สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องบรรจุน้ำ

WATER FILLING MACHINE

T055054

นายยุทธนา พรมลา

นายยุทธนา แสนสุข

นายสุธารชัย รุ่งเจริญธรรม

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 55054
วัน,เดือน,ปี 7 เม.ย. 2548

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

WATER FILLING MACHINE

YUTTHANA PROMLA

YUTTHANA SAENSUK

SUTARCHAI RUNGARUNTAM

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

2003

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์ เครื่องบรรจุน้ำ

WATER FILLING MACHINE

นักศึกษาผู้จัดทำ

นายยุทธนา	พรมลา	**รหัสประจำตัว**	44015480
นายยุทธนา	แสนสุข	**รหัสประจำตัว**	44015481
นายสุธารชัย	รุ่งเจริญธรรม	**รหัสประจำตัว**	44015491

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม

ปีการศึกษา 2546

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์ รศ.ประภาษ อุดคกิมาพันธุ์ อาจารย์วิชัย ตันติจริยางกูร อาจารย์พิทยา ปานนิล	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ วันอังคารที่ 20 เมษายน พ.ศ. 2547

สถานที่สอบ ณ ห้องสอบปริญญานิพนธ์ ภาควิศวกรรมการวัดคุม

ภาควิชารับรองแล้ว

(รศ.ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เครื่องบรรจุน้ำ	
	WATER FILLING MACHINE	
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายยุทธนา	พรมลา
	นายยุทธนา	แสนสุข
	นายสุธารชัย	รุ่งเจริญธรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ประสิทธิ์	จุลเสรีวงศ์
	รศ.ประภาษ	อุคคกิมาพันธุ์
	อาจารย์วิชัย	ตันติจริยางกูร
	อาจารย์พิทยา	ปานนิล
ปีการศึกษา	2546	

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้ นำเสนอการออกแบบเครื่องบรรจุน้ำใส่ขวดที่มีรูปแบบการทำงานเป็นแบบหมุนหรือโรตารี โดยอาศัยหลักการของแรงโน้มถ่วงของโลกในการบรรจุน้ำ เพื่อให้ง่ายต่อการออกแบบ ควบคุมรอบการทำงาน และการควบคุมปริมาตรน้ำในขวด เครื่องบรรจุน้ำนี้มีกระบวนการบรรจุน้ำแบบต่อเนื่อง สามารถทำการเพิ่มและลดปริมาณการผลิตได้ ซึ่งแบบของส่วนประกอบของโครงสร้างทั้งหมดและแบบของชิ้นส่วนทุกชิ้น ที่มีอยู่สามารถนำไปถอดแบบและสร้างเป็นเครื่องบรรจุน้ำได้

Thesis Title	Water Filling Machine
Authors	Mr.Yutthana Promla
	Mr.Yutthana Saensuk
	Mr.Sutarchai Rungarutam
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Prasit Julsereewong
	Assoc. Prof. Prapart Ukakimaparn
	Mr. Wichai Tantichariyangkul
	Mr. Pittaya Pannil
Year	2003

ABSTRACT

This thesis is presented the water filling machine. It is filling the water to the bottle by using the rotary system and gravity principle. So this machine is very easy to control the time cycle and the measuring of the water. The machine can filled the water continuously so we can easy to increase and decrease the production capacity. All components drawing of the prototype are contained in this thesis which can use to construct and develop.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ดีเพราะได้รับความเมตตาจาก รศ.ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์, รศ.ประภาษ อุดคกิมาพันธุ์, อาจารย์โกวิท บุณยพุกกณะ, อาจารย์วิชัย ตันติจริยางกูร และอาจารย์พิทยา ปานนิล ที่ได้ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์แก่ผู้วิจัยด้วยดีตลอดมา อีกทั้งยังเอื้อเฟื้ออุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆในการทำปริญญานิพนธ์ รวมถึง พี่กฤษณ์ เสมอพิทักษ์ ที่ช่วยให้คำแนะนำในเรื่องของงานกลึง CNC และการตัดพลาสติก ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณอาจารย์ และบุคลากรภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล รวมถึงพี่นิรุทธ์ ร่วมกระโทกที่ให้คำแนะนำ เอื้อเฟื้ออุปกรณ์และสถานที่ในการทำงาน

ขอขอบพระคุณอาจารย์ และบุคลากรภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ รวมถึงพี่ติ่ง ที่ให้คำแนะนำ เอื้อเฟื้ออุปกรณ์และสถานที่ในการทำงาน

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมทุกท่านที่ให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่อการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ รวมถึง นายจรยุทธ โซ๊ะมาลี นางสาวจารุณี แก้วเมตตา และเพื่อนๆที่ช่วยให้คำแนะนำ

และส่วนสำคัญ คือขอกราบขอบพระคุณคุณแม่และคุณพ่อ ที่ให้การสนับสนุนและเป็นแรงบันดาลใจในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญภาพ.....VI

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและเหตุจูงใจของการทำปริญญานิพนธ์.....1

1.2 วัตถุประสงค์.....1

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.....7

2.4 การจัดวางฐานรองขวดของเครื่องบรรจุแบบ Rotary.....8

2.5 หลักการคำนวณและการออกแบบความเร็วรอบ.....9

2.6 ชุดขับเคลื่อนเพลา.....14

2.7 การออกแบบวงจรควบคุมทางไฟฟ้า.....15

2.8 การรักษาระดับน้ำ.....16

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 ส่วนประกอบหลักของเครื่องบรรจุของเหลวที่ออกแบบ.....18

3.1 กล่าวนำ.....18

3.2 ส่วนประกอบหลักของเครื่องบรรจุของเหลวที่ได้ออกแบบ.....19

3.2.1 ชุดถังบรรจุและชุดนำน้ำเข้าหัวบรรจุ.....19

3.2.2 ชุดหัวจ่ายและฐานรองรับขวด.....20

3.2.3 ชุด Star Wheel (เป็นชุดจัดขวดเข้า-ขวดออกในการเติม).....23

3.2.4 ชุดขับเคลื่อนเพลาและ StarWheel.....24

บทที่ 4 แสดงรายละเอียดของชิ้นส่วนต่างๆ และการประกอบ.....26

4.1 แบบหัวจ่ายน้ำเข้าและน้ำออก ชุด A.....27

4.2 หัวจ่ายและชุดรองรับขวด ชุด B.....35

4.3 ชุดนำขวดเข้าและออก ชุด C 49

4.4 แบบชุดขับมอเตอร์และการทดรอบ ชุด D.....59

4.5 แบบชุดโครงและแผ่น plate ทางวิ่ง ชุด E.....71

4.6 ชุดส่งถ่ายกำลังงานไฟฟ้า ชุด F.....76

4.7 ชุดรักษาระดับแรงดันน้ำ ชุด G.....80

บทที่ 5 แบบแสดงขั้นตอนในการสร้างเครื่องบรรจุน้ำ.....84

บทที่ 6 บทสรุปและแนวทางการพัฒนา.....87

6.1 สรุป.....87

6.2 ปัญญาและแนวทางแก้ไข.....87

6.3 แนวทางการพัฒนาต่อ.....88

บรรณานุกรม.....91

ภาคผนวก.....92

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 รูปแผนภาพแสดงชนิดการบรรจุของเหลวต่างๆ.....7

2.2 รูปแสดงการ Plot Star Wheel และ เพลาชุดหัวจ่าย.....9

2.3 รูปแสดงการขับเพลา Star Wheel.....10

2.4 รูปแสดงชุดขับเคลื่อนเพลา.....14

2.5 รูป Block Diagram แสดงการทำงานของโซลินอยล์วาล์ว.....15

2.6 รูป One Line Diagram แสดงการทำงานของโซลินอยล์วาล์ว.....15

2.7 รูปแสดงการควบคุมระดับน้ำ.....16

2.8 รูปขบวนการควบคุมระดับน้ำ.....17

3.1 รูปแสดงภาพรวมเครื่องบรรจุภัณฑ์.....18

3.2 รูปชุดถังบรรจุและชุดนำน้ำเข้าหัวบรรจุ.....19

3.3 รูปชุดหัวจ่ายและชุดฐานรองขวด.....20

3.4 รูปหัวจ่ายและ Limit Switch.....21

3.5 รูปโซลินอยล์วาล์วและ Limit Switch.....21

3.6 รูปฐานรองรับขวด.....22

3.7 รูปแสดงพื้นที่ต่างระดับ.....23

3.8 รูปแสดงด้านข้างและด้านบนของ Star Wheel นำขวดเข้า-ออก.....23

3.9 รูปแสดงชุดขับเคลื่อนเพลาและ Star Wheel.....25

4.1 แสดงรูปหัวจ่ายน้ำเข้าและน้ำออก ชุด A.....27

4.2 แสดงรูปหัวจ่ายและชุดรองรับขวด ชุด B.....35

4.3 แสดงชุดนำขวดเข้าและนำขวดออก ชุด C.....49

4.4 แสดงแบบชุดขับมอเตอร์และการทดรอบ ชุด D.....59

4.5 แสดงแบบชุดโครงและแผ่น Plate ทางวิ่ง ชุด E.....71

4.6 ชุดส่งถ่ายกำลังงานไฟฟ้า ชุด F.....76

4.7 ชุดรักษาระดับแรงดันน้ำ ชุด G.....80

6.1 แสดงรูปหัวจ่ายน้ำเข้าและน้ำออก.....89

6.2 แสดงแบบชุดขับมอเตอร์และการทดรอบ.....90

6.3 รูปภาพจริงของเครื่องบรรจุน้ำ.....90

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและแรงจูงใจของการทำปริญญานิพนธ์

เนื่องจากเศรษฐกิจในปัจจุบันเป็นยุค IT มีการแข่งขันทางด้านเทคโนโลยีสูง ทั้งในด้านการผลิตสินค้าอุปโภคบริโภคและการส่งออก จึงต้องมีการคิดและออกแบบเครื่องอำนวยความสะดวกที่ให้ทั้งความรวดเร็วและแม่นยำเที่ยงตรงเพื่อที่จะมาช่วยเหลือผลิตสินค้าให้ได้คุณภาพ โดยยึดหลักที่ว่าต้นทุนต่ำผลผลิตสูงและรวดเร็วทันต่อการแข่งขันเพื่อผลิตให้ทันกับความต้องการของผู้บริโภคและส่งออกให้ทันกับความต้องการของตลาด

อีกทั้งเทคโนโลยีที่ใช้เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆ นั้นใช้ต้นทุนสูงและในปัจจุบันประเทศของเรามีลักษณะคล้ายจะเป็นระบบทุนนิยมทุกที เครื่องจักรที่นำมาใช้ก็มีราคาค่อนข้างสูงประจวบเหมาะกับในเวลานี้ทางราชการได้มีการส่งเสริมด้านภูมิปัญญาชาวบ้าน เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์พื้นบ้านทำให้ทางกลุ่มผู้จัดทำได้มีความคิดประดิษฐ์เครื่องบรรจุน้ำนี้ขึ้นมาเพื่อช่วยขจัดปัญหาเรื่องเครื่องจักรที่มีราคาสูงทำให้เกษตรกรหรือผู้ที่คิดจะประกอบกิจการขนาดย่อม แต่ไม่สามารถจะมีกำลังที่จะซื้อเครื่องจักรขนาดใหญ่ในการบรรจุผลิตภัณฑ์ ที่ผลิตขึ้นมาได้ทำให้การประกอบกิจการหรือธุรกิจเป็นแบบใช้แรงงานคน

ดังนั้น กลุ่มผู้จัดทำได้เล็งเห็นปัญหาในส่วนนี้ จึงได้ริเริ่มทำเครื่องบรรจุน้ำนี้ขึ้น ซึ่งเป็นเครื่องต้นแบบโดยเริ่มที่บรรจุน้ำก่อนและคาดหวังว่าจะมีการพัฒนาการบรรจุเป็นของเหลวชนิดอื่นอีกในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 สามารถหาความรู้ที่ได้ศึกษาและค้นคว้าทำการออกแบบและสร้าง เพื่อที่จะประยุกต์ใช้งานให้เกิดประโยชน์สูงสุดได้

1.2.2 สามารถวางแผนและแนวคิด ที่จะทำธุรกิจขนาดย่อมได้

1.2.3 สามารถนำความรู้ที่ได้ค้นคว้า และทำการสร้างเพื่อช่วยเหลือผู้ประกอบการ หรือทำให้เกิดแหล่งสร้างงานใหม่ได้ เช่น หนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP)

1.2.4 เพื่อให้มีทักษะในการใช้เครื่องมือการออกแบบและการใช้โปรแกรมในการออกแบบ

1.3 ขอบเขตงาน

1.3.1 ศึกษาหลักการการทำงานของเครื่องบรรจุน้ำ

1.3.2 ออกแบบและจัดหาอุปกรณ์

1.3.3 สร้างเครื่องบรรจุน้ำ

1.3.4 ทำการทดสอบการบรรจุน้ำ

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

ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ไม่สามารถไหลตกด้วยตัวเองอย่างอิสระ และมีลักษณะจับกันแน่นเป็นกลุ่มหรือเป็นก้อนหรือเป็นผงละเอียด 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 เนื่องจากว่าส่วนผสมแต่ละอย่างจะแยกกันตามความหนาแน่น และขนาดพร้อมทั้งความสามารถในการไหลตกอย่างอิสระ

ดังนั้น ผลิตภัณฑ์เหล่านี้จึงต้องทำการแยกกันบรรจุสำหรับส่วนผสมแต่ละประเภท เช่น การบรรจุถั่วกระป๋องต้องทำการบรรจุแยกกันเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนหนึ่งทำการบรรจุพวกของแข็งและอีกส่วนหนึ่งทำการบรรจุส่วนผสมที่เป็นน้ำ

2.1.2 ชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์

เมื่อพิจารณาถึงสมบัติทางกายภาพของบรรจุภัณฑ์ สามารถแบ่งบรรจุภัณฑ์ออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ บรรจุภัณฑ์แข็งตัว บรรจุภัณฑ์กึ่งแข็งตัว และบรรจุภัณฑ์อ่อนนุ่ม

1. บรรจุภัณฑ์แข็งตัว (Rigid Packaging)

บรรจุภัณฑ์ประเภทแข็งตัวได้แก่ แก้ว กระป๋องโลหะและพลาสติกแข็งตัว ส่วนมากเป็นพลาสติกฉีด บรรจุภัณฑ์ชนิดนี้มีความแข็งแรงคงรูปได้ดี ลำเลียงบนสายพานได้สะดวก สามารถใช้กับเครื่องบรรจุของเหลวระบบสูญญากาศ และระบบที่ใช้ความดันได้ และทำการบรรจุได้เร็วกว่า

2. บรรจุภัณฑ์กึ่งแข็งตัว (Semi-Rigid Packaging)

บรรจุภัณฑ์ประเภทกึ่งแข็งตัว เช่น ขวดพลาสติกขึ้นรูปด้วยการเป่า ถาดโฟม ถ้วยไอศครีมขึ้นรูปด้วยความร้อนและสูญญากาศ บรรจุภัณฑ์ชนิดนี้มีข้อจำกัดการรับแรงอัดและแรงดันจึงบรรจุแบบสูญญากาศไม่ได้

3. บรรจุภัณฑ์อ่อนนุ่ม (Flexible Packaging)

บรรจุภัณฑ์ประเภทอ่อนนุ่ม เช่น ซองและถุง ไม่สามารถรักษารูปทรงหรือมิติได้จึงต้อง มีอุปกรณ์ช่วยระหว่างทำการบรรจุและมักใช้ระบบการบรรจุแบบกระบอกสูบอัดใส่ในถุงบรรจุภัณฑ์

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

2.2.2 การบรรจุแบบระดับคงที่

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

ระบบการบรรจุแบบระดับคงที่สามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภท คือ

1. แบบอุปกรณ์อิเลคโทรนิกส์ (Electronic Level Sensing)

หลักการทำงาน ใช้เครื่องส่งสัญญาณ (Sensor) ควบคุมระดับการเติม เมื่อของเหลวถึงระดับที่กำหนดไว้ก็จะหยุดเติม โดยส่งสัญญาณไปสั่งวาล์วให้เปิด หยุดการไหลลงสู่ขวด

2. แบบความดัน (Pressure)

หลักการทำงาน โดยใช้ Pump ทำให้เกิดแรงดันขึ้น เพื่อทำให้ความดันอากาศถังที่เก็บของเหลวมีค่าใกล้เคียงกับขวดที่ต้องการบรรจุจะทำให้ของเหลวไหลลงสู่ขวด วิธีการปั๊มนี้ไม่จำเป็นต้องยกถังเก็บขึ้นที่สูงและมีผลทำให้การไหลของผลิตภัณฑ์เป็นไปได้เร็วยิ่งขึ้น ระบบแบบบรรจุแบบใช้ความดันนี้เหมาะที่ใช้กับผลิตภัณฑ์ที่มีความข้นเหนียว

3. แบบใช้แรงโน้มถ่วง (Gravity)

หลักการทำงาน ใช้แรงดึงดูดจากโลกให้ของเหลวไหล โดยน้ำหนักตัวเอง หัวบรรจุจะเป็นแบบที่มีสปริงกดและมีห่วงยางซีลกันรั่ว มีขนาดพอเหมาะที่สามารถกดลงปากขวดได้พอดี เมื่อทำการกดหัวยางลงปากท่อด้วยสปริง ก็จะเป็นจังหวะที่จะไปเปิดวาล์ว ของเหลวก็จะไหลจากถังจ่ายที่ตั้งอยู่ตอนบนลงในบรรจุภัณฑ์ ระดับที่เติมจะถูกกำหนดด้วยระดับของท่อน้ำล้น การบรรจุเติมของเหลวด้วยระบบแรงโน้มถ่วงจะไม่เกิดปัญหาเรื่องการหยดก่อนและหลังการบรรจุ แต่จะทำงานช้ากว่าการบรรจุแบบสูญญากาศด้วยเหตุนี้จึงไม่เหมาะกับผลิตภัณฑ์ประเภทของเหลวที่มี ความหนืดสูงซึ่งจะไหลช้ามาก

แบบแรงโน้มถ่วง สามารถแยกย่อยได้อีก 2 ประเภท คือ

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

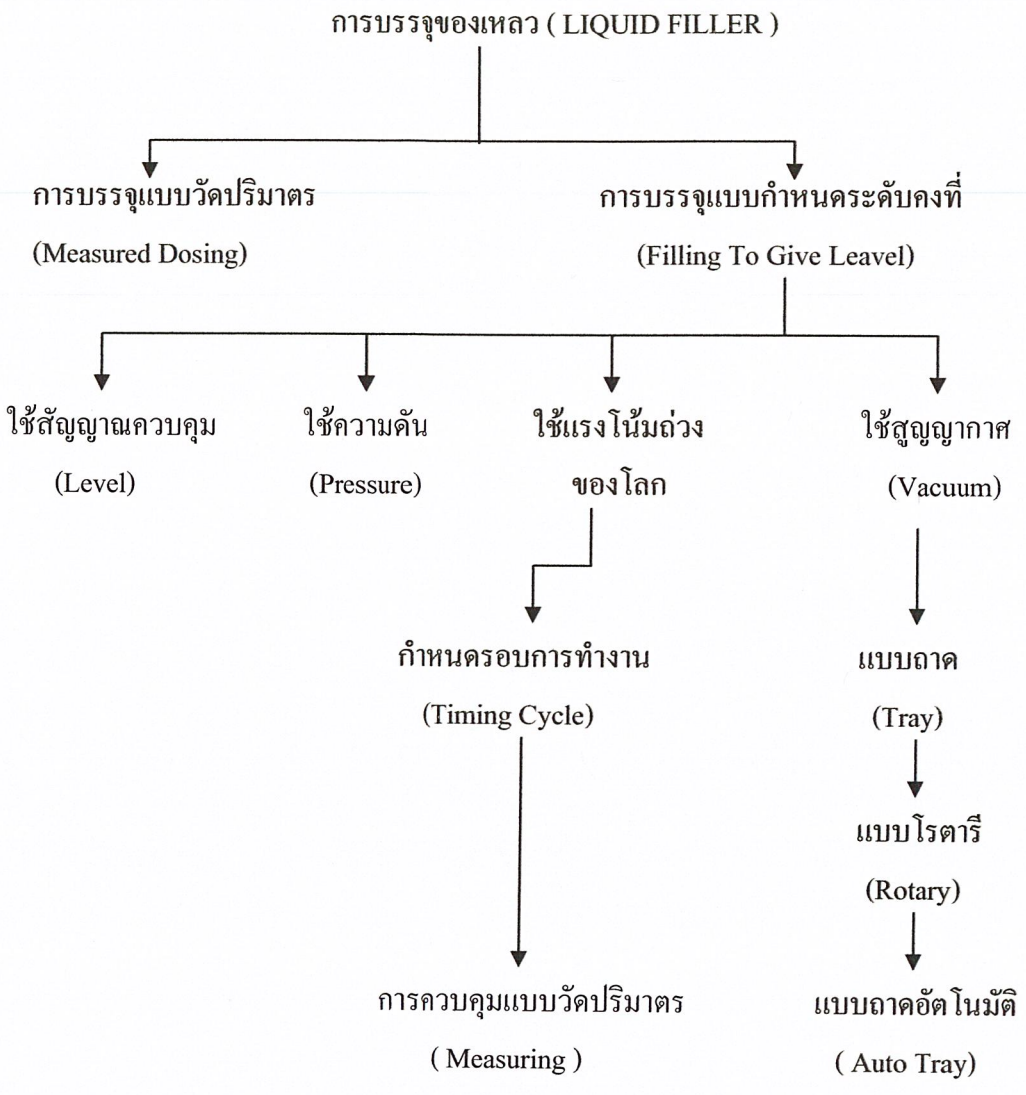
4. แบบสูญญากาศ (Vacuum)

ใช้สูญญากาศทำให้ของเหลวไหลเรียบผนังด้านในขวดระหว่างการบรรจุ

หลักการทำงานของสูญญากาศ คือ เมื่อใส่หัวเติมหรือปลายท่อบรรจุและท่อสูญญากาศเข้าแค่ระดับคอของบรรจุภัณฑ์แล้วจะผนึกให้สนิทด้วยวงแหวนแล้วทำการดูดอากาศออกจาก บรรจุภัณฑ์ เมื่อของเหลวเติมในบรรจุภัณฑ์ถึงระดับปลายท่อหัวเติมจะดูดของเหลวที่อยู่เหนือระดับปลายท่อไหลออกไปยังถังน้ำล้น ทำให้ของเหลวไม่ขึ้นสูงเกินระดับที่ต้องการบรรจุ ส่วนอากาศในการบรรจุภัณฑ์ก็จะดูดผ่านปั๊มสูญญากาศปล่อยทิ้งไว้

การบรรจุสูญญากาศ ใช้สำหรับบรรจุผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวที่สามารถไหลได้ด้วยตนเองลงในบรรจุภัณฑ์ประเภทแข็งตัว ซึ่งเป็นวิธีการที่รวดเร็ว ยืดหยุ่นและการลงทุนต่ำ แต่วิธีนี้จำกัดเฉพาะบรรจุภัณฑ์ที่คงรูปแข็งตัวเท่านั้น และต้องใช้วิธีการบรรจุแบบระดับคงที่เท่านั้น สิ่ง พึงระวัง คือ บริเวณปากบรรจุภัณฑ์จะต้องไม่บิ่นหรือแตก เนื่องจากจะทำให้การดึงสูญญากาศออกจากขวดไม่สัมฤทธิ์ผล

2.3 FLOW CHART วิธีการต่างๆในการบรรจุผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลว



รูปที่ 2.1 แผนภาพแสดงชนิดการบรรจุของเหลวต่างๆ

ทุกระบบของการบรรจุที่กล่าวมาข้างต้นจำเป็นต้องมีห่วงยางบนปากขวดของภาชนะบรรจุ และท่อดูดผลิตภัณฑ์ส่วนเกิน ท่อน้ำล้นนี้สามารถใช้ระบบนิวเมตริกควบคุมระดับการเติมของเหลว ระบบนิวเมตริกนี้จะทำให้อากาศที่มีความดันต่ำช่วยดันของเหลวไหลผ่านท่อภายในท่อบรรจุเมื่อถึงระดับความสูงที่ต้องการของเหลวในภาชนะบรรจุจะก่อให้เกิดความดันย้อนกลับ ทำให้ระบบนิวเมตริกหยุดระบบการเติมของเหลว

วิธีการบรรจุของเหลว

ถ้าพิจารณาจากการเคลื่อนที่ตัวของภาชนะและท่อบรรจุ (Nozzle) สามารถแบ่งเป็น 2 วิธี คือ วิธีภาชนะเคลื่อนที่ลง และวิธีให้ท่อเติมเคลื่อนที่ขึ้น

วิธีให้ภาชนะเคลื่อนที่เริ่มจากการสอดท่อบรรจุของเหลวลงในคอภาชนะบรรจุ จนถึงระดับหนึ่ง แล้วจึงปล่อยผลิตภัณฑ์ของเหลวให้ไหลลงไปที่ก้นภาชนะ หรือให้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวนั้นกระจายไปทางด้านข้างของภาชนะบรรจุเพื่อให้ของเหลวนั้นค่อยๆไหลลงตามผนังภาชนะซึ่งจะช่วยลดความแรงของการไหลของผลิตภัณฑ์ และลดการรวมตัวของอากาศจนเกิดเป็นฟองอากาศ

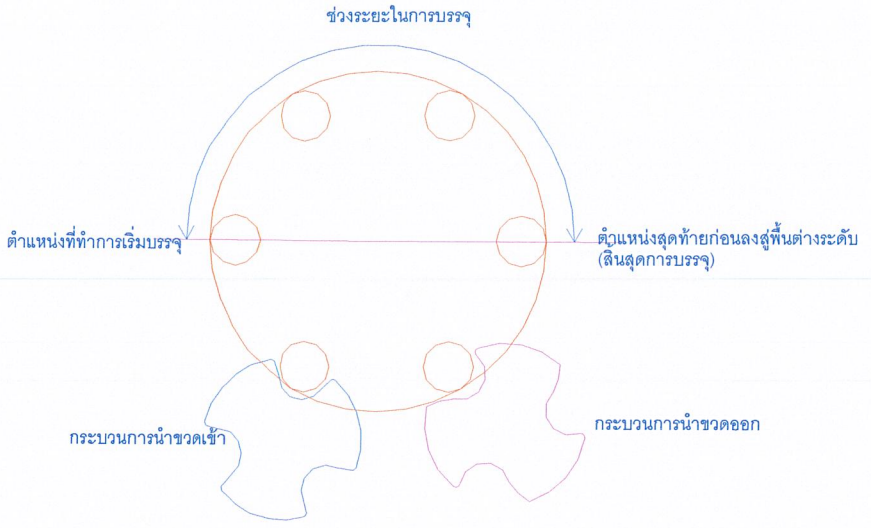
วิธีให้ท่อบรรจุเคลื่อนที่ทำโดยการใส่ท่อ หรือบรรจุลงไปถึงก้นของภาชนะบรรจุแล้วปล่อยผลิตภัณฑ์ของเหลวให้ไหลเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ วิธีการนี้จะช่วยลดฟองอากาศในผลิตภัณฑ์และหลีกเลี่ยงการระเหยกลายเป็นไอของผลิตภัณฑ์

การออกแบบท่อบรรจุของเครื่องบรรจุ สามารถออกแบบทรงแข็งหรือแบบอ่อนนุ่ม ถ้าหัวเติมเป็นแบบทรงแข็ง เวลาที่ทำการบรรจุจะถูกยกขึ้น แล้วเลื่อนต่ำลงในการบรรจุไปเรื่อยๆ ส่วนท่อบรรจุแบบอ่อนนุ่มจะทำงานแตกต่างกัน กล่าวคือ เมื่อสอดท่อบรรจุเข้าไปข้างในบรรจุภัณฑ์แล้ว ตัวต่อท่อจะค่อยๆเลื่อนสูงขึ้นในขณะบรรจุ

2.4 การจัดวางฐานรองขวดของเครื่องบรรจุแบบ ROTARY

การจัดวางฐานขวด

จากการทำเครื่องบรรจุน้ำ ถ้าสมมุติออกแบบให้มีฐานรองขวด 6 จุด เมื่อเราทำแบบ Rotary ก็จะต้อง ทำการหาค่าตำแหน่งการวางนั้นคือ 360 / 60 = 60 องศา ซึ่งจุดศูนย์กลางของฐานรองขวดแต่ละอันจะต้องวางห่างกันเป็นมุม 60 องศา (ถ้าต้องการมากกว่านี้ก็เอา 360 / จำนวนของฐานรองขวดที่ต้องการก็จะได้ค่าองศาระยะห่างระหว่างฐานรองขวด)แต่ในที่นี้จะขอยกตัวอย่างที่ 6 ขวดซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงการ Plot Star Wheel และ เพลาชุดหัวจ่าย

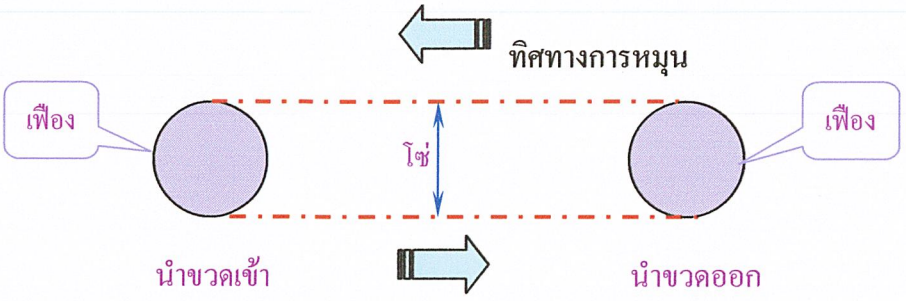
ดังนั้นจะเห็นว่า ถ้าเราออกแบบเป็น 6 ขวด จะมีจำนวนที่ไม่ได้มีการบรรจุ 2 ขวด คือ ขวดที่กำลังจะนำเข้าและขวดที่เติมเต็มแล้วและกำลังจะนำออก ดังนั้นก็จะเหลือขวดที่เราจะทำการบรรจุเพียง 4 ขวด นั่นคือ ช่วงที่จะทำให้น้ำเติมเต็มขวดจะอยู่ในช่วง 180 องศา ซึ่ง 180 องศานี้ก็จะต้องสัมพันธ์กับอัตราการไหลของน้ำที่ทำให้น้ำเต็มขวด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

2.5 การคำนวณและการออกแบบความเร็วรอบ

1. เลือกใช้ DC มอเตอร์ 24 VDC ,7.5A , 600 RPM, $\frac{1}{4}$ HP
2. ใช้เฟืองทด อัตราส่วน 3 :1 จะเหลือความเร็วรอบเท่ากับ 600 / 3 = 200 RPM
3. ใช้ Worm Gear

- เพลาแกนกลาง ซึ่งใช้เป็นตัวยึดกระบวนการบรรจุ ใช้ Worm Gear อัตราทด 60 :1 ดังนั้นความเร็วรอบของชุดเพลาแกนกลางเท่ากับ 200 / 60 = 3.33 RPM

- เพลาแกนกลางนำขวดเข้าและนำขวดออก ซึ่งใช้เป็นตัวยึด Star Wheel ในการนำขวดเข้าและนำขวดออก ใช้ Worm Gear อัตราทด 30 :1 ดังนั้นความเร็วรอบของชุดเพลานำขวดเข้าและนำขวดออก เท่ากับ 200 / 30 = 6.66 RPM ซึ่งเพลาแกนนำขวดเข้าและนำขวดออก จะต่อเชื่อมโยงเข้าด้วยกันดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 รูปแสดงการขับของเพลา Star Wheel

หมายเหตุ ความเร็วรอบของเพลาชุดนำขวดเข้าและนำขวดออกจะมีความเร็วรอบที่มากกว่าความเร็วรอบของแกนกลางหรือเพลาของชุดกระบวนการการบรรจุอยู่ 2 เท่า เนื่องมาจากการใช้ Worm Gear ที่มีอัตราทดความเร็วรอบ 30:1 กับ 60:1

4. จากการออกแบบตำแหน่ง การจัดวางฐานรองขวด ซึ่งในการออกแบบการจัดวางฐานรองขวดไว้ 6 ชุดมีลักษณะการวางแบบวงกลมซึ่งตำแหน่งของฐานรองขวดแต่ละชุดจะห่างกันเท่ากับ 360 / 6 = 60 องศา และกำหนดเงื่อนไขในการเติมเป็นระยะทาง 180 องศา นั้นคือ ช่วงระยะเวลาในการบรรจุจะเหลือเพียง 50 % ของการเคลื่อนที่แบบวงกลม คือ จากปกติจะเป็น 6.66 RPM แต่ช่วงระยะเวลาในการบรรจุจะเหลือเพียง 3.33 รอบต่อ 30 วินาที คือ ช่วงระยะเวลาในการหมุนจะเท่ากับ 3.33 / 60 = 0.0555 รอบต่อวินาที ดังนั้น 30 วินาทีจะหมุนได้ 1.665 รอบ บนระยะทาง 180 องศาของพื้นที่วงกลม ซึ่งลักษณะการหมุนเพื่อทำการบรรจุ การนำขวดเข้าและนำขวดออกพร้อมทั้งตำแหน่งการบรรจุแสดงได้ดังรูปที่ 2.2

ขั้นตอนการปรับปรุงเพื่อประยุกต์ใช้งานจริง

เนื่องจากการสร้างเครื่องบรรจุน้ำผู้ทำโครงงานได้ทำการออกแบบให้สอดคล้องกับอุปกรณ์ที่สามารถหาซื้อได้ ในราคาที่งบประมาณกำหนด เนื่องจากปัจจัยทางด้านงบประมาณและต้นทุนการทำ จากการทดลองสามารถเห็นได้ว่า ความเร็วรอบของเพลาแกนกลางซึ่งเป็นตัวยึดกระบวนการการบรรจุนั้นหมุนในความเร็ว 3.33 RPM แต่การพัฒนา ต้องการให้มีการปรับแต่งความเร็วรอบให้เพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ตามต้องการคือ 3.33 RPM และแนวทางที่จะทำการปรับปรุงมีอยู่ 2 วิธี คือ

1. วิธีทางไฟฟ้า
2. วิธีทางแมคคานิกส์

เมื่อได้เปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียแล้ว จะเห็นว่าวิธีทางไฟฟ้าสามารถทำได้ง่ายและสะดวกมากกว่า เนื่องจากปัจจัยทางด้านพื้นที่ในการจัดวางอุปกรณ์ ซึ่งในวิธีทางแมคคานิกส์จะทำได้ยากกว่าเนื่องจากพื้นที่ในการจัดวางมีจำกัดจึงเป็นเหตุผลให้เลือกใช้วิธีทางไฟฟ้า เพราะทำได้ง่ายและสะดวกมากกว่า และถ้าในอนาคตจะมีการพัฒนาหรือปรับปรุงก็สามารถทำได้โดยง่าย

เมื่อเราเลือกใช้วิธีทางไฟฟ้าก็คือจะต้องมีอุปกรณ์ทางไฟฟ้าเพิ่มเข้าไปนั่นคือ DC Drive เพื่อที่จะทำการลดความเร็วของมอเตอร์ให้ช้าลงหรือเพิ่มขึ้น ให้ได้ความเร็วรอบที่เหมาะสมที่สุดหรือตามที่เราต้องการ ซึ่งการลดหรือเพิ่มความเร็วรอบของมอเตอร์ก็มีวิธีกระทำได้โดยการลดระดับสัญญาณให้มีค่าต่ำลงหรือสูงขึ้น โดยการปรับลดหรือเพิ่มขนาดของแรงดันหรือกระแสที่จ่ายให้กับ DC Motor

ในการเลือกใช้ความเร็วรอบในการบรรจุนั้นเราพิจารณา เลือกระยะเวลาในการบรรจุที่เหมาะสมและคำนึงถึงความสามารถของมอเตอร์ซึ่งจากการคำนวณจะได้ผลดังนี้

จากการคำนวณระยะเวลาในการบรรจุน้ำ ตามความเร็วรอบของมอเตอร์ จะประมาณ 9 วินาที ดังนั้นใน 1 รอบ การหมุนของเพลาแกนกลางจะหมุนด้วยความเร็วรอบ 1 รอบต่อ 18 วินาที หรือคิดเป็นรอบต่อนาทีจะได้

18 วินาที หมุนได้ 1 รอบ

60 วินาที หมุนได้ $\frac{1}{18} \times 60 = 3.33$ รอบต่อนาที

คำนวณหาความเร็วรอบของมอเตอร์ที่จะต้องใช้ จะได้ว่า

$$3.33 \text{ รอบต่อนาที} \times \frac{60}{1} \times \frac{3}{1} = 599.4 \text{ RPM} \approx 600 \text{ RPM}$$

จากนั้นในกรณีที่ต้องการปรับลดหรือเพิ่มความเร็วรอบของมอเตอร์ให้เร็วขึ้นหรือช้าลง ก็ทำได้โดยการนำอุปกรณ์เสริมเข้าไปช่วย นั่นคือ DC Drive Motor ซึ่งประโยชน์ก็เพื่อ ช่วยทำให้การควบคุมระดับของน้ำให้แม่นยำและสะดวกต่อการควบคุมโดยการปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ให้สัมพันธ์กับอัตราการไหลของน้ำ และเป็นการเตรียมพร้อมสำหรับการพัฒนาหรือเพิ่มกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

การออกแบบและการคำนวณอัตราการไหล

การคำนวณเพื่อการออกแบบเครื่องบรรจุน้ำ ซึ่งให้ถังเก็บน้ำเป็นถังเปิดและมีการไหลแบบอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก (Gravity Flow) จากการคำนวณความเร็วของมอเตอร์เมื่อเราได้ความเร็วรอบจากการใช้ DC Drive Motor เข้าไปช่วยปรับความเร็วรอบแล้วและเนื่องจากอุปกรณ์ประเภทดอัตราเร็วที่ต่อเข้าไปแล้วทำให้เราทราบความเร็วรอบในการหมุนของเพลาแกนกลาง หรือเพลาที่ยึดกระบวนการการบรรจุแล้วว่ามีความเร็ว 3.33 รอบต่อนาที หรือ 1 รอบต่อ 18 วินาที ดังนั้น ครึ่งรอบจะใช้เวลา 9 วินาที นั่นคือ กระบวนการบรรจุจะมีเวลาในการทำงาน 9 วินาที บนพื้นที่ต่างระดับ เราก็จะสามารถคำนวณหาอัตราการไหลและตำแหน่งการวางถังเก็บน้ำได้ดังนี้

<u>เงื่อนไข</u> ให้บรรจุน้ำเข้าไปในขวดขนาด 500 cc. ภายในเวลา 9 วินาที

จาก Bernoulli ′s equation

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

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

ดังนั้นจาก Bernoulli ′s equation จะได้

$$V_2 = \sqrt{(Z_1 \quad Z_2) \times 2g} \qquad m/s$$

และจากอัตราการไหลเชิงปริมาตรที่หัวจ่าย จะจ่ายน้ำเพื่อทำการบรรจุเข้าขวด ที่ถือว่าเป็นทางออกหรือจุดที่ 2 จาก Bernoulli 's equation คือ

$$Q = VA$$

เมื่อ Q = อัตราการไหลเชิงปริมาตร (m^3/s)

V = ความเร็วในการไหลของน้ำ ณ จุดใด ๆ (m/s)

A = พื้นที่หน้าตัดที่ของเหลวไหลผ่าน (m^2)

จากข้อกำหนด ต้องการบรรจุน้ำขนาดปริมาตร 500 cc. เข้าไปในขวด ภายในเวลา 9 วินาที โดยไหลผ่านท่อจ่ายน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 10 มิลลิเมตร (0.01 m)

จะได้ $Q = \frac{600cc.}{9s} = 66.66\ cc/s = 0.00006666\ m^3/s$

(1000 cc. = 1 litre = $1 \times 10^{-3}\ m^3/s$)

แต่จากการออกแบบกระบวนการเติม คือทั้งหมดจะมีชุดหัวจ่ายอยู่ 6 ชุด แต่การบรรจุน้ำเข้าขวดจะกระทำพร้อม ๆ กันครั้งละ 3 ชุด ดังนั้น อัตราการไหลเชิงปริมาตรจึงมีขนาดเพิ่มขึ้นเป็น 3 เท่า คือ

$$Q_T = 3 \times Q = 3 \times 66.66 = 200\ cc/s = 0.00020000\ (m^3/s)$$

$$A = \pi D^2 / 4 = \pi(0.008)^2 / 4 = 0.00005024\ m^2$$

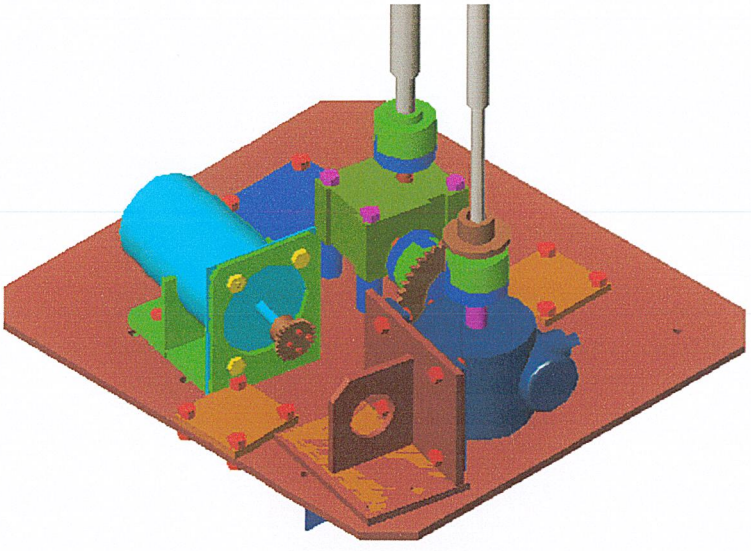
$$A_T = 3 \times A = 3 \times 0.00005024 = 0.00015072\ m^2$$

ดังนั้น $V_2 = \frac{Q_T}{A} = \frac{0.00020000}{0.00005024} = 3.98089\ (m/s)$

ดังนั้นหาความสูงของระดับน้ำ จะได้ว่า

$$Z_1 - Z_2 = \frac{V_2^2}{2g} = \frac{(3.98089)^2}{2x9.81}\ \frac{(m^2/s^2)}{(m/s^2)} = 0.807721\ \text{m.} = 80.7721\ \text{cm.}$$

2.6 ชุดขับเคลื่อนเพลา



รูปที่ 2.4 แสดงชุดขับเคลื่อนเพลา

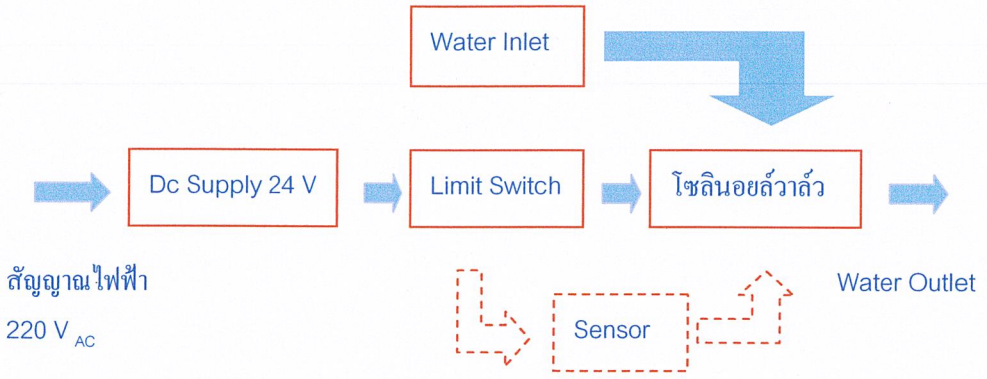
ความเร็วรอบของเพลาขับของชุดบรรจุ (ประมาณ 10 รอบ/นาที) จะน้อยกว่าความเร็วรอบของมอเตอร์ (ประมาณ 600 rpm) มาก ดังนั้นเราจึงใช้เฟืองทดรอบที่มีอัตราทด 60:1 และเฟืองที่มีขนาด 3:1 โดยใช้ขับระหว่าง Worm Gear 60:1 กับมอเตอร์เพื่อทดรอบอีกที

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

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 และเหตุผลทางด้านราคาจะถูกกว่าใช้สายพาน

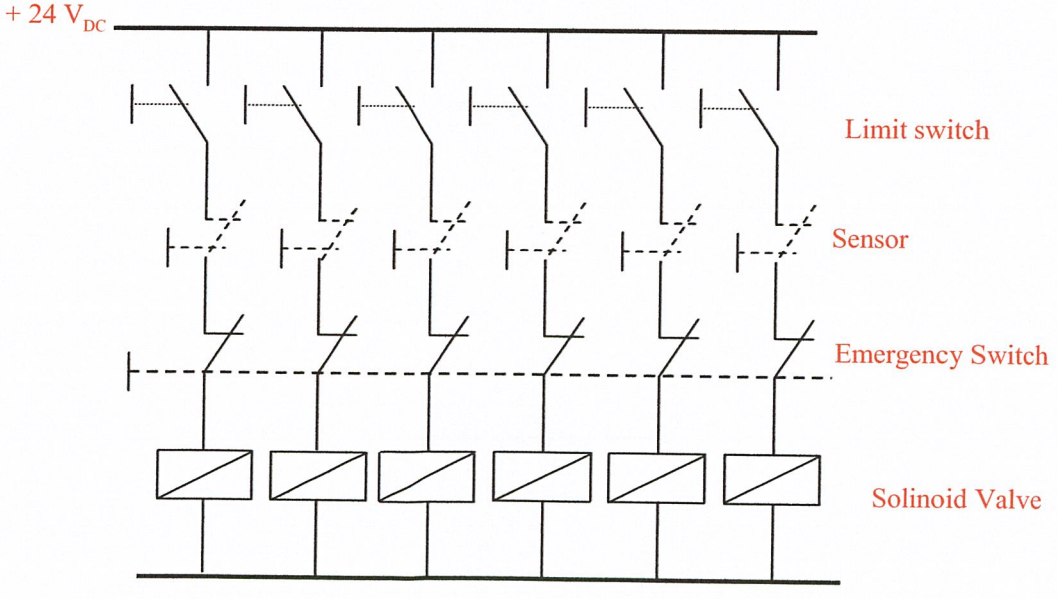
2.7 การออกแบบวงจรควบคุมทางไฟฟ้า

การควบคุมน้ำเข้าออกเราใช้โซลินอยล์วาล์วในการเปิด-ปิดน้ำ โดยจะรับสัญญาณไฟ 24 V_{DC} จาก Limit Switch ดังแสดงตาม Block Diagram



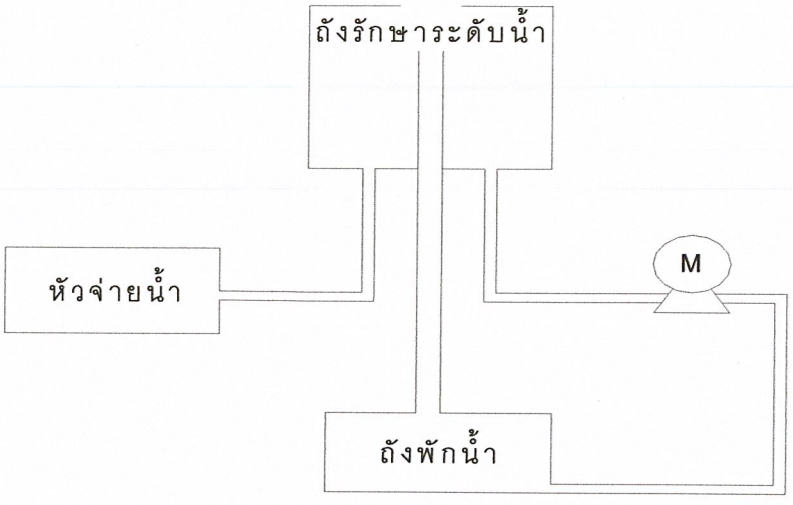
รูปที่ 2.5 Block Diagram แสดงการทำงานของโซลินอยล์วาล์ว

สัญญาณไฟฟ้าจะต่อผ่าน Limit Switch เพื่อให้ Limit Switch เป็นตัวกำหนดให้โซลินอยล์วาล์วทำงาน สภาวะ ON-OFF ของ Limit Switch จะถูกสั่งโดยกระบอกสูบ สามารถแสดงได้ ดังรูปที่ 2.6 One Line Diagram



รูปที่ 2.6 One Line Diagram

2.8 การรักษาระดับน้ำ

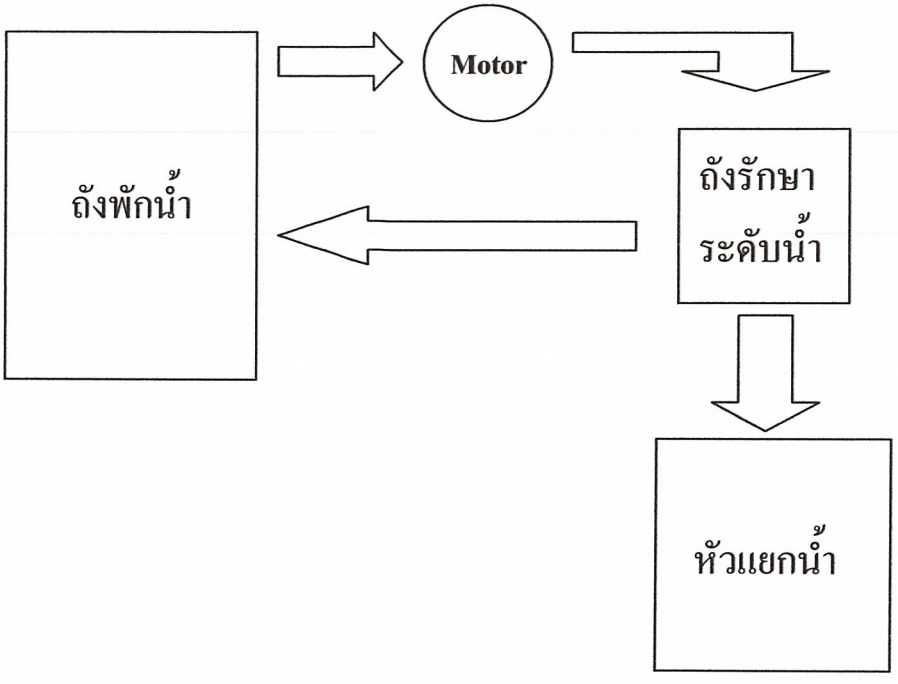


รูปที่ 2.7 รูปแสดงการควบคุมระดับน้ำ

ในการรักษาระดับน้ำของเครื่องบรรจุน้ำ ซึ่งมีหลักการในการบรรจุโดยอาศัยหลักการแรงโน้มถ่วงของโลก (Gravity) และมีอุปกรณ์อิเล็กโทรนิกส์เข้ามาช่วย โดยมีการเคลื่อนที่แบบโรตารี มีการบรรจุแบบต่อเนื่อง คือน้ำจะไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำ โดยใช้ความดันบรรยากาศเป็นตัวดันน้ำให้ไหลลงมาโดยจะผ่านมาทางหัวจ่ายน้ำ เข้ามายังถังแยกน้ำไปยังหัวจ่ายน้ำแต่ละหัวจ่าย และจะมีโซ-ลินอยล์วาล์ว เป็นตัวควบคุม การปิด-เปิดน้ำ การปิด-เปิดน้ำจะใช้ Limit Switch เป็นตัวควบคุมการปิด-เปิดของโซลินอย์วาล์ว ดังนั้น อัตราการไหลของน้ำที่ใช้ในการบรรจุน้ำจึงมีผลกระทบมากในการบรรจุน้ำ คือถ้าระดับน้ำสูงก็จะมีอัตราการไหลที่สูง มิฉะนั้นเราจะต้องควบคุมระดับน้ำให้ตามที่เราต้องการและจะต้องสัมพันธ์กับความเร็วรอบในการหมุนของการบรรจุน้ำ โดยอัตราการหมุนเรามีการทดรอบ และควบคุมการหมุนได้โดยการป้อนแรงดันที่ป้อนให้กับ DC Motor Drive

การรักษาระดับน้ำจะมีการปั๊มน้ำขึ้นไปบนถังรักษาระดับน้ำตลอดเวลา โดยจะมีท่อน้ำล้นอยู่ตรงกลางของถังรักษาระดับน้ำ เมื่อปั๊มน้ำขึ้นไปสูงกว่าท่อน้ำล้นน้ำก็จะล้นและไหลลงมายังถังพักน้ำเหมือนเดิม และมีการต่อท่อจากถังรักษาระดับน้ำไปยังหัวจ่ายน้ำเข้าสู่หัวจ่ายน้ำ และจะต้องมีการปรับความเร็วรอบให้สัมพันธ์กับอัตราการไหลของน้ำ และสัมพันธ์กับปริมาตรของขวดน้ำที่จะทำการบรรจุ

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



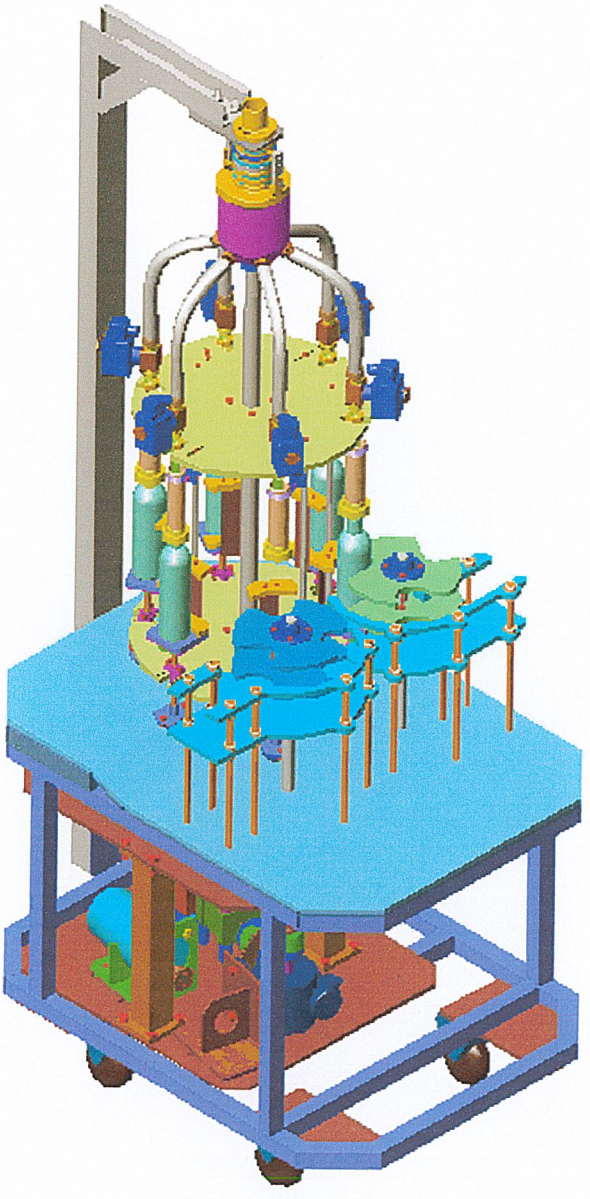
รูปที่ 2.8 ขบวนการควบคุมระดับน้ำ

55051

บทที่ 3
ส่วนประกอบหลักของเครื่องบรรจุของเหลวที่ออกแบบ

3.1 กล่าวนำ

ในการออกแบบเครื่องบรรจุของเหลวในโครงงาน เราใช้หลักการแรงโน้มถ่วง (Gravity) และการเคลื่อนของขวดในการเติมของเหลวคือน้ำจะไหลจากถังพักในระดับที่สูงกว่าขวดโดยที่ขวดจะอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าโดยใช้ความดันบรรยากาศเป็นความดันให้น้ำไหลลงมาโดยจะผ่านวาล์วลงมาที่หัวจ่าย หัวจ่ายจะมีโซลินอยล์วาล์วเป็นตัวควบคุมการปิด-เปิดน้ำ



รูปที่ 3.1 แสดงภาพรวมเครื่องบรรจุภัณฑ์ขั้นตอนในการบรรจุ

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

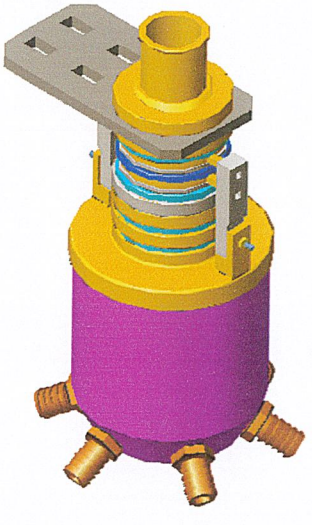
3.2.1 ชุดถังบรรจุและชุดนำน้ำเข้า

3.2.2 ชุดหัวจ่ายและฐานรองรับขวด

3.2.3 ชุด Star Wheel (เป็นชุดจัดขวดเข้า-ขวดออกในการเติม)

3.2.4 ชุดขับเคลื่อนเพลาและทดรอบ

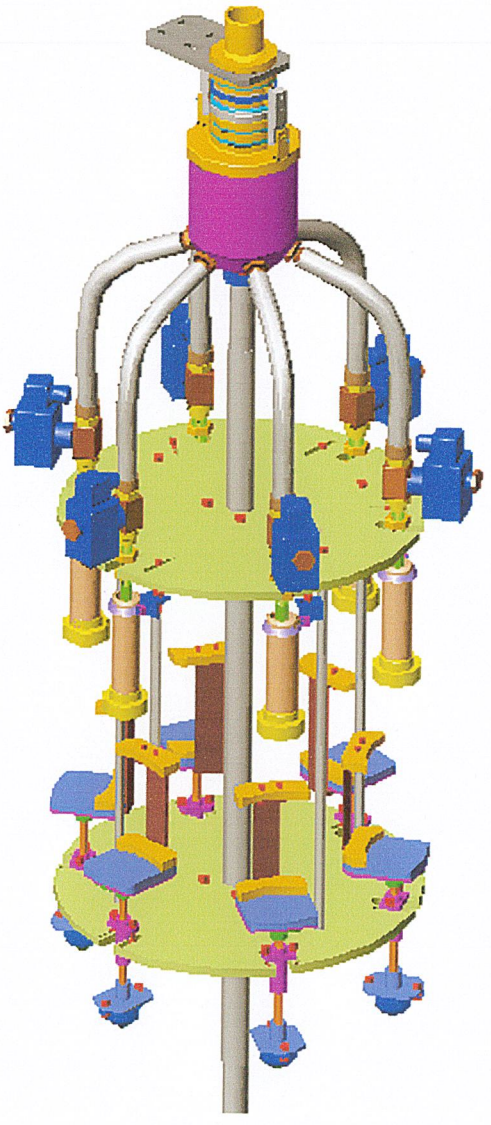
3.2.1 ชุดถังบรรจุและชุดนำน้ำเข้าหัวบรรจุ



รูปที่ 3.2 ชุดนำน้ำเข้าหัวจ่าย

จากรูปเป็น จุดต่อท่อเพื่อแยกน้ำเข้าหัวจ่ายทั้งหมด 6 หัวและจุดน้ำเข้า 1 จุด โดยส่วนที่เป็นน้ำเข้าจะอยู่กับที่และส่วนที่น้ำออกจะหมุนตามเพลา การควบคุมระดับน้ำในถังให้คงที่เราใช้ลูกลอยในการควบคุมระดับ ดังนั้นจะลดลงมาไม่มากเพราะถ้าน้ำลดระดับลงลูกลอยจะตก น้ำจะไหลออกมาจนกระทั่งลูกลอยสูงขึ้นอยู่ในลักษณะปิดวาล์วน้ำ

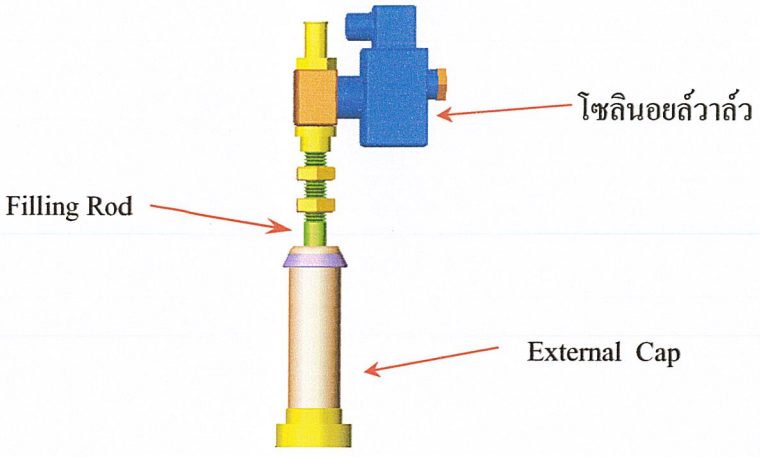
3.2.2 ชุดหัวจ่ายและชุดฐานรองรับขวด



รูปที่ 3.3 ชุดหัวจ่ายและชุดฐานรองรับขวด

จากรูปที่ 3.3 ชุดหัวจ่ายและชุดฐานรองรับขวดประกอบด้วย

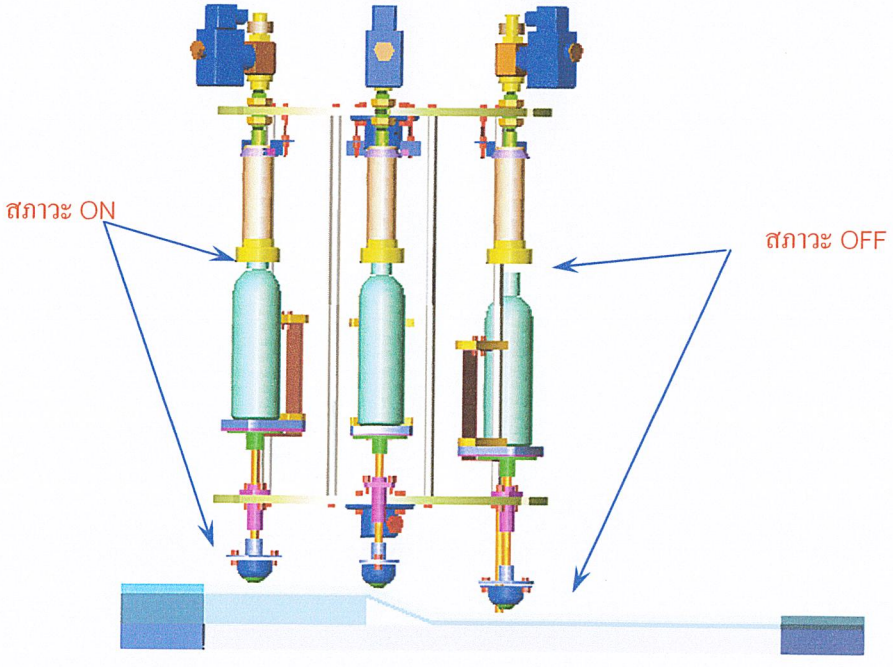
3.2.2.1 หัวจ่าย (Filling Head)



รูปที่ 3.4 หัวจ่าย Limit switch

1. Filling Rod หรือตัวท่อที่น้ำผ่านส่วนบน จะติดกับโซลินอยล์วาล์วด้านล่างปีกนกกันไม่ให้ส่วนปลอกหล่น และทำล่องเว้าเพื่อใส่ล่องแหวน o – ring

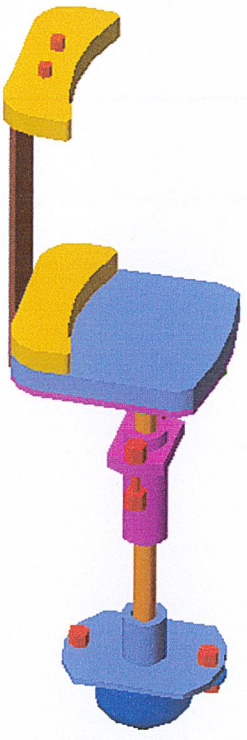
2. External Cap เป็นตัวกดหัวขวดบรรจุและเป็นตัวดันเพื่อกด Limit Switch และที่ปลายสัมผัสกับขวดจะออกแบบให้มีขนาดใหญ่กว่าปากขวด คือ 3.1 เซนติเมตร ปากขวดมีขนาดประมาณ 2.75 เซนติเมตร



รูปที่ 3.5 ชุดโซลินอยล์วาล์วและ Limit Switch

โซลินอยล์วาล์วจะทำงานสัมพันธ์กับ Limit Switch เมื่อ Limit Switch ถูกกด โซลินอยล์วาล์วจะปล่อยน้ำไหลลงสู่ขวด และเมื่อไม่ถูกกดก็จะทำการปิดวาล์ว

3.2.2.2 ฐานรองรับขวด



รูปที่ 3.6 แสดงฐานรองรับขวด

ฐานรองขวด ประกอบด้วย

1. หัวประคองขวด จะอยู่ในระดับตรงกลางขวดช่วยกันจับขวดให้อยู่นิ่งขณะกำลังเติมหรือ ขณะฐานเคลื่อนที่และจะอยู่สูงจากฐานรองรับขวดประมาณ 115 เซนติเมตร

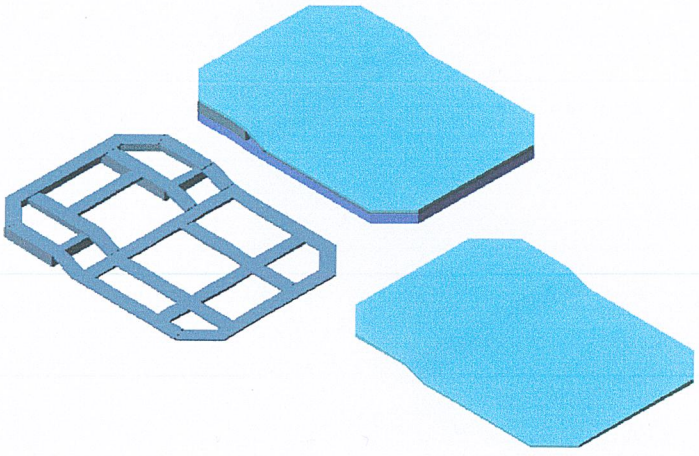
2. ฐานรองรับก้นขวดจะประกอบด้วยวัสดุ 3 ชิ้น คือ

2.1 เหล็กแผ่น มีความหนา 0.1 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 7 เซนติเมตร จะยึดติดกับแกนเหล็ก

2.2 พลาสติกหนา มีความหนา 1 เซนติเมตร เจาะรูใส่หัวน็อตฝังเก็บหัวน็อต เพื่อป้องกันการติดและสะดุดของขวด และทำการยึดติดกับแผ่นเหล็ก

3. แกนเหล็ก มีความยาว 10.50 เซนติเมตร ซึ่งติดกับล้อเคลื่อนที่ บริเวณแกนจะมีปลอกลูกปืนสวมอยู่ ซึ่งปลอกลูกปืนนี้จะเชื่อมติดกับแขนด้วย น็อตเราสามารถปรับระดับได้และแขนนี้จะเชื่อมติดกับเพลาหมุน โดยแกนเหล็กนี้จะเคลื่อนที่ขึ้นลงตามระดับของพื้นที่เราได้ทำการออกแบบไว้

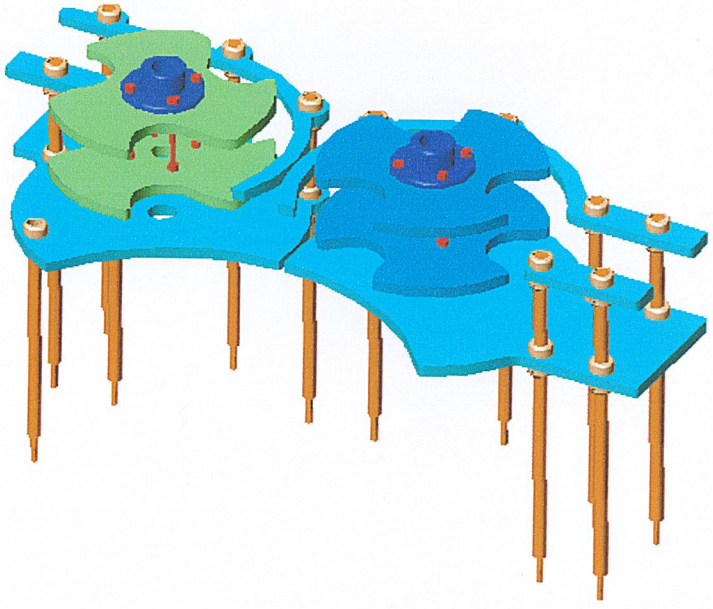
3.2.2.3 พื้นที่ต่างระดับ



รูปที่ 3.7 แสดงพื้นที่ต่างระดับ

มีไว้สำหรับล้อวิ่งในการบรรจุ ทางต่างระดับจะเป็นจุดเริ่มในการบรรจุและจุดน้ำเต็มสิ้นสุดการบรรจุ

3.2.3 ชุดขับ Star Wheel



รูปที่ 3.8 รูปแสดงด้านข้างและด้านบนของ Star Wheel นำขวดเข้า-ออก

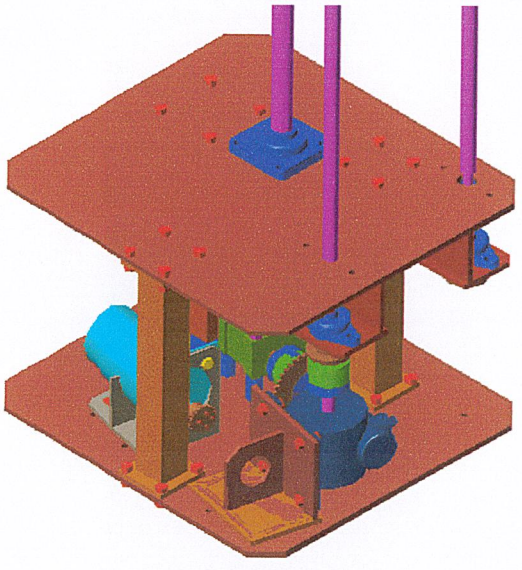
ชุดขับ Star Wheel

ชุดขับ Star Wheel คืออุปกรณ์ที่จะนำขวดเข้ารายการผลิตและนำขวดออกจากรายการผลิต ซึ่งจังหวะเข้าหรือออกต้องสัมพันธ์กันกับฐานรองรับขวดที่เคลื่อนที่ตามเพลาหมุน

รูปร่างลักษณะของ Star Wheel ที่ออกมาเป็นลักษณะนี้ได้มาเนื่องจากการ Plot การเข้าออกของขวดทีละองศา และทำการตัดเว้ามุมของ Star Wheel เพื่อไม่ให้ส่วนใดส่วนหนึ่งของ Star Wheel ไปชนขวดล้ม

ฐานรองขวดที่อยู่ใต้ Star Wheel เราได้จากการ Plot องศาของขวดที่เข้ามาและออกไปเหมือนกับการที่ Plot Star Wheel

3.2.4 ชุดขับเคลื่อนเพลาและ Star Wheel



รูปที่ 3.9 แสดงชุดขับเคลื่อนเพลาและ Star Wheel

ความเร็วรอบของเพลาขับของชุดบรรจุ (ประมาณ 10 รอบ/นาที) จะน้อยกว่าความเร็วรอบของมอเตอร์ (ประมาณ 600 rpm) มาก ดังนั้นเราจึงใช้เฟืองทดรอบที่มีอัตราทด 60:1 และเฟืองที่มีขนาด 3:1 โดยใช้ขับระหว่าง Worm Gear 60:1 กับมอเตอร์เพื่อทดรอบอีกที

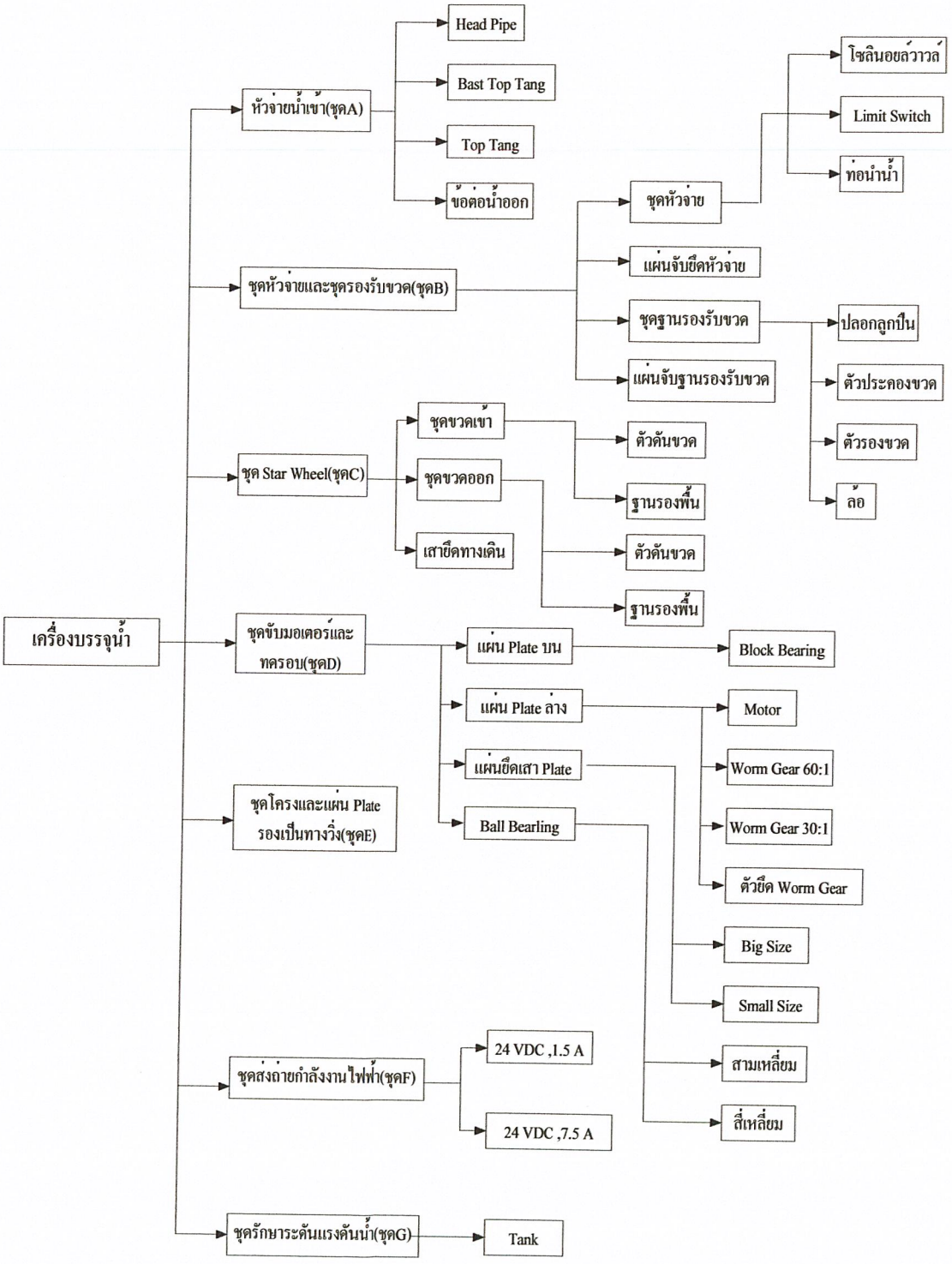
Worm Gear 30:1 จะมีเพลตต่อเป็นแกนเดียวกับ Worm Gear 60:1 โดยต่อด้วย Coupling เพื่อขับ Star Wheel และเราจะได้อัตราส่วนในการหมุนของเพลาขับชุดจ่ายกับเพลาขับ Star Wheel เป็นดังที่ต้องการ

Star Wheel ของชุดขวดเข้าและชุดขวดออกจะมีความสัมพันธ์กัน เราใช้สเตอร์และใช้โซ่ดึงเพื่อให้หมุนโดยสัมพันธ์กัน ดังรูป 2.3

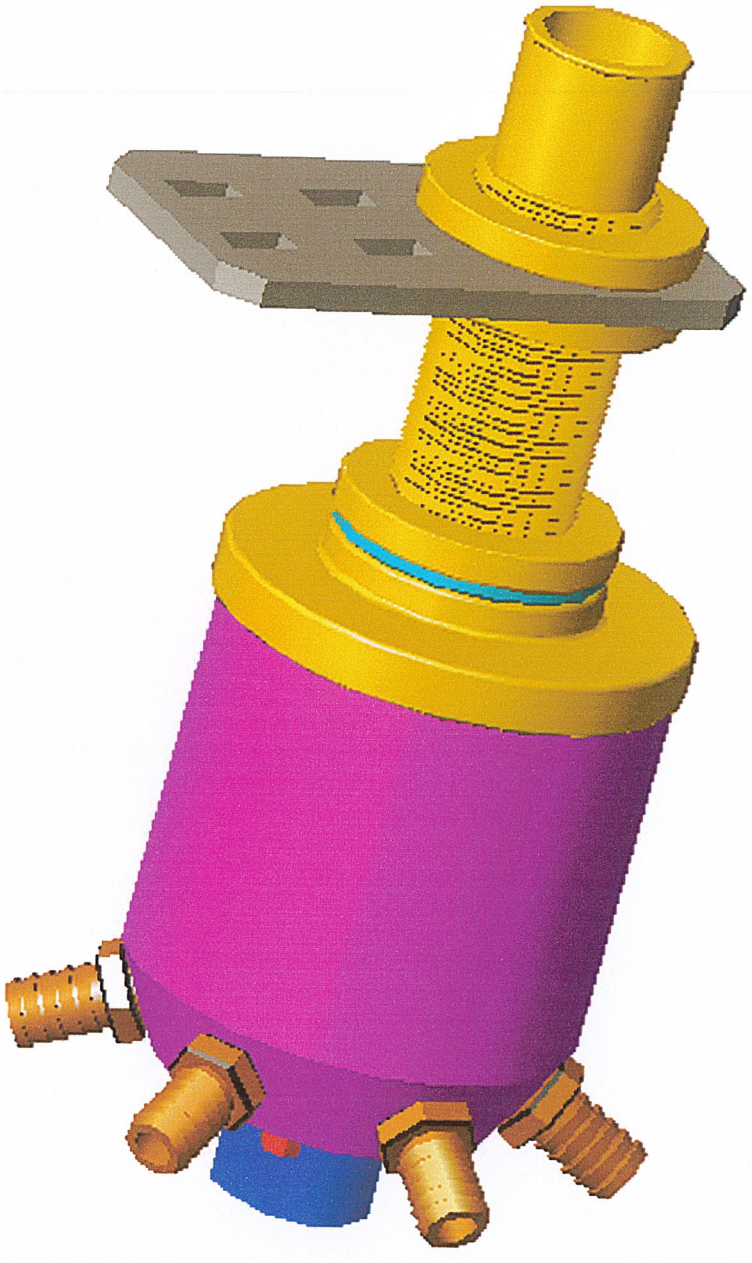
ซึ่งจากการทำงานเราเลือกใช้ Worm Gear ของ Star Wheel ที่มีอัตราทด 30:1 เพื่อลดความเร็วรอบและใช้ Worm Gear ของชุดหัวจ่ายเป็น 60:1 เพื่อลดความเร็วรอบซึ่งก็จะได้อัตราส่วนความเร็วรอบระหว่างชุดหัวจ่ายกับชุด Star Wheel เท่ากับ 2:1 เช่นเดิม และจากการเลือกใช้ Worm Gear ทดรอบและรักษาอัตราส่วนเราก็จะต้องมีการ Coupling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

บทที่ 4

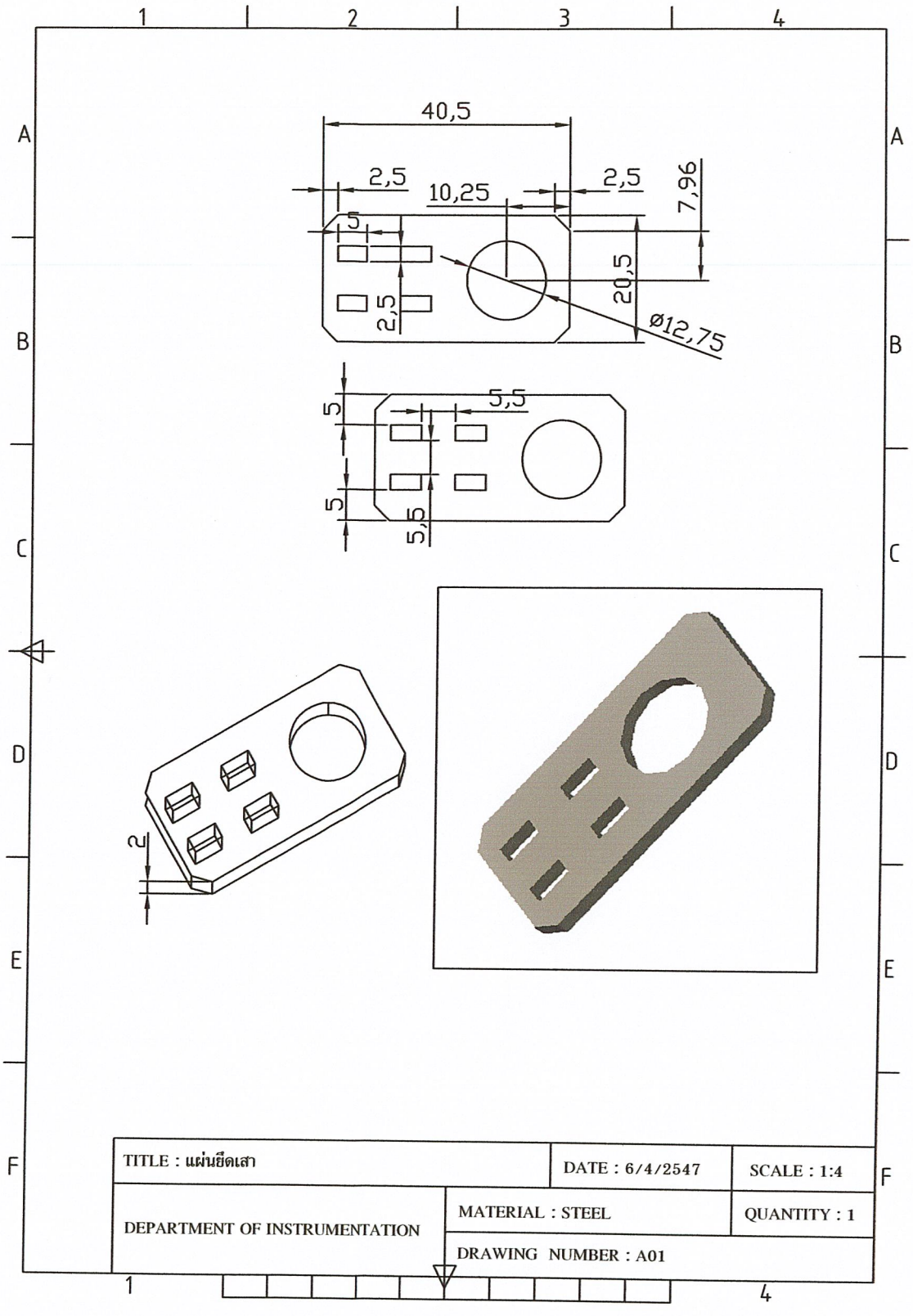
แสดงรายละเอียดของชิ้นส่วนต่างๆ และการประกอบ



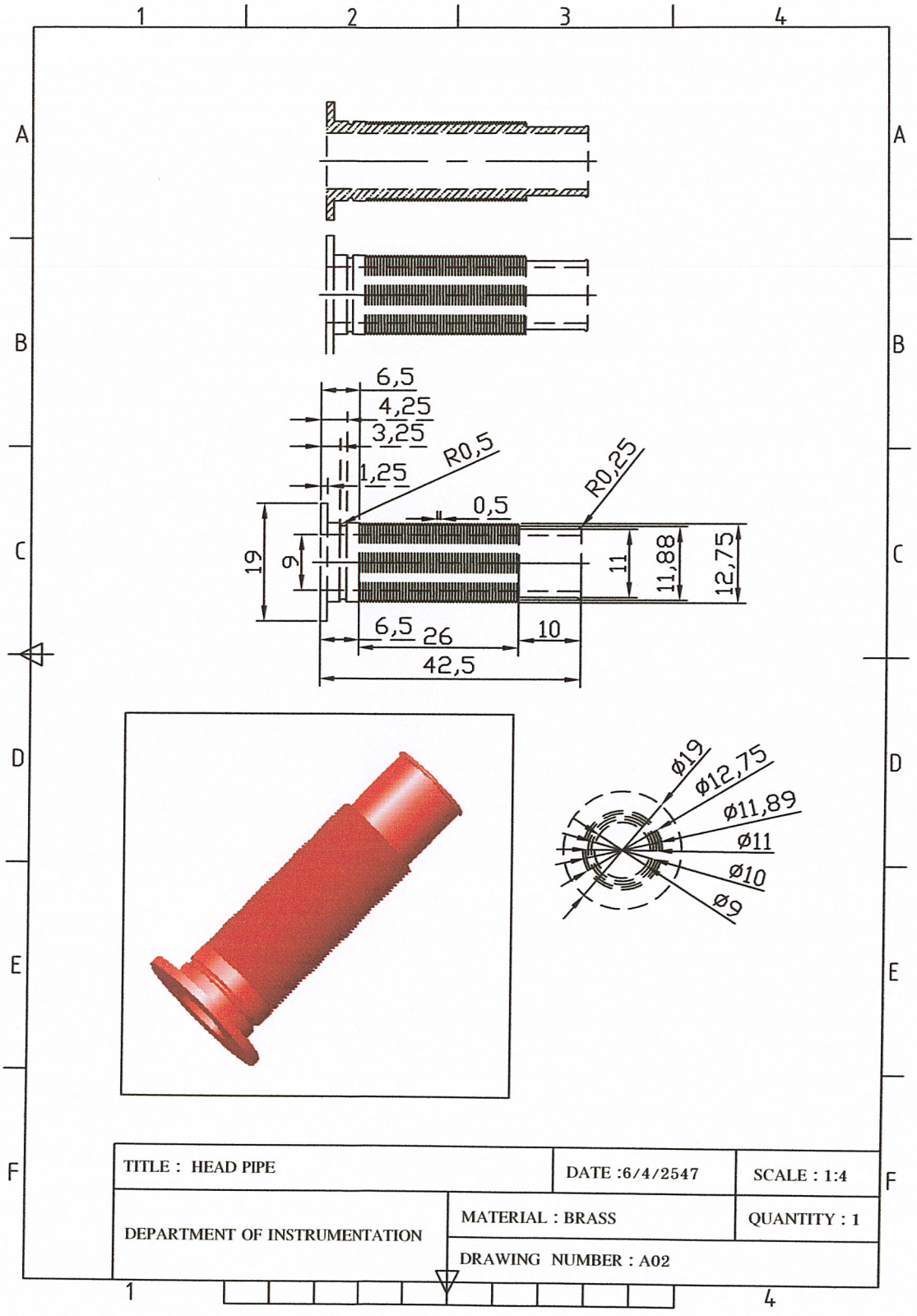
4.1 แบบหัวจ่ายน้ำเข้าและน้ำออก



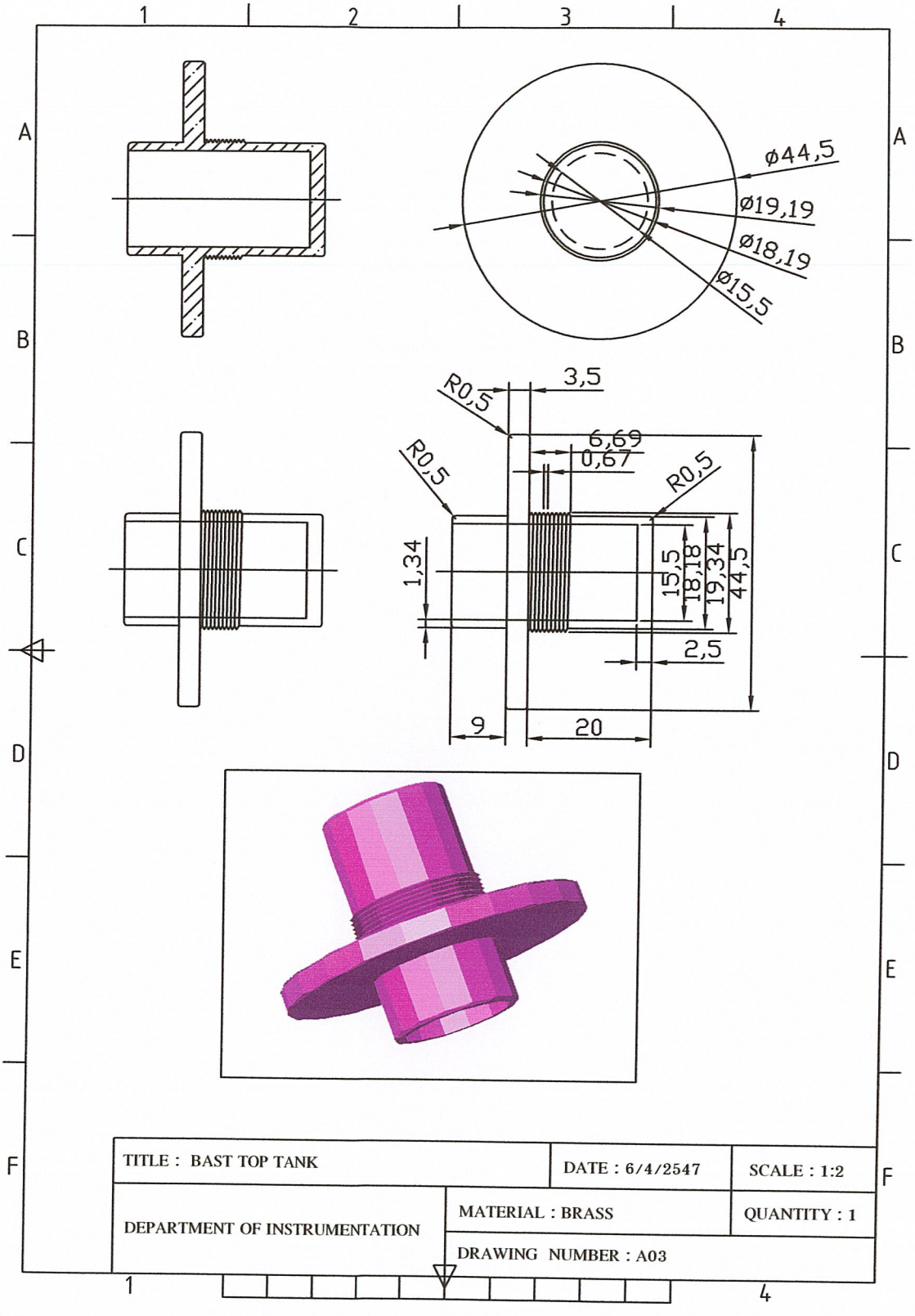
รูปที่ 4.1 แสดงรูปหัวจ่ายน้ำเข้าและน้ำออก ชุด A

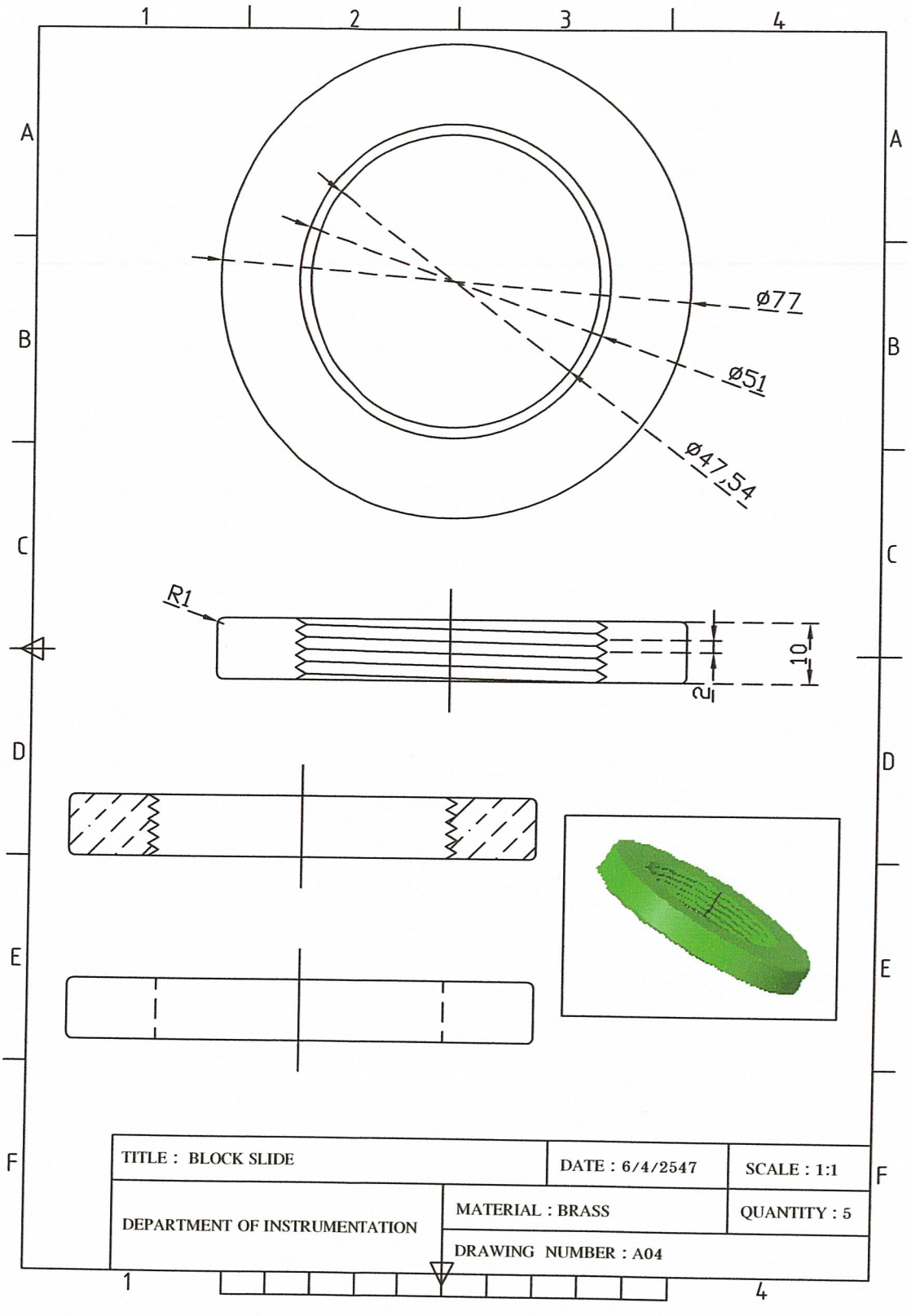


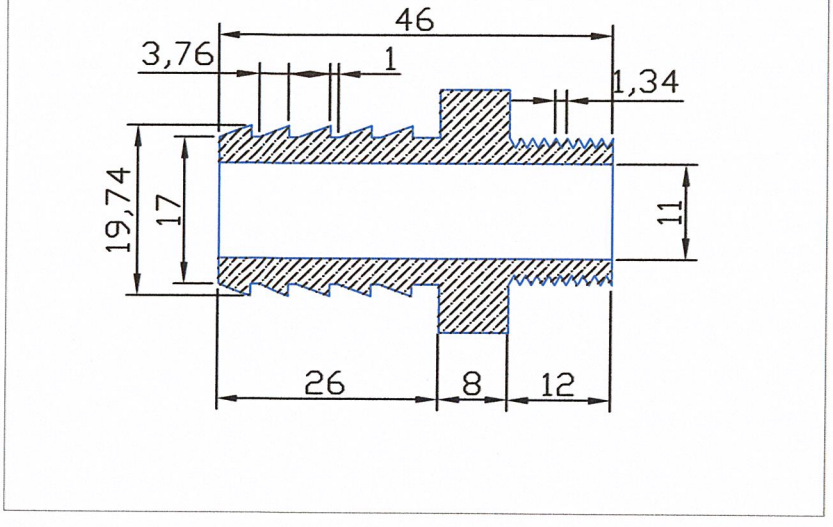
TITLE : แผ่นยึดเสา	DATE : 6/4/2547	SCALE : 1:4
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION	MATERIAL : STEEL	QUANTITY : 1
	DRAWING NUMBER : A01	

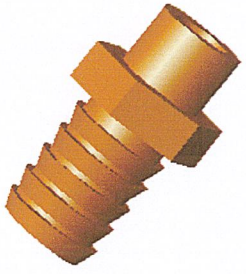


TITLE : HEAD PIPE	DATE :6/4/2547	SCALE : 1:4
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION	MATERIAL : BRASS	QUANTITY : 1
	DRAWING NUMBER : A02	

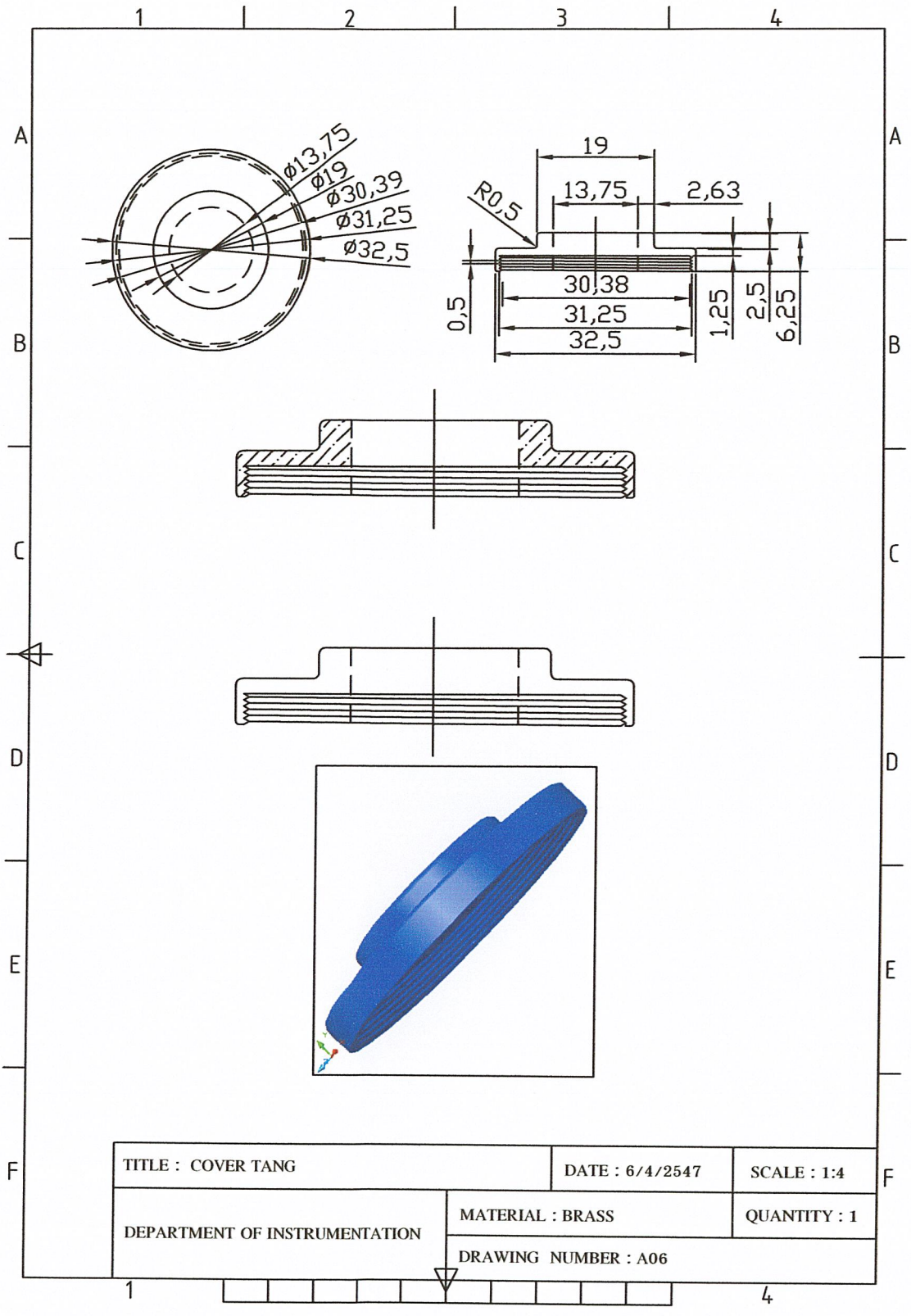

1
2
3
4
A
B
C
D
E
F
ø44,5
Ø19,19
Ø18,19
Ø15,5
R0,5
3,5
6,69
0,67
1,34
15,5
18,18
19,34
44,5
2,5
9
20
TITLE : BAST TOP TANK
DATE : 6/4/2547
SCALE : 1:2
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION
MATERIAL : BRASS
QUANTITY : 1
DRAWING NUMBER : A03

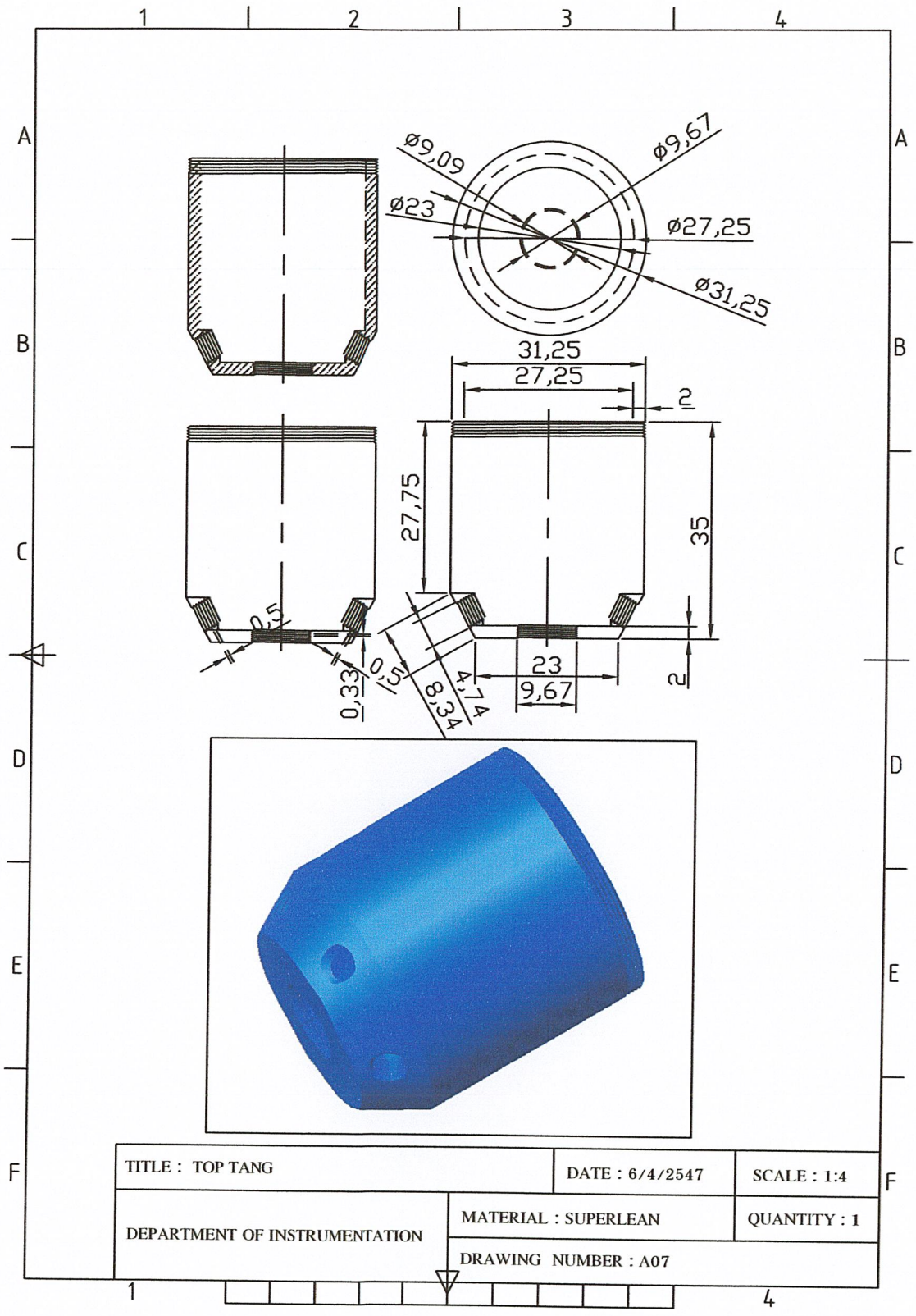

1
2
3
4
A
B
C
D
E
F
ø77
ø51
ø47.54
R1
2
10
TITLE : BLOCK SLIDE
DATE : 6/4/2547
SCALE : 1:1
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION
MATERIAL : BRASS
QUANTITY : 5
DRAWING NUMBER : A04



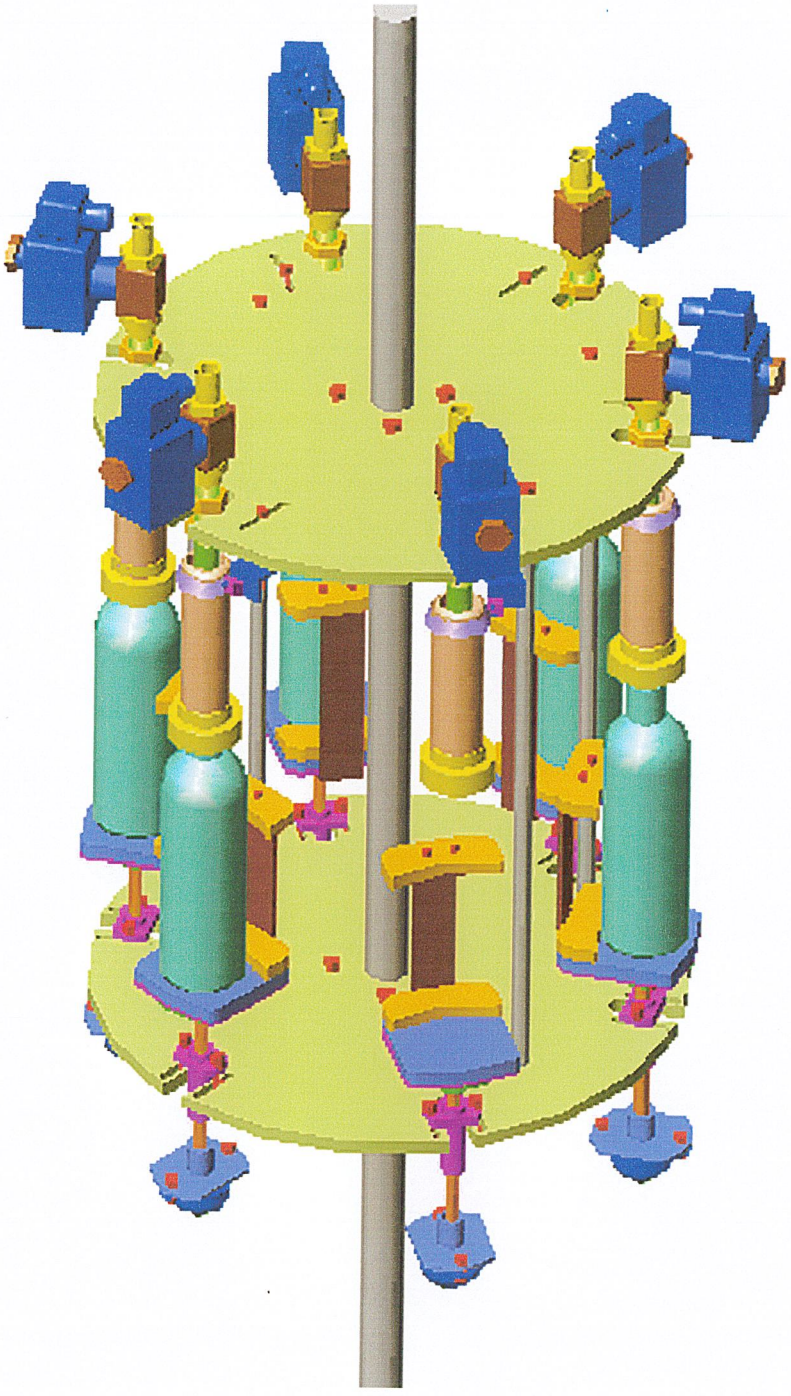


TITLE : ข้อต่อน้ำออกจากซีล	DATE : 6/4/2547	SCALE : 1:1
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION	MATERIAL : BRASS	QUANTITY : 6
	DRAWING NUMBER : A05	

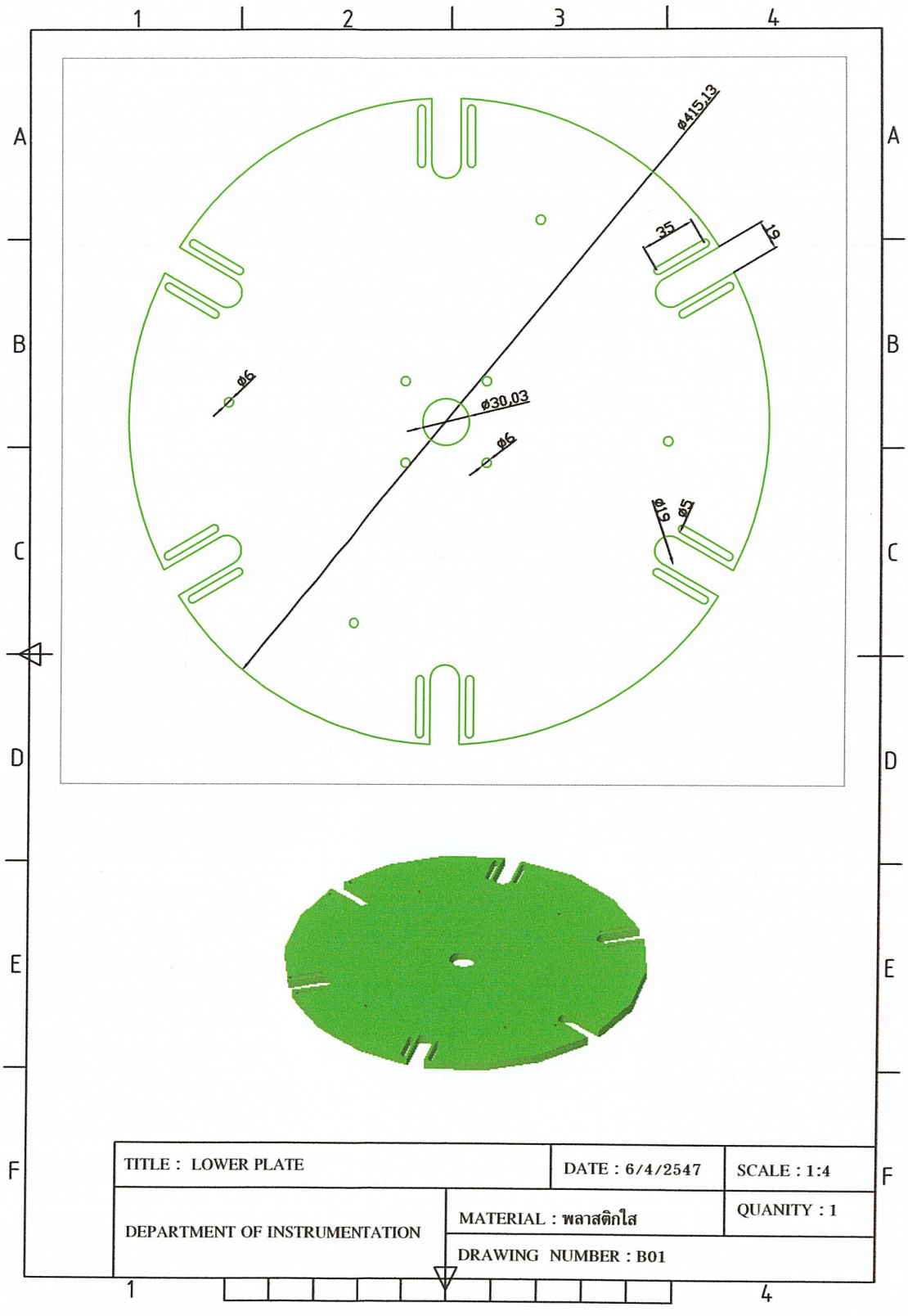

1
2
3
4
A
B
C
D
E
F
ø13,75
ø19
ø30,39
ø31,25
ø32,5
19
R0,5
13,75
2,63
30,38
31,25
32,5
0,5
1,25
2,5
6,25
TITLE : COVER TANG
DATE : 6/4/2547
SCALE : 1:4
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION
MATERIAL : BRASS
QUANTITY : 1
DRAWING NUMBER : A06

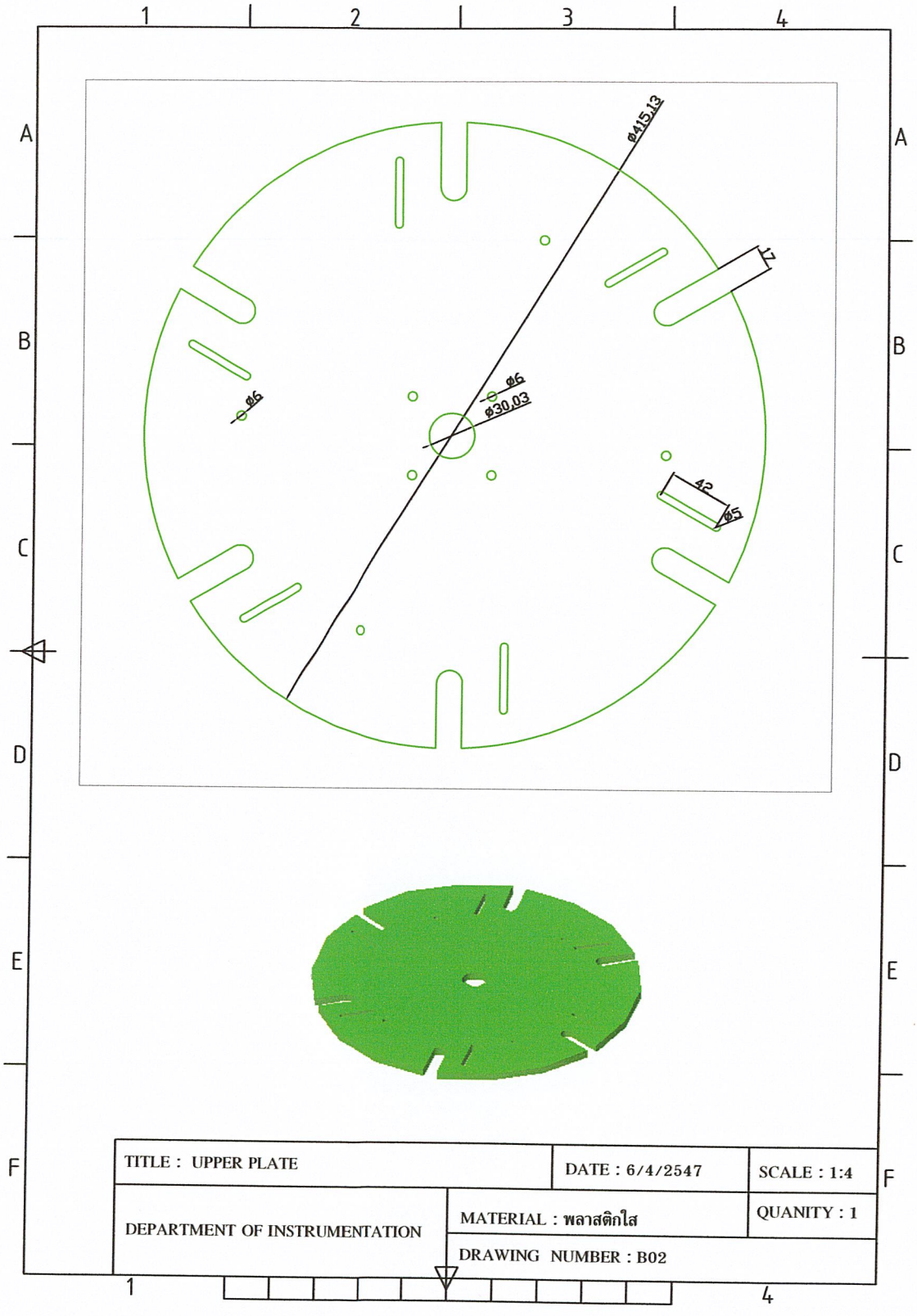

1
2
3
4
A
B
C
D
E
F
ø9,09
ø9,67
ø23
ø27,25
ø31,25
31,25
27,25
2
27,75
35
0,5
0,33
0,5
8,34
4,74
23
9,67
2
TITLE : TOP TANG
DATE : 6/4/2547
SCALE : 1:4
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION
MATERIAL : SUPERLEAN
QUANTITY : 1
DRAWING NUMBER : A07

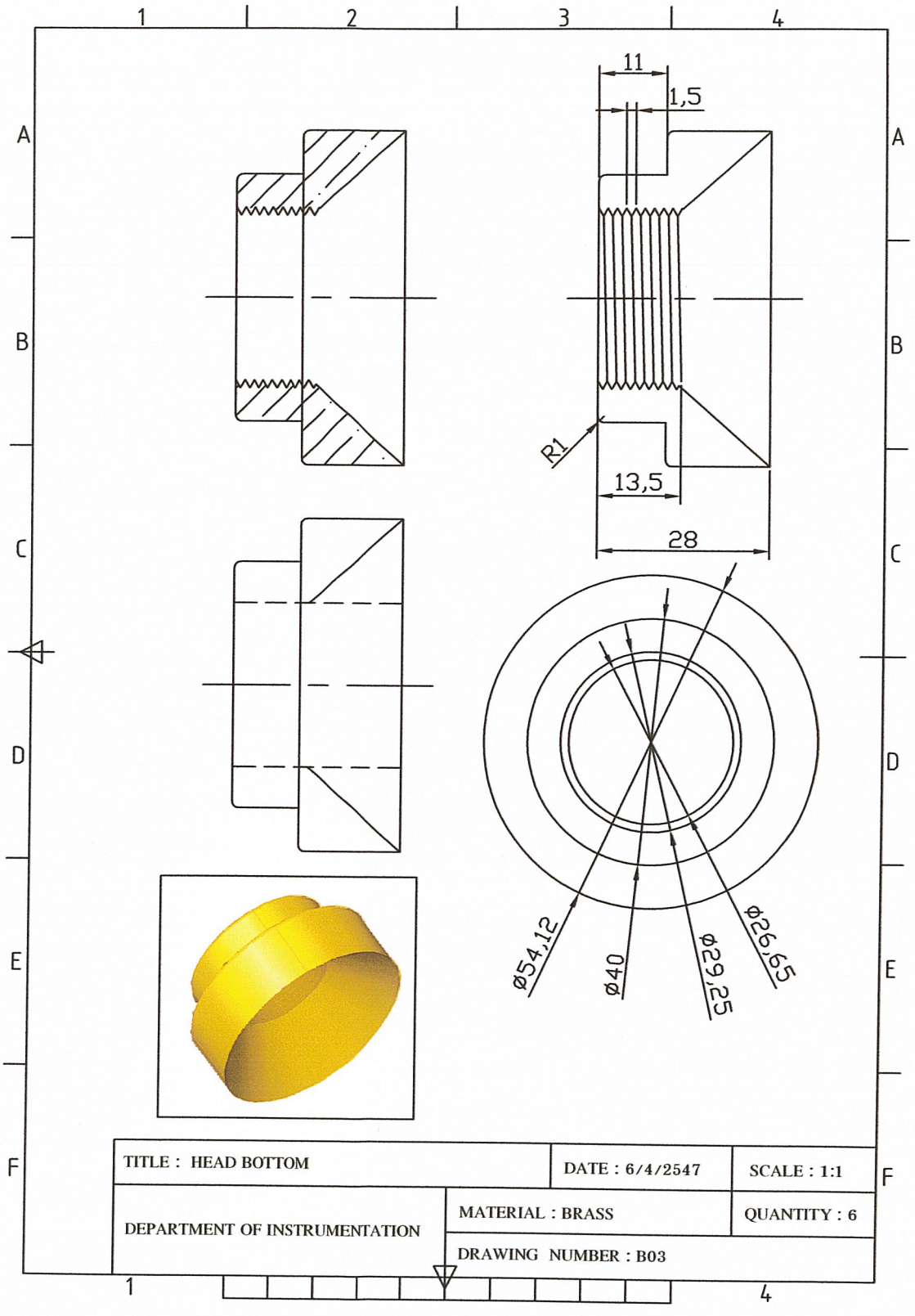
4.2 หัวจ่ายและชุดรองรับขวด



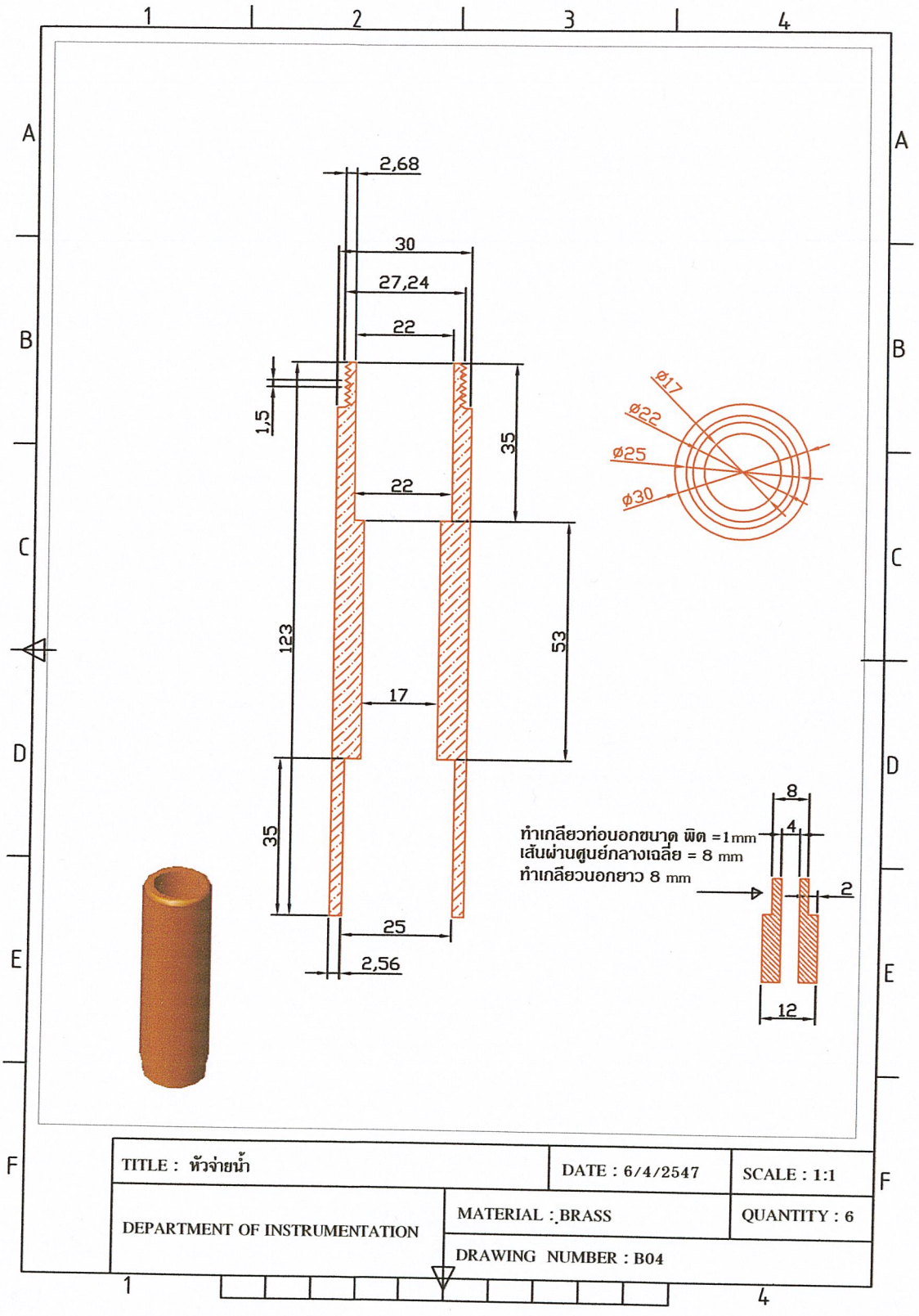
รูปที่ 4.2 แสดงรูปหัวจ่ายและชุดรองรับขวด ชุด B

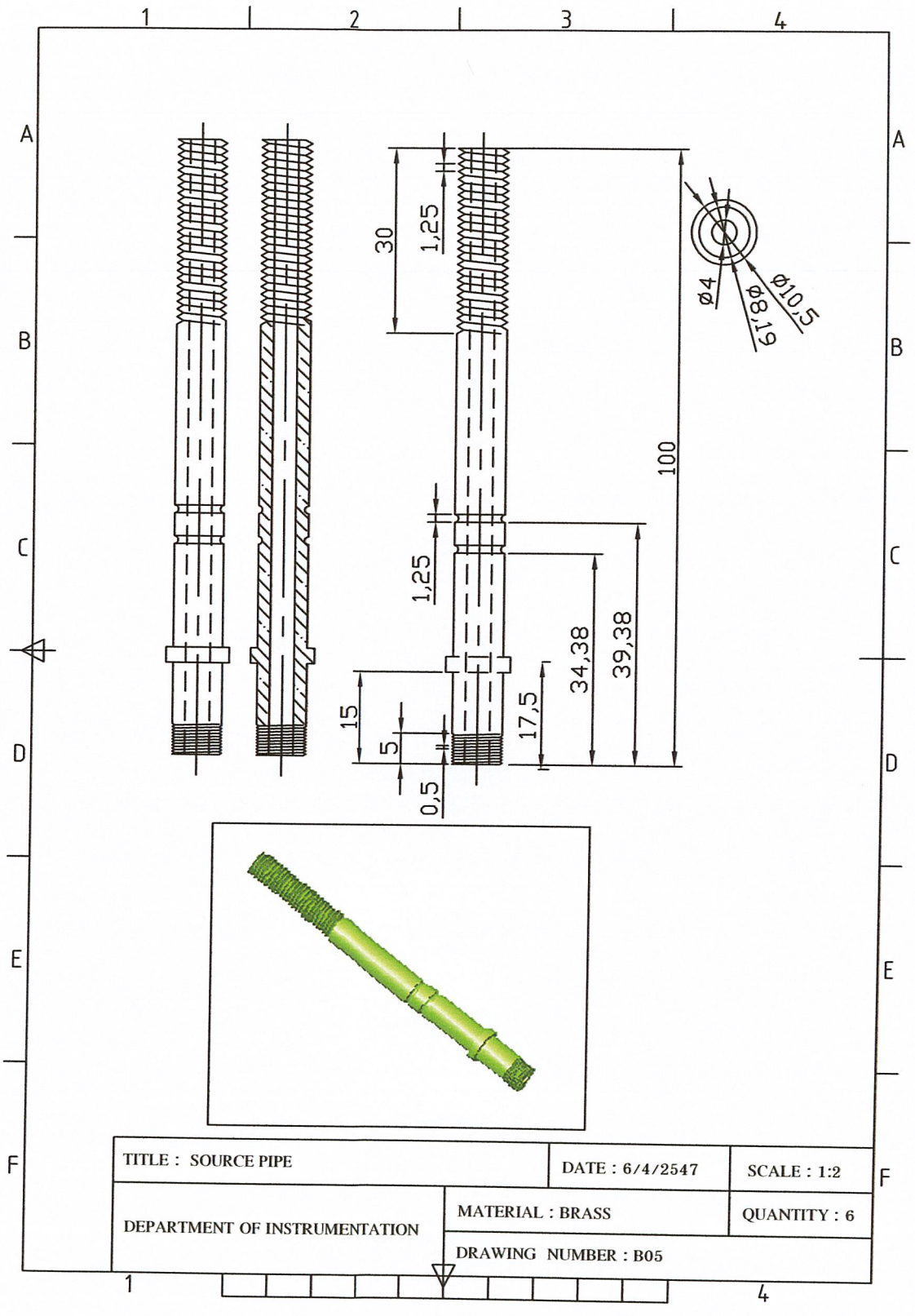

1
2
3
4
A
B
C
D
E
F
ø415.13
35
9
ø6
ø30.03
ø6
ø10
ø5
TITLE : LOWER PLATE
DATE : 6/4/2547
SCALE : 1:4
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION
MATERIAL : พลาสติกใส
QUANITY : 1
DRAWING NUMBER : B01

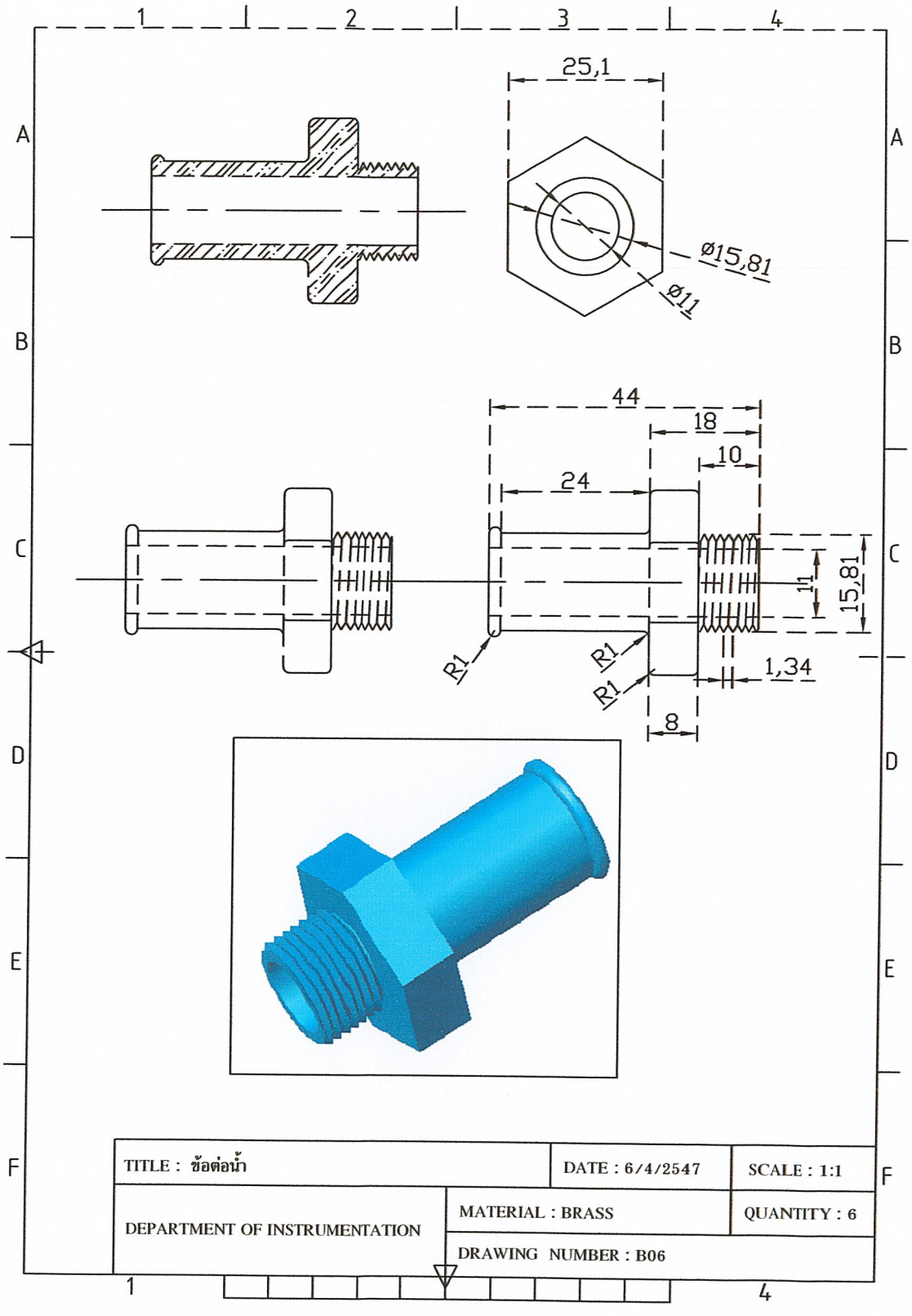

1
2
3
4
A
B
C
D
E
F
ø415.13
17
ø6
ø6
ø30.03
42
ø7
TITLE : UPPER PLATE
DATE : 6/4/2547
SCALE : 1:4
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION
MATERIAL : พลาสติกใส
QUANITY : 1
DRAWING NUMBER : B02

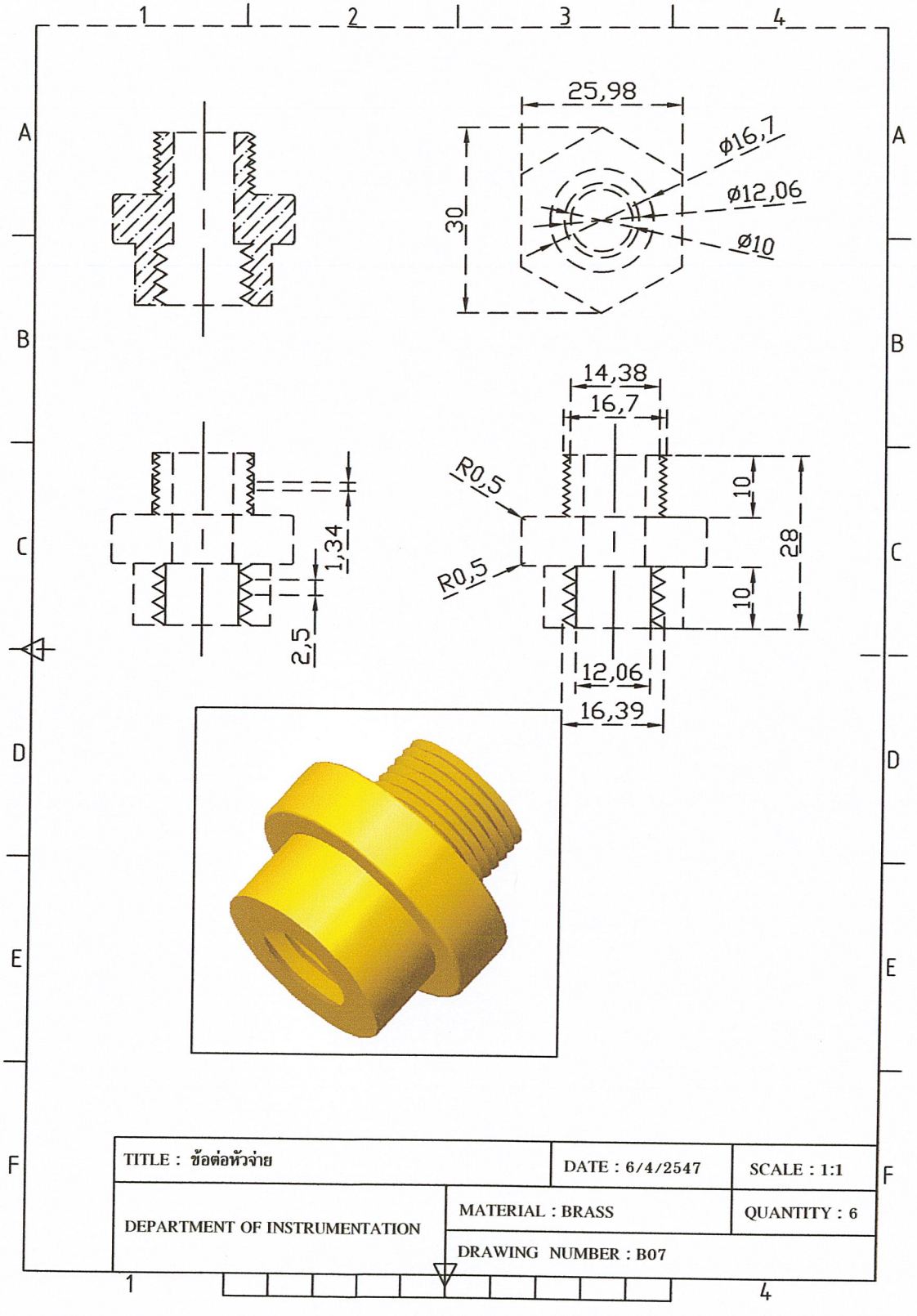


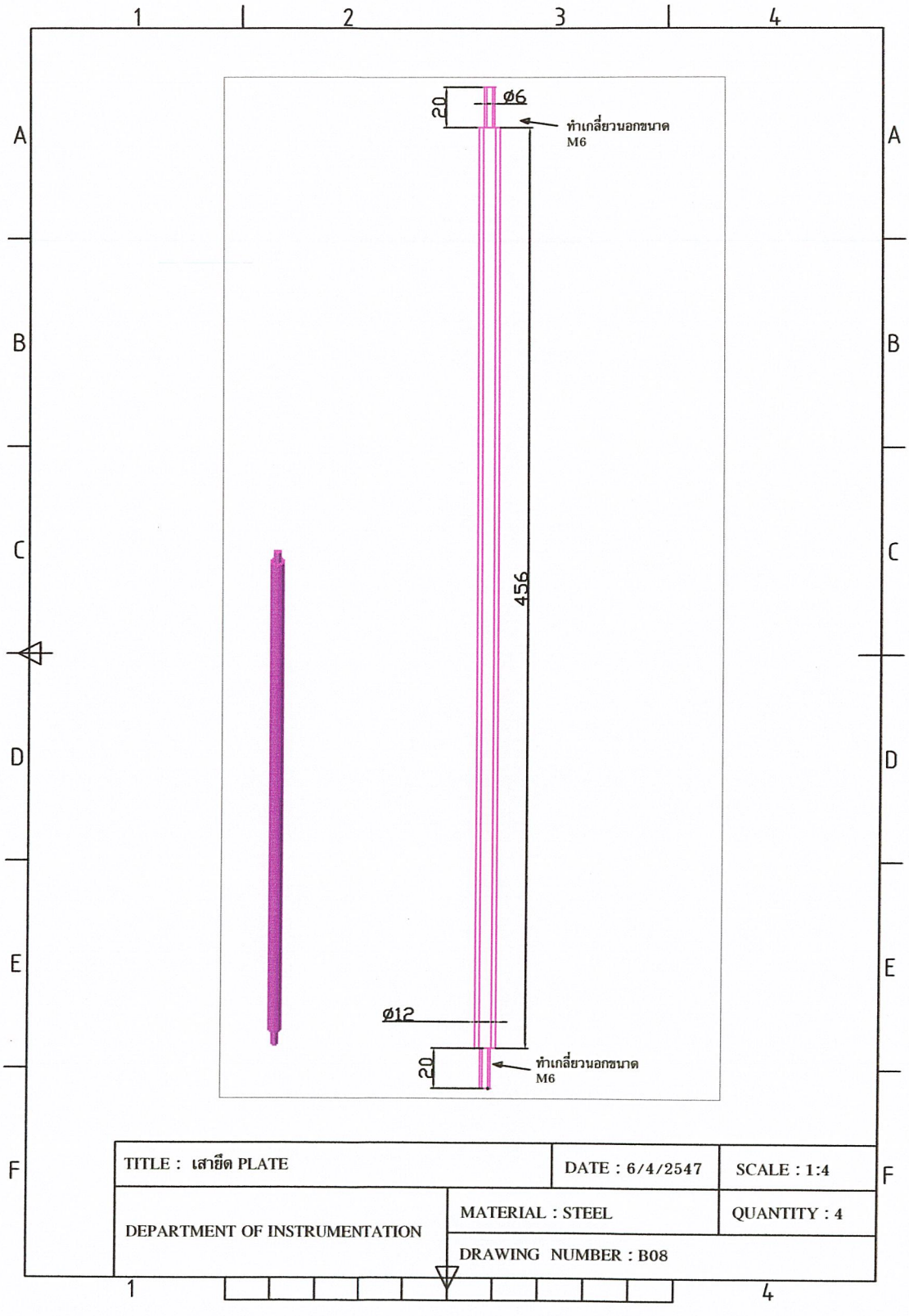
TITLE : HEAD BOTTOM	DATE : 6/4/2547	SCALE : 1:1
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION	MATERIAL : BRASS	QUANTITY : 6
	DRAWING NUMBER : B03	

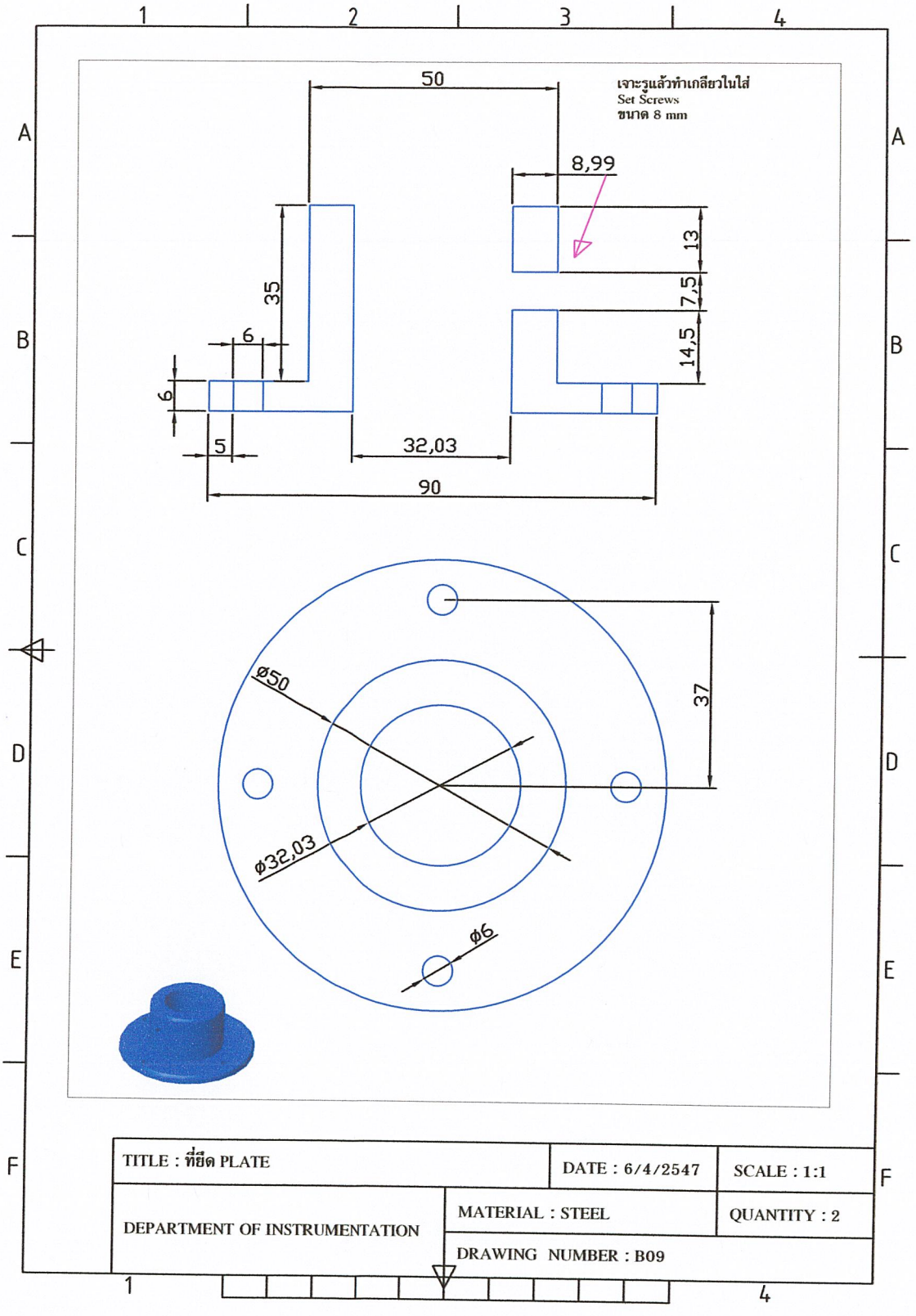

1
2
3
4
A
B
C
D
E
F
2,68
30
27,24
22
1,5
35
22
123
53
17
35
25
2,56
ø17
ø22
ø25
ø30
ทำเกลียวท่อนอกขนาด พิต =1mm
เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย = 8 mm
ทำเกลียวนอกยาว 8 mm
8
4
2
12
TITLE : หัวจ่ายน้ำ
DATE : 6/4/2547
SCALE : 1:1
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION
MATERIAL : BRASS
QUANTITY : 6
DRAWING NUMBER : B04

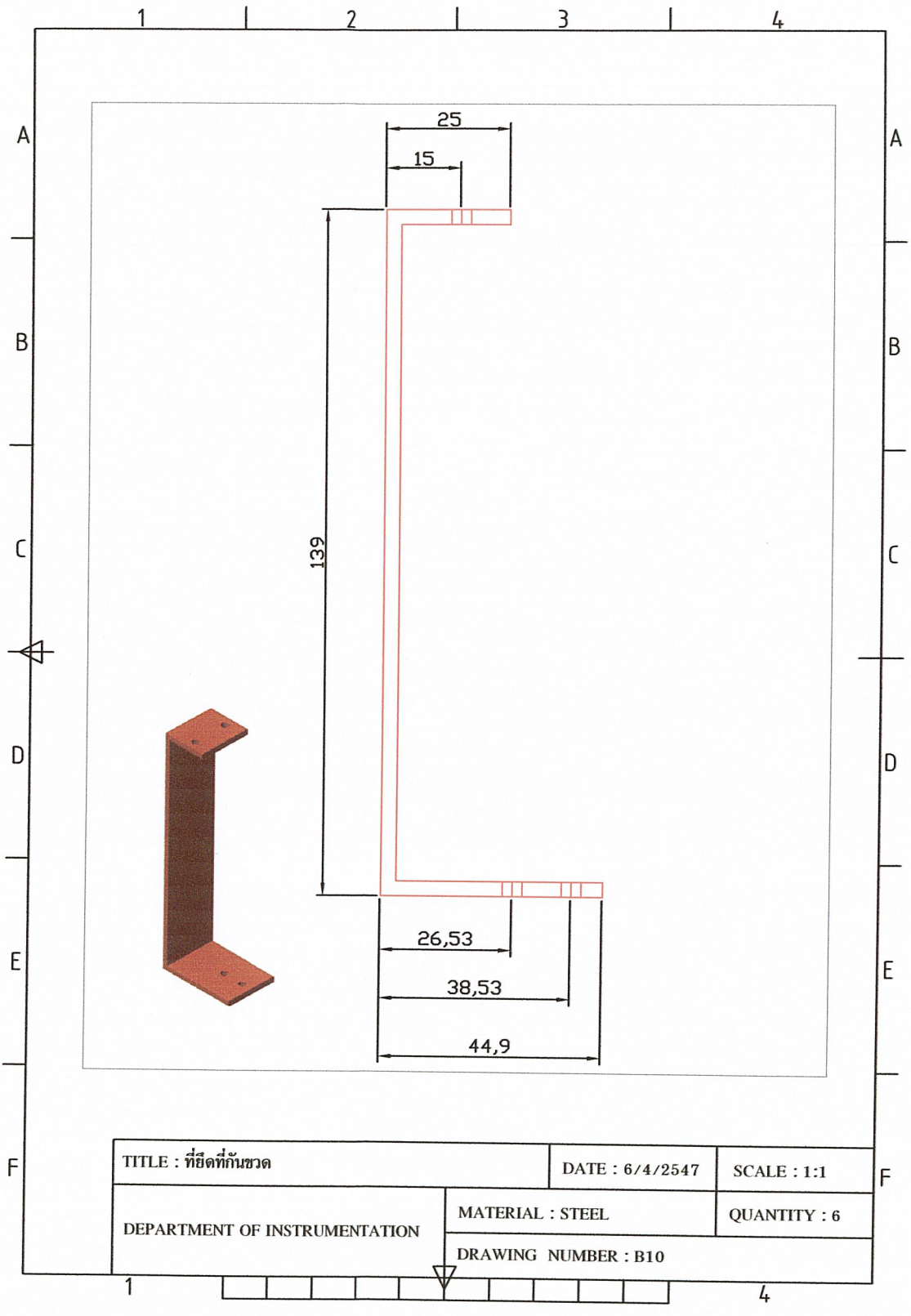

1
2
3
4
A
B
C
D
E
F
30
1,25
100
1,25
15
5
0,5
17,5
34,38
39,38
ø4
ø8,19
ø10,5
TITLE : SOURCE PIPE
DATE : 6/4/2547
SCALE : 1:2
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION
MATERIAL : BRASS
QUANTITY : 6
DRAWING NUMBER : B05

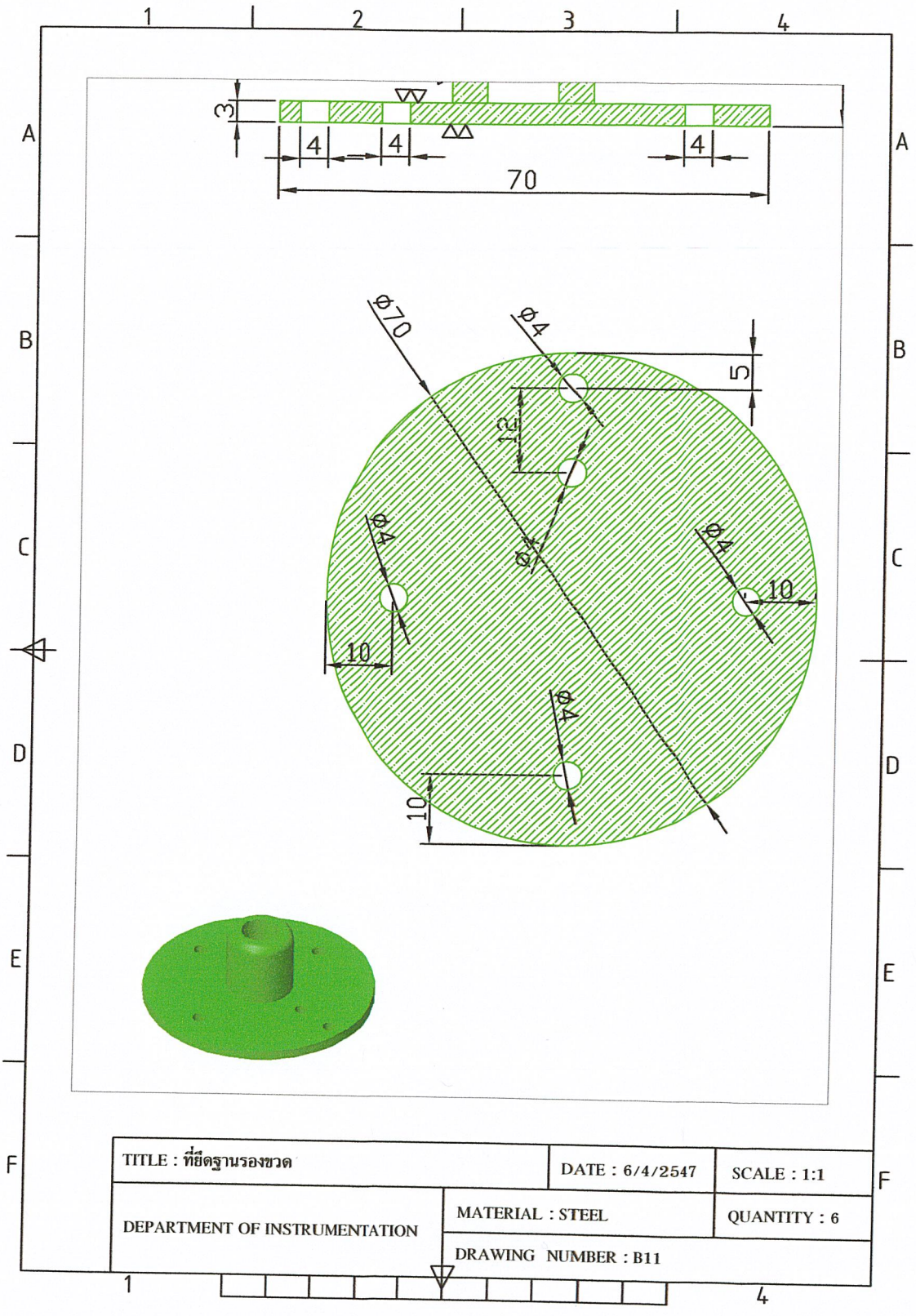

1
2
3
4
A
B
C
D
E
F
25,1
Ø15,81
Ø11
44
18
10
24
11
15,81
R1
R1
R1
1,34
8
TITLE : ข้อต่อน้ำ
DATE : 6/4/2547
SCALE : 1:1
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION
MATERIAL : BRASS
QUANTITY : 6
DRAWING NUMBER : B06


1
2
3
4
A
B
C
D
E
F
25,98
30
ø16,7
ø12,06
ø10
14,38
16,7
R0,5
R0,5
10
28
10
1,34
2,5
12,06
16,39
TITLE : ข้อต่อหัวจ่าย
DATE : 6/4/2547
SCALE : 1:1
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION
MATERIAL : BRASS
QUANTITY : 6
DRAWING NUMBER : B07

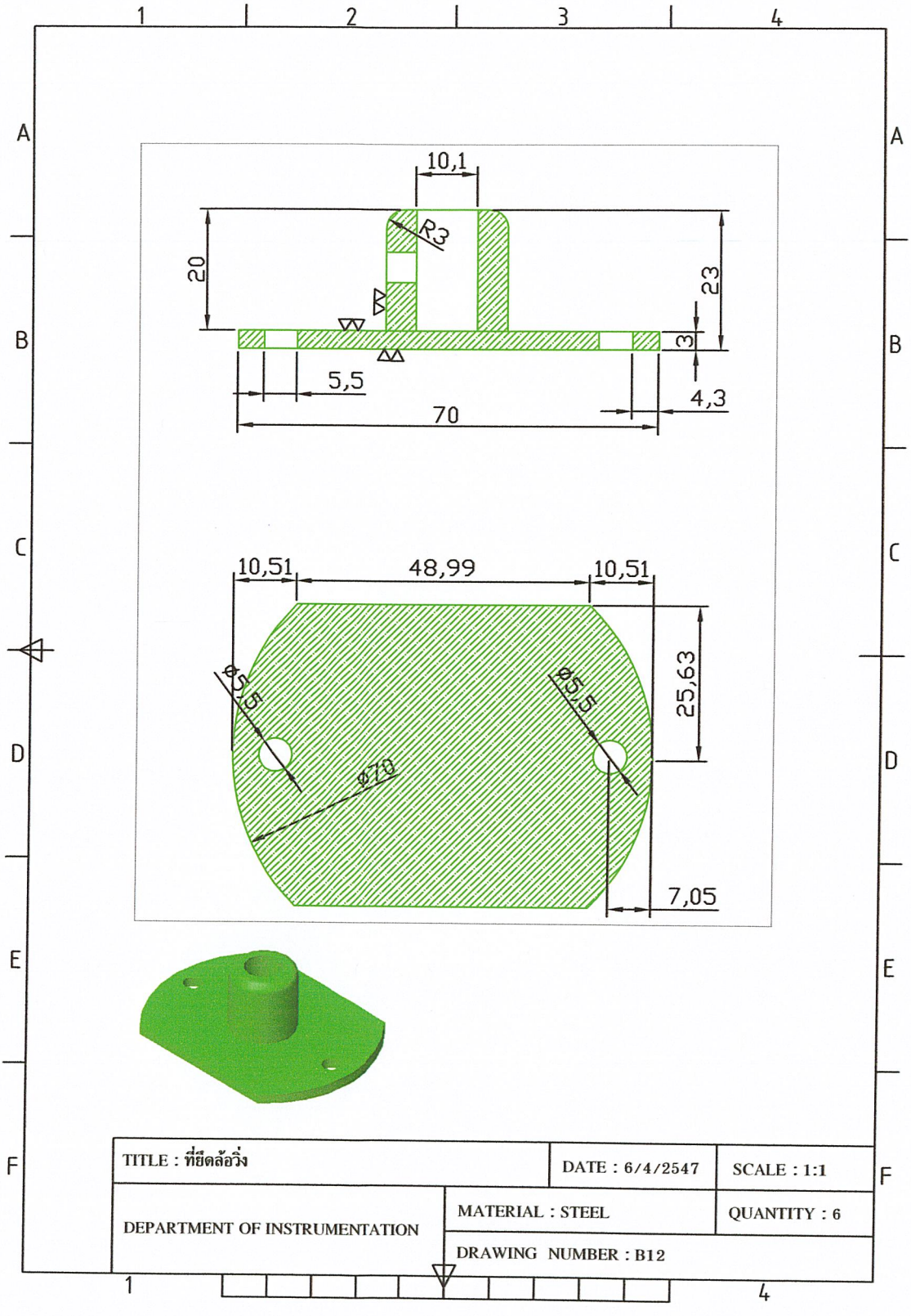

1
2
3
4
A
B
C
D
E
F
20
ø6
ทำเกลี่ยวนอกขนาด
M6
456
ø12
20
ทำเกลี่ยวนอกขนาด
M6
TITLE : เสายึด PLATE
DATE : 6/4/2547
SCALE : 1:4
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION
MATERIAL : STEEL
QUANTITY : 4
DRAWING NUMBER : B08


1
2
3
4
A
B
C
D
E
F
50
เจาะรูแล้วทำเกลียวในใส่
Set Screws
ขนาด 8 mm
8,99
13
7,5
14,5
35
6
6
5
32,03
90
ø50
37
ø32,03
ø6
TITLE : ที่ยึด PLATE
DATE : 6/4/2547
SCALE : 1:1
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION
MATERIAL : STEEL
QUANTITY : 2
DRAWING NUMBER : B09

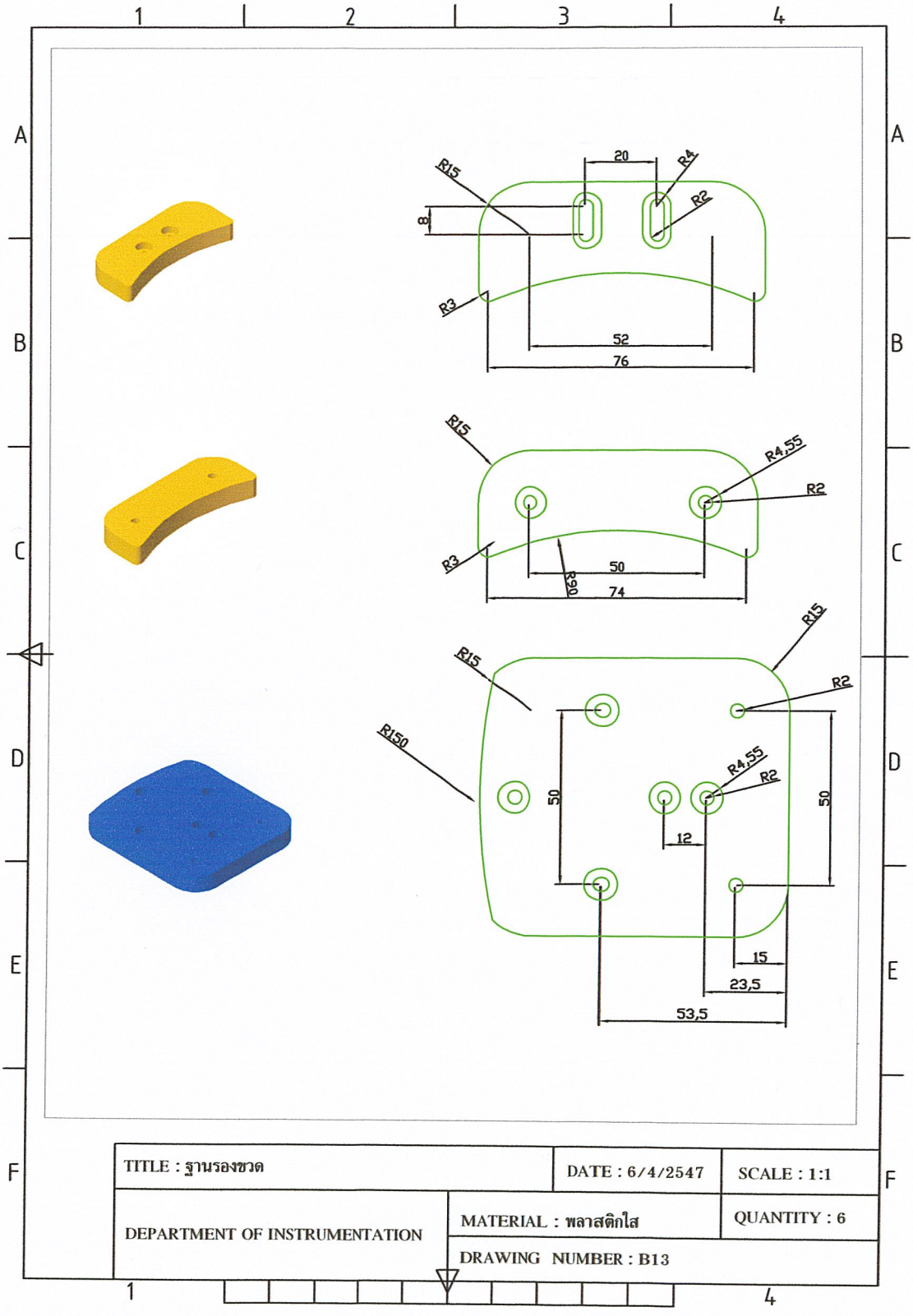

1
2
3
4
A
B
C
D
E
F
25
15
139
26,53
38,53
44,9
TITLE : ที่ยึดที่กันขวด
DATE : 6/4/2547
SCALE : 1:1
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION
MATERIAL : STEEL
QUANTITY : 6
DRAWING NUMBER : B10



TITLE : ที่ยึดฐานรองขวด		DATE : 6/4/2547	SCALE : 1:1
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION	MATERIAL : STEEL		QUANTITY : 6
	DRAWING NUMBER : B11		

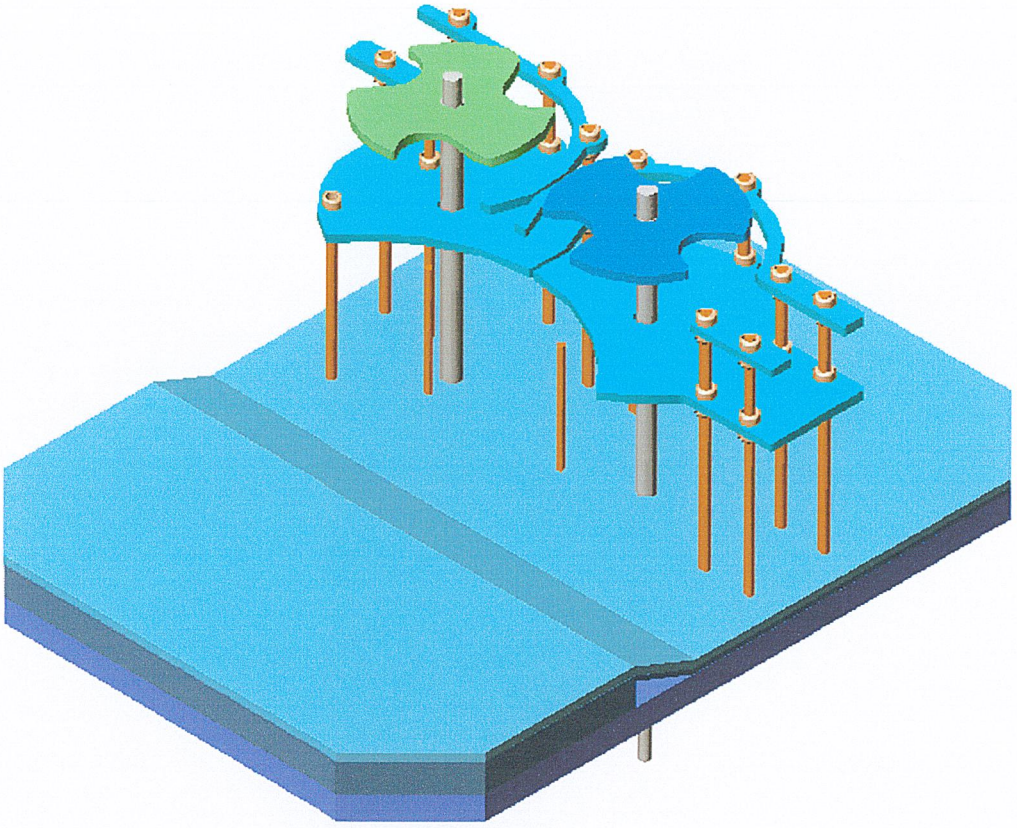


TITLE : ที่ยึดล้อวิ่ง	DATE : 6/4/2547	SCALE : 1:1
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION	MATERIAL : STEEL	QUANTITY : 6
	DRAWING NUMBER : B12	

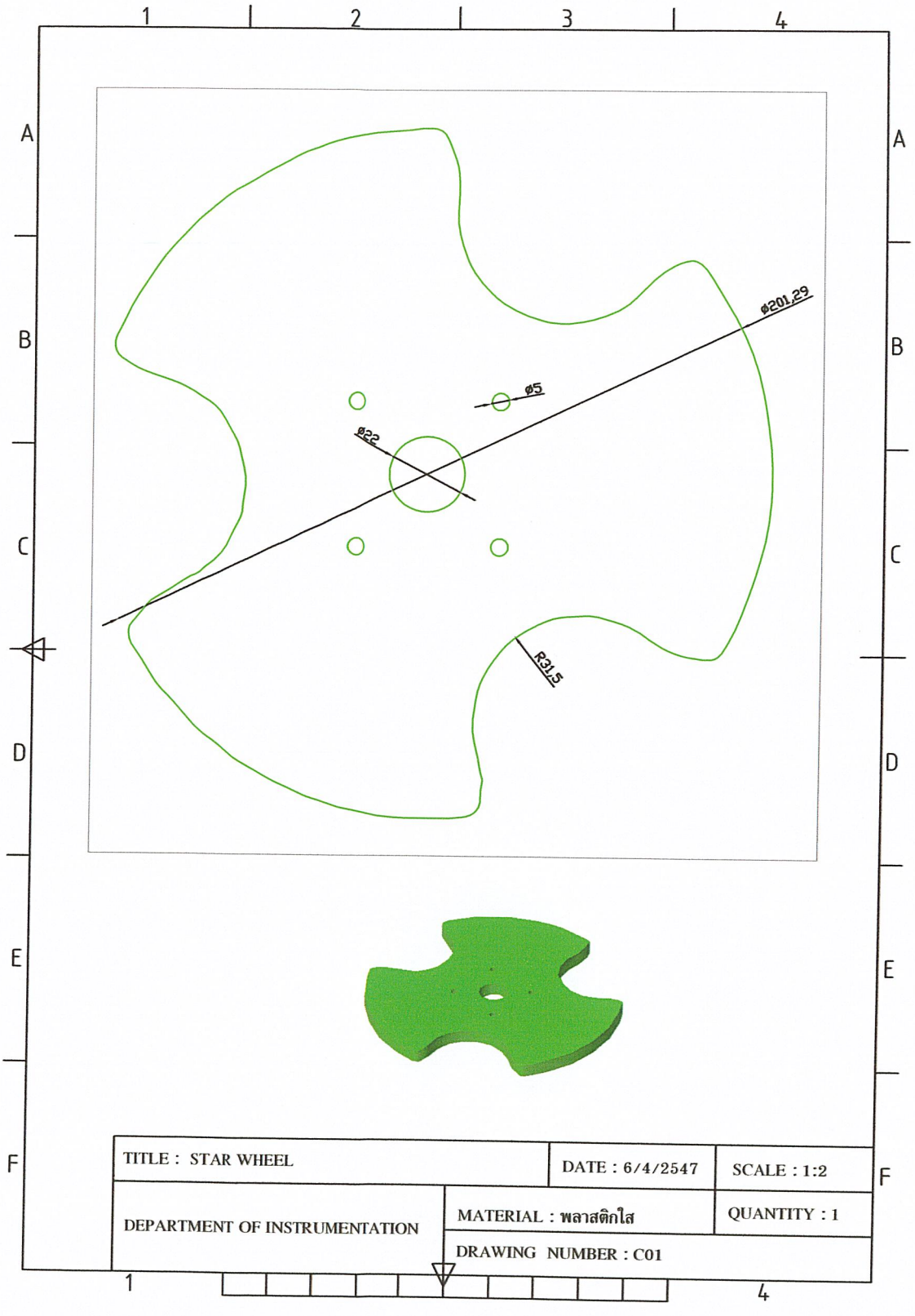


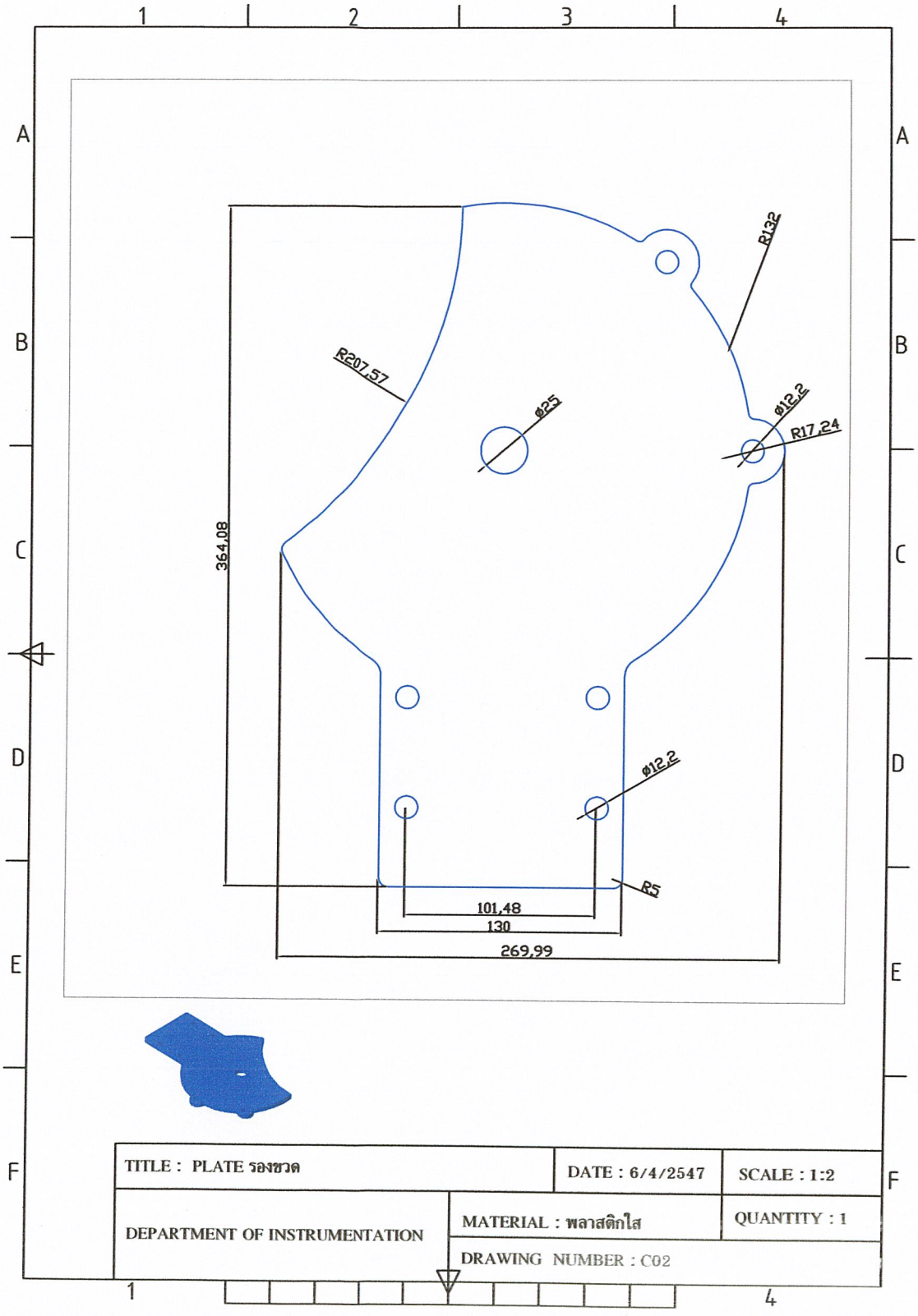
TITLE : ฐานรองขวด		DATE : 6/4/2547	SCALE : 1:1
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION	MATERIAL : พลาสติกใส		QUANTITY : 6
	DRAWING NUMBER : B13		

4.3 ชุดนำขวดเข้าและนำขวดออก (Star Wheel)

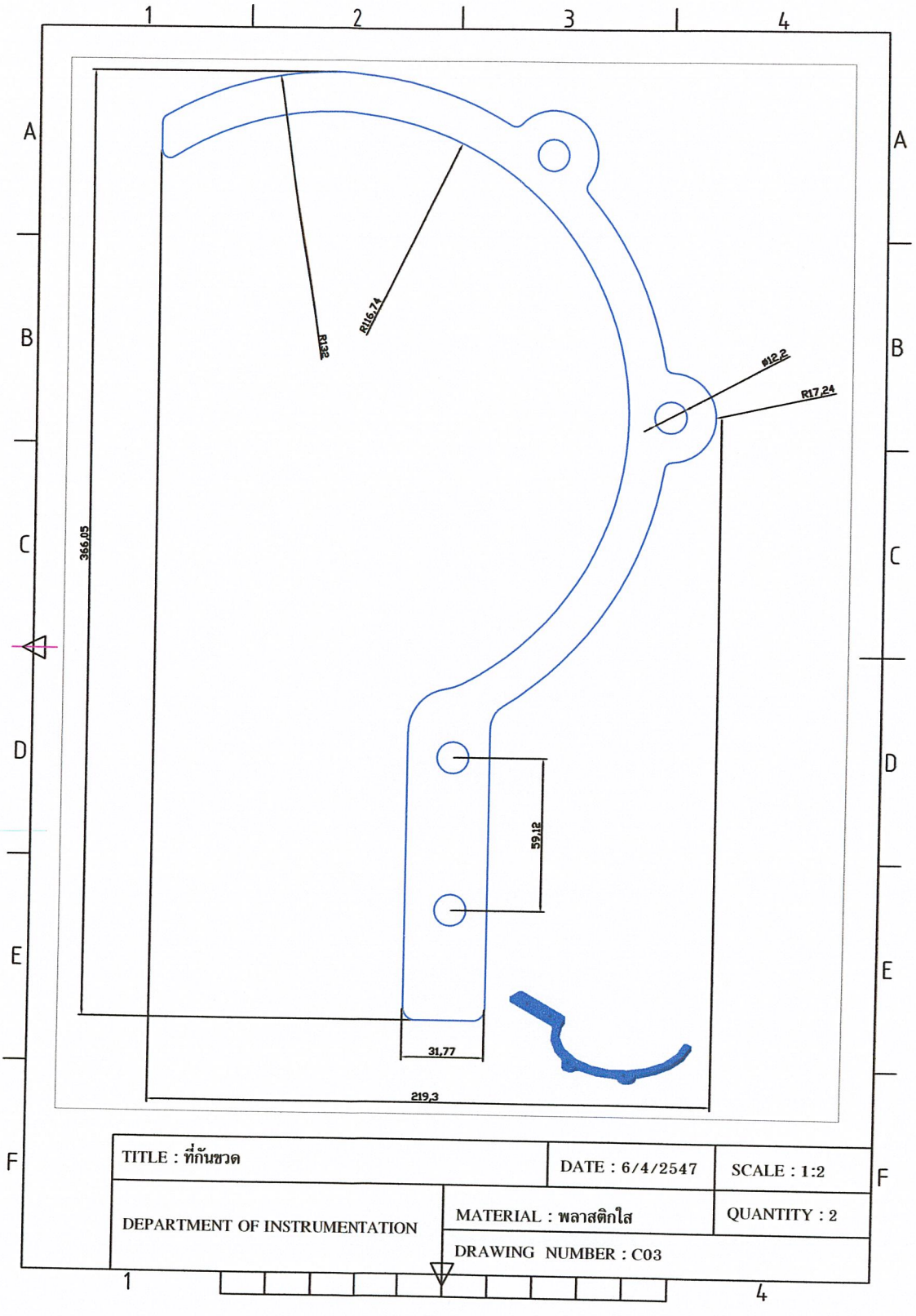


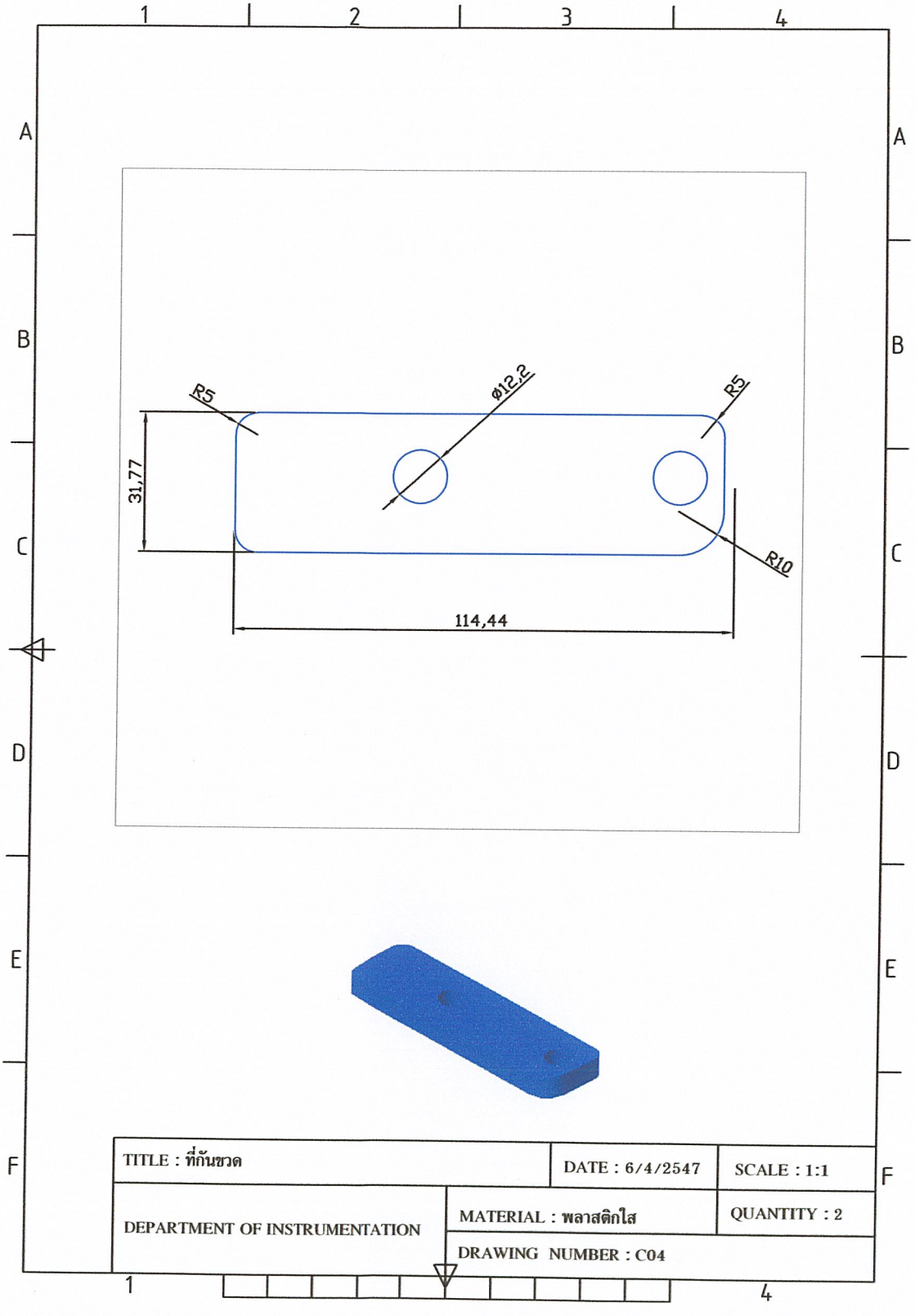
รูปที่ 4.3 แสดงชุดนำขวดเข้าและนำขวดออก ชุด C

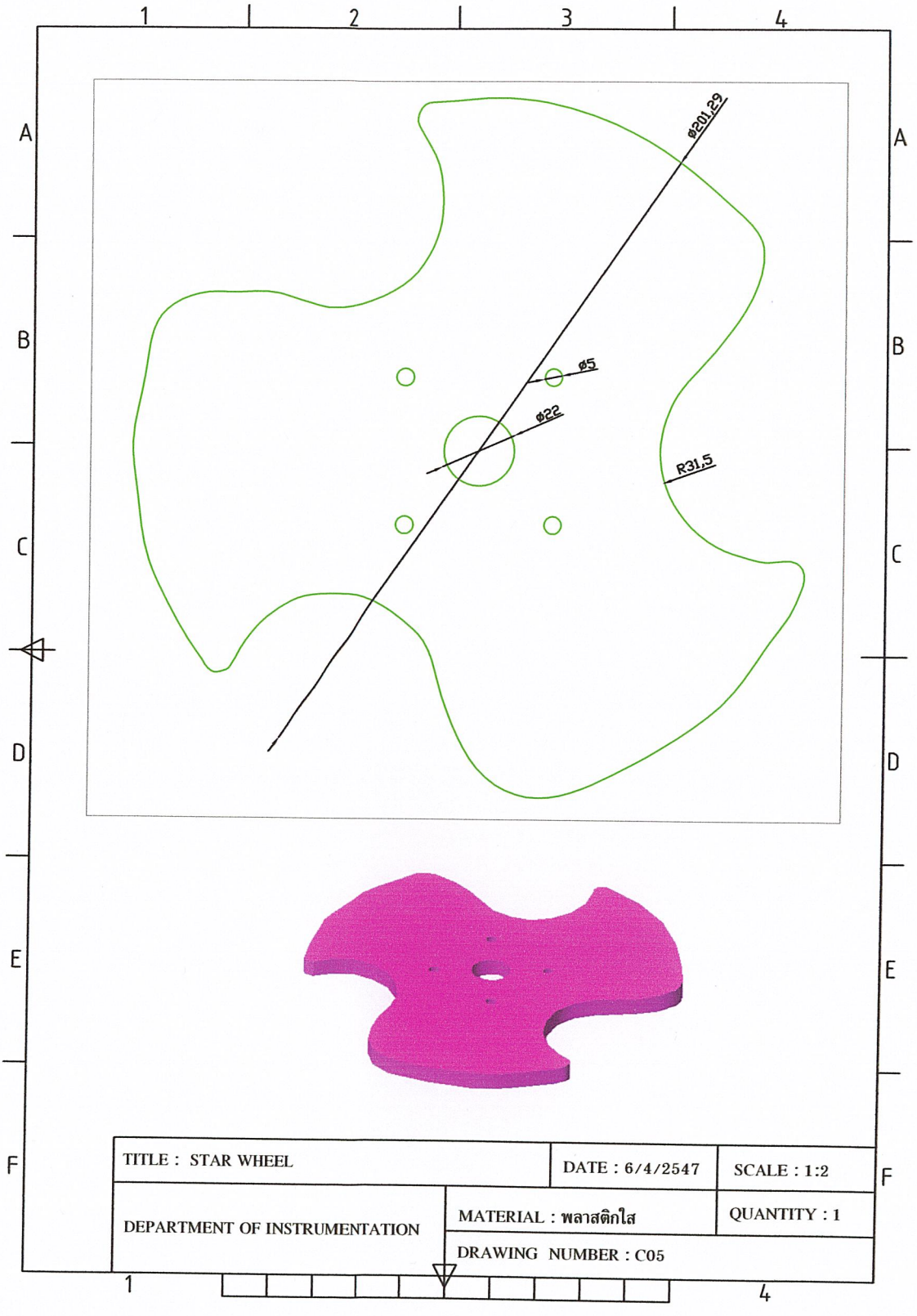

1
2
3
4
A
B
C
D
E
F
ø201.29
ø5
ø22
R31.5
TITLE : STAR WHEEL
DATE : 6/4/2547
SCALE : 1:2
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION
MATERIAL : พลาสติกใส
QUANTITY : 1
DRAWING NUMBER : C01

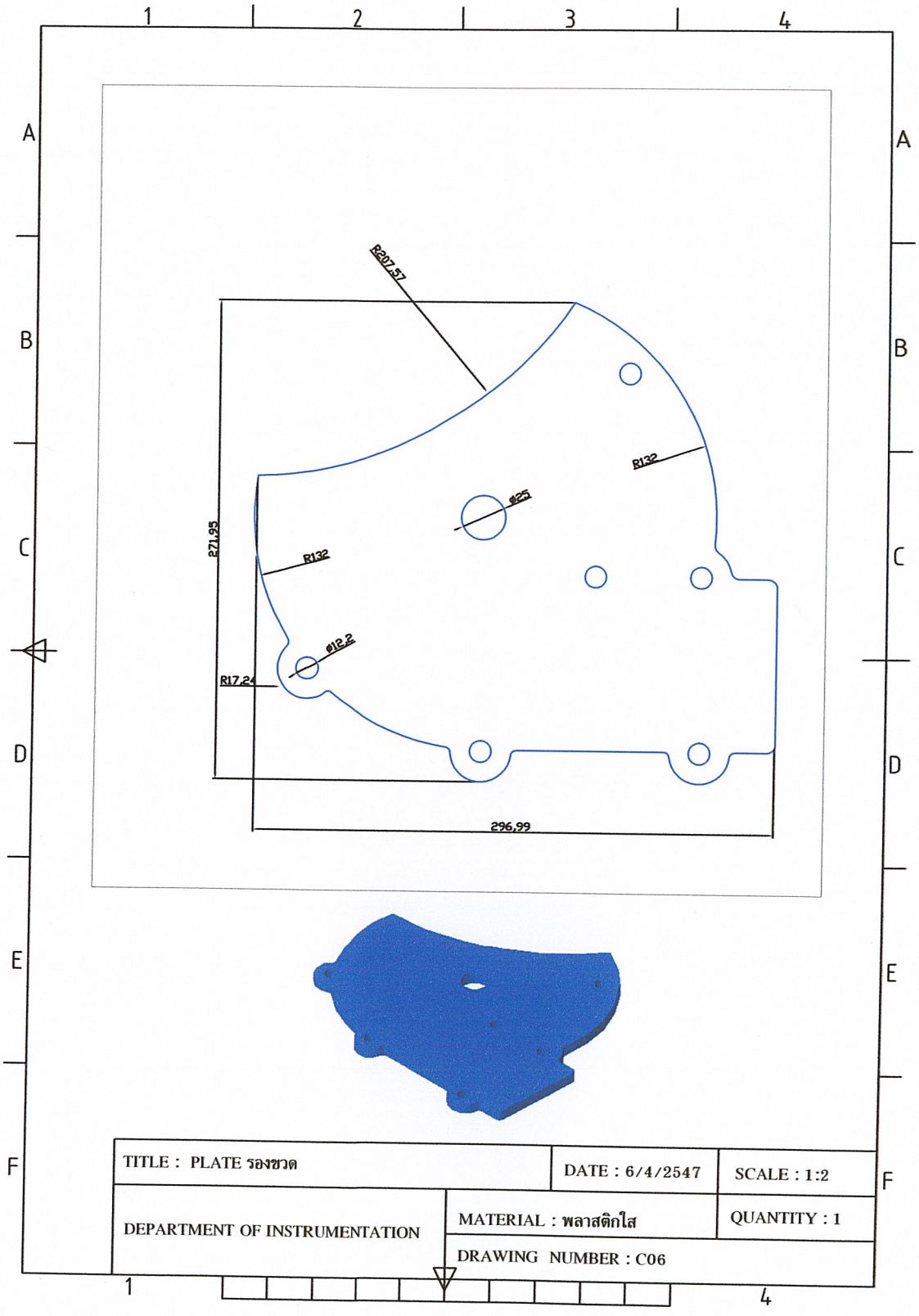


TITLE : PLATE รองขวด	DATE : 6/4/2547	SCALE : 1:2
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION	MATERIAL : พลาสติกใส	QUANTITY : 1
	DRAWING NUMBER : C02	

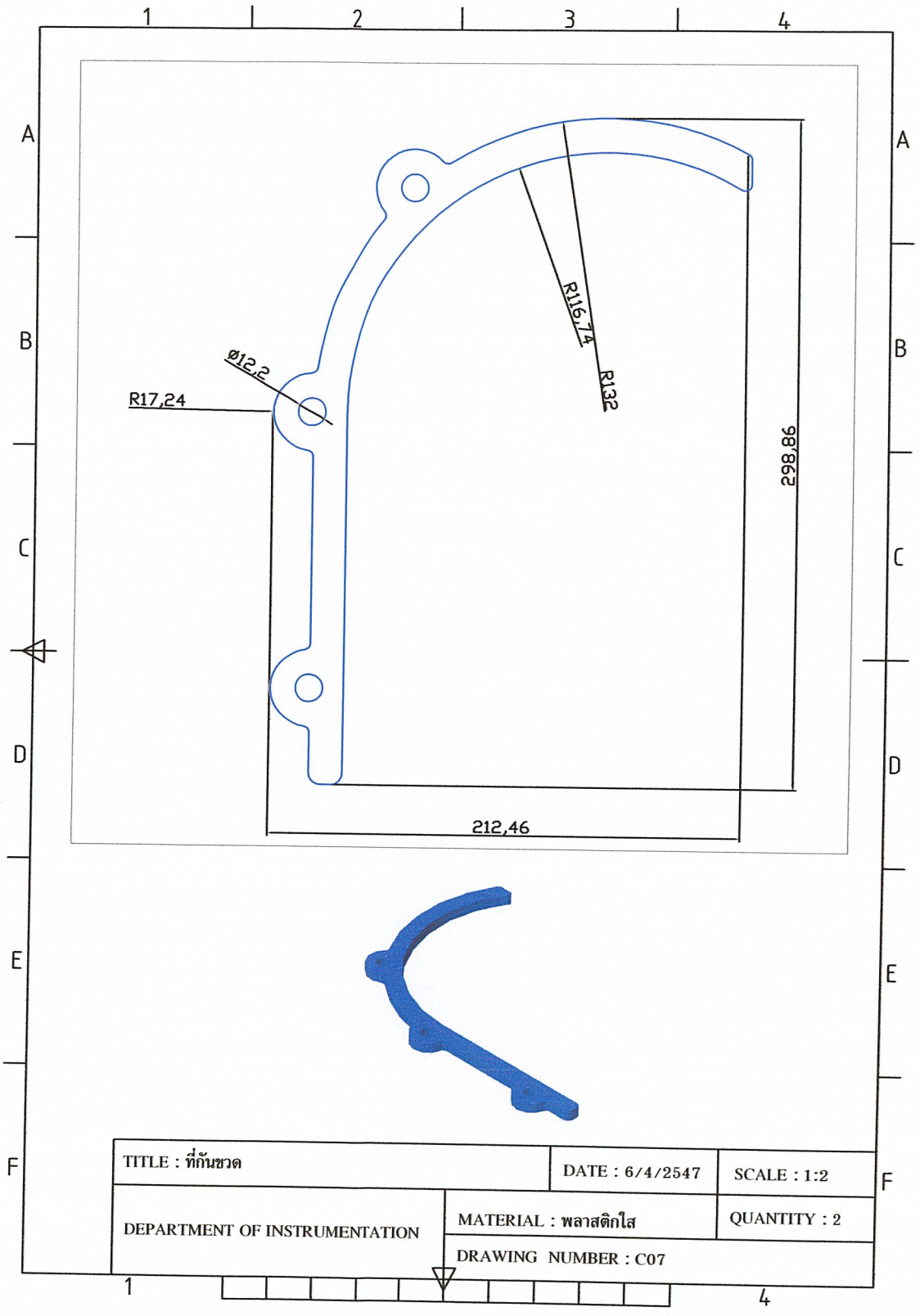

1
2
3
4
A
B
C
D
E
F
R132
R118.74
R12.2
R17.24
366.05
59.12
31.77
219.3
TITLE : ที่กันขวด
DATE : 6/4/2547
SCALE : 1:2
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION
MATERIAL : พลาสติกใส
QUANTITY : 2
DRAWING NUMBER : C03

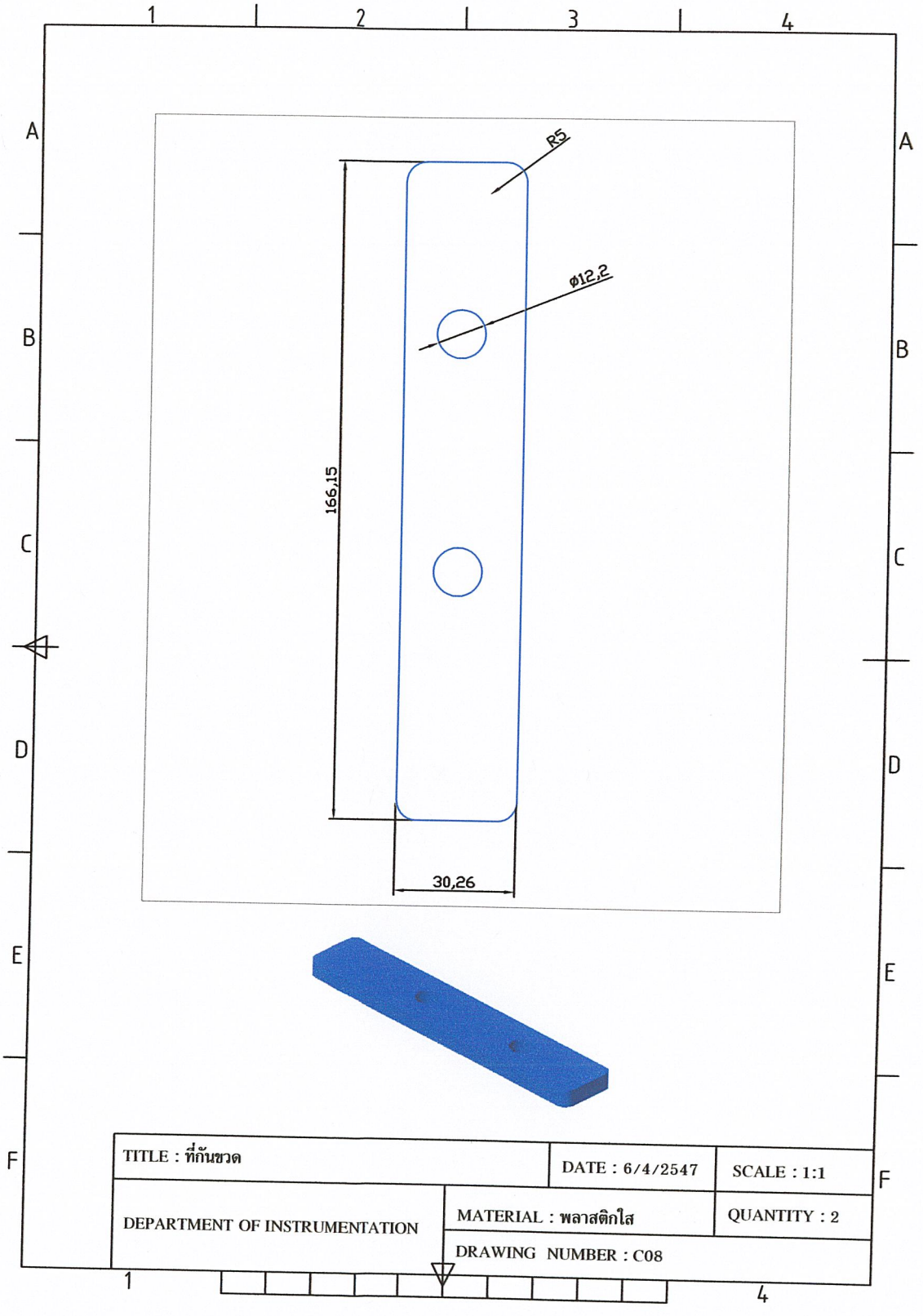

1
2
3
4
A
B
C
D
E
F
R5
ø12.2
R5
31,77
R10
114,44
TITLE : ที่กันขวด
DATE : 6/4/2547
SCALE : 1:1
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION
MATERIAL : พลาสติกใส
QUANTITY : 2
DRAWING NUMBER : C04


1
2
3
4
A
B
C
D
E
F
ø201.29
ø5
ø22
R31.5
TITLE : STAR WHEEL
DATE : 6/4/2547
SCALE : 1:2
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION
MATERIAL : พลาสติกใส
QUANTITY : 1
DRAWING NUMBER : C05

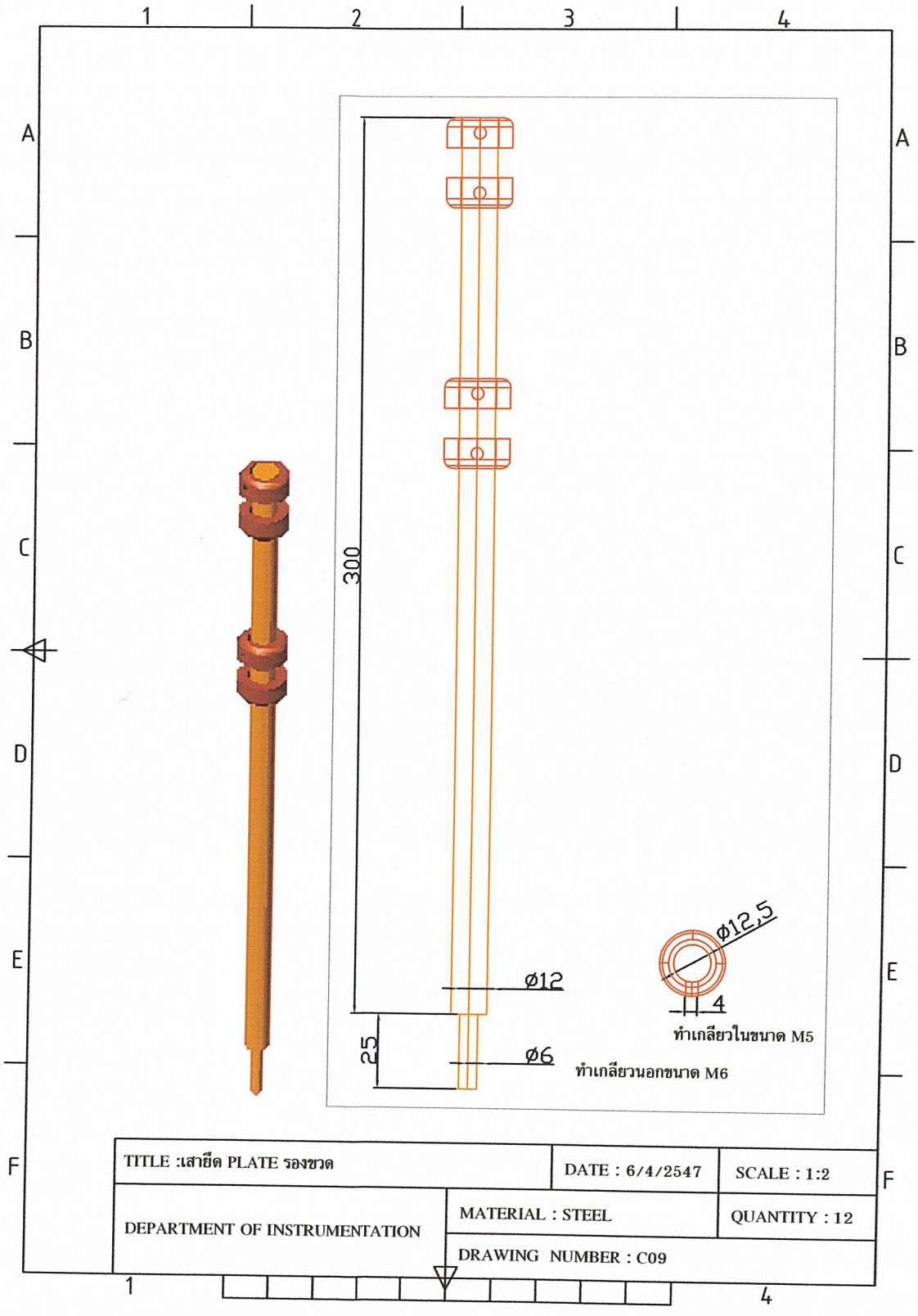


TITLE : PLATE รองขวด	DATE : 6/4/2547	SCALE : 1:2
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION	MATERIAL : พลาสติกใส	QUANTITY : 1
	DRAWING NUMBER : C06	

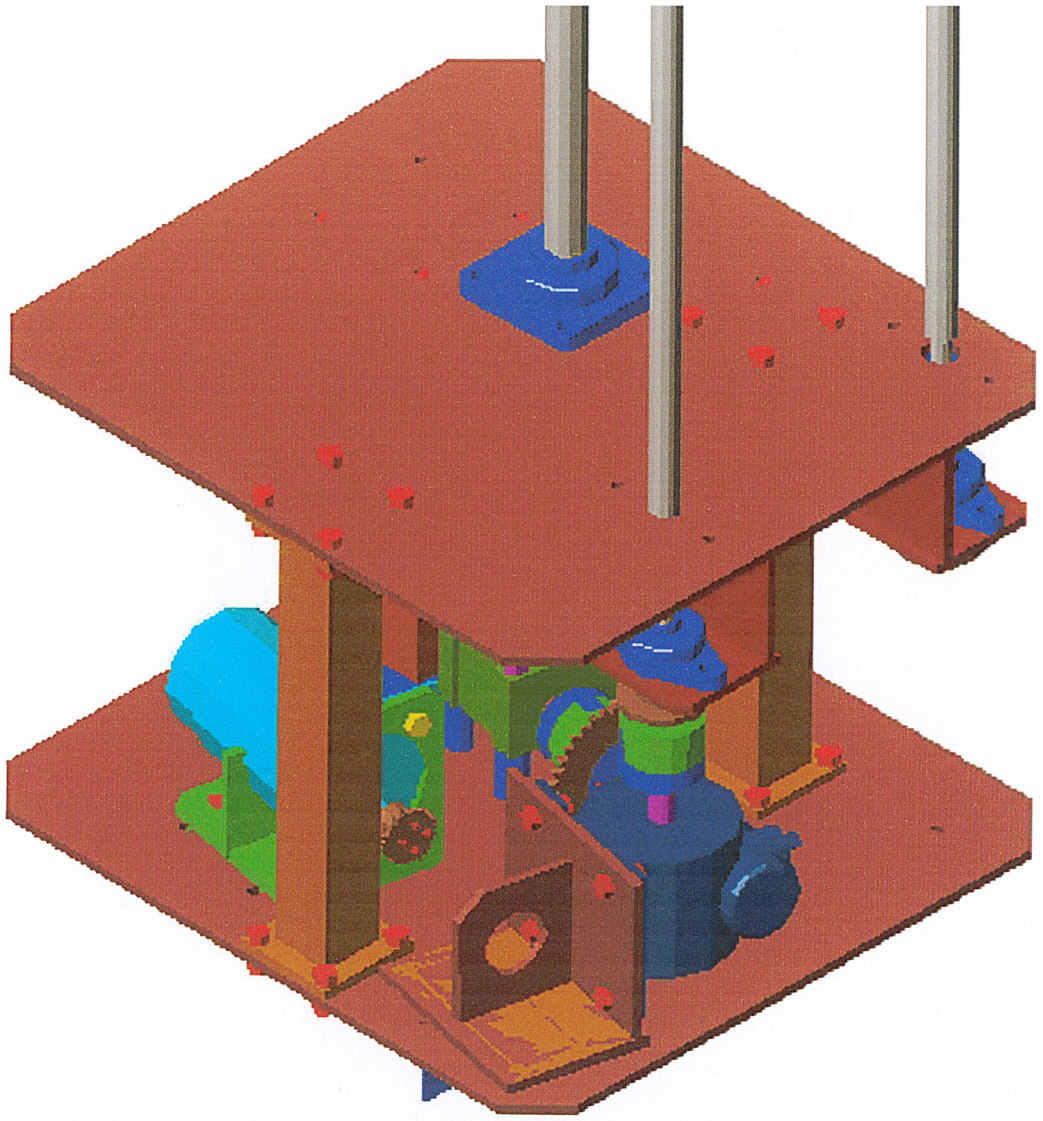

1
2
3
4
A
B
C
D
E
F
R116,74
R132
Ø12,2
R17,24
298,86
212,46
TITLE : ที่กันขวด
DATE : 6/4/2547
SCALE : 1:2
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION
MATERIAL : พลาสติกใส
QUANTITY : 2
DRAWING NUMBER : C07



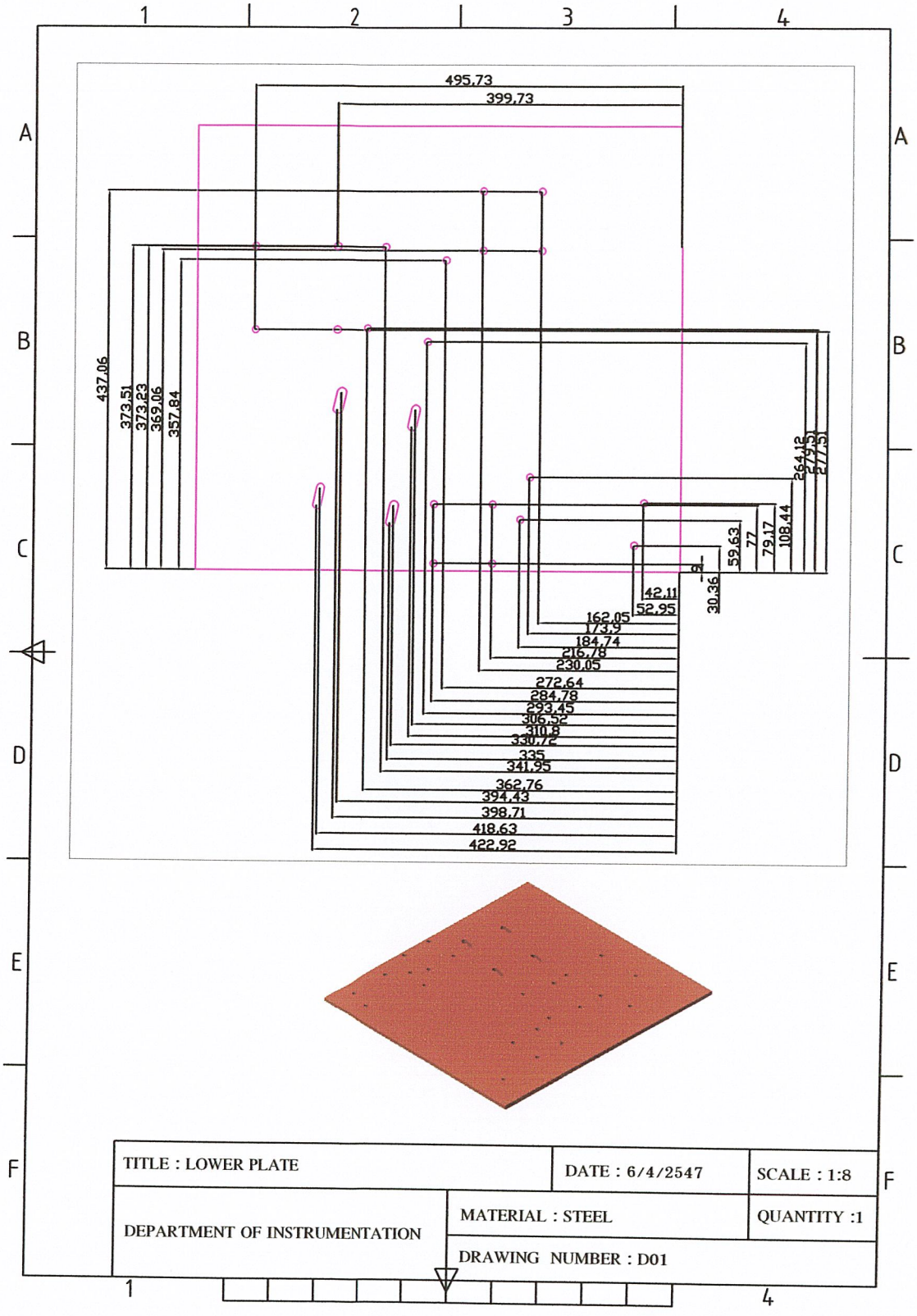
TITLE : ที่กันขวด	DATE : 6/4/2547	SCALE : 1:1
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION	MATERIAL : พลาสติกใส	QUANTITY : 2
	DRAWING NUMBER : C08	


1
2
3
4
A
B
C
D
E
F
300
ø12
25
ø6
ø12,5
4
ทำเกลียวในขนาด M5
ทำเกลียวนอกขนาด M6
TITLE :เสายึด PLATE รองชวด
DATE : 6/4/2547
SCALE : 1:2
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION
MATERIAL : STEEL
QUANTITY : 12
DRAWING NUMBER : C09

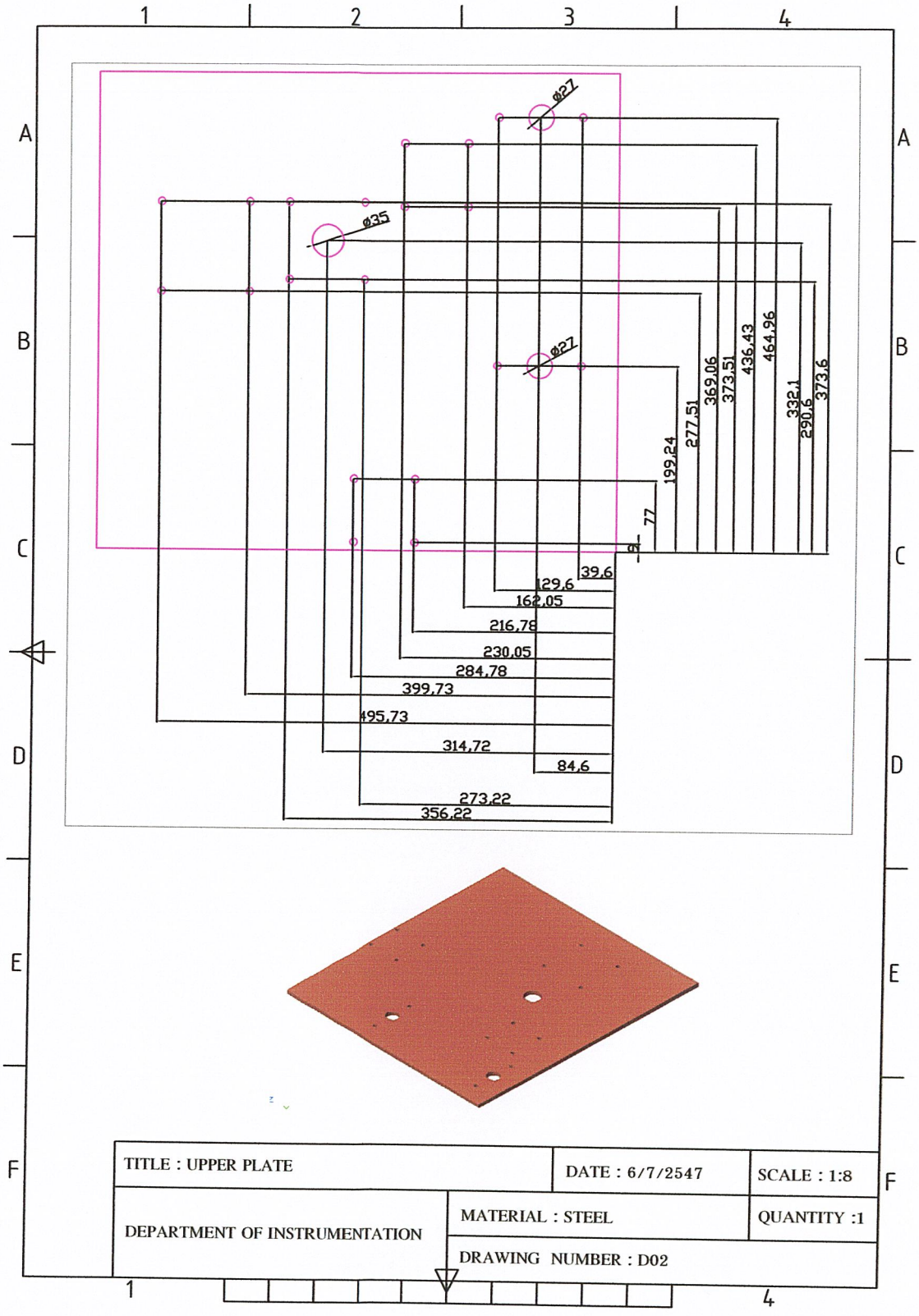
4.4 แบบชุดขับมอเตอร์และการทดรอบ

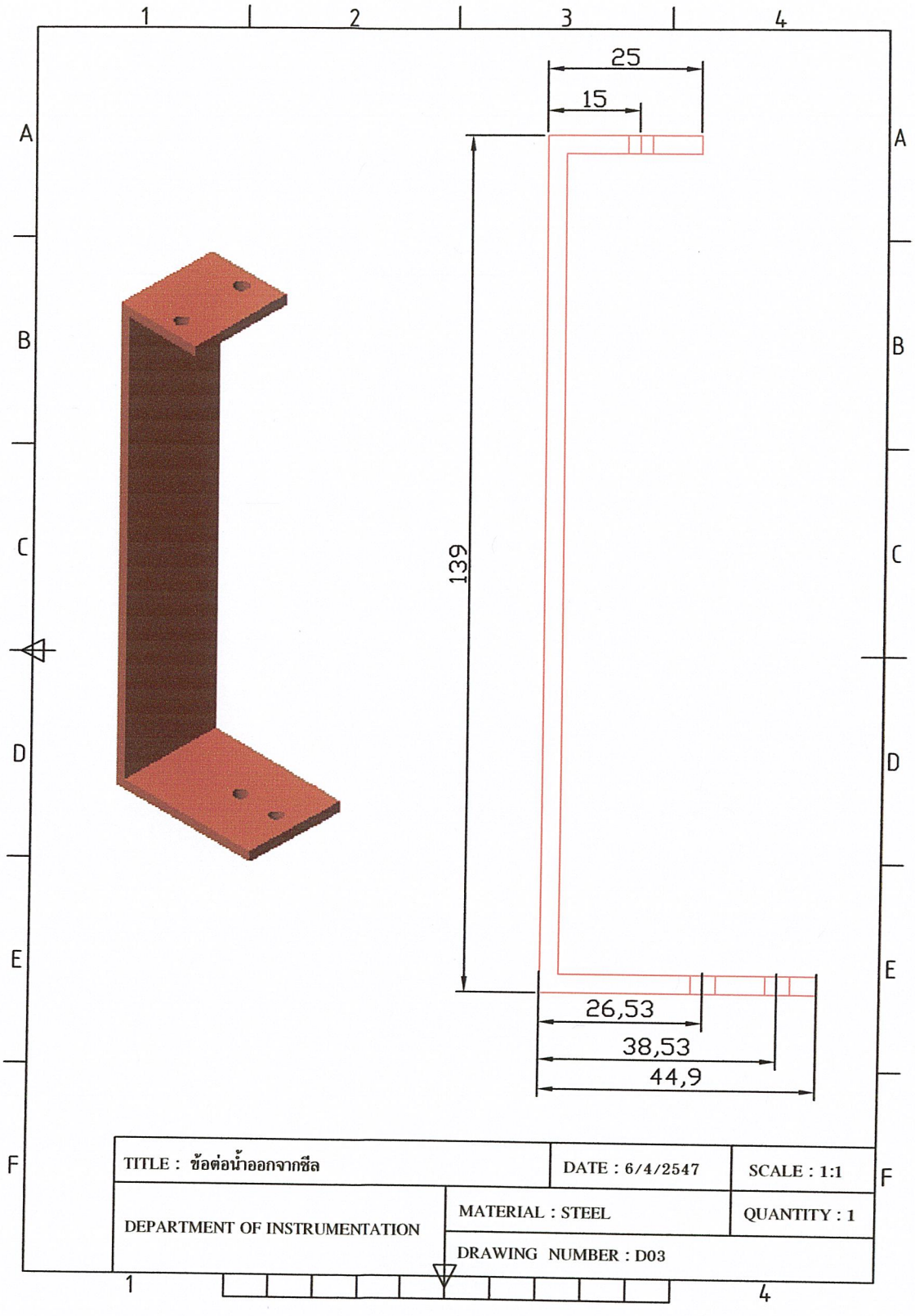


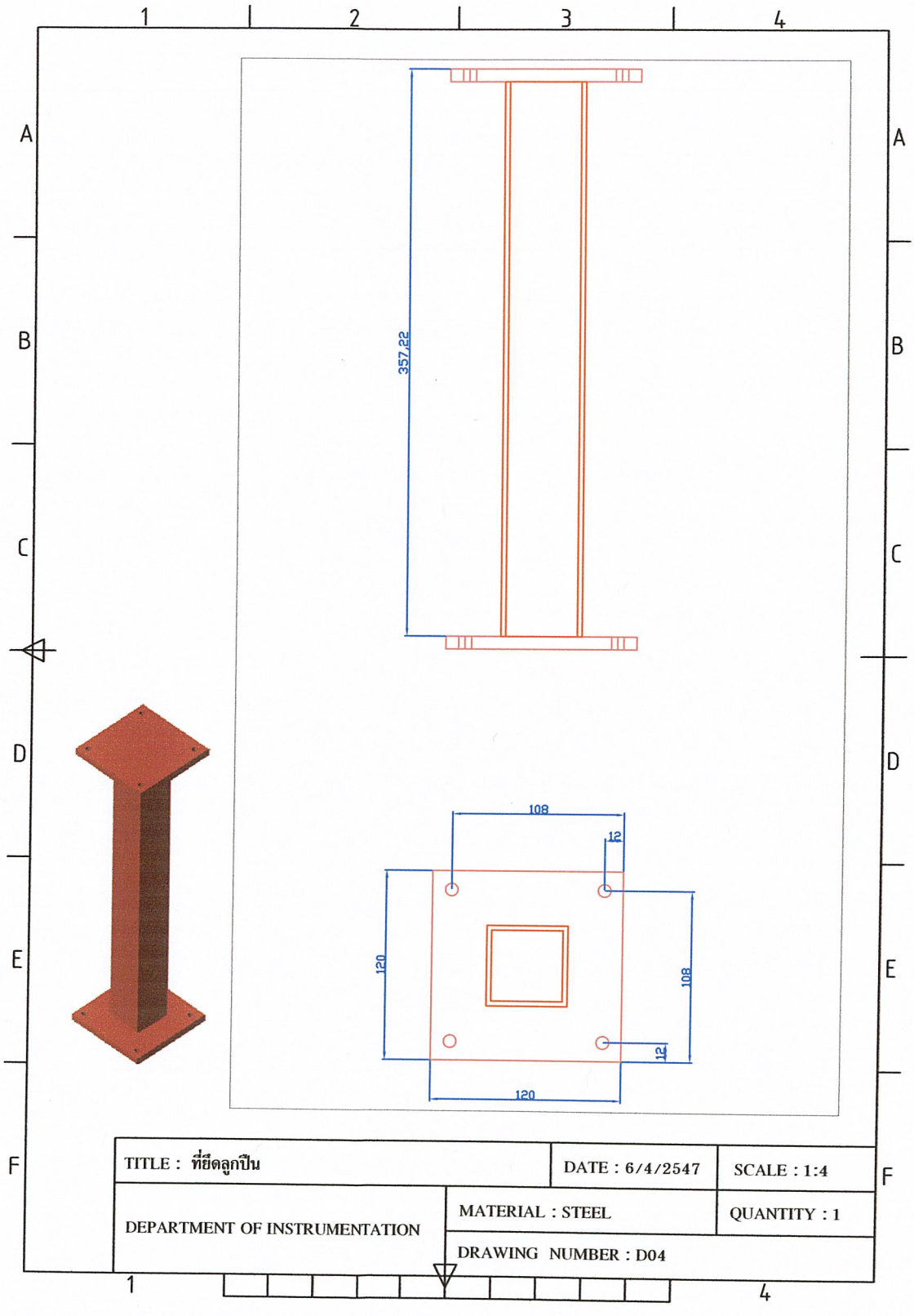
รูปที่ 4.4 แสดงแบบชุดขับมอเตอร์และการทดรอบ ชุด D

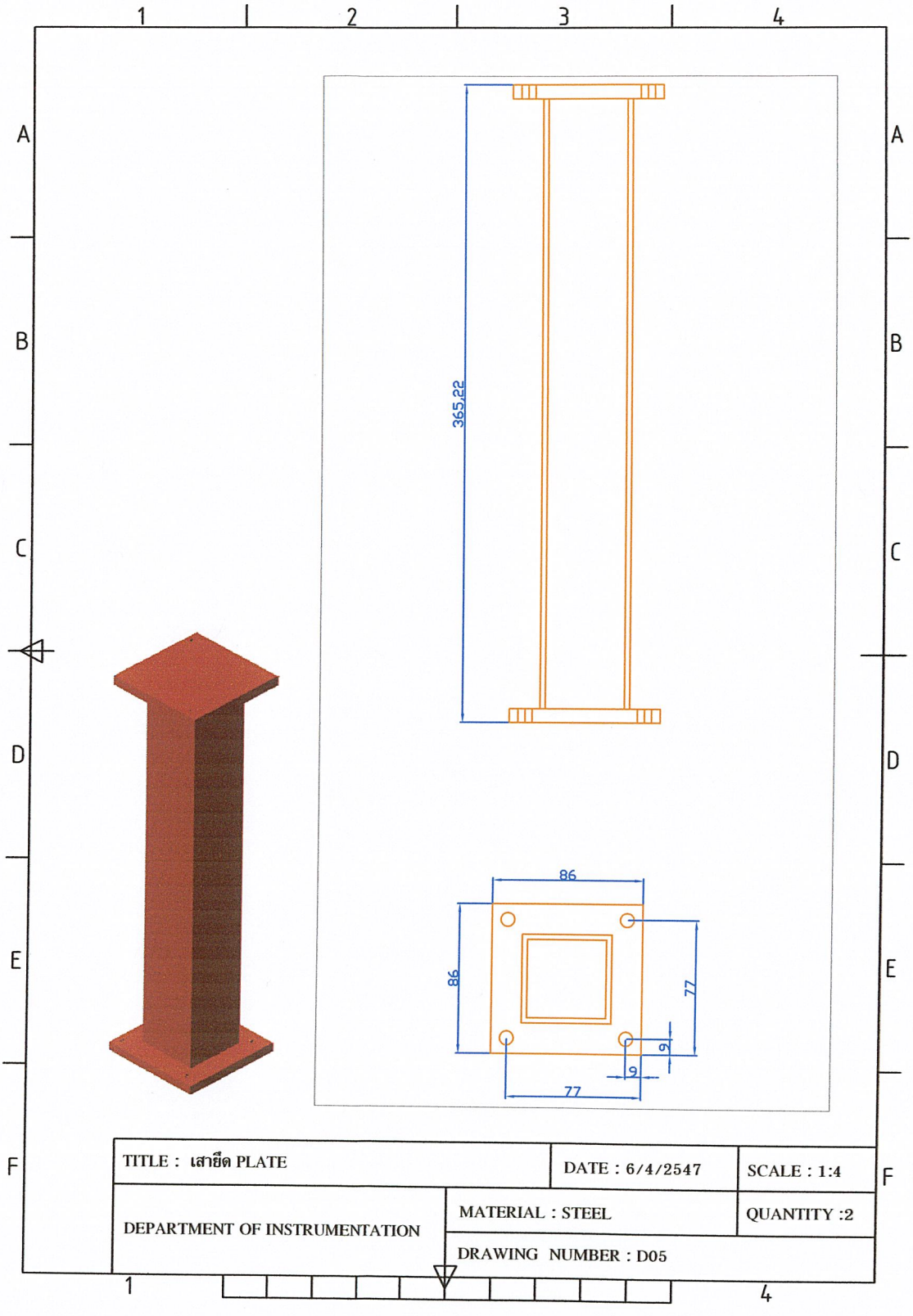


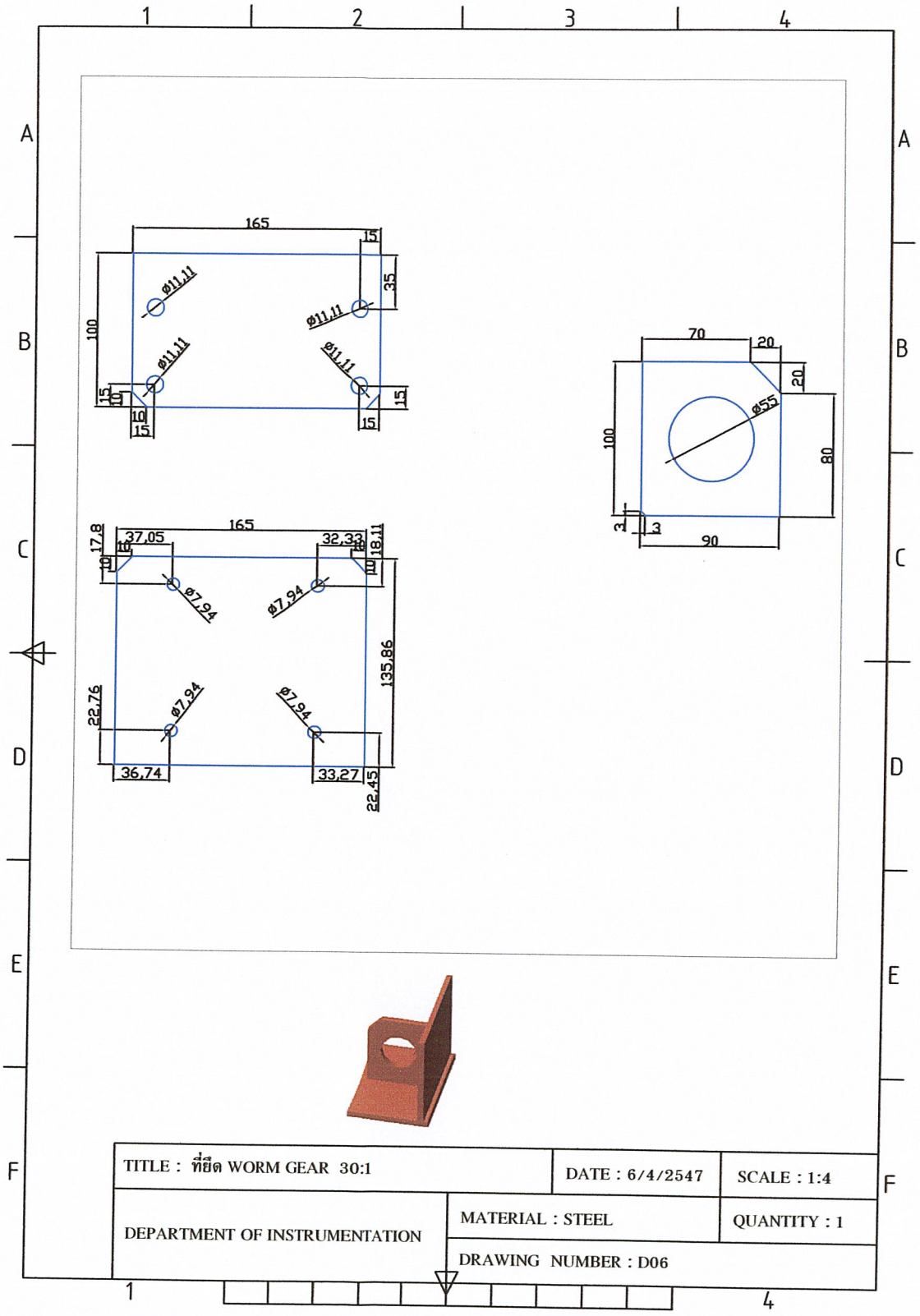
TITLE : LOWER PLATE	DATE : 6/4/2547	SCALE : 1:8
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION	MATERIAL : STEEL	QUANTITY :1
	DRAWING NUMBER : D01	


1
2
3
4
A
B
C
D
E
F
ø27
ø35
ø27
369,06
373,51
436,43
464,96
332,1
290,6
373,6
277,51
199,24
77
9
39,6
129,6
162,05
216,78
230,05
284,78
399,73
495,73
314,72
84,6
273,22
356,22
TITLE : UPPER PLATE
DATE : 6/7/2547
SCALE : 1:8
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION
MATERIAL : STEEL
QUANTITY :1
DRAWING NUMBER : D02

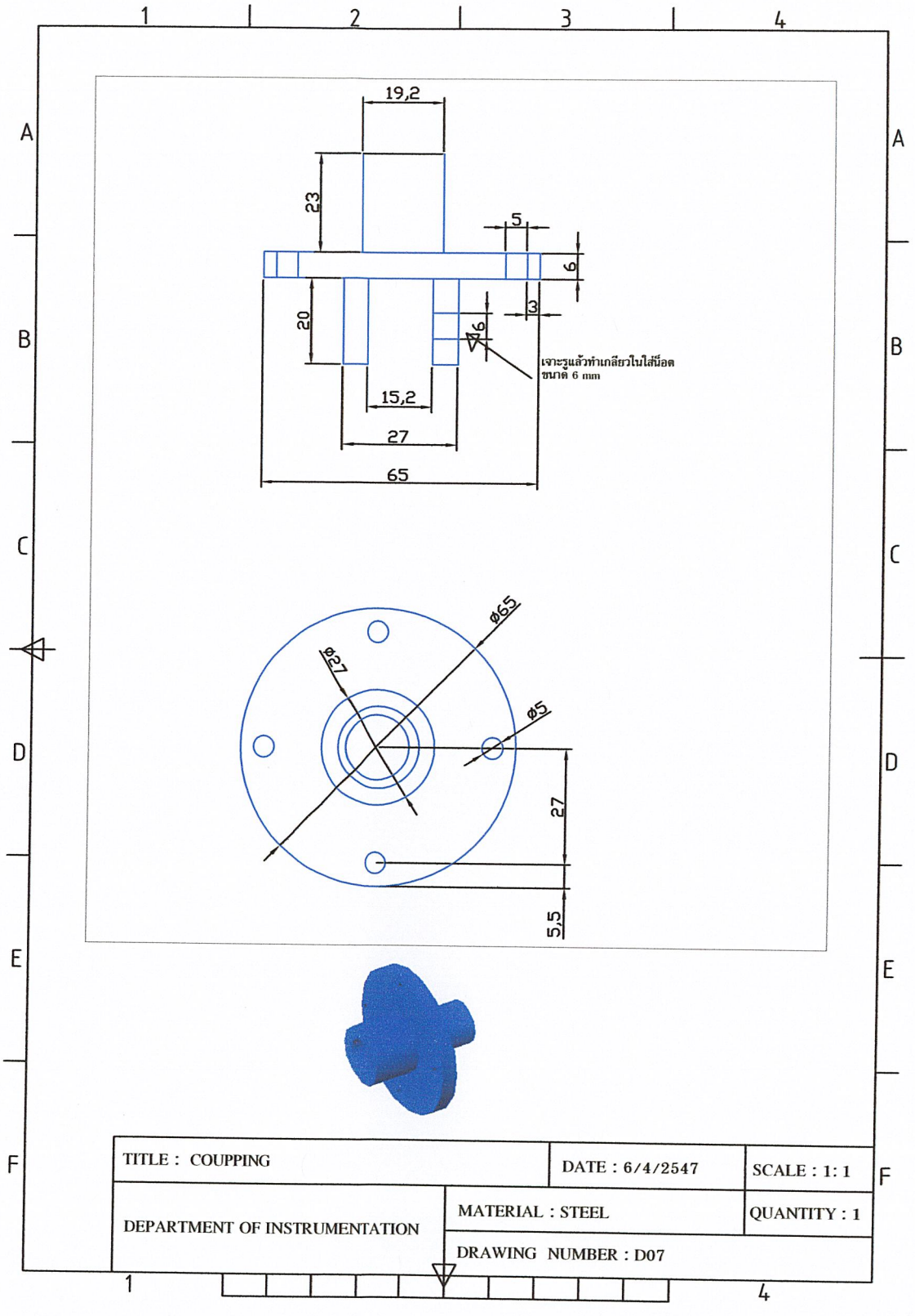

1
2
3
4
A
B
C
D
E
F
25
15
139
26,53
38,53
44,9
TITLE : ข้อต่อน้ำออกจากซีล
DATE : 6/4/2547
SCALE : 1:1
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION
MATERIAL : STEEL
QUANTITY : 1
DRAWING NUMBER : D03


1
2
3
4
A
B
C
D
E
F
357.22
108
12
120
108
12
120
TITLE : ที่ยึดลูกปืน
DATE : 6/4/2547
SCALE : 1:4
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION
MATERIAL : STEEL
QUANTITY : 1
DRAWING NUMBER : D04

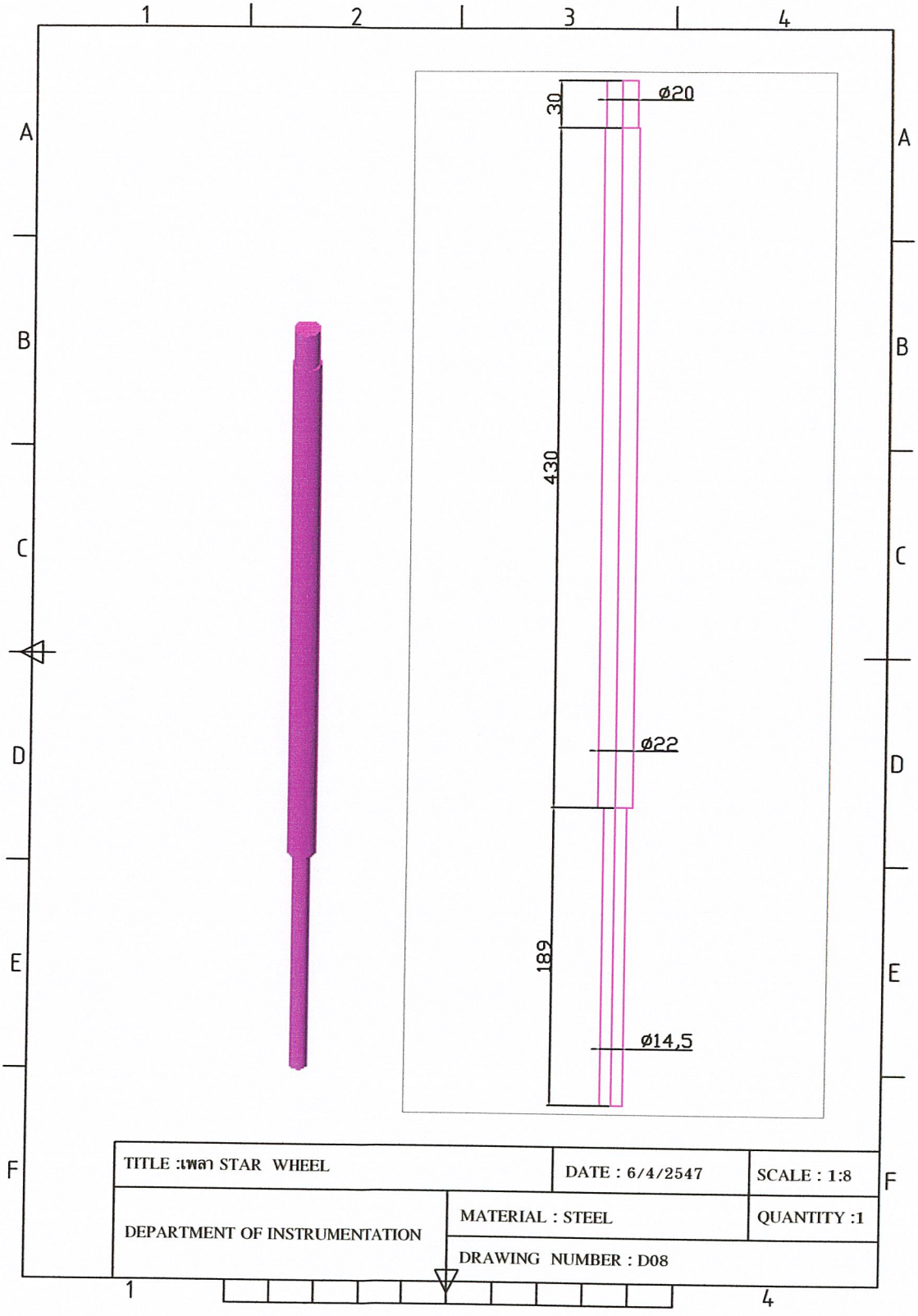

1
2
3
4
A
B
C
D
E
F
365.22
86
86
77
9
9
77
TITLE : เสายึด PLATE
DATE : 6/4/2547
SCALE : 1:4
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION
MATERIAL : STEEL
QUANTITY :2
DRAWING NUMBER : D05

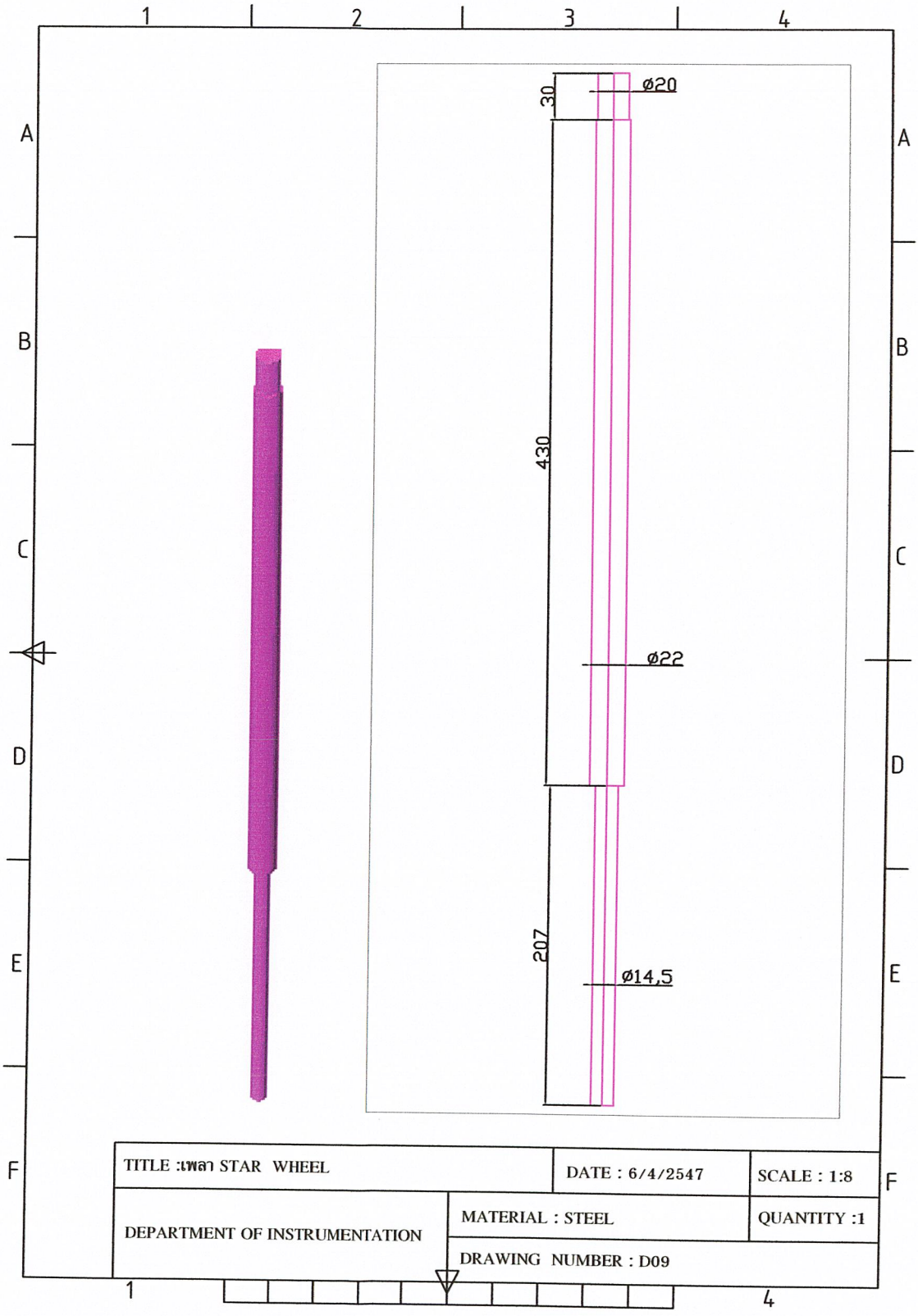


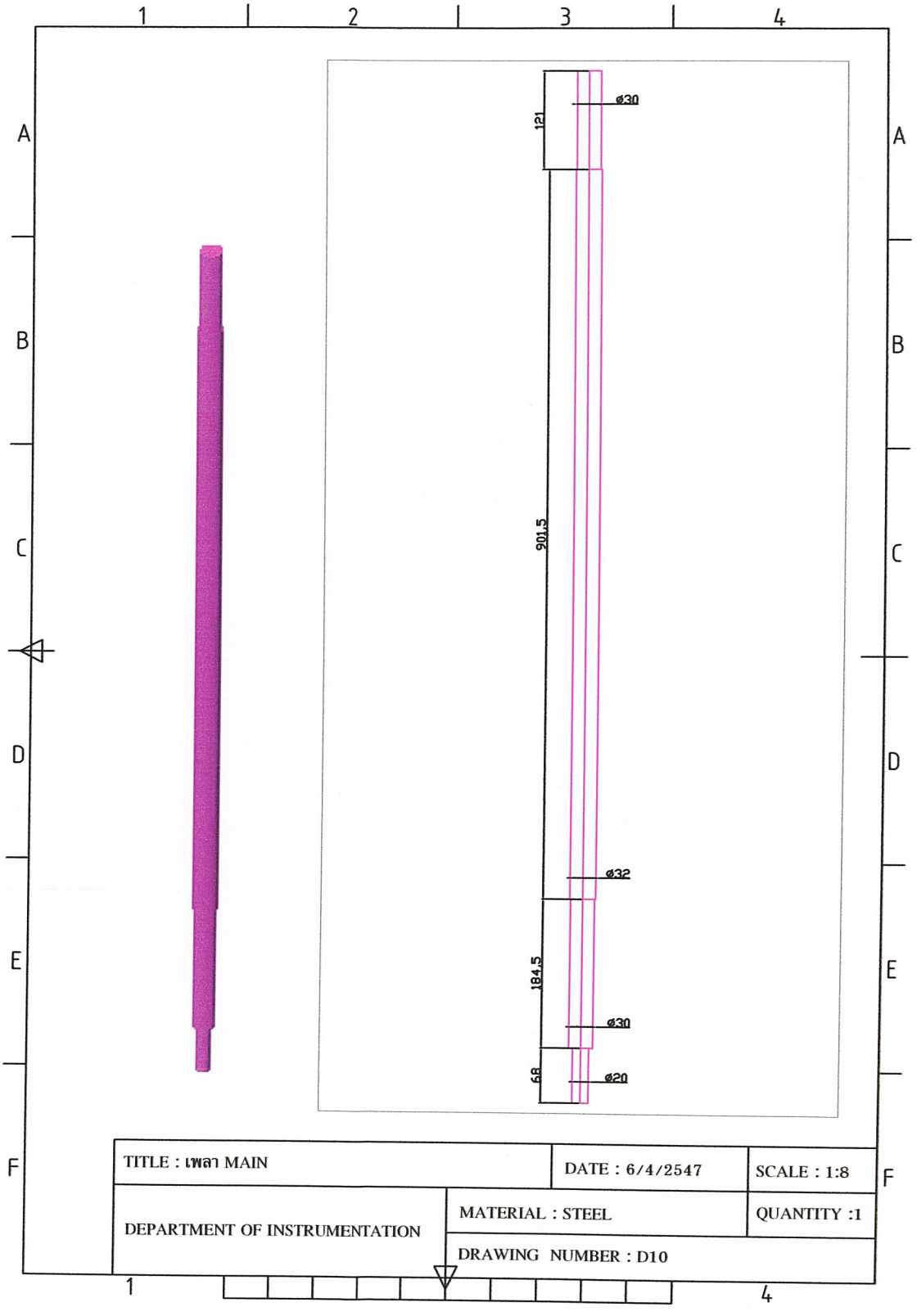
TITLE : ที่ยึด WORM GEAR 30:1	DATE : 6/4/2547	SCALE : 1:4
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION	MATERIAL : STEEL	QUANTITY : 1
	DRAWING NUMBER : D06	

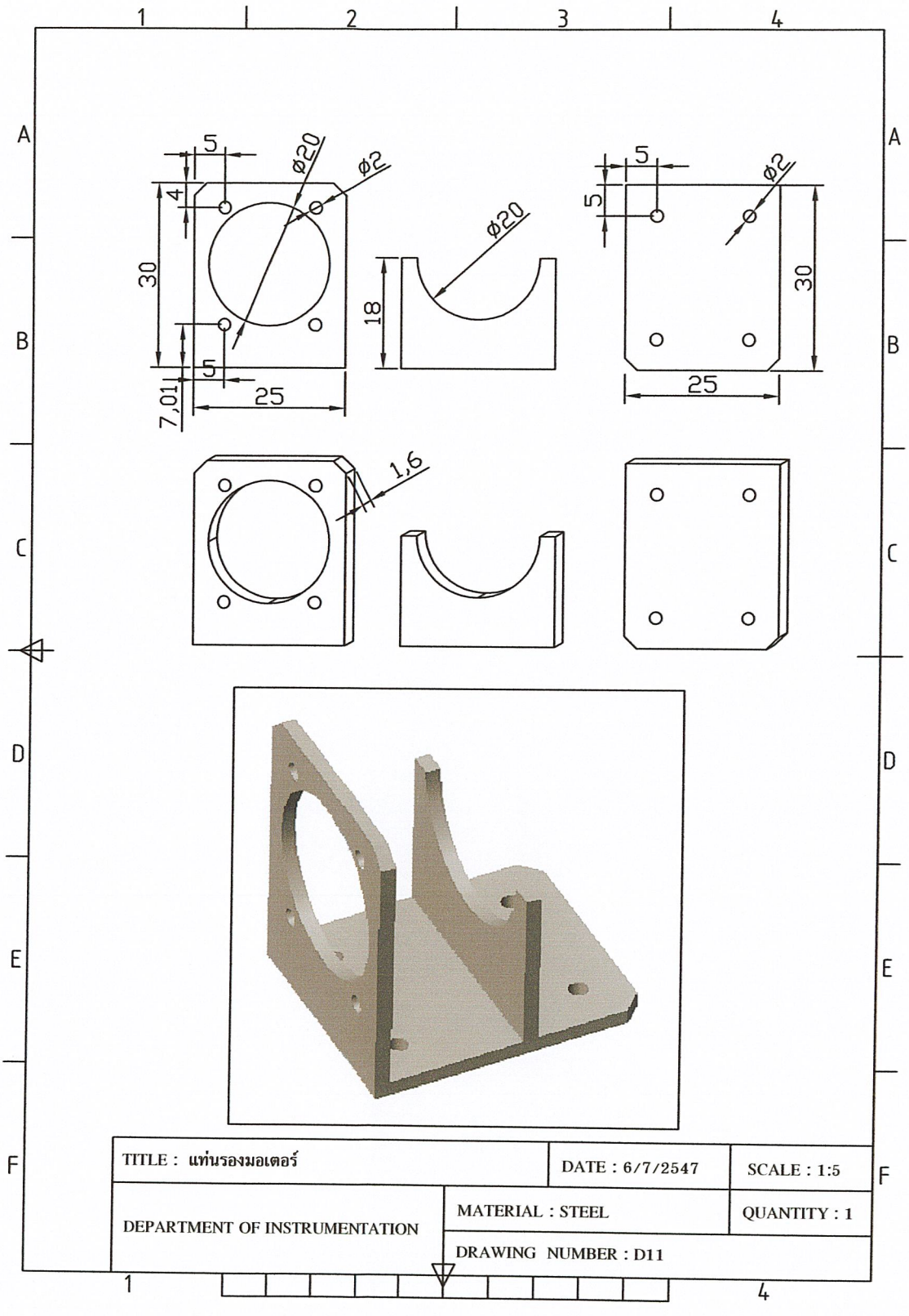


TITLE : COUPPING	DATE : 6/4/2547	SCALE : 1: 1
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION	MATERIAL : STEEL	QUANTITY : 1
	DRAWING NUMBER : D07	


1
2
3
4
A
B
C
D
E
F
30
Ø20
430
Ø22
189
Ø14,5
TITLE :เพลา STAR WHEEL
DATE : 6/4/2547
SCALE : 1:8
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION
MATERIAL : STEEL
QUANTITY :1
DRAWING NUMBER : D08

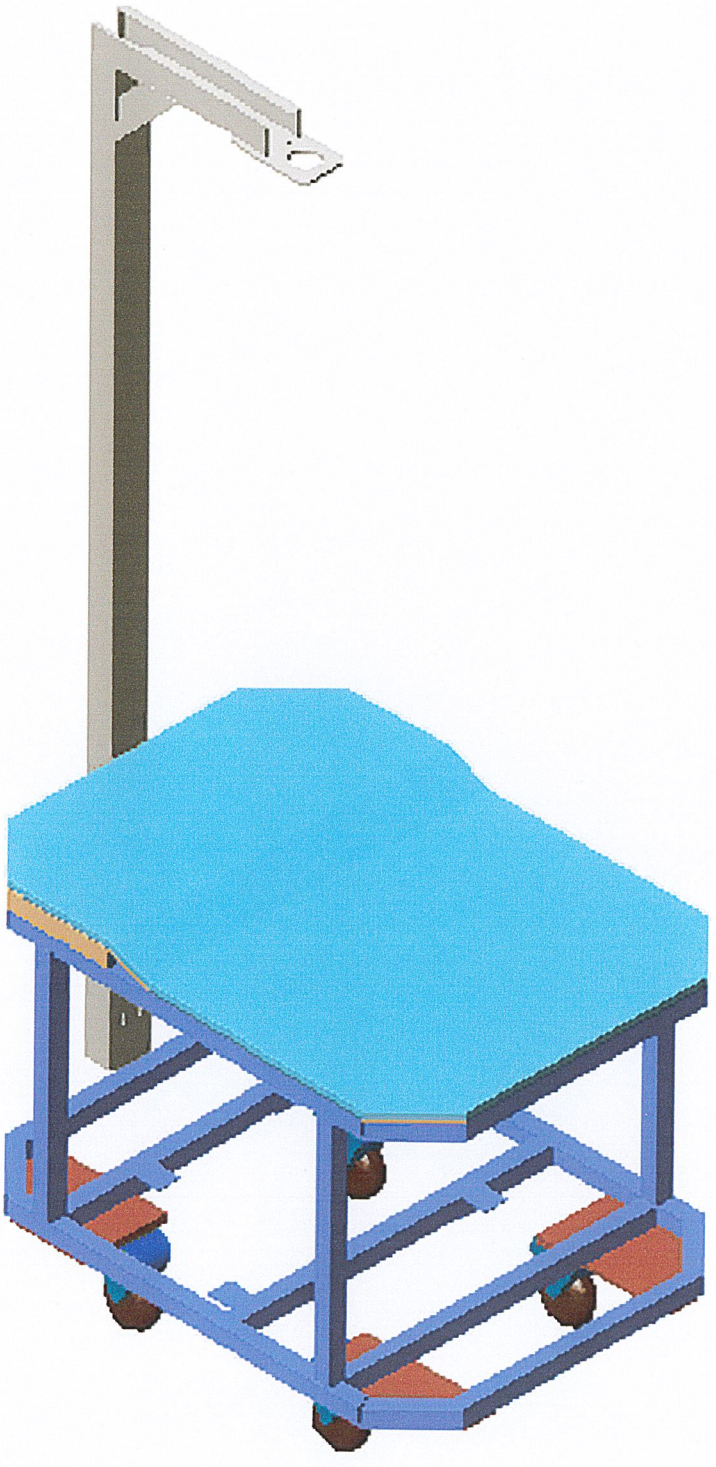

1
2
3
4
A
B
C
D
E
F
ø20
30
430
ø22
207
ø14,5
TITLE :เพลา STAR WHEEL
DATE : 6/4/2547
SCALE : 1:8
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION
MATERIAL : STEEL
QUANTITY :1
DRAWING NUMBER : D09


1
2
3
4
A
B
C
D
E
F
ø30
121
901.5
ø32
184.5
ø30
68
ø20
TITLE : เพลา MAIN
DATE : 6/4/2547
SCALE : 1:8
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION
MATERIAL : STEEL
QUANTITY :1
DRAWING NUMBER : D10

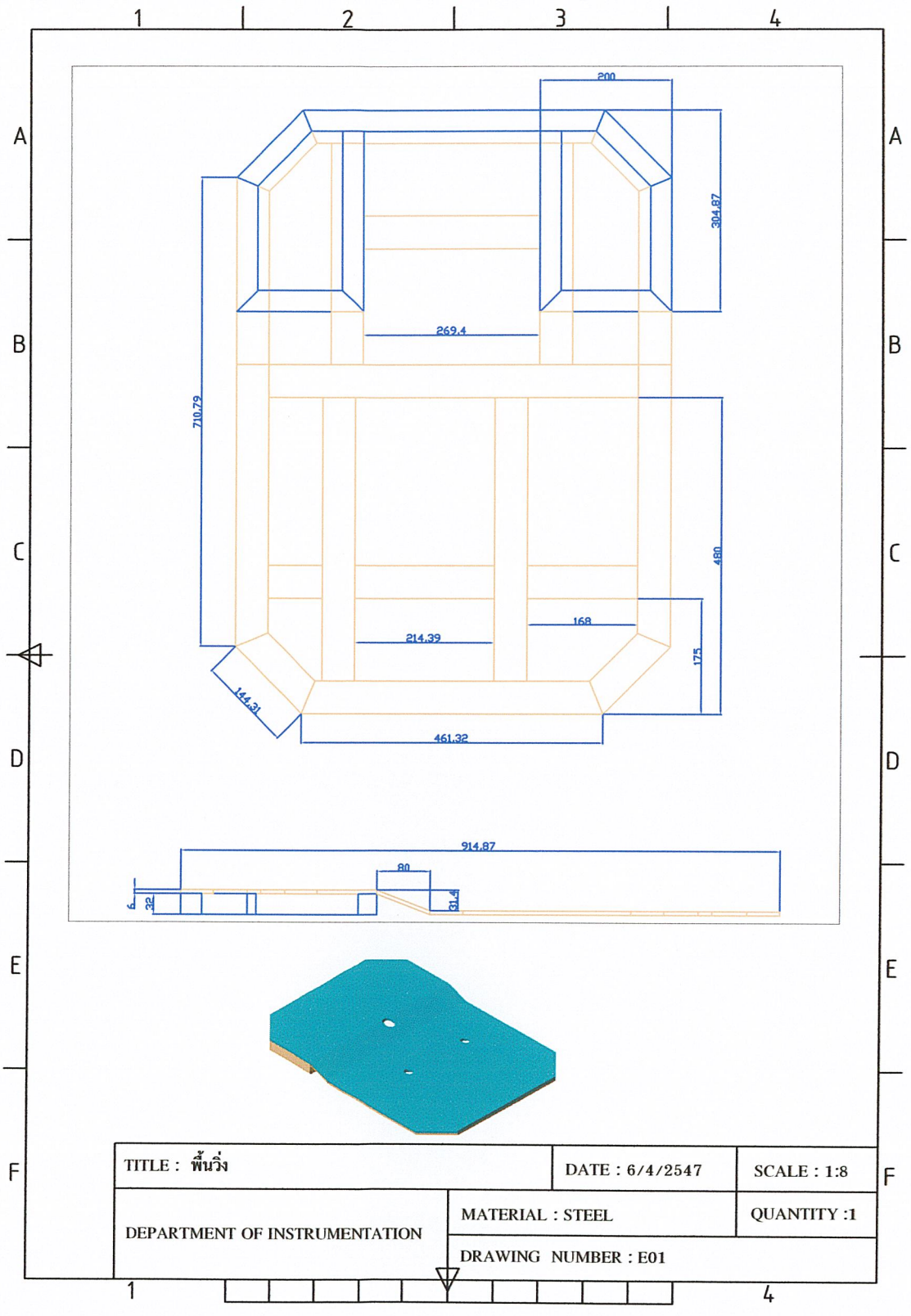


TITLE : แท่นรองมอเตอร์	DATE : 6/7/2547	SCALE : 1:5
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION	MATERIAL : STEEL	QUANTITY : 1
	DRAWING NUMBER : D11	

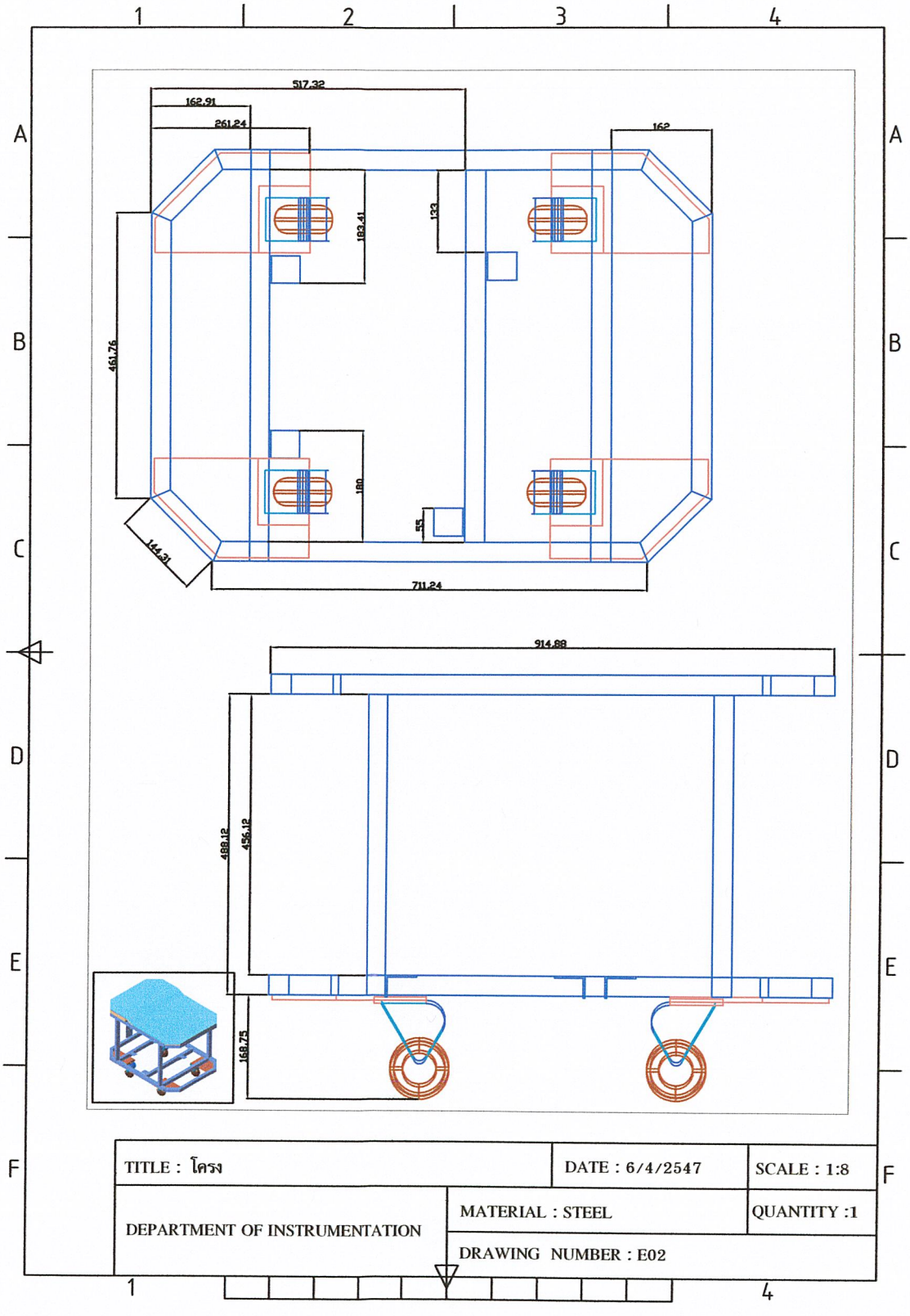
4.5 แบบชุดโครงและแผ่น plate ทางวิ่ง

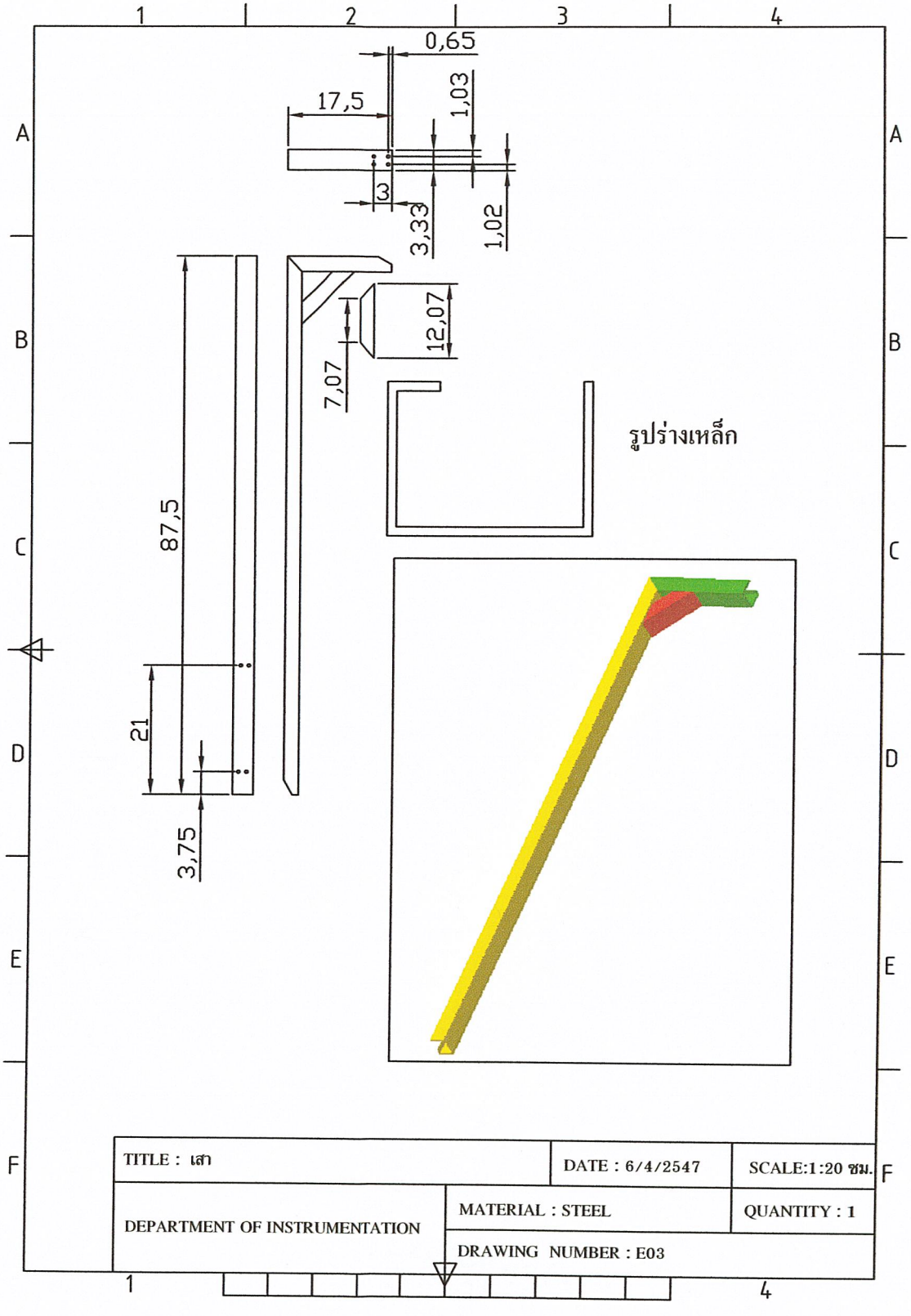


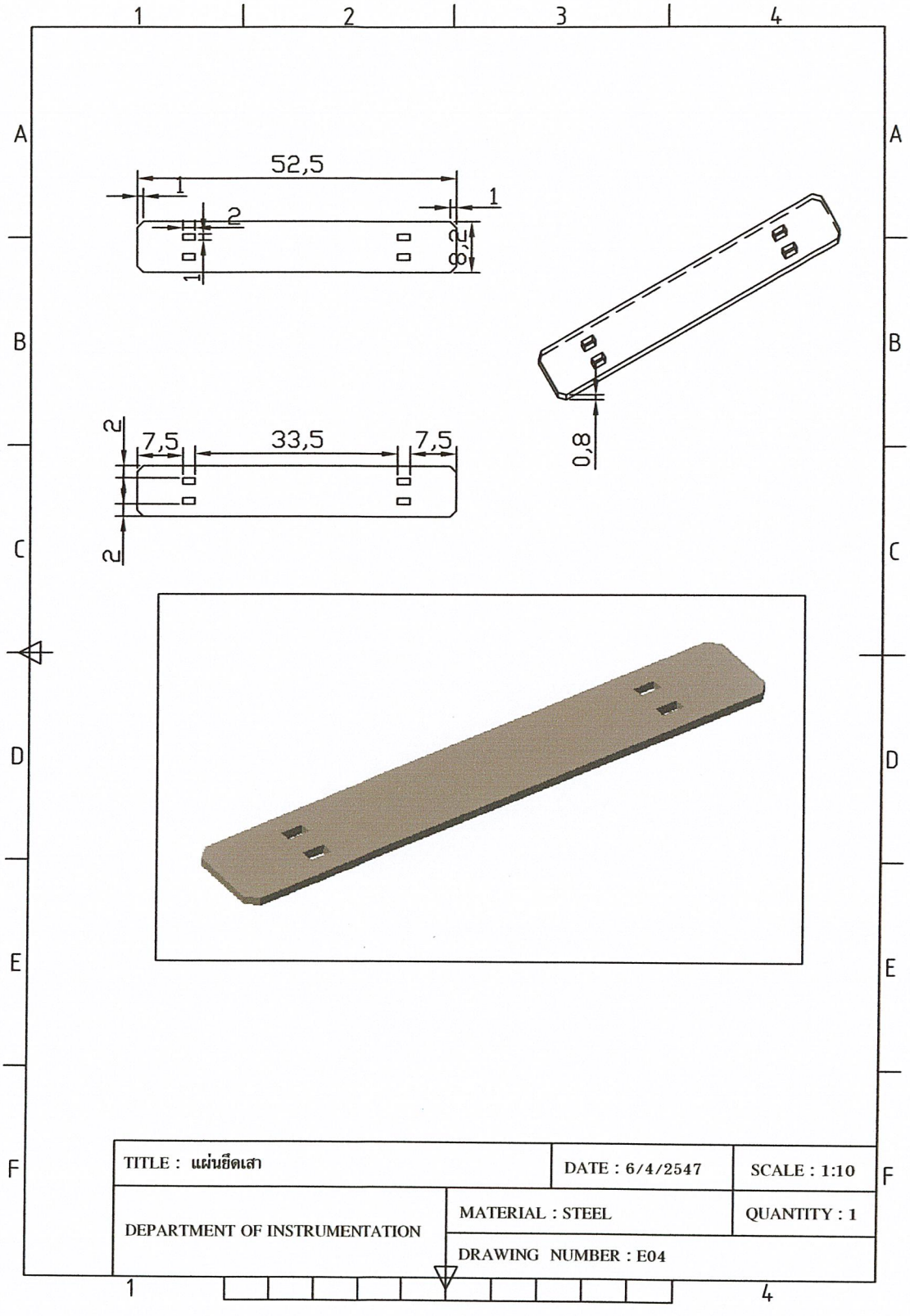
รูปที่ 4.5 แสดงแบบชุดโครงและแผ่น plate ทางวิ่ง ชุด E



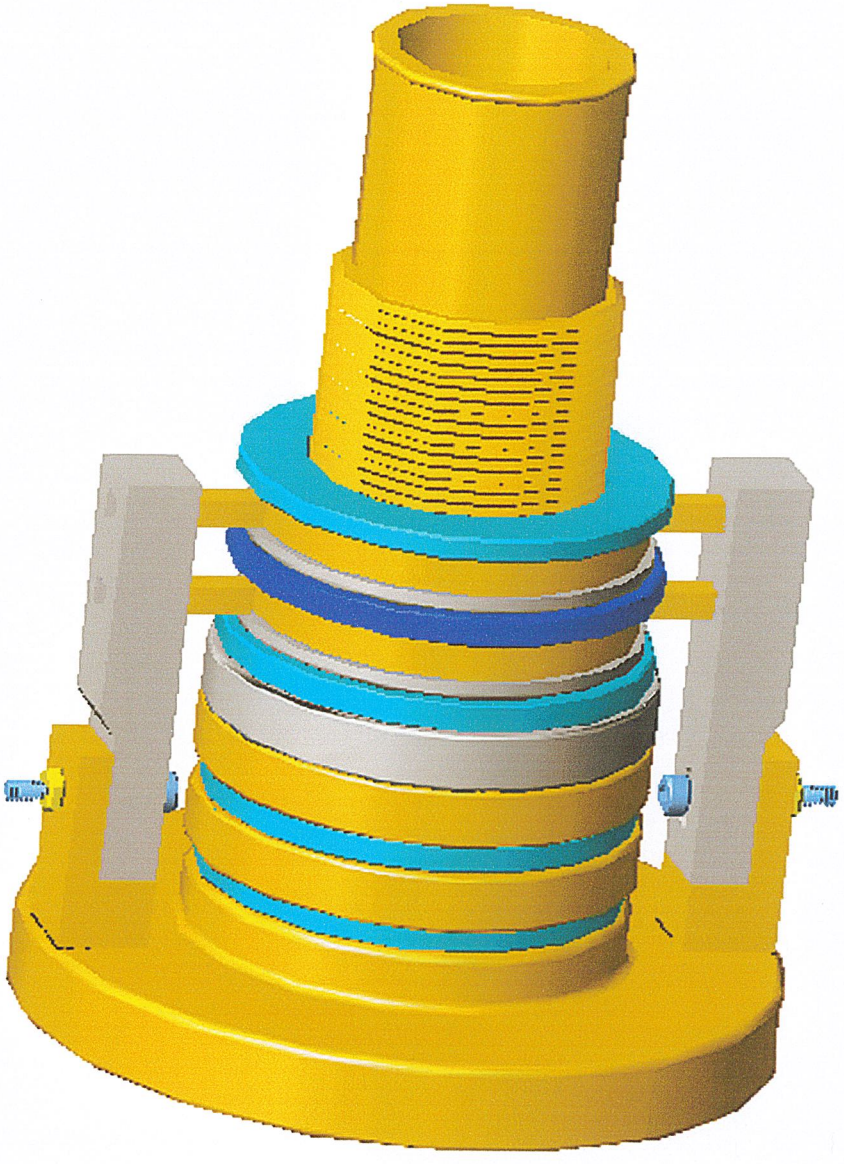
TITLE : พื้นวิ่ง	DATE : 6/4/2547	SCALE : 1:8
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION	MATERIAL : STEEL	QUANTITY :1
	DRAWING NUMBER : E01	


1
2
3
4
A
B
C
D
E
F
517.32
162.91
261.24
162
183.41
133
461.76
180
55
144.31
711.24
914.88
488.12
456.12
168.75
TITLE : โครง
DATE : 6/4/2547
SCALE : 1:8
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION
MATERIAL : STEEL
QUANTITY :1
DRAWING NUMBER : E02

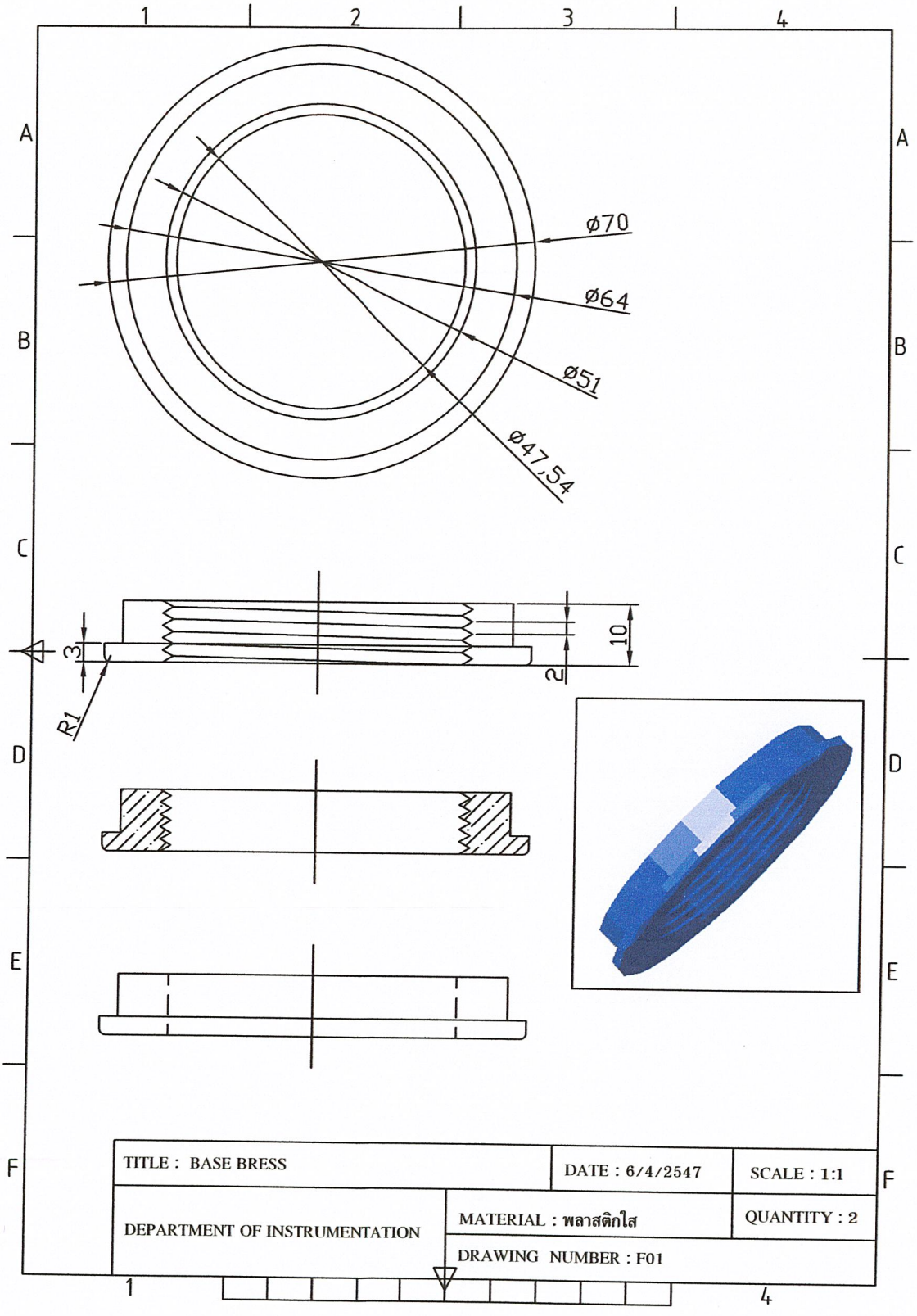

1
2
3
4
A
B
C
D
E
F
0,65
17,5
1,03
3
3,33
1,02
12,07
7,07
87,5
21
3,75
รูปร่างเหล็ก
TITLE : เสา
DATE : 6/4/2547
SCALE:1:20 ซม.
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION
MATERIAL : STEEL
QUANTITY : 1
DRAWING NUMBER : E03


1
2
3
4
A
B
C
D
E
F
52,5
1
1
2
2
8,2
1
7,5
33,5
7,5
2
2
0,8
TITLE : แผ่นยึดเสา
DATE : 6/4/2547
SCALE : 1:10
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION
MATERIAL : STEEL
QUANTITY : 1
DRAWING NUMBER : E04

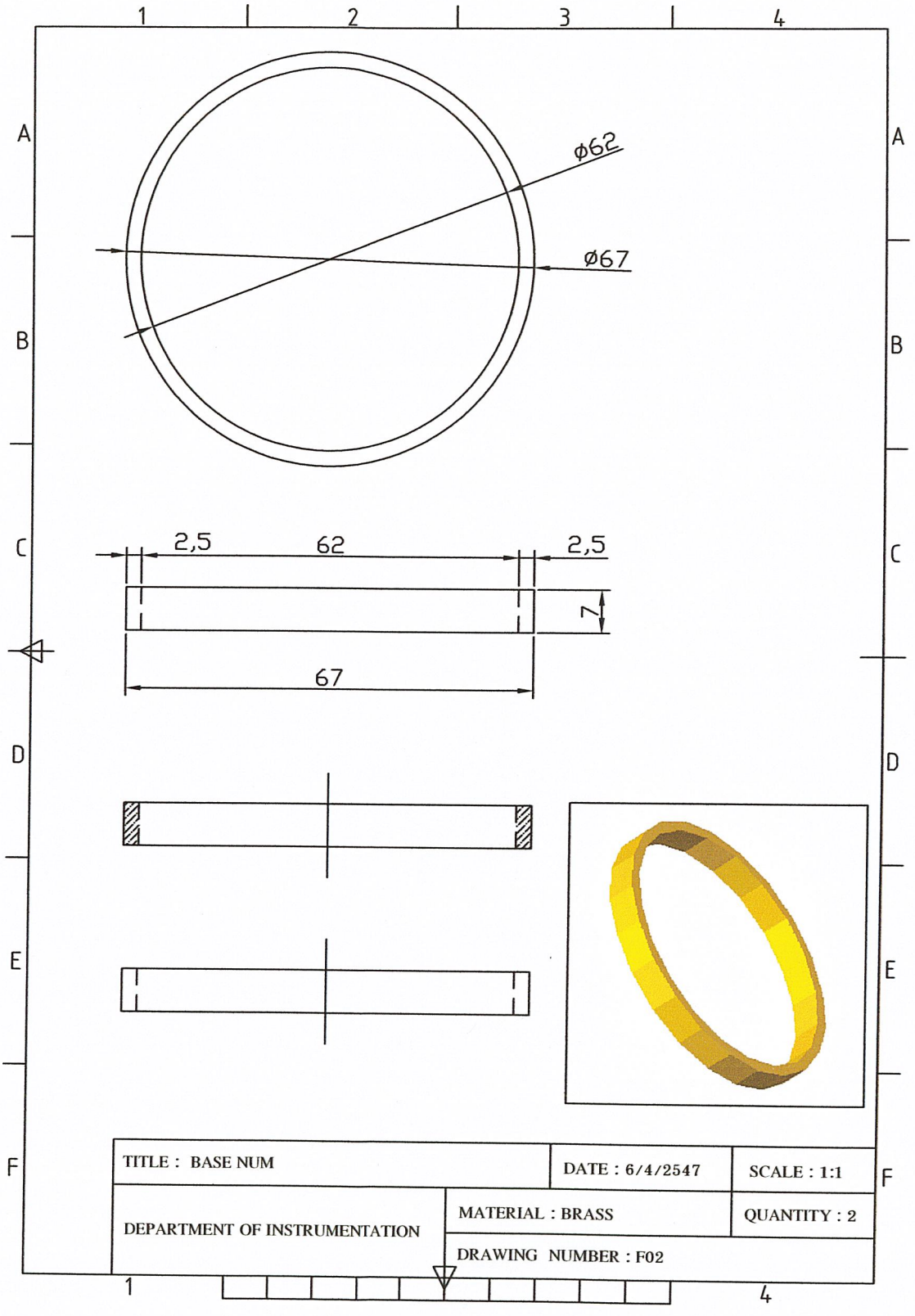
4.6 ชุดส่งถ่ายกำลังงานไฟฟ้า

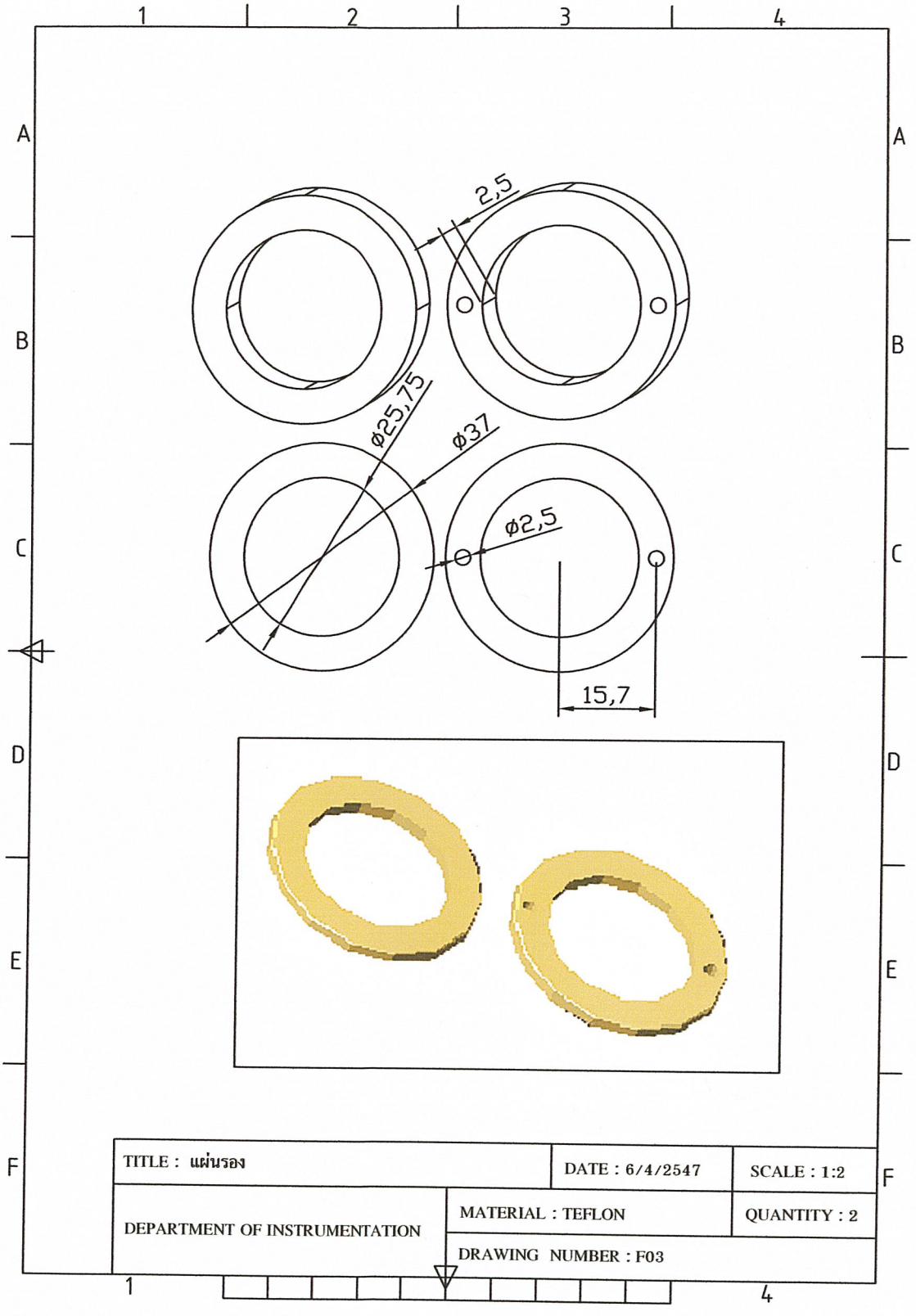


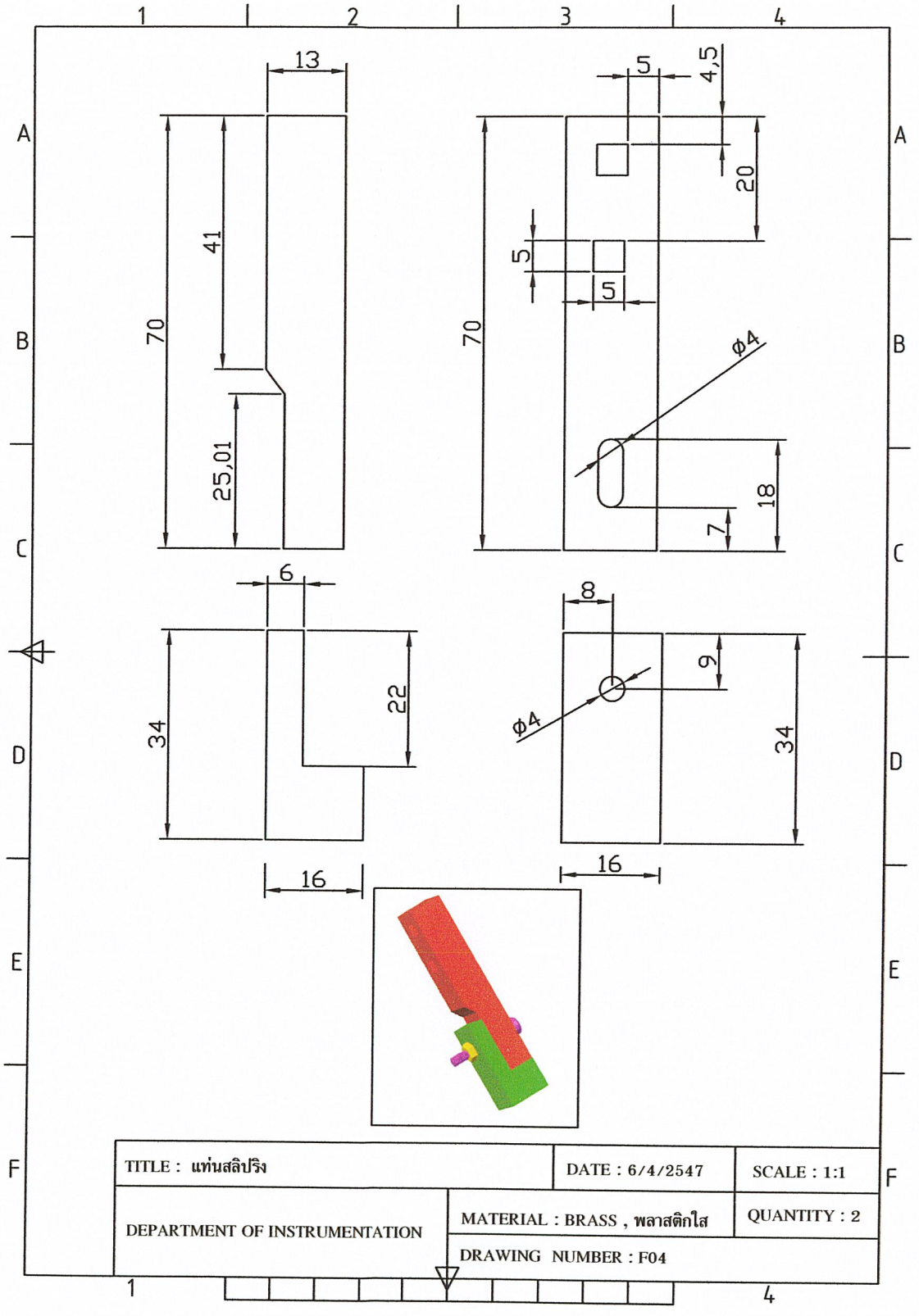
รูปที่ 4.6 แสดงชุดส่งถ่ายกำลังงานไฟฟ้า

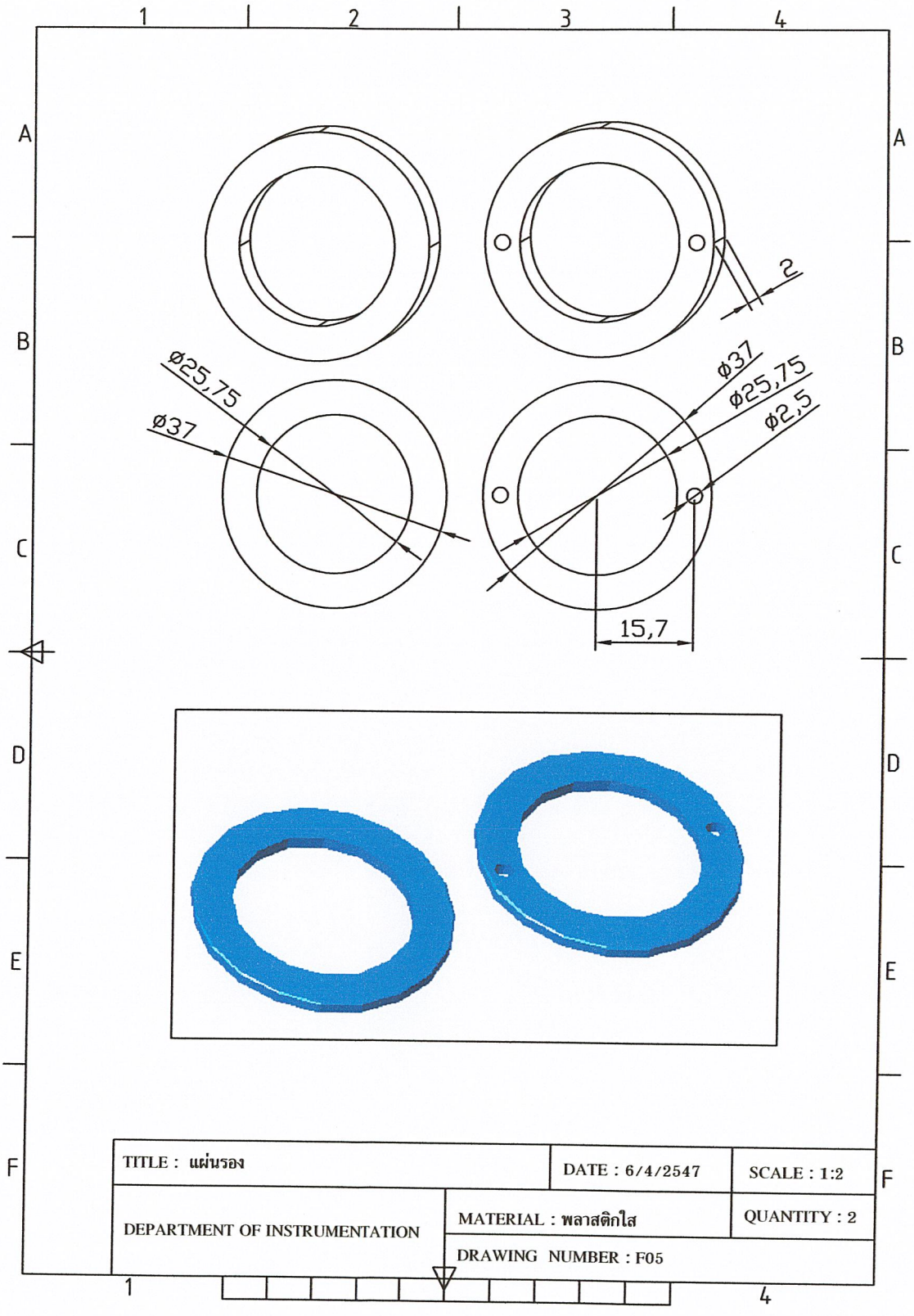


TITLE : BASE BRESS	DATE : 6/4/2547	SCALE : 1:1
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION	MATERIAL : พลาสติกใส	QUANTITY : 2
	DRAWING NUMBER : F01	

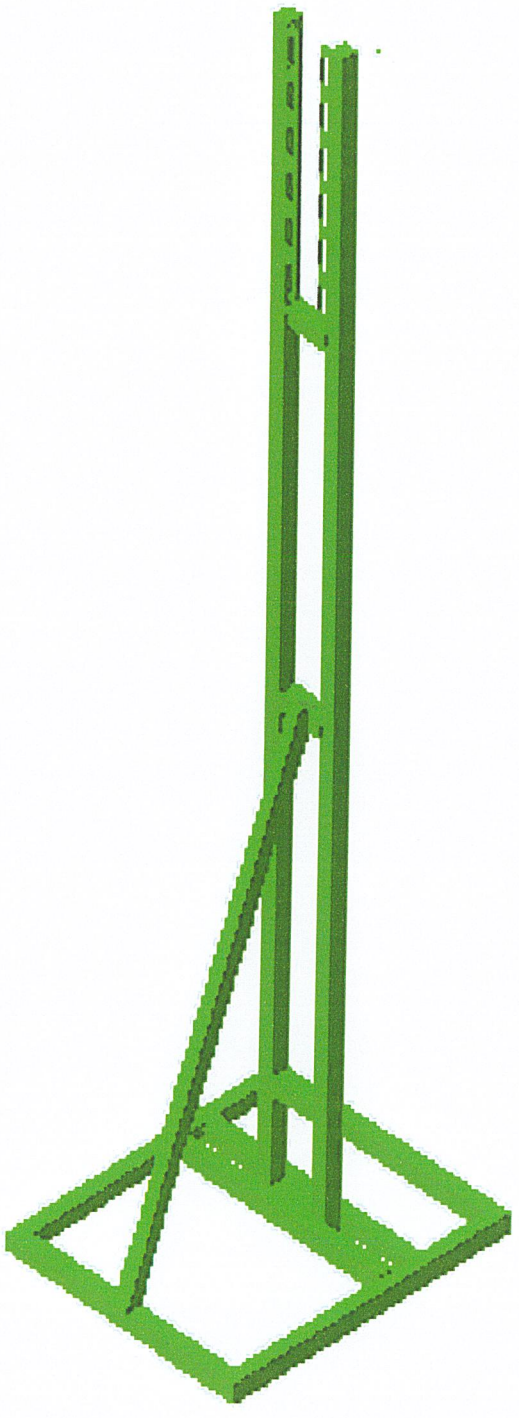

1
2
3
4
A
B
C
D
E
F
ø62
ø67
2,5
62
2,5
7
67
TITLE : BASE NUM
DATE : 6/4/2547
SCALE : 1:1
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION
MATERIAL : BRASS
QUANTITY : 2
DRAWING NUMBER : F02

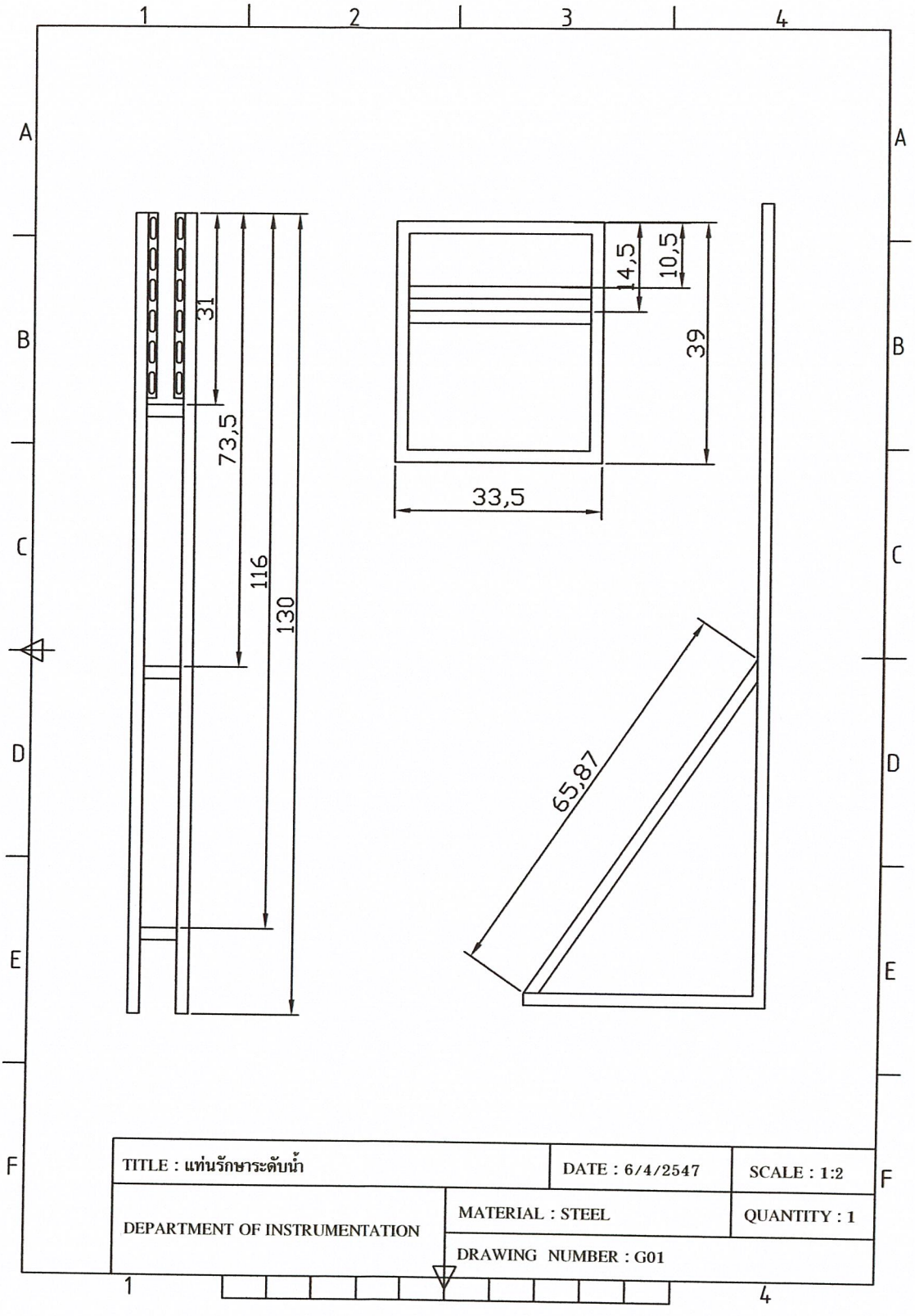

1
2
3
4
A
B
C
D
E
F
2,5
ϕ25,75
ϕ37
ϕ2,5
15,7
TITLE : แผ่นรอง
DATE : 6/4/2547
SCALE : 1:2
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION
MATERIAL : TEFLON
QUANTITY : 2
DRAWING NUMBER : F03


1
2
3
4
A
B
C
D
E
F
13
70
41
25,01
5
4,5
20
5
5
70
ϕ4
18
7
6
34
22
16
8
9
ϕ4
34
16
TITLE : แท่นสลิปริง
DATE : 6/4/2547
SCALE : 1:1
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION
MATERIAL : BRASS , พลาสติกใส
QUANTITY : 2
DRAWING NUMBER : F04

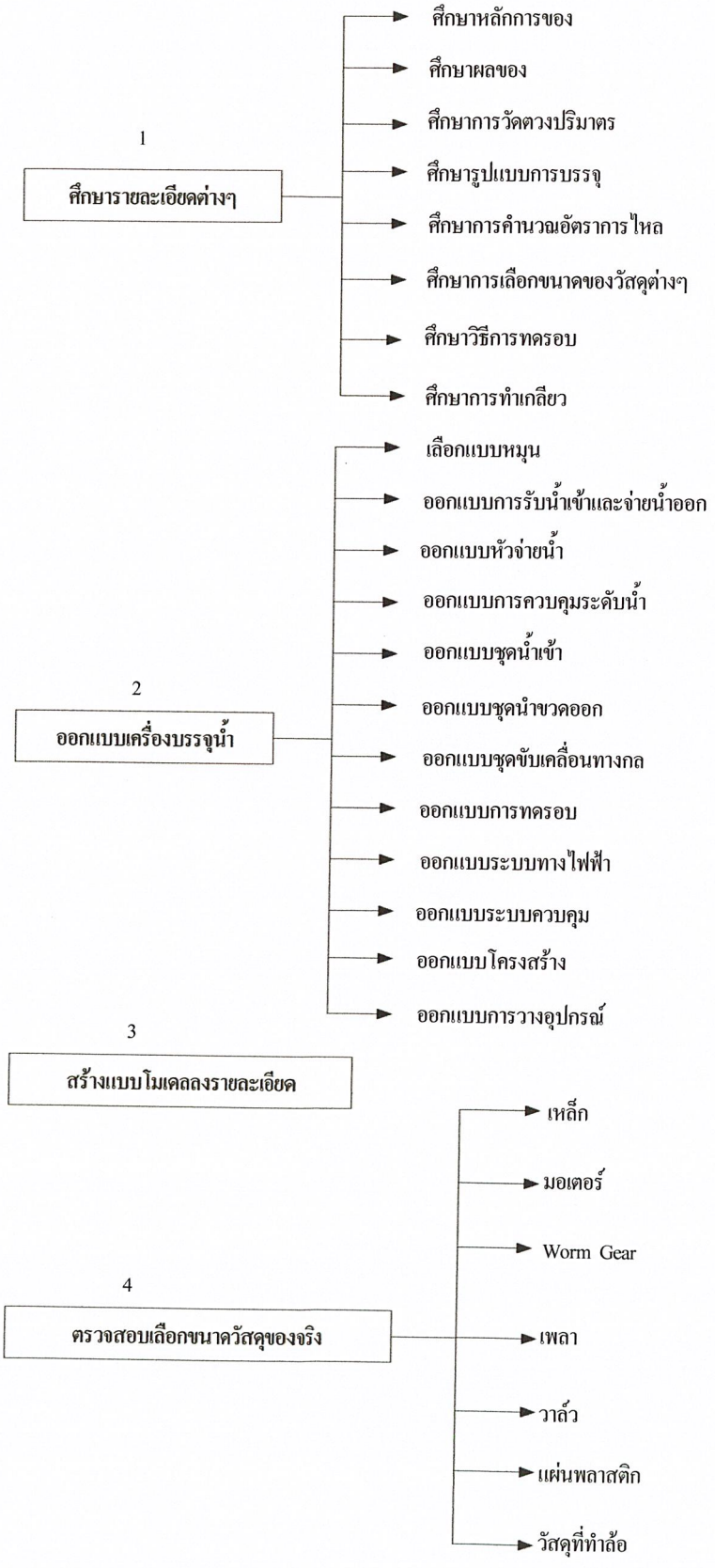

1
2
3
4
A
B
C
D
E
F
2
ø25,75
ø37
ø37
ø25,75
ø2,5
15,7
TITLE : แผ่นรอง
DATE : 6/4/2547
SCALE : 1:2
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION
MATERIAL : พลาสติกใส
QUANTITY : 2
DRAWING NUMBER : F05

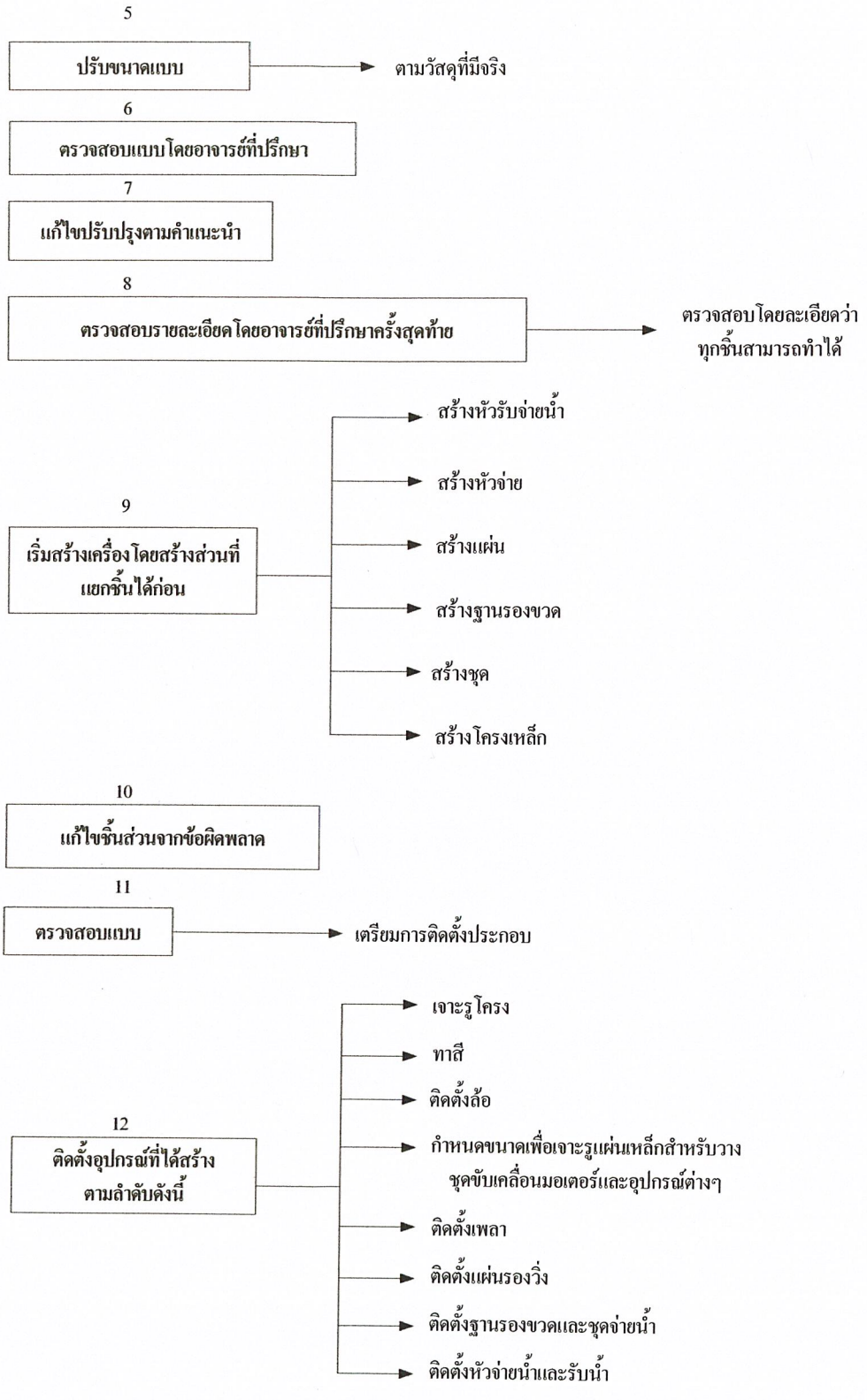
4.7 ชุดรักษาระดับแรงดันน้ำ

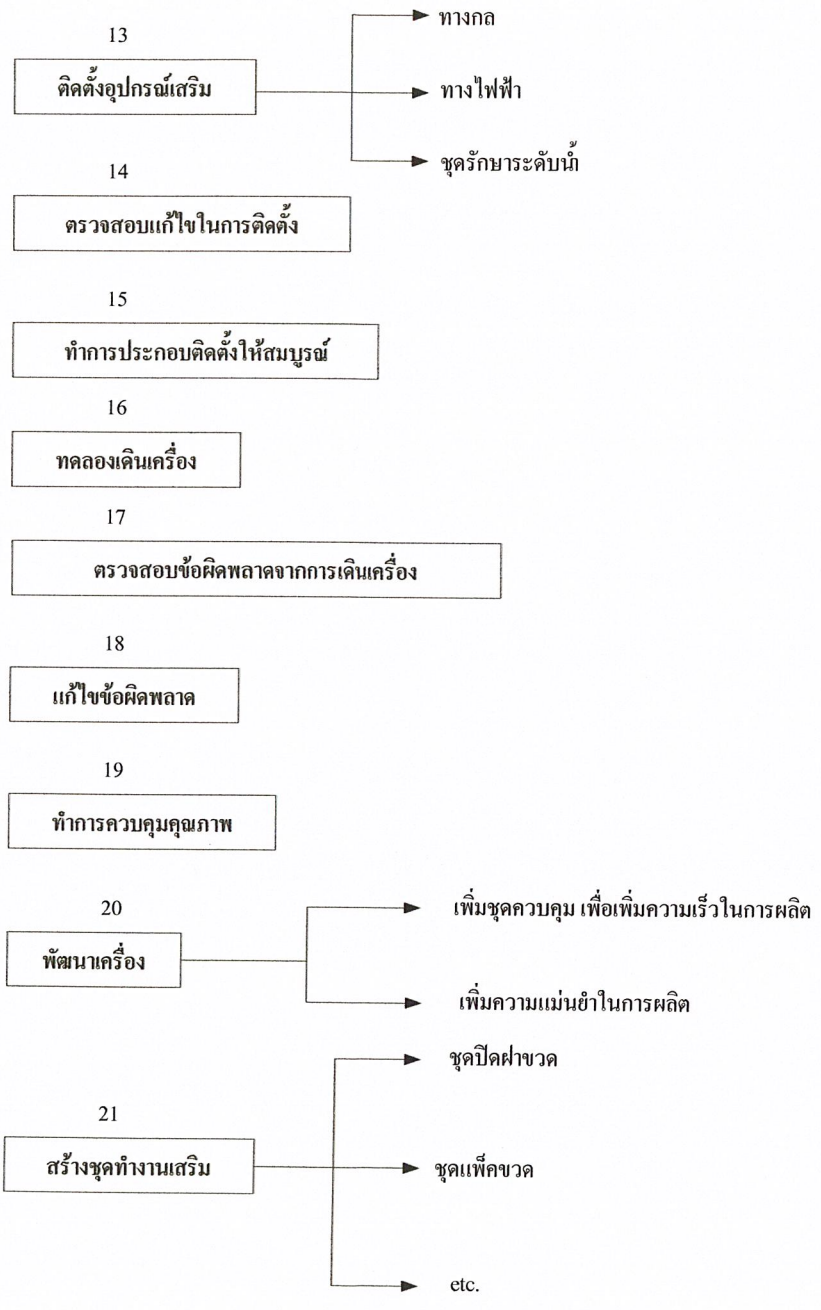



1
2
3
4
A
B
C
D
E
F
31
73,5
116
130
14,5
10,5
39
33,5
65,87
TITLE : แท่นรักษาระดับน้ำ
DATE : 6/4/2547
SCALE : 1:2
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION
MATERIAL : STEEL
QUANTITY : 1
DRAWING NUMBER : G01

บทที่ 5
แบบแสดงขั้นตอนในการสร้างเครื่องบรรจุน้ำ




5
ปรับขนาดแบบ
ตามวัสดุที่มีจริง
6
ตรวจสอบแบบโดยอาจารย์ที่ปรึกษา
7
แก้ไขปรับปรุงตามคำแนะนำ
8
ตรวจสอบรายละเอียดโดยอาจารย์ที่ปรึกษาครั้งสุดท้าย
ตรวจสอบโดยละเอียดว่า
ทุกชิ้นสามารถทำได้
9
เริ่มสร้างเครื่องโดยสร้างส่วนที่
แยกชิ้นได้ก่อน
สร้างหัวรับจ่ายน้ำ
สร้างหัวจ่าย
สร้างแผ่น
สร้างฐานรองขวด
สร้างชุด
สร้างโครงเหล็ก
10
แก้ไขชิ้นส่วนจากข้อผิดพลาด
11
ตรวจสอบแบบ
เตรียมการติดตั้งประกอบ
12
ติดตั้งอุปกรณ์ที่ได้สร้าง
ตามลำดับดังนี้
เจาะรูโครง
ทาสี
ติดตั้งล้อ
กำหนดขนาดเพื่อเจาะรูแผ่นเหล็กสำหรับวาง
ชุดขับเคลื่อนมอเตอร์และอุปกรณ์ต่างๆ
ติดตั้งเพลา
ติดตั้งแผ่นรองวิ่ง
ติดตั้งฐานรองขวดและชุดจ่ายน้ำ
ติดตั้งหัวจ่ายน้ำและรับน้ำ


13
ติดตั้งอุปกรณ์เสริม
ทางกล
ทางไฟฟ้า
ชุดรักษาระดับน้ำ
14
ตรวจสอบแก้ไขในการติดตั้ง
15
ทำการประกอบติดตั้งให้สมบูรณ์
16
ทดลองเดินเครื่อง
17
ตรวจสอบข้อผิดพลาดจากการเดินเครื่อง
18
แก้ไขข้อผิดพลาด
19
ทำการควบคุมคุณภาพ
20
พัฒนาเครื่อง
เพิ่มชุดควบคุม เพื่อเพิ่มความเร็วในการผลิต
เพิ่มความแม่นยำในการผลิต
21
สร้างชุดทำงานเสริม
ชุดปิดฝาขวด
ชุดแพ็คขวด
etc.

บทที่ 6
สรุปและแนวทางการพัฒนา

6.1 สรุป

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

แนวทางในอนาคตการทำเครื่องบรรจุน้ำนี้จะได้รับการพัฒนาต่อไป โดยทำเครื่องให้เสร็จสมบูรณ์ มีระบบไฟฟ้าที่ครอบคลุม ระบบควบคุมที่ดี และอาจจะเพิ่มเครื่องปิดฝาและเครื่องบรรจุหีบห่อเป็นกระบวนการที่สำเร็จรูป ซึ่งเหมาะสำหรับผู้สนใจจะนำไปเป็นต้นแบบหรือเหมาะกับผู้ประกอบการ ที่จะนำผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้เช่น น้ำผลไม้มาบรรจุ โดยจะได้เครื่องที่ไม่แพงจนเกินไป

6.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

1. เนื่องจากคณะผู้จัดทำโครงการมี ความรู้ไม่มากนักในเรื่องเครื่องจักรกลและอุปกรณ์เกี่ยวกับเครื่องกล เช่น การทดรอบ การใช้โซ่หรือสายพานการทำเกลียว การบอกระยะเกลียวเพื่อที่จะไปเขียนลงแบบ ดังนั้นจึงต้องมีการปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อความเป็นไปได้ของแบบ ซึ่งเป็นผลให้ในบางครั้งแบบแต่ละอุปกรณ์จึงต้องมีการปรับเปลี่ยน การเขียนและแก้ไขแบบหลายครั้งเพื่อให้ได้แบบที่สมบูรณ์ที่สุด และสามารถนำไปสร้างได้จริงและเหมาะสมที่สุด

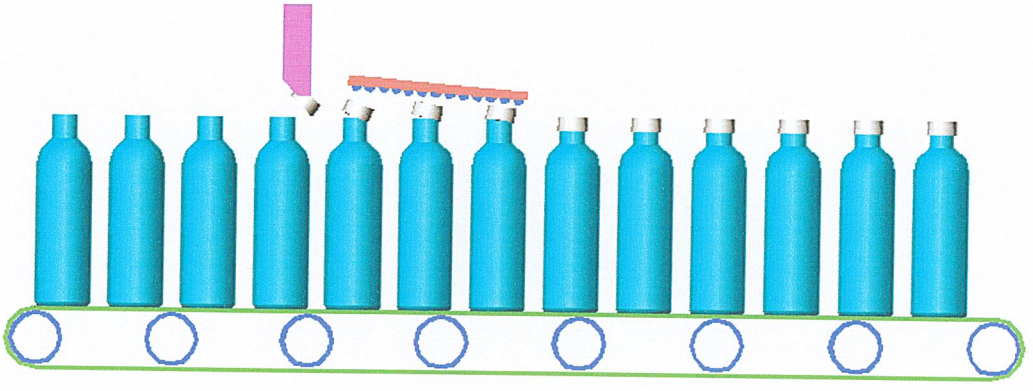
2. งบประมาณในการสร้างเครื่องจักรมีจำกัดทำให้เราจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ที่เป็นของมือสอง ดังนั้นเพื่อให้ได้แบบที่จะสร้างสมบูรณ์ที่สุด จึงต้องมีการปรับแบบให้เหมาะสมกับของที่หามาได้จริงจากท้องตลาด

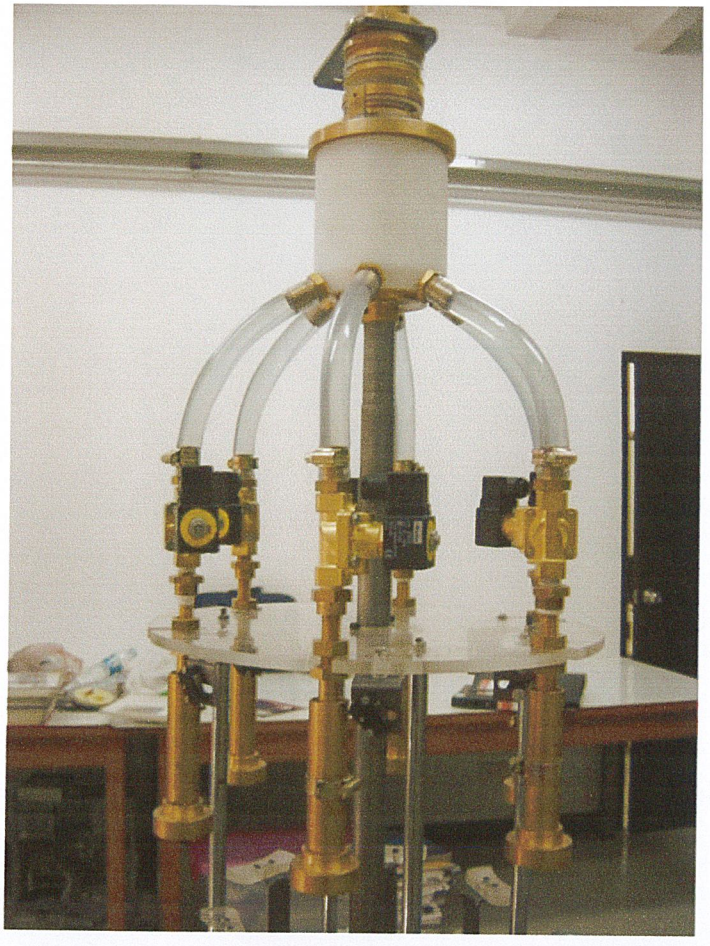
3. วัสดุชิ้นส่วนต่างๆ เช่น ส่วนประกอบของหัวจ่ายและซีลจ่ายน้ำ เราจำเป็นต้องหาวัตถุดิบเพื่อนำไปกลึงเป็นชิ้นงานจึงทำให้ระยะเวลาในการผลิตชิ้นส่วนต่างๆ แต่ละชิ้นต้องรอเวลามาก ดังนั้นในการประกอบและสร้างจึงมีตัวแปรเรื่องเวลามาเกี่ยวข้องด้วย

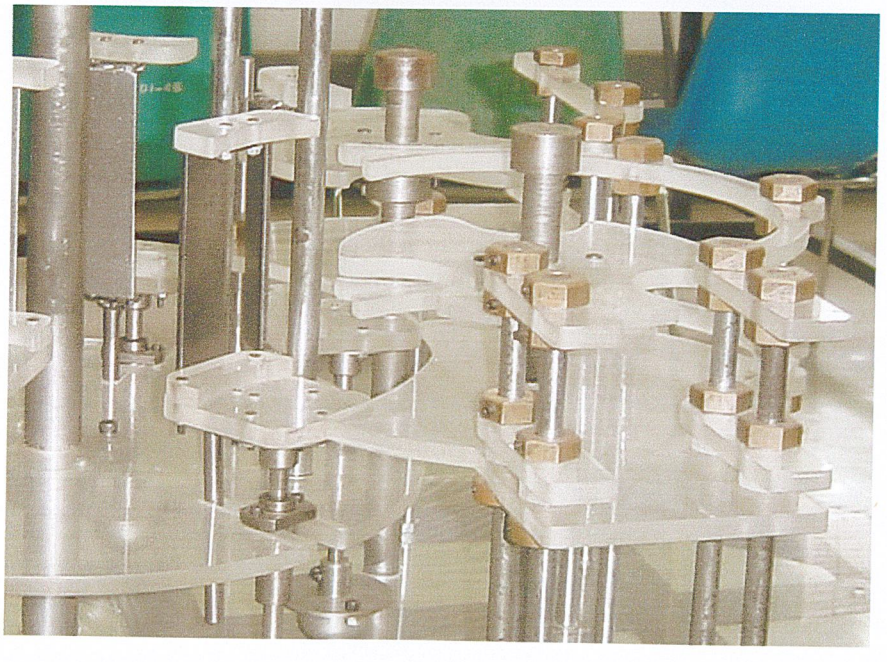
4. วัสดุที่เลือกใช้ ยังไม่เหมาะสมเนื่องจากเครื่องที่ใช้กับอาหารและเครื่องดื่มวัสดุที่ใช้ควรจะเป็นสเตนเลสหรืออลูมิเนียม ซึ่งจะไม่ก่อให้เกิดสนิมและทำปฏิกิริยากับอาหารและเครื่องดื่ม ทั้งนี้เนื่องจากคณะผู้จัดทำโครงการยังขาดประสบการณ์ และจะได้นำประสบการณ์นี้ไว้เป็นบทเรียนในการใช้งานจริง

6.3 แนวทางการพัฒนาต่อ

1. สายพานลำเลียงขวดเข้า
2. สายพานลำเลียงขวดออก
3. ขบวนการปิดฝา
4. ขบวนการแพ็คขวด







รูปที่ 6.1 รูปแสดงหัวจ่ายน้ำเข้าและน้ำออกชุดรับรองขวด

รูปที่ 6.2 รูปแสดงชุดขับมอเตอร์และการทดรอบ

รูปที่ 6.3 รูปภาพจริงของเครื่องบรรจุน้ำ

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

สมศักดิ์ กีรติวุฒิเศรษฐ์ , หลักการและการใช้เครื่องมือวัดอุตสาหกรรม พิมพ์ครั้งที่ 16, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ, 2544

Robert L. Mott, Applied Fluid Mechanics ; Fifth Edition, Prentice-Hall, Upper SaddleRiver, New Jersey, 2000

ภาคผนวก

นัต

เกรดความแข็งแรง

DIN 267 T4 (10.71)

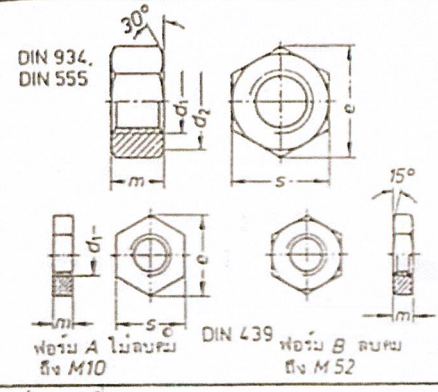
ความแข็งแรงของนัตจากเหล็กไม่ผสมหรือผสมเปอร์เซนต์ต่ำ ถึง d = 39 มม. และความสูงกำหนด $\geq 0.8d$ ขึ้นกับความแข็งแรงต่ำสุดของเกลียวนอก ซึ่งจะใช้นัตสวมกับ เกรดของความแข็งแรงของนัตจึงเหมือนเกรดความแข็งแรงของสลักเกลียวนอก

เกรดความแข็งแรงของนัต	5	6	8	10	12	14
ความเค้นตรวจสอบ O'_B (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 เมื่อทำจากเหล็กยัลโนนัตอนุญาตให้เขียนเครื่องหมาย 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
$e \approx$	4,2	5,4	6	7,6	8,7	11	14,3	16,8	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

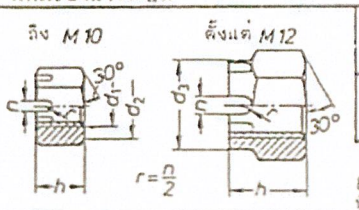
DIN 934 (4. 68)

d_1	M2	M2,5	M3	M4	M5	M6	M8	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
$e \approx$	4,4	5,5	6,1	7,7	8,8	11,0	14,3	16,6	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

ประเภทนึง M 4, ตั้งแต่ M 4 หรือ mg (ผู้ผลิตกำหนด) : เกรดความแข็งแรง 5, 6, 8, 12
ลักษณะนัตหกเหลี่ยม M 12, ประเภท m หรือ mg, เกรดความแข็งแรง 8 : นัตหกเหลี่ยม M 12 DIN 934-8

นัตมีร่องย่าใส่ปิน

DIN 935 (4. 77)

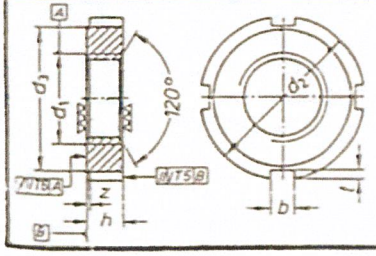


d_1	M4	M5	M6	M8	M10 M10x1,25	M12 M12x1,5	M16 M16x1,5	M20 M20x2 M20x1,5	M24 M24x2 M24x1,5
d_3	—	—	—	—	—	17	22	28	34
h	5	6	7,5	9,5	12	15	19	22	27
n	1,2	1,4	2	2,5	2,8	3,5	4,5	4,5	5,5

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)

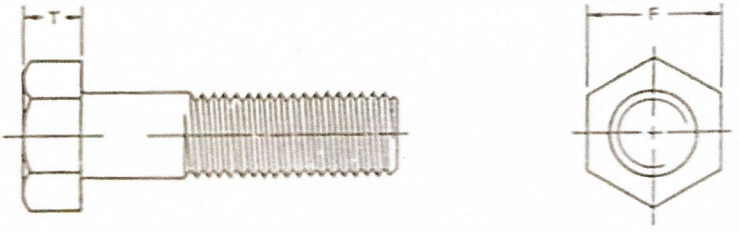


แบบ :
W ไม่ชุบแข็งและไม่เจียระไน
h ชุบแข็ง (นอกจากเกลียว)
Rวราบ เจียระไน
เกรดความแข็งแรงอย่างต่ำ 5

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

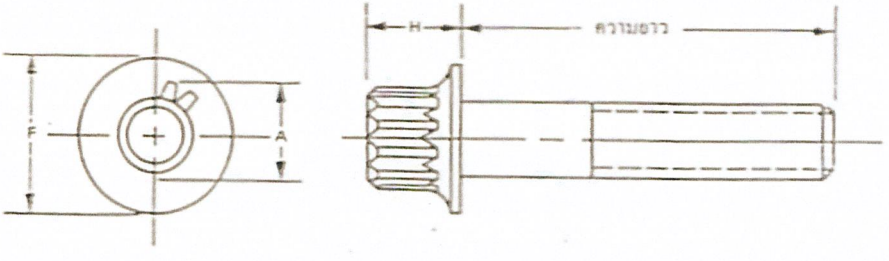
d_1	d_2	d_3	b	h	r	z	ขนาดร่อง
M30 × 1,5	50	43	7	10	3	0,5	4
M32 × 1,5	52	45	7	11	3	0,5	4
M35 × 1,5	55	48	7	11	3	0,5	4
M38 × 1,5	58	50	8	11	3,5	0,5	4
M40 × 1,5 M42 × 1,5	62	54	8	12	3,5	0,5	4
M45 × 1,5	68	60	8	12	3,5	0,5	6
M48 × 1,5 M50 × 1,5	75	67	8	13	3,5	0,5	6
M52 × 1,5	80	70	10	13	4	0,5	6

สลักเกลียวหัวหกเหลี่ยม

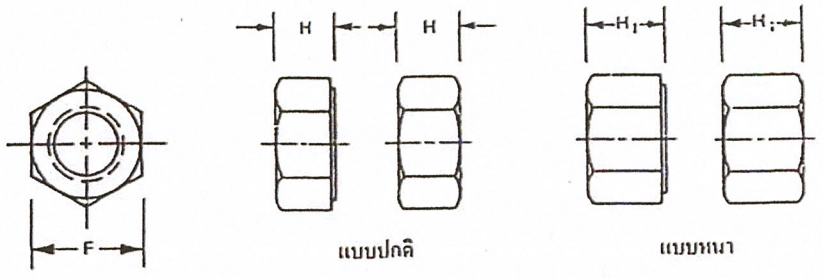


ขนาดเกลียวและระยะพิช	ความกว้าง F	ความหนา T
M 5 × 0.8	8	3.9
M 6 × 1	10	4.7
M 8 × 1.25	13	5.7
M 10 × 1.5	15	6.8
M 12 × 1.75	18	8
M 14 × 2	21	9.3
M 16 × 2	24	10.5
M 20 × 2.5	30	13.1
M 24 × 3	36	15.6
M 30 × 3.5	46	19.5
M 36 × 4	55	23.4

สลักเกลียวหัวสไปน์



แป้นเกลียวหัวหกเหลี่ยม



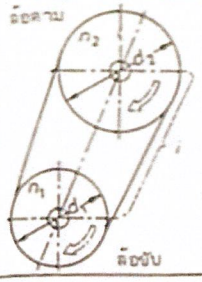
แบบปกติ
แบบ 1

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

การหาความเร็วรอบ

ล้อสายพาน : การทดอย่างง่าย



ความเร็วรอบล้อขับ × เส้นผ่าศูนย์กลางล้อขับ = ความเร็วรอบล้อตาม × เส้นผ่าศูนย์กลางล้อตาม

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

อัตราทด i = ความเร็วล้อขับ / ความเร็วล้อตาม

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

หรือ i = เส้นผ่าศูนย์กลางล้อตาม / เส้นผ่าศูนย์กลางล้อขับ

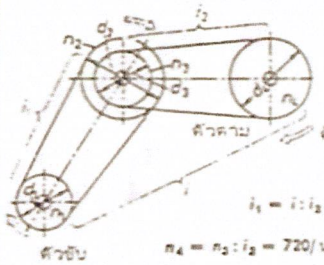
$$i = \frac{d_2}{d_1}$$

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

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{400/\text{นาที}}{600/\text{นาที}} = \frac{1}{1{,}5} = 0{,}667; \quad d_2 = \frac{n_1 \cdot d_1}{n_2} = \frac{400/\text{นาที} \cdot 360 \text{ มม.}}{600/\text{นาที}} = 240 \text{ มม.}$$

อัตราทดสามารถเขียนเป็นเศษส่วนธรรมดา หรือ เศษส่วนผสมก็ได้

ล้อสายพาน : ทดสองขั้น



อัตราทดรวม = ความเร็วรอบตัวขับ / ความเร็วรอบตัวตาม

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

หรือ i = ผลคูณของเส้นผ่าศูนย์กลางล้อตาม / ผลคูณของเส้นผ่าศูนย์กลางล้อขับ

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

หรือ i = ผลคูณของอัตราทดย่อย

$$i = i_1 \cdot i_2$$

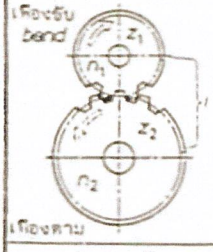
$$n_c \cdot d_1 \cdot d_3 = n_e \cdot d_2 \cdot d_4$$

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

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

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

การส่งกำลังด้วยเฟือง : เฟืองทดขั้นเดียว



ความเร็วรอบเฟืองขับ × จำนวนฟันเฟืองขับ = ความเร็วรอบเฟืองตาม × จำนวนฟันเฟืองตาม

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

อัตราทด i = ความเร็วรอบเฟืองขับ / ความเร็วรอบเฟืองตาม

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

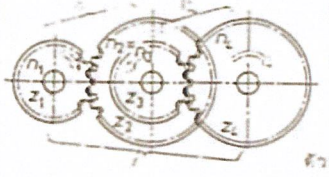
หรือ อัตราทด i = จำนวนฟันเฟืองตาม / จำนวนฟันเฟืองขับ

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

ตัวอย่าง $i = 1:2{,}5$, $n_1 = 180/\text{นาที}$ $z_2 = 24$. 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 = ความเร็วรอบเฟืองขับตัวแรก / ความเร็วรอบเฟืองตามตัวท้าย

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

หรือ i = ผลคูณของจำนวนฟันเฟืองตามทั้งหมด / ผลคูณของจำนวนฟันเฟืองขับทั้งหมด

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

หรือ i = ผลคูณของอัตราทดย่อย

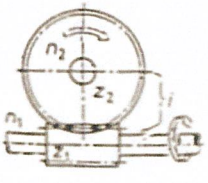
$$i = i_1 \cdot i_2$$

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

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

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

หรือ i = จำนวนฟันเฟืองหนอน / จำนวนฟันตัวหนอน

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

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

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