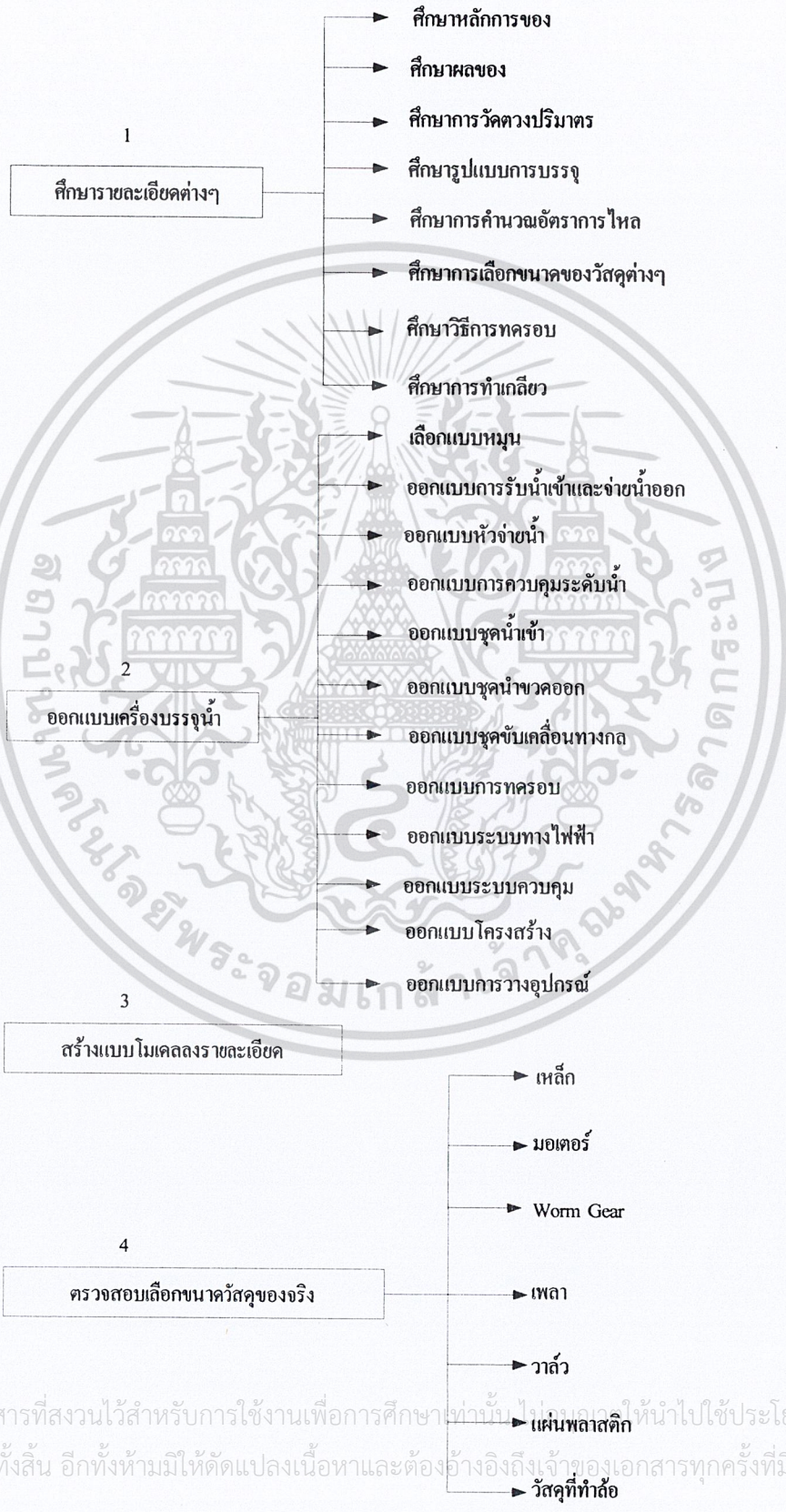


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



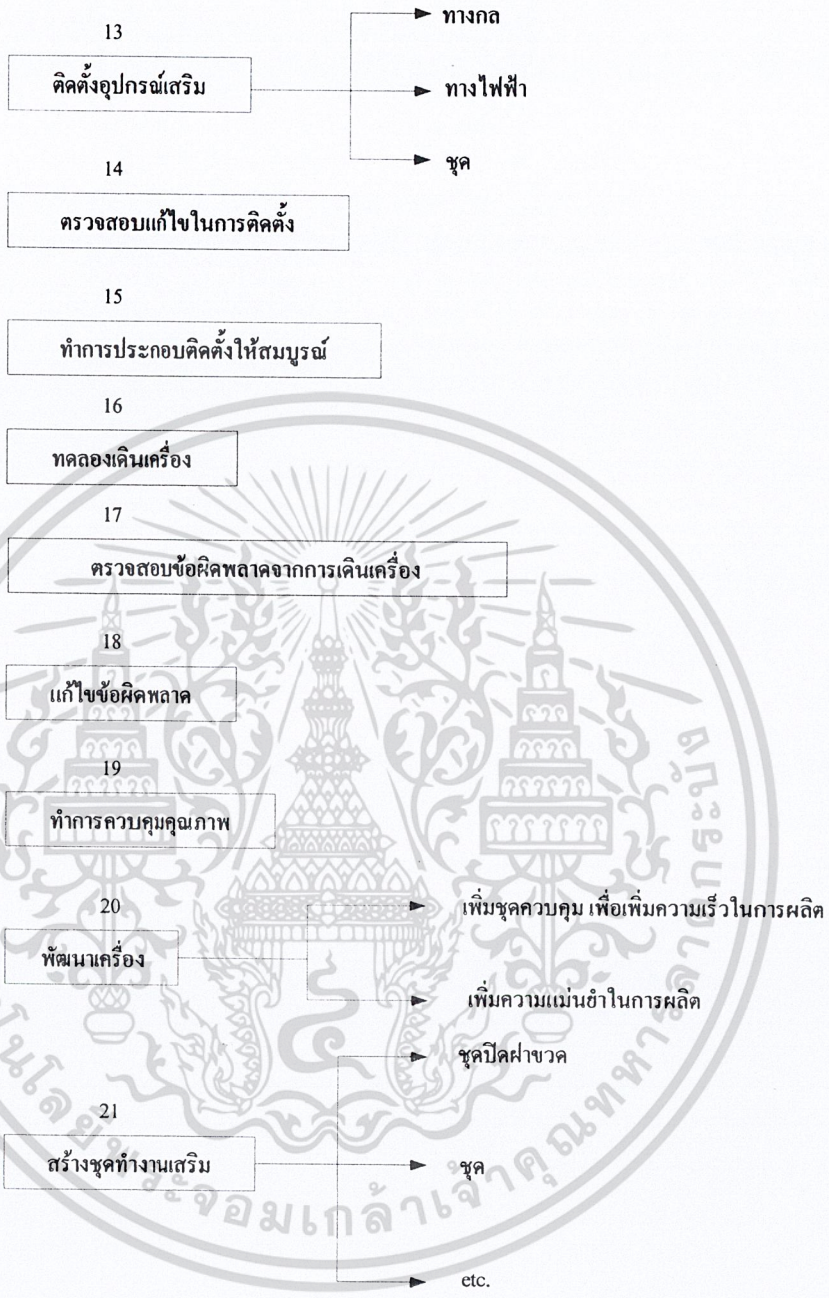
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
แบบแสดงขั้นตอนในการสร้างเครื่องบรรจุน้ำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปและแนวทางการพัฒนา

6.1 สรุป

ในการทำเครื่องบรรจุน้ำนี้ จะมีกระบวนการหลายกระบวนการ แต่ในโครงงานนี้เราได้ทำการออกแบบเครื่องต้นแบบในการบรรจุน้ำ โดยเราได้ทำการออกแบบชุดรับน้ำเข้า และจ่ายน้ำออก ชุดหัวจ่ายโดยใช้ โซลินอยล์วาล์วควบคุมการเปิด-ปิดน้ำ และ การคำนวณสปริงของหัวจ่าย ชุดนำขวดเข้า และชุดเอาขวดออก ชุดควบคุมมอเตอร์ ชุดขับเพลา การคำนวณรอบและทดรอบเพื่อให้ได้รอบตามที่เราต้องการ รวมถึงการออกแบบของระบบไฟฟ้า และในส่วนของโครงสร้างจะออกแบบให้แข็งแรงแน่นหนา ดูสวยงามและมีเอกลักษณ์ โดยแบบทุกส่วนได้ถูกพัฒนาปรับ เปลี่ยนจนกระทั่งมาเป็นแบบที่คิดว่าเหมาะสมกับงานที่สุด ซึ่งแบบและขนาดที่เราออกแบบนี้จะได้มีการนำไปสร้างเป็นชิ้นงานจริง และจะมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยตามขีดจำกัดในการทำงานจริง

แนวทางในอนาคตการทำเครื่องบรรจุน้ำนี้จะได้รับการพัฒนาต่อไปโดยทำเครื่องให้เสร็จสมบูรณ์ มีระบบไฟฟ้าที่ครอบคลุม ระบบควบคุมที่ดี และอาจจะเพิ่มเครื่องปิดฝาและเครื่องบรรจุหีบห่อเป็นกระบวนการที่สำเร็จรูป ซึ่งเหมาะสำหรับผู้สนใจจะนำไปเป็นต้นแบบหรือเหมาะกับชาวบ้านที่จะนำผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้เช่น น้ำผลไม้ มาบรรจุ โดยจะได้เครื่องที่ไม่แพงจนเกินไป

6.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

1. เนื่องจาก ความรู้ไม่มากนักในเรื่องเครื่องจักรกลและอุปกรณ์เกี่ยวกับเครื่องกล เช่น การทดรอบ การใช้โซ่หรือสายพาน การใส่คับปิ้ง การทำเกลียว การบอกระยะเกลียวเพื่อที่จะไปเขียนลงแบบ ดังนั้นจึงต้องปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาบ่อยครั้งมาก เพื่อความเป็นไปได้ของแบบ ซึ่งเป็นผลให้ในบางครั้งแบบแต่ละอุปกรณ์จึงต้องมีการปรับเปลี่ยนการเขียนและแก้ไขแบบหลายครั้งเพื่อให้ได้แบบที่สมบูรณ์ที่สุด และสามารถนำไปสร้างได้จริงและเหมาะสมที่สุด

2. งบประมาณในการสร้างเครื่องจักรมีจำกัดทำให้เราจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ที่เป็นของมือสอง ดังนั้นเพื่อให้ได้แบบที่จะสร้างสมบูรณ์ที่สุดจึงต้องมีการปรับแบบให้เหมาะสมกับของที่หามาได้จริงจากท้องตลาด

3. วัสดุชิ้นส่วนต่างๆ เช่น หัวจ่าย,ชุดข้อต่อต่างๆ,คับปิ้งและซีลจ่ายน้ำ เราจำเป็นต้องส่งให้อาจารย์ที่ปรึกษากลึงจึงทำให้ระยะเวลาในการผลิตชิ้นส่วนต่างๆ แต่ละชิ้นต้องรอเวลามาก ดังนั้นในการประกอบและสร้างจึงมีตัวแปรเรื่องเวลามาเกี่ยวข้องด้วย เพราะฉะนั้น อุปกรณ์ตัวใดที่เราจำเป็นต้องใช้ก่อน เราควรส่งให้อาจารย์ที่ปรึกษากลึงก่อน และอุปกรณ์ใดที่เราสามารถทำได้เองเราควรพยายามทำเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การประกอบชิ้นส่วนทุกชิ้นเข้าด้วยกัน การเจาะรูแผ่นเหล็กเพื่อวางอุปกรณ์ เช่น มอเตอร์ เฟืองทดรอบ เพลา ต้องทำการเจาะให้สามารถสวมเข้ากันได้ และการเจาะรูแผ่นเหล็ก ให้สามารถวางชิ้นส่วนทุกชิ้นส่วนให้ได้ตรงตามแบบ ทำได้ยากมาก ดังนั้น รูที่เจาะจึงต้องมีการกำหนดให้แน่นอนก่อนที่จะเข้าเครื่องเจาะ เพื่อป้องกันการผิดพลาด และรูที่เจาะติดตั้งมอเตอร์ควรเจาะและต้องตะไบให้สามารถขยับเคลื่อนตำแหน่งได้

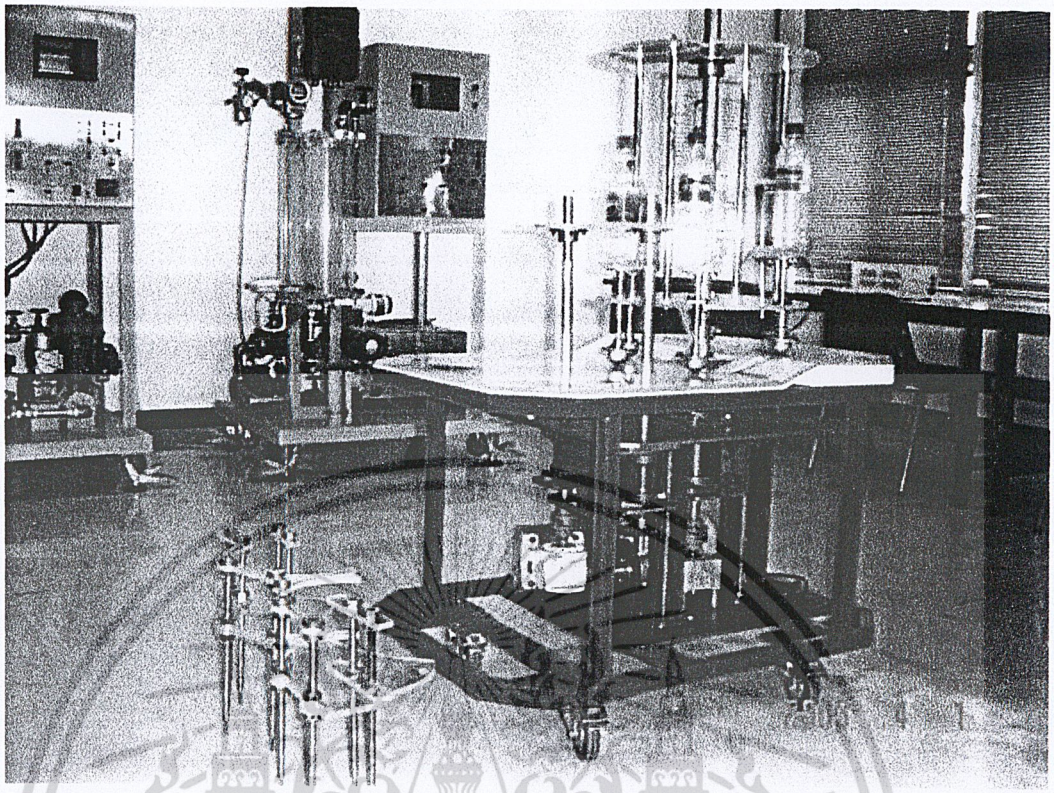
5. การประกอบจริงต้องมีการปรับแต่งชิ้นส่วน และแผ่นเหล็ก เช่น นำเหล็กมาเสริม คว้านรูเพิ่มเพื่อให้ได้ชิ้นส่วนประกอบเข้ากันได้ตรงตามแบบ

6. น๊อตเพื่อให้ง่ายต่อการซื้อและการหยิบใช้ได้ง่ายควรเลือกใช้น๊อตที่มีขนาดความโตชนิดเดียวกันตามความเหมาะสม

6.3 แนวทางการพัฒนาต่อ

ในการสร้างเครื่องบรรจุน้ำนี้จะประกอบด้วยส่วนประกอบส่วนหลักๆ คือ การออกแบบเครื่อง และอุปกรณ์ต่างๆ การสร้างจริง การปรับปรุงประสิทธิภาพ แต่ในส่วนแรก เราได้เน้นทำในส่วนการออกแบบ ให้ได้แบบที่สมบูรณ์ที่สุด และเนื่องจากเวลาและปัจจัยต่างหลายๆ ประการ ทำให้เราสามารถสร้างเครื่องขึ้นมาจากแบบที่สมบูรณ์ แต่ติดปัญหาเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่ส่งไปผลิต เช่น หัวจ่าย ชุดจ่ายน้ำ ไม่สามารถผลิตได้ทันเวลา เราจึงสร้างเครื่องได้ดังรูปที่ 6.1 เป็นรูปเครื่องที่เราสร้างและประกอบขึ้นมาตามขีดจำกัดของอุปกรณ์ที่เรามี โดยเครื่องเราสามารถสร้างให้หมุนได้จริง และเครื่องบรรจุน้ำนี้จะได้มีการพัฒนาให้สมบูรณ์ต่อในรุ่นต่อไป โดยจะมีการเอาหัวจ่ายน้ำที่ส่งไปกลึงตามแบบมาประกอบ ใส่ซีลแยกน้ำเข้าหัวจ่าย ลองเดินเครื่องบรรจุน้ำ และติดตั้งระบบไฟฟ้าและระบบควบคุม เพิ่มประสิทธิภาพในการบรรจุ ทดลองเดินเครื่องโดยสมบูรณ์ นอกเหนือจากนั้นอาจขยายเป็นระบบที่ใหญ่ขึ้นโดยเพิ่มเป็นสร้างชุดปิดฝาเพิ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.1 รูปภาพจริงของเครื่องบรรจุน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

รองศาสตราจารย์มนตรี พิรุณเกษตร , กลศาสตร์ของวัสดุ , บริษัทวิทยาพัฒน์จำกัด , 2542

สิริศักดิ์ ปโยธรสิริ , กลศาสตร์วัสดุ , กรุงเทพมหานคร , ว.เพชรกุล , 2545

ทีกรุ๊ฟ อ๊อฟ เอ็นจิเนียร์ , ตารางท่อ , ที กรุ๊ฟ , กรุงเทพมหานคร

รศ.บรรเลง ศรนิล , ผศ.ประเสริฐ ก๊วยสมบูรณ์ , ตารางโลหะ , ศูนย์ผลิตตำราเรียนสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ , 2524

รศ.บรรเลง ศรนิล , กิตติ นิงสานนท์ , การคำนวณและออกแบบชิ้นส่วนเครื่องกลระบบ SI สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

วิศิษฏ์ จารุมาน , ขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์ , กลศาสตร์ของไหล , ซีเอ็ดยูเคชั่น

ภานุพงษ์ ปัตติสิงห์ , คู่มือการใช้โปรแกรม AUTOCAD 2000 , ซีเอ็ดยูเคชั่น กรุงเทพมหานคร , 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

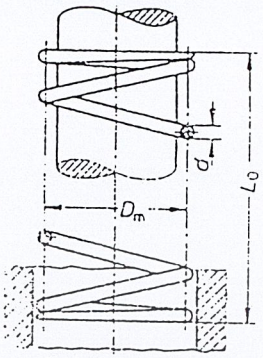
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สปริง (Springs)

ขนาดสร้างสำหรับสปริงกด (Compression springs)

DIN 2098 (8.70)



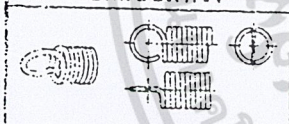
D_m = เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยของสปริงเป็น มม.
d = ขนาดความโตเส้นลวดเป็นมม.
L_0 = ความยาวสปริงเป็น มม.
F = แรงกดสปริงที่อนุญาตเป็น N
f_c = ระยะหดตัวสูงสุดเป็น มม.
i = จำนวนขดสปริง

ตัวอย่างการเขียนกำหนดขนาดสำหรับสปริงขนาด d = 2,5 มม. D_m = 20 มม. และ L_0 = 81,5 มม.
: Compression Spring
2,5×20×81,5 DIN 2098
(ใช้ป้องกันการคุ้ง (Buckling)
ถ้าต้องการแกนหรือปลอกข้าง
ต้องระบุเป็นต้องมีแกนปลอก
การคำนวณสปริงตาม Nomogram
หน้า 84

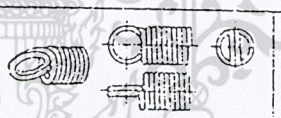
d	D_m	F in N	i = 3,5 L_0	f	i = 5,5 L_0	f	i = 8,5 L_0	f	i = 12,5 L_0	f
0,5	6,3	6,7	13,5	9,2	20 *)	14,0	30 *)	21,3	44 *)	31,8
	5	8,2	9,4	5,5	14	8,6	20,5*)	12,9	30 *)	19,4
	4	9,5	7	3,3	10	4,9	15	7,9	21,5*)	11,7
	3,2	10,2	5,5	1,8	7,9	2,8	11,5	4,4	16	6,2
	2,5	10,6	4,4	0,9	6,1	1,4	8,7	2,2	12	3,0
1	12,5	22,4	24	14,6	36,5	23,1	55,5*)	36,1	80,5*)	53,1
	10	27,9	17,5	9,5	26	14,8	39	23,0	56 *)	33,6
	8	33,8	13	5,7	19	8,9	28,5	14,2	40,5*)	20,6
	6,3	34,8	10	2,7	14,5	4,4	21,5	7,2	30,5	10,6
	5	44,6	8,5	1,9	12	3,0	17	4,4	24	6,6
1,6	20	86,5	48 *)	35,6	73,5*)	55,9	110 *)	84,5	165 *)	129
	16	108,0	34	23,0	51,5*)	36,0	77,5*)	55,3	110 *)	78,8
	12,5	136,0	24	14,0	36	21,9	53,5*)	33,4	76 *)	50,0
	10	173,0	18,5	9,1	27	13,8	40,5	21,6	58,5*)	32,0
	8	216,0	14,5	5,5	21,5	6,9	31,5	13,6	45	20,2
2	25	130,0	58 *)	43,0	88,5*)	67,1	135 *)	104	195 *)	151
	20	162,0	41	27,4	62 *)	42,6	94 *)	66,4	135 *)	95,2
	16	202,0	30	17,5	45	27,3	68 *)	42,5	98 *)	62,1
	12,5	259,0	22,5	10,8	33	16,6	49,5	26,0	71 *)	38,0
	10	324,0	18	6,8	26,5	10,9	38,5	16,5	55	24,4
2,5	32	186,0	71,5*)	52,2	110 *)	82,1	170 *)	129	245 *)	187
	25	238,0	49	32,2	74,5*)	50,5	115 *)	80,2	165 *)	116
	20	298,0	36	20,5	54	32,1	81,5*)	50,0	120 *)	75,7
	16	372,0	27,5	12,9	41	20,5	61	31,7	88 *)	44,9
	12,5	477,0	22	8,0	32	12,5	47,5	19,7	67,5	28,8
3	40	294,0	82 *)	60,8	125 *)	95,3	190 *)	148	275 *)	216
	32	368,0	58,5	36,7	88,5*)	61,1	135 *)	96,2	190 *)	136
	25	470,0	42,5	23,4	63,5	37,2	94,5*)	57,4	135 *)	83,4
	20	588,0	33,5	15,0	49,5	23,6	74	36,9	105 *)	53,4
4	50	435,0	99 *)	71,61	50 *)	111	230 *)	175	335 *)	257
	40	543,0	71	45,8	105 *)	69,9	160 *)	110	235 *)	165
	32	679,0	53,5	29,5	79,5	46,2	120	72,8	170 *)	104,9
	25	869,0	41	18,1	60,5	26,3	89,5	43,5	130 *)	65,5

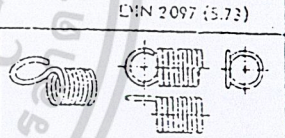
สปริงยึดแบบมีห่วง

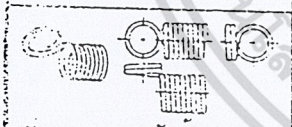
DIN 2097 (5.73)

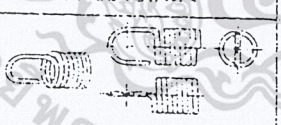

ห่วงแบบเยอรมัน

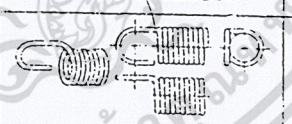
ห่วงที่ดัดแบบเยอรมัน

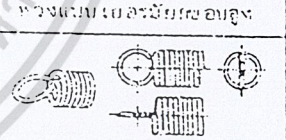

ห่วงแบบเยอรมันซ้อน


ห่วงแบบเยอรมันซ้อนสูง


ห่วงแบบเยอรมันซ้อนปิดสูง


ห่วงขดเลี่ยวยาวขอบสูง

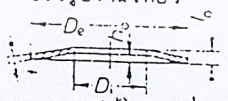

ห่วงแบบเยอรมันยกขอบสูง


ห่วงแบบอังกฤษ

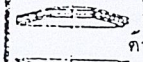
การเลือกใช้ห่วงแบบเยอรมันเป็นหลัก วัสดุ ลวดเหล็กสปริง กลึง แข็งสปริงตัว

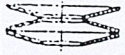
สปริงรูปจาน

DIN 2093 (4.67)



สปริงรูปจานเดียว


สปริงจานต่ออนุกรมในทิศทางด้านโคงเดียวกัน


สปริงจานต่ออนุกรมสลับทิศทางกัน

ชุดสปริงต่ออนุกรมผสมกันระหว่างทิศทางเดียวกันและกลับทิศทางกัน

ขนาดต่างๆ ของสปริง

ขนาด ฉนอก													
ขนาด ฉ ใน	4,2	5,2	6,2	7,2	8,2	9,2	10,2	11,2	12,2	14,2	16,3	18,3	20,4
ความหนาวัสดุ	0,4	0,5	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,25	1,5	1,5	1,75	2	2,25
ความสูงของสปริง	0,2	0,25	0,3	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,65	0,7	0,8	0,9
	0,6	0,75	1,0	1,1	1,25	1,4	1,55	1,75	2,05	2,15	2,45	3,0	3,15
	0,15	0,19	0,22	0,22	0,26	0,3	0,34	0,37	0,41	0,49	0,52	0,6	0,67
	210	340	660	800	1050	1300	1550	1950	3000	2900	4000	5300	6500
ความหนาวัสดุ	แถว B : สปริงอ่อน												
ความสูงสปริง	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1	1,25	1,25	1,5
	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,65	0,7	0,8	0,9	1	1,15
	0,55	0,7	0,85	0,9	1,05	1,2	1,35	1,45	1,6	1,8	2,15	2,25	2,65
	0,19	0,22	0,26	0,3	0,34	0,37	0,41	0,49	0,52	0,6	0,65	0,75	0,85
	120	210	300	290	420	580	770	730	880	1150	1950	1750	2700

การกำหนดขนาดสปริงจาน เช่นอนุกรม A มี D_e = 16 มม. และ t = 0.9 มม.
สปริงจาน A 16 DIN 2093

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นัต

เกรดความแข็งแรง

DIN 267 T4 (10.71)

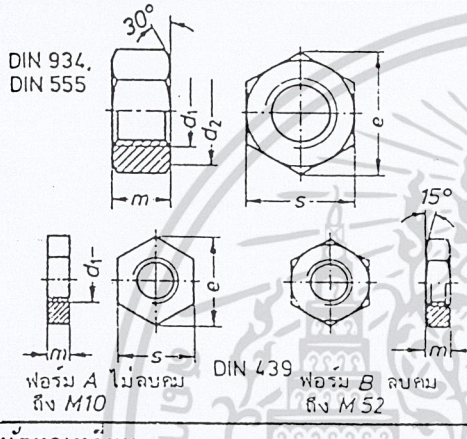
ความแข็งแรงของนัตจากเหล็กไม่ผสมหรือผสมเปอร์เซนต์ต่ำ ถึง d = 39 มม. และความสูงกำหนด ≥ 0.8d ขึ้นกับความแข็งแรงต่ำสุดของเกลียวนอก ซึ่งจะใช้นัตสวมนัน เกรดของความแข็งแรงของนัตจึงเหมือนเกรดความแข็งแรงของสลักเกลียวนอก

เกรดความแข็งแรงของนัต	5	6	8	10	12	14
ความเค้นตรวจสอบ O'_z (N/มม²)	500	600	800	1000	1200	1400
เกรดความแข็งแรงของสลักเกลียวนอกที่เหมาะสม	3.6, 4.6 4.8, 5.6 5.8	6.6 6.8 6.9	8.8	10.9	12.9	14.9

นัตที่แข็งแรงสูงสามารถใช้กับสลักเกลียวที่เกรดความแข็งแรงต่ำกว่าได้ตัวอย่างสลักเกลียว 5.6 นัต 8 นัตเกรด 5 และ 6 เมื่อทำจากเหล็กอัลโนมัติอนุญาตให้เขียนเครื่องหมาย AU ด้วยได้เช่นนัตหกเหลี่ยม M 10 DIN 34-6 AU

สำหรับนัตจากโลหะอื่นที่ไม่ใช่เหล็กความแข็งแรงขึ้นอยู่กับวัสดุ

นัตหกเหลี่ยม



นัตหกเหลี่ยม DIN 555 (12. 72)

d_1	M5	M6	M7	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36
d_2 min	7,2	9	11,7	15,3	17,1	21,6	27	32,4	41,4	49,5
e min	8,63	10,89	14,2	18,72	20,88	26,17	32,95	39,55	50,85	60,79

s และ m เหมือน DIN 934

สำหรับแบบ g : เกรดคุณภาพ 5

ตัวอย่างการเขียนกำหนดขนาด : นัตหกเหลี่ยม M 10 DIN 555

นัตหกเหลี่ยมบาง DIN 439 (12. 72)

d_1	M2	M2,5	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20
e ≈	4,2	5,4	6	7,6	8,7	11	14,3	18,8	21,1	26,8	33,5
s	4	5	5,5	7	8	10	13	17	19	24	30
m	1,2	1,6	1,8	2,2	2,7	3,2	4	5	6	8	10

แบบ m : เกรดความแข็งแรง 04 สำหรับรับภาระจำกัด

การกำหนดขนาดนัตหกเหลี่ยมฟอร์ม A M4 เกรดความแข็งแรง 04: นัตหกเหลี่ยม A M4 DIN 39-04

นัตหกเหลี่ยม

DIN 934 (4. 68)

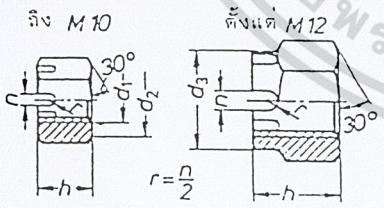
d_1	M2	M2,5	M3	M4	M5	M6	M8x1	M10 M10x1,25	M12 M12x1,5	M16 M16x1,5	M20 M20x2 M20x1,5	M24 M24x2 M24x1,5	M30 M30x2 M30x1,5	M36 M36x3 M36x1,5
d_2 min	3,6	4,5	4,95	6,3	7,2	9	11,7	15,3	17,1	21,6	27	32,4	41,4	49,5
e ≈	4,4	5,5	6,1	7,7	8,8	11,0	14,3	18,6	21,0	26,5	33,2	39,3	51,1	61,1
s	4	5	5,5	7	8	10	13	17	19	24	30	36	46	55
m	1,6	2	2,4	3,2	4	5	6,5	8	10	13	16	19	24	29

ประเภทหนึ่ง M 4, ตั้งแต่ M 4 หรือ mg (ผู้ผลิตกำหนด) : เกรดความแข็งแรง 5, 6, 8, 12

สัญญลักษณ์ นัตหกเหลี่ยม M 12, ประเภท m หรือ mg, เกรดความแข็งแรง 8 : นัตหกเหลี่ยม M 12 DIN 934-8

นัตมีร่องผ่าใส่ปีน

DIN 935 (4. 77)

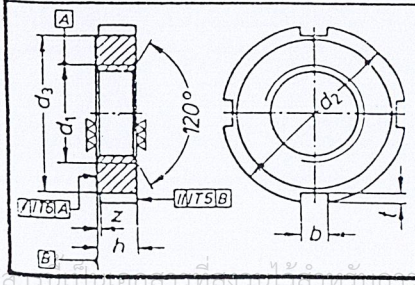


:	M4	M5	M6	M8	M10 M10x1,25	M12x1,5	M16x1,5	M20x2 M20x1,5	M24x2 M24x1,5
d_3	—	—	—	—	—	17	22	28	34
h	5	6	7,5	9,5	12	15	19	22	27
n	1,2	1,4	2	2,5	2,8	3,5	4,5	4,5	5,5

แบบ m (สำหรับเกลียวหลักมีทั้ง mg และ g) เกรดความแข็งแรง 5, 6, 8, 10 (สำหรับ mg และ g เฉพาะ 5) ตัวอย่างการเขียนกำหนดขนาด : นัตหัวผ่า M 12 DIN 935-8

นัตร่อง

DIN 1804 (3. 71)



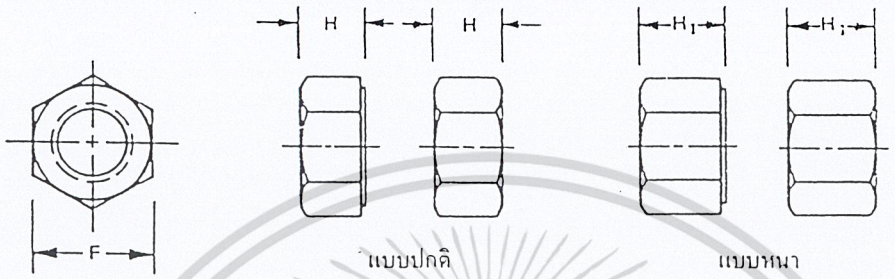
แบบ :
W ไม่ชุบแข็งและไม่เจียระไน
h ชุบแข็ง (นอกจากเกลียว) ผิวราบ เจียระไน
เกรดความแข็งแรงอย่างต่ำ 5

การเขียนกำหนดขนาดนัตร่อง M 50 × 1.5 ชุบแข็ง : นัตร่อง M 50 × 1.5 DIN 1804-h

:	d_2	d_3	b	h	t	z	ขนาดร่อง
M30 × 1,5 M32 × 1,5	50 52	43 45	7 7	10 11	3 3	0,5 0,5	4 4
M35 × 1,5 M38 × 1,5	55 58	48 50	7 8	11 11	3 3,5	0,5 0,5	4 4
M40 × 1,5 M42 × 1,5	62	54	8	12	3,5	0,5	4
M45 × 1,5	68	60	8	12	3,5	0,5	6
M48 × 1,5 M50 × 1,5	75	67	8	13	3,5	0,5	6
M52 × 1,5	80	70	10	13	4	0,5	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ หรือนำไปเผยแพร่ต่อ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แป้นเกลียวหัวหกเหลี่ยม

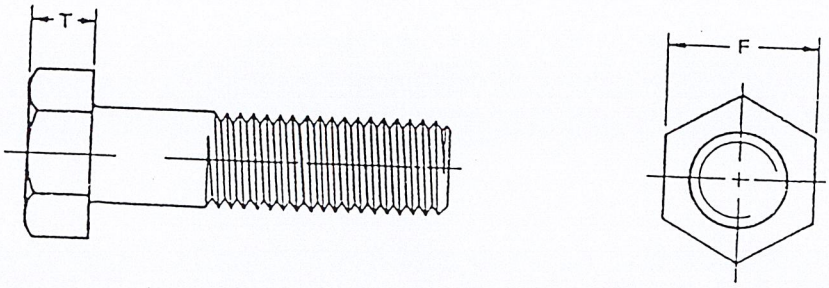


แบบปกติ แบบ 1 — แบบหนา แบบ 2

ขนาดแป้นเกลียว และระยะพิช	ความกว้าง F	ความหนาสูงสุด	
		แบบ 1 H	แบบ 2 H_1
M 4 × 0.7	7	—	3.2
M 5 × 0.8	8	4.5	5.3
M 6 × 1	10	5.6	6.5
M 8 × 1.25	13	6.6	7.8
M 10 × 1.5	15	9	10.7
M 12 × 1.75	18	10.7	12.8
M 14 × 2	21	12.5	14.9
M 16 × 2	24	14.5	17.4
M 20 × 2.5	30	18.4	21.2
M 24 × 3	36	22	25.4
M 30 × 3.5	46	26.7	31
M 36 × 4	55	32	37.6

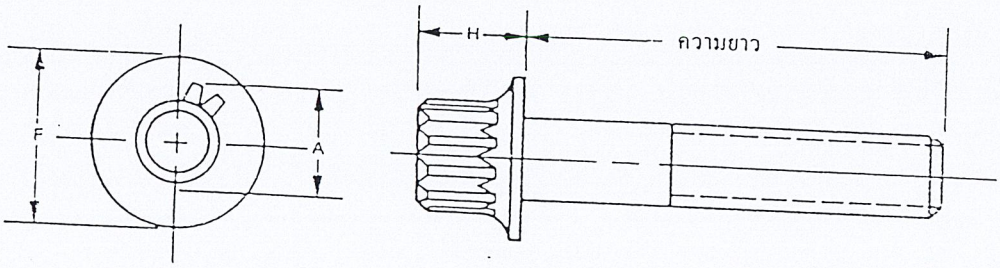
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สลักเกลียวหัวหกเหลี่ยม



ขนาดเกลียวและระยะพิช	ความกว้าง F	ความหนา T
M 5 × 0.8	8	3.9
M 6 × 1	10	4.7
M 8 × 1.25	13	5.7
M 10 × 1.5	15	6.8
M 12 × 1.75	18	8
M 14 × 2	21	9.3
M 16 × 2	24	10.5
M 20 × 2.5	30	13.1
M 24 × 3	36	15.6
M 30 × 3.5	46	19.5
M 36 × 4	55	23.4

สลักเกลียวหัวสไปน์

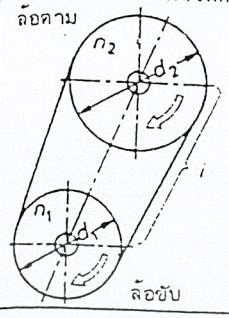


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดความเร็วรอบ

ล้อสายพาน : การทดอย่างง่าย

ล้อตาม



ล้อขับ

ความเร็วรอบล้อขับ × เส้นผ่าศูนย์กลางล้อขับ = ความเร็วรอบล้อตาม × เส้นผ่าศูนย์กลางล้อตาม

$$n_1 \cdot d_1 = n_2 \cdot d_2$$

อัตราทด i $= \dfrac{\text{ความเร็วล้อขับ}}{\text{ความเร็วล้อตาม}}$

$$i = \frac{n_1}{n_2}$$

หรือ i $= \dfrac{\text{เส้นผ่าศูนย์กลางล้อตาม}}{\text{เส้นผ่าศูนย์กลางล้อขับ}}$

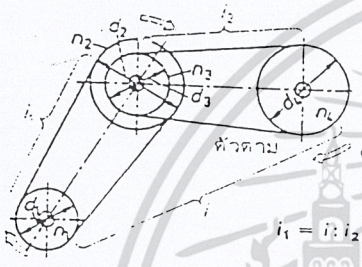
$$i = \frac{d_2}{d_1}$$

ตัวอย่าง : $n_1 = 400$/นาที $n_2 = 600$/นาที $d_1 = 360$ มม. จงหา : i และ d_2

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{400/\text{นาที}}{600/\text{นาที}} = \frac{1}{1{,}5} = 0{,}667; \quad d_2 = \frac{n_1 \cdot d_1}{n_2} = \frac{400/\text{นาที} \cdot 360 \text{ มม.}}{600/\text{นาที}} = 243 \text{ มม.}$$

อัตราทดสามารถเขียนเป็นเศษส่วนธรรมดา หรือ เศษส่วนผสมก็ได้

ล้อสายพาน : ทดสองขั้น



อัตราทดรวม $= \dfrac{\text{ความเร็วรอบตัวขับ}}{\text{ความเร็วรอบตัวตาม}}$

$$i = \frac{n_1}{n_4} = \frac{n_c}{n_e}$$

หรือ i $= \dfrac{\text{ผลคูณของเส้นผ่าศูนย์กลางล้อตาม}}{\text{ผลคูณของเส้นผ่าศูนย์กลางล้อขับ}}$

$$i = \frac{d_2 \cdot d_4}{d_1 \cdot d_3}$$

หรือ i $=$ ผลคูณของอัตราทดย่อย

$$i = i_1 \cdot i_2$$

ตัวอย่าง : $i = 1:12$, $i_2 = 1:4$, $n_1 = 240$/นาที $d_1 = 600$ มม. $d_4 = 150$ มม. จงหาค่า : i_1, n_2, n_3, n_4, d_3

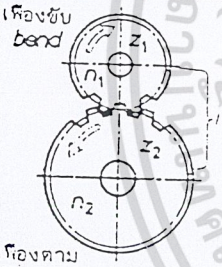
$$n_c \cdot d_1 \cdot d_3 = n_e \cdot d_2 \cdot d_4$$

$$i_1 = i : i_2 = \frac{1}{12} : \frac{1}{4} = \frac{4}{12} = \frac{1}{3}; \quad n_2 = n_3 = n_1 : i_1 = 240/\text{นาที} \frac{1}{3} = 240/\text{มม.} \cdot 3 = 720/\text{นาที}$$

$$n_4 = n_3 : i_2 = 720/\text{นาที} \frac{1}{4} = 720/\text{นาที} \cdot 4 = 2880/\text{นาที} \quad d_3 = \frac{n_4 \cdot d_4}{n_3} = \frac{2880/\text{นาที} \cdot 150 \text{ มม.}}{720/\text{นาที}} = 600 \text{ มม.}$$

การส่งกำลังด้วยเฟือง : เฟืองทดขั้นเดียว

เฟืองขับ bend



เฟืองตาม

ความเร็วรอบเฟืองขับ × จำนวนฟันเฟืองขับ = ความเร็วรอบเฟืองตาม × จำนวนฟันเฟืองตาม

$$n_1 \cdot z_1 = n_2 \cdot z_2$$

อัตราทด i $= \dfrac{\text{ความเร็วรอบเฟืองขับ}}{\text{ความเร็วรอบเฟืองตาม}}$

$$i = \frac{n_1}{n_2}$$

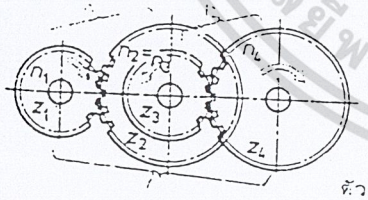
หรือ อัตราทด i $= \dfrac{\text{จำนวนฟันเฟืองตาม}}{\text{จำนวนฟันเฟืองขับ}}$

$$i = \frac{z_2}{z_1}$$

ตัวอย่าง $i = 1:2{,}5$, $n_1 = 180$/นาที $z_2 = 24$. จงหา : n_2 และ z_1

$$n_2 = n_1 : i = 180/\text{นาที} \frac{1}{2{,}5} = 180/\text{นาที} \cdot 2{,}5 = 450/\text{รอบ} \quad z_1 = \frac{n_2 \cdot z_2}{n_1} = \frac{450/\text{นาที} \cdot 24}{180/\text{นาที}} = 60$$

การส่งกำลังด้วยเฟือง : ทดสองขั้น



อัตราทดรวม $= \dfrac{\text{ความเร็วรอบเฟืองขับตัวแรก}}{\text{ความเร็วรอบเฟืองตามตัวท้าย}}$

$$i = \frac{n_1}{n_4} = \frac{n_c}{n_e}$$

หรือ i $= \dfrac{\text{ผลคูณของจำนวนฟันเฟืองตามทั้งหมด}}{\text{ผลคูณของจำนวนฟันเฟืองขับทั้งหมด}}$

$$i = \frac{z_2 \cdot z_4}{z_1 \cdot z_3}$$

หรือ i $=$ ผลคูณของอัตราทดย่อย

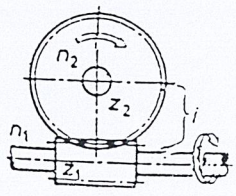
$$i = i_1 \cdot i_2$$

ตัวอย่าง : $i_1 = 3{,}5:1$, $n_2 = n_3 = 270$/นาที $z_2 = 84$, $z_3 = 30$, $n_4 = 90$/นาที จงหา : z_1, n_2, z_4

$$n_c \cdot z_1 \cdot z_3 = n_e \cdot z_2 \cdot z_4$$

$$z_1 = z_2 : i_1 = 84 : \frac{3{,}5}{1} = \frac{84}{3{,}5} = 24; \quad n_1 = i_1 \cdot n_2 = \frac{7}{2} \cdot 270/\text{นาที} = 945/\text{นาที} \quad z_4 = \frac{n_3 \cdot z_3}{n_4} = \frac{270/\text{นาที} \cdot 30}{90/\text{นาที}} = 90$$

เฟืองหนอน



ความเร็วรอบตัวหนอน × จำนวนฟันตัวหนอน = ความเร็วรอบเฟืองหนอน × จำนวนฟันเฟืองหนอน

$$n_1 \cdot z_1 = n_2 \cdot z_2$$

อัตราทด i $= \dfrac{\text{ความเร็วรอบตัวหนอน}}{\text{ความเร็วรอบเฟืองหนอน}}$

$$i = \frac{n_1}{n_2}$$

หรือ i $= \dfrac{\text{จำนวนฟันเฟืองหนอน}}{\text{จำนวนฟันตัวหนอน}}$

$$i = \frac{z_2}{z_1}$$

ตัวอย่าง : $i = 25:1$, $n_1 = 1500$ นาที $z_1 = 3$. จงหา : n_2 และ z_2

$$n_2 = \frac{n_1}{i} = \frac{1500/\text{นาที} \cdot 1}{25} = 60/\text{นาที} \quad z_2 = \frac{n_1 \cdot z_1}{n_2} = \frac{1500/\text{นาที} \cdot 3}{60/\text{นาที}} = 75$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้