สำนักหอสมุด

สำนักหอสมุด

การพัฒนาเครื่องอัดถ่านแท่งระบบไฮโดรลิก

THE DEVELOPMENT OF MANUAL HYDRAULIC EQUIPMENT FOR BRIQUETTE CHARCOAL PRODUCTION

นางสาวมาริสา มากเมือง รหัส 55366392

นางสาววรดา สุวรรณศิริ รหัส 55366415

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน - 6 มิ.ย. 2561
เลขทะเบียน 1722397 3
เลขเรียกหนังสือ ปร ม 4916 ก
2558

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2558

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน การพัฒนาเครื่องอัดถ่านแท่งระบบไฮโดรลิก

ผู้จัดทำโครงงาน นางสาวมาริสา มากเมือง รหัส 55366392

นางสาววรดา สุวรรณศิริ รหัส 55366415

ที่ปรึกษาโครงงาน อาจารย์เกตุชนา บุญฤทธิ์

ที่ปรึกษาร่วมโครงงาน รองศาสตราจารย์ ดร.สมร หิรัญประดิษฐกุล

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ปีการศึกษา 2558

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(อาจารย์เกตุชนา บุญฤทธิ์)

.....ที่ปรึกษาร่วมโครงงาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมร หิรัญประดิษฐกุล)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.กวิน สนธิเพิ่มพูน)

.....กรรมการ
(อาจารย์เสาวลักษณ์ ตองกลิ่น)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การพัฒนาเครื่องอัดถ่านแท่งระบบไฮโดรลิก
ผู้จัดทำโครงงาน	นางสาวมาริสา มากเมือง รหัส 55366392
	นางสาววรดา สุวรรณศิริ รหัส 55366415
ที่ปรึกษาโครงงาน	อาจารย์เกตุชนา บุญฤทธิ์
ที่ปรึกษาร่วมโครงงาน	รองศาสตราจารย์ ดร.สมร หิรัญประดิษฐกุล
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2558

.....

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ทำการพัฒนาและปรับปรุงเครื่องอัดถ่านแท่งระบบไฮโดรลิกต้นแบบของชัยบดินทร์ หิตะวัฒนะกุล และพีรศักดิ์ หยกศิลา ที่ใช้ในการอัดถ่านแท่งจำนวน 16 ก้อนต่อครั้ง ถ่านแท่งที่ได้เป็นรูปทรงกระบอกกลวงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 6.5 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 2.5 เซนติเมตรและยาว 6.5 เซนติเมตร มีค่าความหนาแน่นประมาณ 1.5 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เนื่องจากอุปกรณ์เดิมมีปัญหาในส่วนกระบวนการอัดถ่านแท่งใช้เวลาในการอัดต่อครั้งนาน คือ ใช้เวลาเฉลี่ยประมาณ 13.5 นาที โดยไม่รวมเวลาการอัดแช่ 5 นาทีต่อหนึ่งครั้ง ดังนั้นทางผู้จัดทำโครงงานจึงได้พัฒนาเครื่องอัดถ่านแท่งระบบไฮโดรลิก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยลดระยะเวลาในการอัด อุปกรณ์มีการใช้งานง่ายและสะดวกรวดเร็ว ทำให้ได้ถ่านอัดแท่งที่มีขนาดเท่ากันทั้งหมด

ในการดำเนินโครงงาน ทำการปรับปรุงในบางส่วนของชุดอุปกรณ์อัดถ่านแท่ง ดังนี้ คือ สร้างอุปกรณ์ช่วยในการกรอกผงถ่าน เปลี่ยนเสาที่ใช้รับแรงและน้ำหนักของระบบการอัด ฝาปิดและระบบล็อคฝา และคันโยกไฮโดรลิก

เครื่องอัดถ่านแท่งระบบไฮโดรลิกนี้ใช้เวลาเฉลี่ยในการอัด 5.42 นาทีต่อครั้ง โดยไม่รวมเวลาการอัดแช่ 5 นาที ลดลงจากเดิมคิดเป็นร้อยละ 42.41 เวลาเฉลี่ยในขั้นตอนการเปิดปิดฝาลดลงจากเดิม 3 นาที เวลาเฉลี่ยการกรอกผงถ่านลดลง 6 นาที และถ่านแท่งที่ได้ทั้ง 16 แท่ง มีความหนาแน่น 1.49 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และขนาดเท่ากันทุกแท่ง

Project title	The Development of manual hydraulic equipment for briquettes charcoal production
Name	Miss Marisa Magmuang ID. 55366392
	Miss Worada Suwansiri ID. 55366415
Project advisor	Mr. Ketchana Boonrit
Co - Project advisor	Assoc. Prof. Dr. Samorn Hirunpraditkoon
Major	Industrial Engineering
Department	Industrial Engineering
Academic year	2015

Abstract

This project aimed to develop and modify the manual hydraulic equipment of Chaibadin Hitawattanakul and Peerasak Yoksila for briquette charcoal production at 16 pieces a time. The briquette charcoal obtained was shaped in a circular tube form with 6.5 and 2.5 centimeter in outer and inner diameters, respectively, had density of 1.5 g/cm^3. The difficulty of previous designed equipment was about the working time used to produce the briquettes. Each time was performed at about 13.5 min, excluding the 5 min holding time. Therefore, the objectives of this work were experimented to decrease the working time and to obtain a consistency of the briquette production.

Finally, this study was modified on the system of filled charcoal powder equipment, a supported pole of the lid junction and locked lid system and hydraulic handling system.

The modified equipment resulted that the 16 pieces of briquette charcoal had consistent size and density of 1.49 g/cm^3. The experiment indicated that the locked lid system reduced the working time about 3 min, while the filled charcoal time was deceased 6 min. Each production time was performed at about 5.42 min, excluding the 5 min holding time, which was about 42.41 % reduction time.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีนั้นต้องขอขอบคุณ อาจารย์เกตุชนา บุญฤทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.สมร หิรัญประดิษฐกุล อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมปริญญานิพนธ์ ซึ่งท่านทั้งสองได้ให้คำปรึกษา แนะนำข้อผิดพลาดต่างๆ และช่วยแก้ปัญหาข้อบกพร่องของการดำเนินโครงงานด้วยดีตลอดมา จนทำให้ปริญญานิพนธ์นี้มีความสมบูรณ์และถูกต้อง

ขอขอบคุณอาจารย์ ครูช่าง และบุคลากรของภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการทุกท่าน ที่คอยให้ความช่วยเหลือในการใช้อาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

สุดท้ายนี้ ผู้จัดทำโครงงานขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่สนับสนุนในด้านการเงินและให้กำลังใจแก่ผู้จัดทำโครงงานเสมอจนสำเร็จการศึกษา รวมถึงเพื่อนๆ ที่คอยแนะนำช่วยเหลือแก่ผู้จัดทำโครงงานด้วยดีตลอดมา

ผู้จัดทำโครงงาน
นางสาวมาริสา มากเมือง
นางสาววรดา สุวรรณศิริ
มิถุนายน 2559

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์.....ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ค
กิตติกรรมประกาศ.....ง
สารบัญ.....จ
สารบัญตาราง.....ช
สารบัญรูป.....ฌ

บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน.....1
1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน.....1
1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ.....1
1.5 ขอบเขตการดำเนินโครงงาน.....2
1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน.....2
1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน.....2
1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน.....2

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น.....4
2.1 ทฤษฎีความเค้นอัด.....4
2.2 ทฤษฎีการโก่งตัวของเสา.....5
2.3 ทฤษฎีความหนาแน่นของสาร.....7
2.4 ทฤษฎีระบบไฮโดรลิกเบื้องต้น.....7
2.5 งานวิจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง.....8
2.5.1 ปริญญานิพนธ์ การพัฒนาเครื่องอัดถ่านแท่งจากกะลามะพร้าว
และซังข้าวโพดด้วยระบบไฮโดรลิก.....8
2.5.2 ปริญญานิพนธ์ การผลิตถ่านอัดแท่งเพื่อชุมชน ด้วยวิธีการอัดแบบไฮโดรลิก.....8
2.5.3 ปริญญานิพนธ์ ถ่านอัดแท่งจากไม้ยูคาลิปตัส.....9

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงงาน 10
3.1 ศึกษาทฤษฎีและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 10
3.1.1 ศึกษางานวิจัยเครื่องอัดถ่านแท่ง 10
3.1.2 ศึกษาทฤษฎีที่นำมาใช้ในการออกแบบเครื่องอัดถ่านแท่งระบบไฮโดรลิก 10
3.2 ศึกษาและรวบรวมเก็บข้อมูลการอัดถ่านแท่ง 10
3.3 ศึกษาการใช้เครื่องอัดถ่านแท่ง 10
3.4 วิเคราะห์ปัญหาเครื่องอัดถ่านแท่งต้นแบบและออกแบบเครื่องอัดถ่านแท่ง 12
3.4.1 วิเคราะห์ปัญหาเครื่องอัดถ่านแท่งต้นแบบ 12
3.4.2 การออกแบบเครื่องอัดถ่านแท่งระบบไฮโดรลิก 12
3.5 การพัฒนาเครื่องอัดถ่านแท่งระบบไฮโดรลิก 13
3.6 การทดสอบการอัดถ่านแท่ง โดยวัดเวลาการอัดถ่านโดยรวม
และวัดความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งที่ได้จากเครื่องอัดถ่านแท่ง 13
3.7 วิเคราะห์เปรียบเทียบผลความหนาแน่นของถ่านอัดแท่ง
เวลาการอัดถ่านของเครื่องอัดถ่าน และสรุปผลการทดสอบ 13
3.8 สรุปผลการดำเนินโครงงาน 14
3.9 จัดทำรูปเล่มโครงงาน 14

บทที่ 4 ผลการดำเนินโครงงาน 15
4.1 ผลการศึกษาทฤษฎีและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 15
4.1.1 ผลการศึกษางานวิจัยเครื่องอัดถ่านแท่ง 15
4.1.2 ผลการศึกษาทฤษฎีที่นำมาใช้ในการออกแบบเครื่องอัดถ่านแท่ง
ระบบไฮโดรลิก 15
4.2 ผลศึกษาและรวบรวมเก็บข้อมูลการอัดถ่านแท่ง 15
4.3 ผลศึกษาการใช้เครื่องอัดถ่านแท่ง 15
4.4 ผลการวิเคราะห์ปัญหาเครื่องอัดถ่านแท่งต้นแบบและออกแบบเครื่องอัดถ่านแท่ง 16
4.4.1 ผลการวิเคราะห์ปัญหาเครื่องอัดถ่านแท่งต้นแบบ 16
4.4.2 ผลการออกแบบเครื่องอัดถ่านแท่งระบบไฮโดรลิก 17

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.5 ผลศึกษาการใช้เครื่องอัดถ่านแท่งวิธีการดำเนินโครงงาน 24
4.6 ผลการทดสอบการอัดถ่านแท่ง โดยวัดเวลาการอัดถ่านโดยรวม
และวัดความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งที่ได้จากเครื่องอัดถ่านแท่ง 28
4.7 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลความหนาแน่นของถ่านอัดแท่ง
เวลาการอัดถ่านของเครื่องอัดถ่าน และวิเคราะห์ผลการทดสอบ 30

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 31
5.1 สรุปผลการดำเนินโครงงาน 31
5.2 ข้อเสนอแนะ 31

เอกสารอ้างอิง 32

ภาคผนวก ก คู่มือการใช้งานและบำรุงรักษาเครื่องอัดถ่านแท่งระบบไฮโดรลิก 33
ภาคผนวก ข เครื่องอัดถ่านแท่งระบบไฮโดรลิก 42

ประวัติผู้จัดทำโครงงาน 63

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน 2

4.1 เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการอัดถ่านแต่ละขั้นตอนของเครื่องอัดถ่านแท่งต้นแบบ 16

4.2 เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการอัดถ่านแต่ละขั้นตอนของเครื่องอัดถ่านแท่งที่พัฒนาแล้ว 28

4.3 ตารางแสดงน้ำหนักของถ่านอัดแท่ง 29

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 แรงอัดกระทำกับวัตถุ 4

2.2 ความยาวสมมูลและค่า K 6

2.3 ระบบไฮโดรลิกเบื้องต้น 7

3.1 เครื่องอัดถ่านแท่งระบบไฮโดรลิกต้นแบบ 11

4.1 แบบอุปกรณ์ช่วยกรอกผงถ่าน 17

4.2 แบบเสากลมต้น (ก.) เสากลมกลวง (ข.) และ (ค.) 18

4.3 แบบฝาปิด 22

4.4 แบบคันโยกไฮโดรลิก 23

4.5 อุปกรณ์ช่วยกรอกผงถ่าน 24

4.6 การประกอบเสาเข้ากับฐานเครื่อง 25

4.7 การประกอบฐานเครื่องอัด ตัวดันแผ่นอัด และกระบอกอัดของเครื่อง 25

4.8 ตำแหน่งของกระบอกอัด 25

4.9 การทำฝาบน 26

4.10 ตัวล็อคด้านข้าง 27

4.11 คันโยกไฮโดรลิก 27

ก.1 การตั้งเครื่องอัดไฮโดรลิก 34

ก.2 วิธีการเปิดฝา 35

ก.3 การกรอกผงถ่าน 35

ก.4 วิธีการปิดฝา 36

ก.5 ตำแหน่งล็อคฝาปิด 36

ก.6 การบิดล็อคเครื่องอัดไฮโดรลิก 37

ก.7 การอัดถ่านแท่ง 37

ก.8 หมุนฝาเปิดเพื่อเอาถ่านอัดแท่งออก 38

ก.9 การนำถ่านอัดแท่งออก 38

ก.10 การปลดเครื่องอัดไฮโดรลิก 39

ก.11 การเป่าลมเพื่อทำความสะอาด 40

ก.12 การหยอดน้ำมันหล่อลื่น 40

ก.13 การเติมน้ำมันไฮโดรลิก 41

ก.14 การหยอดน้ำมันหล่อลื่นที่ก้านโยกไฮโดรลิก 41

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

ข.1 เครื่องอัดถ่านแท่งระบบไฮโดรลิก 43
ข.2 ชิ้นส่วนที่ 1 44
ข.3 ชิ้นส่วนที่ 2 45
ข.4 ชิ้นส่วนที่ 3 46
ข.5 ชิ้นส่วนที่ 4 47
ข.6 ชิ้นส่วนที่ 5 48
ข.7 ชิ้นส่วนที่ 6 49
ข.8 ชิ้นส่วนที่ 7 50
ข.9 ชิ้นส่วนที่ 8 51
ข.10 ชิ้นส่วนที่ 9 52
ข.11 ชิ้นส่วนที่ 10 53
ข.12 ชิ้นส่วนที่ 11 54
ข.13 ชิ้นส่วนที่ 12 55
ข.14 ชิ้นส่วนที่ 13 56
ข.15 ชิ้นส่วนที่ 14 57
ข.16 ชิ้นส่วนที่ 15 58
ข.17 ชิ้นส่วนที่ 16 59
ข.18 ชิ้นส่วนที่ 17 60
ข.19 ชิ้นส่วนที่ 18 61
ข.20 ชิ้นส่วนที่ 20 62

บทที่1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

ถ่านอัดแท่งเป็นพลังงานเชื้อเพลิงประเภทหนึ่งที่ใช้ในครัวเรือน มีสมบัติคือให้ความร้อนสูง สม่ำเสมอใช้ได้นานกว่าถ่านไม้ ไม่แตกประทุ ไม่มีควันเนื่องจากความชื้นน้อย ไม่มีกลิ่นเกิดขี้เถ้าน้อย และไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพเพราะผลิตจากวัสดุธรรมชาติ

โครงงานนี้เห็นถึงความสำคัญของถ่านอัดแท่งและมีความสนใจในการพัฒนาเครื่องอัดถ่านแท่งต้นแบบของชัยบดินทร์ หิตะวัฒนะกุล และพีรศักดิ์ หยกศิลา ซึ่งขั้นตอนการกรอกผงถ่านลงกระบอกอัดนั้นทำได้ยาก ฝาปิดมีน้ำหนักมากทำให้การเปิดปิดฝาทำได้ลำบาก และกระบวนการอัดถ่านใช้เวลานานส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอัดถ่านต่ำ

ทางคณะผู้จัดทำโครงงานจึงศึกษาและพัฒนาเครื่องอัดถ่านแท่งให้มีความสะดวกในการกรอกผงถ่าน ง่ายต่อการเปิดปิดฝา ใช้เวลาในการอัดถ่านโดยรวมน้อยลง และความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งหลังการอัดไม่ลดลง

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 พัฒนาเครื่องอัดถ่านแท่งให้ใช้เวลาในการอัดแต่ละครั้งน้อยลง

1.2.2 พัฒนาเครื่องอัดถ่านแท่งให้มีความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานมากขึ้น

1.3 เกณฑ์การชี้วัดผลงาน (Output)

เครื่องอัดถ่านแท่งขนาดกว้าง 50 เซนติเมตร ยาว 50 เซนติเมตร และสูง 90 เซนติเมตร สามารถอัดถ่านแท่งได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.5 เซนติเมตร ยาว 6.5 เซนติเมตร ได้จำนวนครั้งละ 16 แท่ง

1.4 เกณฑ์การชี้วัดผลสำเร็จ (Outcomes)

1.4.1 เวลาเฉลี่ยการอัดถ่านแท่งโดยรวมแต่ละครั้งลดลงอย่างน้อยร้อยละ 20 โดยเครื่องอัดถ่านแท่งต้นแบบใช้เวลาในการอัดถ่านโดยรวมแต่ละครั้ง 13.5 นาที

1.4.2 มีความรวดเร็วในการกรอกผงถ่านกว่าการกรอกแบบเดิมและลดขั้นตอนในการเปิด - ปิดฝาบนเครื่องอัดถ่านแท่ง

1.4.3 ค่าความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งที่ได้หลังจากการอัดไม่ลดลงกว่าแบบเดิม ในการอัดถ่านที่ มาจากวัสดุชนิดเดียวกัน

1.5 ขอบเขตในการดำเนินโครงงาน

1.5.1 พัฒนาเครื่องอัดถ่านแท่งด้วยระบบไฮโดรลิกให้สามารถอัดถ่านได้ครั้งละ 16 แท่ง

1.5.2 ถ่านอัดแท่งที่ได้มีความยาว 6.5 เซนติเมตรมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.5 เซนติเมตรและมีค่าความหนาแน่นประมาณ 1.5 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

1.5.3 การลดเวลาการอัดโดยรวมจะไม่ลดเวลาที่ต้องอัดถ่านแช่ 5 นาที

1.5.4 แรงที่ใช้ในการอัดโดยเครื่องอัดไฮโดรลิก อัดผงถ่านไม้รวม

1.5.5 วัสดุผงถ่านเป็นถ่านไม้รวม ผสมน้ำและน้ำมันที่คิดเป็นร้อยละ 10 ของน้ำหนักผงถ่าน

1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน

อาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน

ตั้งแต่เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2558 ถึง มิถุนายน พ.ศ. 2559

1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน

ลำดับ	การดำเนินโครงงาน	ช่วงเวลา											
		ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	
1.8.1	ศึกษาทฤษฎีและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง	↔											
1.8.2	ศึกษาและรวบรวมเก็บข้อมูลการอัดถ่านแท่ง		↔										
1.8.3	ศึกษาการใช้เครื่องอัดถ่านแท่ง		↔										
1.8.4	วิเคราะห์ปัญหาของเครื่องอัดถ่านแท่ง ต้นแบบและออกแบบเครื่องอัดถ่านแท่ง			↔	↔								

ตารางที่ 1.1 (ต่อ) ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน

ลำดับ	การดำเนินโครงงาน	ช่วงเวลา											
		ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	
1.8.5	พัฒนาเครื่องอัดถ่านแท่ง				←			→					
1.8.6	การทดสอบการอัดถ่านแท่งโดยวัดเวลาการอัดถ่านโดยรวมและวัดความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งที่ได้จากเครื่องอัดถ่านแท่ง								←	→			
1.8.7	วิเคราะห์เปรียบเทียบผลความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งเวลาการอัดถ่านของเครื่องอัดถ่านและสรุปผลการทดสอบ								←	→			
1.8.8	สรุปผลการดำเนินโครงงาน									↔			
1.8.9	จัดทำรูปเล่มโครงงาน										←	→	

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

โครงงานนี้มีความสนใจเกี่ยวกับการพัฒนาเครื่องอัดถ่านแท่ง โดยการทำเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง เพื่อช่วยลดการใช้ฟืนไม้มาเผาไหม้เป็นถ่าน ลดปัญหามลภาวะทางอากาศและลดปัญหาขยะจากภาคการเกษตร ซึ่งประกอบไปด้วยหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งรายละเอียดออกเป็นดังนี้

2.1 ทฤษฎีความเค้นอัด (Compressive Stress)

รูปที่ 2.1 แรงอัดกระทำกับวัตถุ
ที่มา : ศุภชัย ตระกูลทรัพย์ทวี, 2547

จากรูปที่ 2.1 ความเค้นอัด σ_c เกิดขึ้นเมื่อมีแรงกดมากระทำตั้งฉากกับพื้นที่ภาคตัดขวาง เพื่อพยายามอัดให้วัสดุมีขนาดสั้นลงจะเกิดขึ้นเมื่อวัตถุอยู่ภายใต้แรงอัด โดยแรงอัดจะต้องกระทำตั้งฉากกับพื้นที่หน้าตัดของท่อนวัตถุที่กระทำนั้น ดังสมการที่ 2.1

$$\sigma_c = \frac{F}{A} \qquad (2.1)$$

σ_c หมายถึง ความเค้นอัดที่เกิดขึ้น มีหน่วยเป็น กิโลกรัมต่อตารางเมตร
F หมายถึง แรงอัดที่กระทำกับวัตถุ มีหน่วยเป็น กิโลกรัม
A หมายถึง พื้นที่หน้าตัดของวัตถุ มีหน่วยเป็น ตารางเมตร

2.2 ทฤษฎีการโก่งตัวของเสา

ในการออกแบบเครื่องอัดถ่านใช้เสาเป็นจุดรองรับแรง ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องคือการโก่งตัวของเสา สมการที่ 2.2 เป็นสมการการโก่งตัวของเสาสำหรับจุดรองรับ คือ

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2} \tag{2.2}$$

เมื่อ P_{cr} หมายถึง ภาระวิกฤตหรือโหลดในแนวแกนของเสาที่เพิ่งจะเริ่มโก่ง หน่วยเป็น กิโลกรัม

E หมายถึง โมดูลัสความยืดหยุ่นสำหรับสำหรับเหล็ก มีค่าเท่ากับ 697.50×10^3 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

I หมายถึง ค่าโมเมนต์ความเฉื่อยที่น้อยที่สุดของพื้นที่หน้าตัดของเสา มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

L หมายถึง ความยาวที่อยู่นอกจุดรองรับเสาของปลายที่ยึดด้วยสลัก มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

สำหรับที่การออกแบบโดยใช้สมการที่กล่าวมา สามารถเขียนได้อีกรูปแบบหนึ่งก็คือ จากรูป $I=Ar^2$ ดังสมการที่ 2.3 สมการที่ 2.4 และสมการที่ 2.5

ดังนั้น
$$P_{cr} = \frac{\pi^2 E(Ar^2)}{L^2} \tag{2.3}$$

$$\left[\frac{P}{A}\right] = \frac{\pi^2}{(L/r)^2} \tag{2.4}$$

หรือ
$$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 E}{(L/r)^2} \tag{2.5}$$

เมื่อกำหนด σ_{cr} หมายถึง ความเค้นวิกฤตซึ่งเป็นความเค้นเฉลี่ยในเสาก่อนเกิดการโก่งความเค้นนี้คือความเค้นยืดหยุ่น คือ $\sigma_{cr} = \sigma_y$ ซึ่งความเค้นยืดหยุ่นของเหล็กมีค่า 41.8×10^4 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

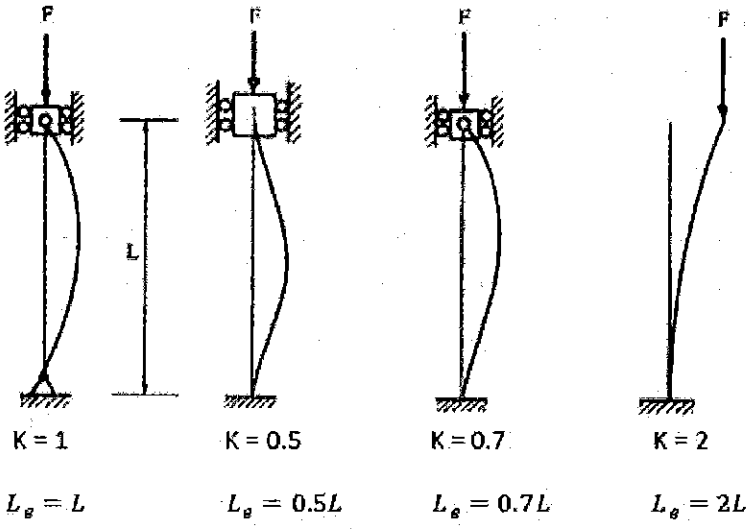
E หมายถึง โมดูลัสความยืดหยุ่นของเหล็กมีค่าเท่ากับ 697.50×10^3 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

L หมายถึง ความยาวที่อยู่นอกจุดรองรับเสาของปลายที่ยึดด้วยสลักมีหน่วยเป็น เซนติเมตร

A หมายถึง พื้นที่หน้าตัดของเสามีหน่วยเป็น ตารางเซนติเมตร

r หมายถึง รัศมีไจเรชันที่น้อยที่สุดของเสา หาจาก $r = \sqrt{I/A}$

เมื่อ I คือ โมเมนต์ความเฉื่อยที่น้อยที่สุดของพื้นที่หน้าตัดของเสาที่พื้นที่หน้าตัด A มีหน่วยเป็นเซนติเมตร



รูปที่ 2.2 ความยาวสมมูลและค่า K

ที่มา : บรรจบ อรชร, 2548

ความยาวสมมูล (Effective Length) คือ ระยะทางระหว่างจุดที่โมเมนต์เป็นศูนย์ การระบุลักษณะเฉพาะของ ความยาวสมมูลของเสา ใช้ K เป็นตัวระบุ และสามารถหาได้จากรูปที่ 2.2 จะได้ค่าความยาวสมมูล ดังสมการที่ 2.6

$$L_e = KL \tag{2.6}$$

โดยที่ L_e หมายถึง ความยาวสมมูล มีหน่วยเป็น เซนติเมตร

K หมายถึง ค่าคงที่ ดูได้จากรูปที่ 2.4

L หมายถึง ความยาวของเสา มีหน่วยเป็น เซนติเมตร

ลักษณะเฉพาะของ K ดังในรูปที่ 2.4 โดยทั่วไปคำนวณได้จากสูตรของ Euler หาได้จากสมการที่ 2.7 และสมการที่ 2.8

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EL}{(KL)^2} \tag{2.7}$$

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 E}{(\frac{KL}{r})^2} \tag{2.8}$$

เมื่อ $(\frac{KL}{r})$ คือ ผลจากอัตราส่วนโดยสัดส่วนของเสา (Effective Slender Ratio) ตัวอย่าง เช่น แบบจุดยึดแน่นที่ฐานและอิสระที่ปลายค่า K = 2 เป็นต้น (บรรจบ อรชร, 2548)

2.3 ทฤษฎีความหนาแน่นของสาร

ความหนาแน่นของสาร (Density) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างมวลของสารต่อปริมาตรของสาร ความหนาแน่น แทนด้วยสัญลักษณ์ ρ หาได้จากสมการที่ 2.9 (สุนันท์ ศรัณยนิตย์, 2542)

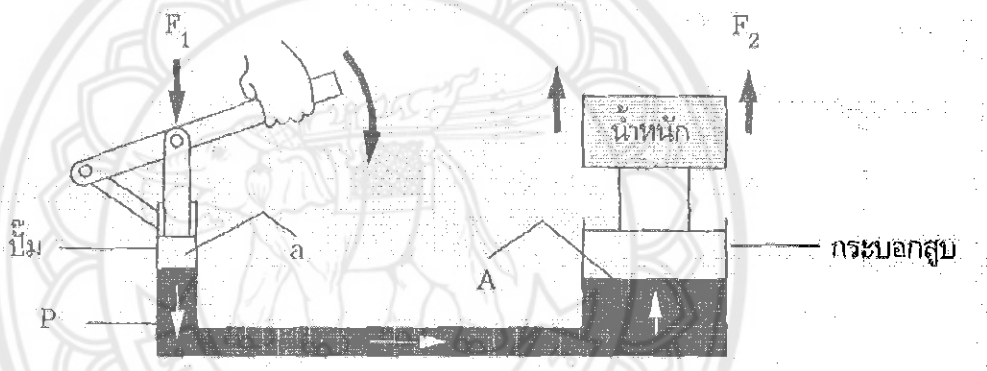
เขียนความสัมพันธ์ได้ว่า $$\rho = \frac{m}{v} \qquad (2.9)$$

เมื่อ ρ หมายถึง ความหนาแน่น มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

m หมายถึง มวล มีหน่วยเป็นกิโลกรัม

v หมายถึง ปริมาตร มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

2.4 ทฤษฎีระบบไฮดรอลิกเบื้องต้น



รูปที่ 2.3 ระบบไฮโดรลิกเบื้องต้น

ที่มา : ณรงค์ ตันชีวะวงศ์, 2542

จากรูปที่ 2.3 มีกระบอกสูบ 2 ตัว ขนาดต่างกันคือ กระบอกสูบตัวเล็ก (ปั๊ม) ใช้แรง F_1 กระทำบนลูกสูบที่มีพื้นที่หน้าตัด a ทำให้เกิดความดัน P ไปยกลูกสูบตัวใหญ่ที่มีพื้นที่หน้าตัด A จะทำให้เกิดแรงยกเท่ากับ F_2

สูตรการหาค่า F ค่า P และค่า A สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.10 และสมการที่ 2.11

$$F_1 = P_1 a_1 \quad (2.10)$$

$$F_2 = P_2 A_2 \quad (2.11)$$

F หมายถึง แรง มีหน่วยเป็น กิโลกรัมแรง หรือ นิวตัน

P หมายถึง ความดัน มีหน่วยเป็น กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร หรือ ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

A หมายถึง พื้นที่หน้าตัดกระบอกสูบใหญ่ มีหน่วยเป็น ตารางเมตร หรือ ตารางนิ้ว

a หมายถึง พื้นที่หน้าตัดกระบอกสูบเล็ก มีหน่วยเป็น ตารางเมตร หรือ ตารางนิ้ว

2.5 งานวิจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

ซึ่งงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับถ่านอัดแท่ง มีดังนี้

2.5.1 ปริญญานิพนธ์ การพัฒนาเครื่องอัดถ่านแท่งจากกะลามะพร้าวและซังข้าวโพดด้วยระบบไฮโดรลิก (ชัยบดินทร์ หิตะวัฒนะกุล และพีรศักดิ์ หยกศิลา, 2556)

ปริญญานิพนธ์นี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาเครื่องอัดถ่านแท่งระบบไฮโดรลิกให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถอัดผงถ่านจากกะลามะพร้าวและซังข้าวโพด และถ่านอัดแท่งที่ผลิตได้มีค่าความร้อนอยู่ระหว่าง 6,019 – 7,210 แคลลอรี่ต่อกรัม มีระยะเผาไหม้ 115 – 160 นาที และมีค่าความหนาแน่นรวมอยู่ระหว่าง 0.63 – 0.74 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

2.5.2 ปริญญานิพนธ์ การผลิตถ่านอัดแท่งเพื่อชุมชนด้วยวิธีการอัดแบบไฮดรอลิค (ธฤต สวัสดิ์พิพัฒน์ และปิยะ โกศัลวิตร, 2555)

ปริญญานิพนธ์นี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อนำเศษไม้กระถินยักษ์มาแปรรูปให้เป็นถ่านชีวมวลอัดแท่งโดยใช้เครื่องอัดแท่งระบบไฮดรอลิค ที่ไม่จำเป็นต้องใช้ระบบไฟฟ้า มีความง่ายในการใช้งานและสามารถอัดแท่งถ่านได้จำนวน 16 แท่งทั้งนี้ถ่านชีวมวลอัดแท่งที่ทำการผลิตขึ้นมาถูกนำไปทดสอบผลทาง Proximate Analysis เพื่อหาปริมาณความชื้นสารระเหย เถ้า และค่าคาร์บอนคงตัว เพื่อให้ได้ถ่านที่มีคุณภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 238/2547) และค่าความร้อนประมาณ 7,486 แคลลอรี่ต่อกรัม

2.5.3 ปริญญานิพนธ์ ถ่านอัดแท่งจากไม้ยูคาลิปตัส (ปรมินทร์ ไชยทองรักษ์ จุฑาภรณ์ เสมวิลัย และนฤพนธ์ คำศรี, 2551)

ปริญญานิพนธ์นี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อนำเปลือกไม้ยูคาลิปตัส ที่เหลือจากการผลิตกระดาษมาทำให้เกิดประโยชน์ โดยนำมาแปรรูปเป็นถ่านอัดแท่ง โดยแบ่งการอัดออกเป็นการอัดด้วยเครื่องอัดไฮโดรลิกและการอัดด้วยเครื่องอัดสกรูเกลียว ค่าความชื้นของถ่านที่อัดจากเครื่องอัดไฮโดรลิกมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 13.14 และค่าความชื้นของถ่านที่อัดจากเครื่องอัดสกรูเกลียวมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 19.96

บทที่ 3
วิธีการดำเนินโครงงาน

ในการดำเนินโครงงานการพัฒนาเครื่องอัดถ่านแท่งระบบไฮโดรลิกของชัยบดินทร์ หิตะวัฒนะกุล และพีรศักดิ์ หยกศิลา ทางคณะผู้จัดทำโครงงานมีความสนใจที่จะปรับปรุงและแก้ไขจุดบกพร่องของเครื่องอัดถ่านแท่ง จึงมีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังต่อไปนี้

3.1 ศึกษาทฤษฎีและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

ศึกษาข้อมูลและการทำงานของตัวเครื่อง เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์แบบ และออกแบบเครื่องอัดถ่านแท่ง โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

3.1.1 ศึกษางานวิจัยเครื่องอัดถ่านแท่ง

โดยศึกษาจากงานวิจัยการพัฒนาเครื่องอัดถ่านแท่งจากกะลามะพร้าวและซังข้าวโพดด้วยระบบไฮโดรลิกของชัยบดินทร์ หิตะวัฒนะกุล และพีรศักดิ์ หยกศิลา

3.1.2 ศึกษาทฤษฎีที่นำมาใช้ในการออกแบบเครื่องอัดถ่านแท่งระบบไฮโดรลิก

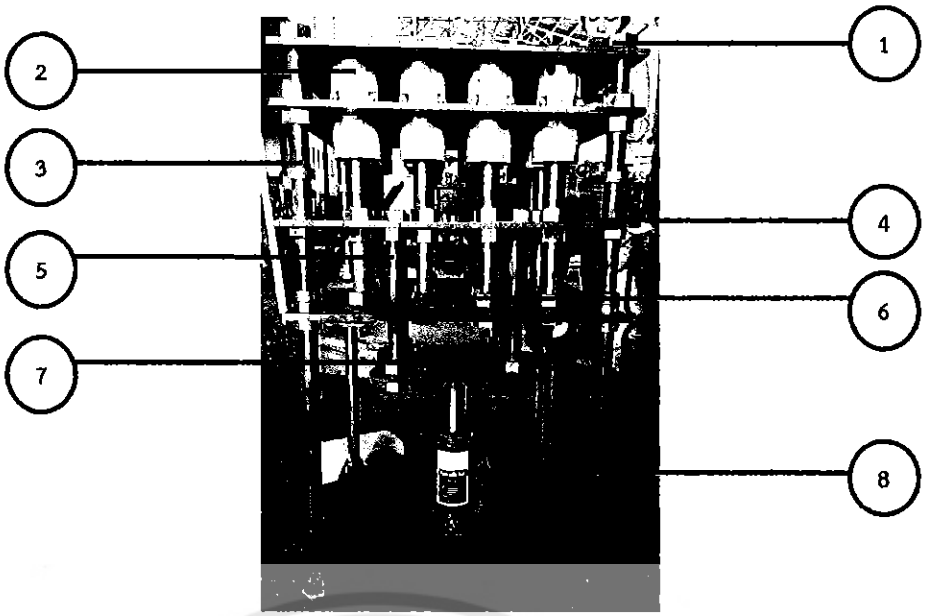
ศึกษาและเลือกทฤษฎีที่ต้องใช้ในการคำนวณ เพื่อออกแบบเครื่องอัดถ่านแท่งให้สามารถใช้งานได้อย่างถูกต้อง

3.2 ศึกษาและรวบรวมเก็บข้อมูลการอัดถ่านแท่ง

ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการอัดถ่านแท่งส่วนประกอบของถ่านที่ใช้ในการอัด โดยค่าความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งที่ได้จากเครื่องอัดถ่านต้นแบบ มีค่าความหนาแน่นประมาณ 1.5 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

3.3 ศึกษาการใช้เครื่องอัดถ่านแท่ง

ศึกษาขั้นตอนการอัดถ่านและวิธีการทำงานของเครื่องอัดถ่านแท่ง จากเครื่องอัดถ่านแท่งต้นแบบของชัยบดินทร์ หิตะวัฒนะกุลและพีรศักดิ์ หยกศิลา ตั้งแต่เริ่มต้นปฏิบัติการจนจบกระบวนการอัด ตรวจสอบปัญหาและข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น เพื่อนำมาปรับปรุงต่อไป



รูปที่ 3.1 เครื่องอัดถ่านแท่งระบบไฮโดรลิกต้นแบบ

ที่มา : ชัยบดินทร์ หิตะวัฒนะกุลและพีรศักดิ์ หยกศิลา, 2556

จากรูปที่ 3.1 ส่วนประกอบของเครื่องอัดถ่านแท่งมีดังนี้

หมายเลข 1 คือ แผ่นเหล็กปิดฝาบน

หมายเลข 2 คือ กระบอกใส่ผงถ่าน

หมายเลข 3 คือ ชุดกำหนดระยะการเคลื่อนที่ของการอัดชิ้นงาน

หมายเลข 4 คือ แผ่นเหล็กชุดกดอัดชิ้นงานมีทั้งหมด 16 เสา

หมายเลข 5 คือ เสาส่งแรงดันจากไฮโดรลิก

หมายเลข 6 คือ แผ่นเหล็กจับยึดแกนของแท่งถ่าน

หมายเลข 7 คือ แผ่นเหล็กส่งแรงไฮโดรลิกชุดที่ 1 มี 4 เสา

หมายเลข 8 คือ เครื่องส่งกำลังระบบไฮโดรลิก

ขั้นตอนการอัดถ่านแท่งระบบไฮโดรลิกมีดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 หมุนน็อต 4 ตัวออกและยกแผ่นเหล็กปิดฝาบนเพื่อเปิด (หมายเลข 1)

ขั้นตอนที่ 2 นำผงถ่านกรอกลงกระบอกใส่ผงถ่าน (หมายเลข 2) ครบทั้ง 16 กระบอก

ขั้นตอนที่ 3 ยกแผ่นเหล็กปิดฝาบน (หมายเลข 1) ประกบเข้าเหมือนเดิมและหมุนน็อต 4 ตัวเข้าเพื่อปิดฝาให้แน่น

ขั้นตอนที่ 4 ปิดวาล์วเครื่องส่งกำลังระบบไฮโดรลิก (หมายเลข 8) จากนั้นโยกแกนส่งกำลังเพื่อยกให้เครื่องส่งกำลังระบบไฮโดรลิกทำงาน

ขั้นตอนที่ 5 เมื่อเครื่องอัดไฮโดรลิกอัดถึงตำแหน่ง (หมายเลข 3) หยุดส่งกำลังหยุดแช่ประมาณ 5 นาที เพื่อให้ส่วนผสมในผงถ่านอยู่ตัว

ขั้นตอนที่ 6 หมุนน็อต 4 ตัวออกและยกเหล็กแผ่นปิดฝาบนออก (หมายเลข 1)

ขั้นตอนที่ 7 โยกแกนไฮโดรลิก (หมายเลข 8) เพื่อให้ถ่านอัดแท่งที่เคลื่อนตัวออกจากกระบอกอัดครบทั้ง 16 กระบอก (หมายเลข 2)

ขั้นตอนที่ 8 นำถ่านอัดแท่งออกจากเครื่องอัดถ่านแท่งระบบไฮโดรลิก

ขั้นตอนที่ 9 หมุนเปิดวาล์วเครื่องส่งกำลังระบบไฮโดรลิก (หมายเลข 8) เพื่อปล่อยเครื่องส่งกำลังระบบไฮโดรลิกเคลื่อนที่ลงเหมือนเดิม

ขั้นตอนที่ 10 เมื่อสิ้นสุดการอัดทำความสะอาดรอบๆ กระบอกอัดผงถ่าน (หมายเลข 8) และ นำแผ่นเหล็กปิดฝาบนยกมาปิดไว้และหมุนน็อตทั้ง 4 ตัวกลับเหมือนเดิม

3.4 วิเคราะห์ปัญหาเครื่องอัดถ่านแท่งต้นแบบและออกแบบเครื่องอัดถ่านแท่ง

โดยการรวบรวมข้อมูลที่ได้ศึกษามาวิเคราะห์และออกแบบ โดยแยกออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

3.4.1 การวิเคราะห์ปัญหาเครื่องอัดถ่านแท่งต้นแบบ

จากการศึกษาการทำงานเครื่องอัดถ่านแท่งต้นของแบบของชัยบดินทร์ หิตะวัฒนะกุล และพีรศักดิ์ หยกศิลา เมื่อศึกษาพบว่าเครื่องอัดถ่านแท่งต้นแบบยังมีข้อบกพร่องดังนี้

3.4.1.1 การกรอกผงถ่านลงกระบอกอัดทำได้ยากเนื่องจากกระบอกอัดมีรูตรงกลางทำให้การกรอกต้องระวังไม่ให้ผงถ่านเข้ารู

3.4.1.2 ฝาปิดมีน้ำหนักมากทำให้การเปิดปิดฝาลำบาก ต้องออกแรงมากในการยกฝา

3.4.1.3 กระบวนการอัดถ่านแท่งทำได้ช้า เนื่องจากไม่มีคันโยกไฮโดรลิก ผู้ใช้งานเครื่องจึงหาอุปกรณ์มาใช้พอแค่ให้สามารถใช้งานได้

3.4.2 การออกแบบเครื่องอัดถ่านแท่งระบบไฮโดรลิก

ออกแบบโดยการนำข้อบกพร่องของเครื่องอัดถ่านแท่งต้นแบบมาพัฒนา คือ

3.4.2.1 ออกแบบอุปกรณ์ช่วยในการกรอกผงถ่าน

3.4.2.2 ออกแบบเสาของเครื่องเพื่อใช้รับแรงอัดและน้ำหนักของฝา

3.4.2.3 ออกแบบฝาปิดและระบบล็อคฝาปิด

3.4.2.4 ออกแบบคันโยกไฮโดรลิก เพื่อให้ใช้งานไฮโดรลิกได้ง่ายขึ้น

พร้อมทั้งคำนวณการรับแรงของชิ้นส่วนต่างๆ ตามวัสดุที่เลือกใช้เป็นส่วนผสมของถ่านอัดแท่งรวมถึงการเลือกวัสดุที่จะนำมาทำเครื่องอัดถ่านแท่งระบบไฮโดรลิก

3.5 การพัฒนาเครื่องอัดถ่านแท่งระบบไฮโดรลิก

ปรับปรุงเครื่องอัดถ่านแท่งระบบไฮโดรลิก และเลือกใช้วัสดุตามที่ออกแบบไว้โดยมีชิ้นส่วนที่จะสร้างและปรับปรุง ดังนี้

3.5.1 อุปกรณ์ช่วยในการกรอกผงถ่าน

3.5.2 เสาของเครื่องที่ใช้รับแรงอัดและน้ำหนักของฝา

3.5.3 ฝาปิดและระบบล็อคฝาปิด

3.5.4 คันโยกไฮโดรลิก

3.6 การทดสอบการอัดถ่านแท่ง โดยวัดเวลาการอัดถ่านโดยรวม และความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งที่ได้จากเครื่องอัดถ่านแท่ง

ทำการเก็บข้อมูล 2 ส่วน ดังนี้

3.6.1 ทำการทดสอบการอัดถ่านแท่งเก็บข้อมูลเวลาในการทำงานประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆดังนี้

3.6.1.1 เวลาในขั้นตอนการกรอกผงถ่าน

3.6.1.2 เวลาปิด - เปิดฝาบน

3.6.1.3 เวลาในขั้นตอนการอัด

3.6.1.4 เวลาการนำแท่งถ่านออก

3.6.2 นำถ่านอัดแท่งที่ผ่านกระบวนการอัดแท่งแล้วมาวัดความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งโดยการชั่งน้ำหนักเก็บข้อมูลผลการชั่งน้ำหนักเพื่อนำไปใช้ในการคำนวณหาความหนาแน่นโดยใช้เครื่องชั่งดิจิตอลในการชั่งน้ำหนัก

3.7 วิเคราะห์เปรียบเทียบผลความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งเวลาการอัดถ่านของเครื่องอัดถ่าน และสรุปผลการทดสอบ

นำข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลมาวิเคราะห์เปรียบเทียบ ดังนี้

3.7.1 เปรียบเทียบความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งระหว่างเครื่องอัดถ่านแท่งต้นแบบกับเครื่องอัดถ่านแท่งที่ปรับปรุงแล้ว

3.7.2 เปรียบเทียบเวลาในขั้นตอนการกรอกผงถ่าน เวลาในการปิดฝาบน เวลาในขั้นตอนการอัดและเวลาการนำแท่งถ่านออกระหว่างเครื่องอัดถ่านแท่งต้นแบบ กับเครื่องอัดถ่านแท่งที่ปรับปรุงแล้ว

นำผลการวิเคราะห์ไปตรวจสอบดูว่าเป็นไปตามเกณฑ์การชี้วัดผลสำเร็จหรือไม่ หากไม่เป็นไปตามเกณฑ์การชี้วัดผลสำเร็จจะมีการนำเครื่องอัดถ่านแท่งนี้ไปปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้เป็นไปตามเกณฑ์การชี้วัดผลสำเร็จ

3.8 สรุปผลการดำเนินโครงงาน

สรุปผลที่ได้จากการพัฒนาเครื่องอัดถ่านแท่งการทำงานของเครื่อง ปัญหาที่พบและข้อเสนอแนะ

3.9 จัดทำรูปเล่มโครงงาน

เมื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องอัดถ่านแท่งระบบไฮโดรลิกสำเร็จ จึงจัดทำรูปเล่มโครงงาน

บทที่ 4
ผลการดำเนินโครงงาน

จากการที่ผู้จัดทำโครงงานได้ดำเนินโครงงานตามแผนการดำเนินโครงงาน ดังหัวข้อที่ 3.1 - 3.8 ได้ผลการดำเนินโครงงาน ดังนี้

4.1 ผลการศึกษาทฤษฎีและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

ศึกษาข้อมูลเพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์แบบ และออกแบบเครื่องอัดถ่านแท่ง โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

4.1.1 ผลการศึกษางานวิจัยเครื่องอัดถ่านแท่ง

จากการศึกษางานวิจัยการพัฒนาเครื่องอัดถ่านแท่งจากกะลามะพร้าวและซังข้าวโพดด้วยระบบไฮโดรลิกของชัยบดินทร์ หิตะวัฒนะกุล และพีรศักดิ์ หยกศิลา โดยศึกษาระบบโครงสร้างและขั้นตอนการทำงานของเครื่อง รวมถึงรายละเอียดในส่วนของวัสดุที่จะนำมาใช้ได้

4.1.2 ผลศึกษาทฤษฎีที่นำมาใช้ในการออกแบบเครื่องอัดถ่านแท่งระบบไฮโดรลิก

จากศึกษาและเลือกทฤษฎีที่ต้องใช้ในการคำนวณ เพื่อการออกแบบพัฒนาเครื่องอัดถ่านแท่งให้สามารถใช้งานได้อย่างถูกต้อง โดยจะนำทฤษฎีมาใช้ในการคำนวณในหัวข้อที่ 4.4.2

4.2 ผลการศึกษาและรวบรวมเก็บข้อมูลการอัดถ่านแท่ง

ผู้จัดทำได้ศึกษาและรวบรวมข้อมูลการอัดถ่านแท่ง โดยถ่านที่ศึกษาจะใช้ถ่านทางการค้าเป็นหลักในการอัดถ่านจะมีอัตราส่วนผสมคือ น้ำและน้ำมันคือเป็นร้อยละ 10 ของน้ำหนักผงถ่าน ในการอัดถ่านจำนวน 16 แท่ง จะใช้ผงถ่านประมาณ 2,400 กรัม ค่าความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งที่ได้มีค่าเฉลี่ย 1.50 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และได้กำหนดขนาดของถ่านให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.5 เซนติเมตร ยาว 6.5 เซนติเมตรซึ่งจะเท่ากันทุกแท่ง ค่าความร้อนที่ได้จะแน่นอน และมีค่าสูงเนื่องจากถ่านมีขนาดใหญ่ ช่วยให้การให้ความร้อนที่นานมากขึ้น (พรสถิต ยืนยง, 2552)

4.3 ผลการศึกษาการใช้เครื่องอัดถ่านแท่ง

จากการศึกษาขั้นตอนการอัดถ่านและวิธีการทำงานของเครื่องอัดถ่านแท่ง จากเครื่องอัดถ่านแท่งต้นแบบของชัยบดินทร์ หิตะวัฒนะกุลและพีรศักดิ์ หยกศิลา ตั้งแต่เริ่มต้นจนจบกระบวนการอัด ซึ่งมีขั้นตอนในการอัดถ่านแท่งตามหัวข้อที่ 3.3 ในแต่ละขั้นตอนการอัดถ่านจะใช้เวลาดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการอัดถ่านแต่ละขั้นตอนของเครื่องอัดถ่านแท่งต้นแบบ

ขั้นตอน	เวลาเฉลี่ย (วินาที)
1. หมุนน็อต 4 ตัวเพื่อเปิดฝา	60
2. นำผงถ่านกรอกลงกระบอกให้ครบทั้ง 16 กระบอก	420
3. ยกฝาปิด หมุนน็อต 4 ตัวเพื่อล็อคฝา	60
4. ปิดวาล์วไฮโดรลิก เริ่มอัดถ่านจนถึงจุดที่กำหนด	60
5. หยุดแช่ประมาณ 4 - 5 นาที เพื่อให้ถ่านอยู่ตัว	300
6. หมุนน็อต 4 ตัวเพื่อเปิดฝาออก	60
7. อัดไฮโดรลิก เพื่อให้ถ่านออกจากกระบอก	60
8. นำถ่านอัดแท่งออก	90
9. เปิดวาล์วไฮโดรลิก เพื่อให้แผ่นอัดเคลื่อนที่ลง	30
10. ทำความสะอาดและยกฝาปิดหมุนน็อต 4 ตัวเพื่อล็อคฝา	60
รวม	1,200
	20 นาที

4.4 ผลการวิเคราะห์ปัญหาเครื่องอัดถ่านแท่งต้นแบบและออกแบบเครื่องอัดถ่านแท่ง

โดยการรวบรวมข้อมูลที่ได้ศึกษามาวิเคราะห์และออกแบบ โดยแยกออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

4.4.1 ผลการวิเคราะห์ปัญหาเครื่องอัดถ่านแท่งต้นแบบ

จากการศึกษาการทำงานเครื่องอัดถ่านแท่งต้นของแบบของชัยบดินทร์ หิตะวัฒนะกุลและพีรศักดิ์ หยกศิลา เมื่อศึกษาเวลาที่ใช้ในการอัดถ่านของเครื่องอัดถ่านแท่งต้นแบบในแต่ละขั้นตอนตามหัวข้อที่ 4.3 โดยทำการจับเวลาทั้งหมด 5 ครั้ง (อิสรา ธีระวัฒน์สกุล, 2542) พบว่าเครื่องอัดถ่านแท่งต้นแบบยังมีขั้นตอนที่ใช้เวลามากดังนี้

4.4.1.1 การเปิด-ปิดฝาใช้เวลานาน เพราะต้องเปิด-ปิดฝาทั้งหมด 4 ครั้ง โดยแต่ละครั้งใช้เวลา 60 วินาที รวมทั้งกระบวนการจะใช้เวลาเฉลี่ยเปิดปิดฝาทั้งหมด 240 วินาที หรือเท่ากับ 4 นาที

4.4.1.2 การกรอกผงถ่านลงกระบอกอัดใช้เวลาเฉลี่ย 420 วินาที หรือเท่ากับ 7 นาที

4.4.1.3 กระบวนการอัดถ่านใช้เวลาเฉลี่ย 60 วินาที หรือเท่ากับ 1 นาที

4.4.1.4 นำถ่านอัดแท่งออกใช้เวลาเฉลี่ย 90 วินาที หรือเท่ากับ 1.5 นาที

จากการศึกษาขั้นต้นสามารถรวบรวมเวลาการอัดถ่านเฉลี่ย โดยที่ไม่รวมเวลาในการอัดแช่ 5 นาที และการปลดไฮโดรลิก จะได้เวลาการอัดเฉลี่ยทั้งหมด 13.5 นาที

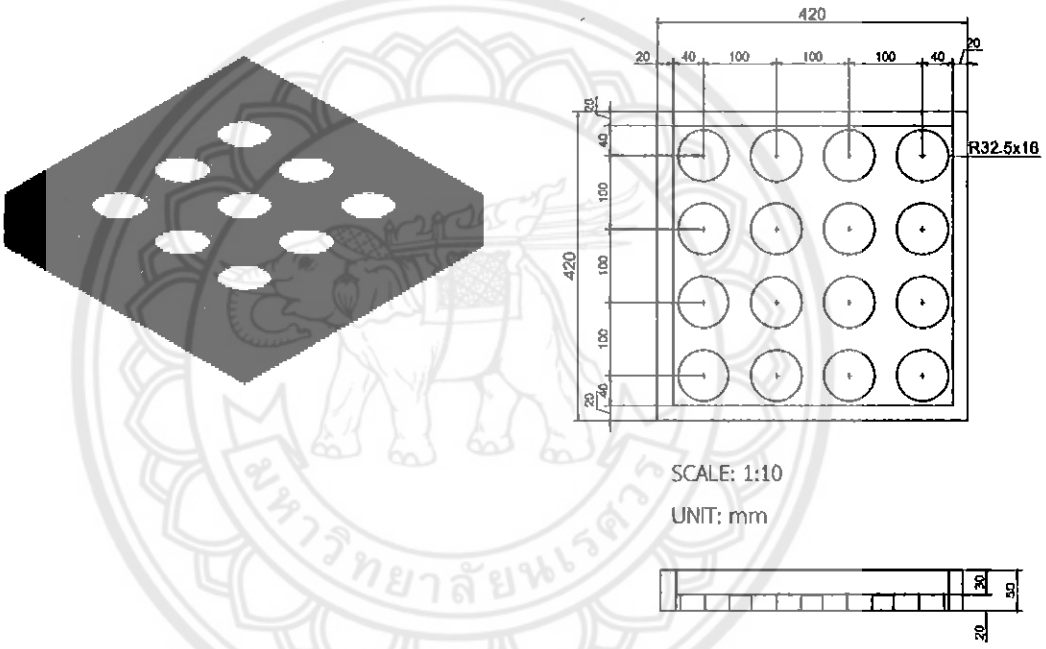
4.4.2 ผลการออกแบบเครื่องอัดถ่านแท่งระบบไฮโดรลิก และการเลือกวัสดุที่จะนำมาใช้

จากการวิเคราะห์ข้อมูลในหัวข้อที่ 4.4.1 ผู้จัดทำได้ทำการออกแบบ และพัฒนาเครื่องอัดถ่านแท่งระบบไฮโดรลิกขึ้นมาใหม่เพื่อลดเวลาดังกล่าว โดยทำการออกแบบ และคำนวณชิ้นส่วนที่จะทำการปรับปรุง และเลือกวัสดุที่จะนำมาใช้ ดังนี้

4.4.2.1 ออกแบบอุปกรณ์ช่วยในการกรอกผงถ่าน โดยเลือกใช้ไม้มาทำเป็นอุปกรณ์ช่วยกรอกผงถ่าน ซึ่งใช้ไม้ที่มีขนาดแตกต่างกัน ดังนี้

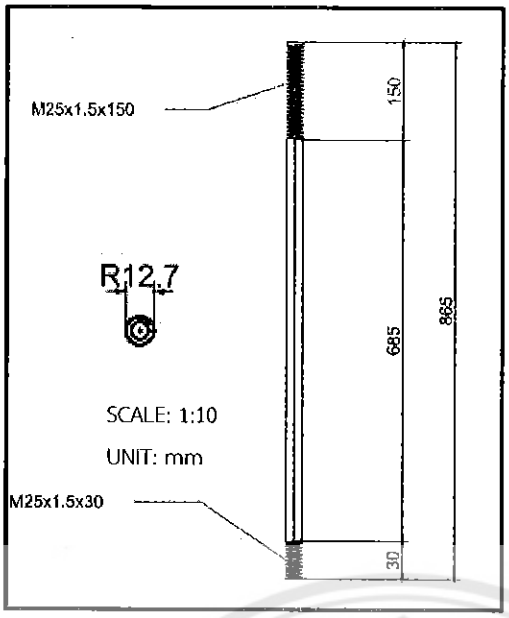
ก. ไม้ขนาดกว้าง 38 เซนติเมตร ยาว 38 เซนติเมตร หนา 2 เซนติเมตร จำนวน 1 ชิ้น เจาะรูทั้งหมด 16 รู แต่ละรูห่างกัน 10 เซนติเมตร เป็นส่วนของฐานอุปกรณ์ช่วยกรอกผงถ่าน

ข. ไม้ขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 38 เซนติเมตร หนา 2 เซนติเมตร จำนวน 4 ชิ้น เพื่อใช้เป็นตัวกั้นด้านข้าง แสดงในรูปที่ 4.1

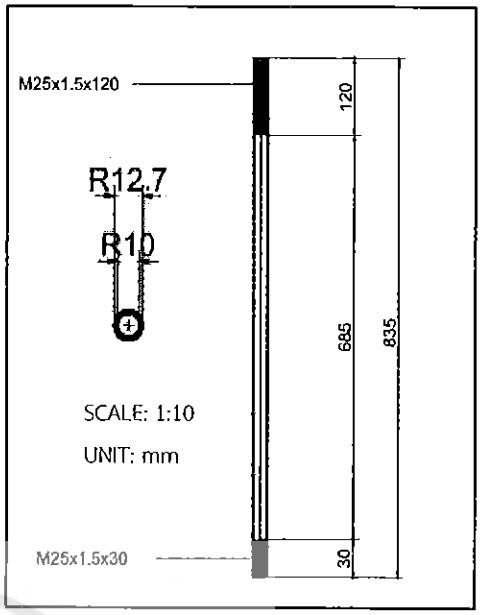


รูปที่ 4.1 แบบอุปกรณ์ช่วยกรอกผงถ่าน

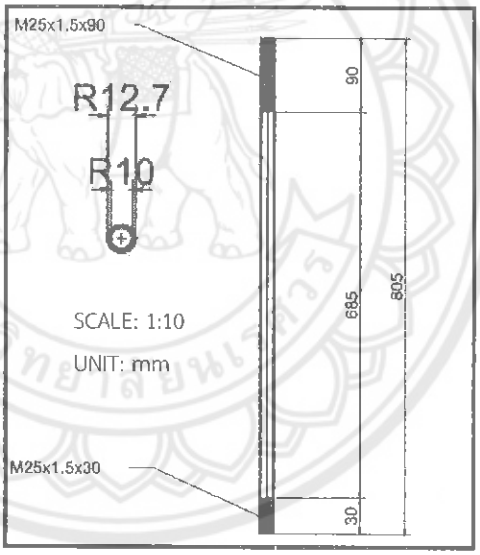
4.4.2.2 ออกแบบเสาของเครื่องเพื่อใช้รับแรงอัดและน้ำหนักของฝา โดยจะเลือกใช้เสาที่เป็นเสาเหล็กกลมตันขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.54 เซนติเมตร ยาว 86.50 เซนติเมตร จำนวน 1 เส้น ดังแสดงในรูปที่ 4.2 (ก.) เสาเหล็กกลมกลวงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 2.54 เซนติเมตร หนา 0.27 เซนติเมตร ยาว 83.5 เซนติเมตร จำนวน 2 เส้น ดังแสดงในรูปที่ 4.2 (ข.) และยาว 80.5 เซนติเมตร หนา 0.27 เซนติเมตร จำนวน 1 เส้น และ ดังแสดงในรูปที่ 4.2 (ค.)



(ก.)



(ข.)



(ค.)

รูปที่ 4.2 แบบเสากลมตัน (ก.) และเสากลมกลวง (ข.) และ (ค.)

ซึ่งในการออกแบบมีการคำนวณภาระและความเค้นที่เสาสามารถรับได้แบ่งออกเป็นดังนี้

ก. การคำนวณภาระสูงสุดที่เสาสามารถรับได้ของเสาเหล็กกลมตันขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.54 เซนติเมตร ยาว 86.50 เซนติเมตร

จากสมการที่ 2.2 $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2}$

ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น (E) ของเหล็กมีค่าเท่ากับ 697.50 x 10^3 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

ค่า $I = \frac{1}{4}\pi r^4$

ค่า $L = 86.5$ เซนติเมตร

นำแทนค่าลงในสมการที่ 2.8 จะได้

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \times (697.5 \times 10^3) \times \left[\frac{1}{4} \times \pi \times (1.27)^4\right]}{(86.5)^2}$$

$P_{cr} =$ 1,879.82 กิโลกรัม

ดังนั้น เสากลมตันสามารถรับแรงได้สูงสุด 1,879.82 กิโลกรัม

ข. การคำนวณความเค้นสูงสุดที่เสาสามารถรับได้ของเสากลมตันขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.54 เซนติเมตร ยาว 86.50 เซนติเมตร โดยที่ค่าความเค้นที่ยอมรับได้ $\sigma_y =$ 41.85x 10^4 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

จากสมการที่ 2.1 $\sigma_c = \frac{F}{A}$

โดย ค่า $F = P_{cr} =$ 1,879.82 กิโลกรัม

ค่า $A = \pi r^2$

นำไปแทนค่าลงในสมการที่ 2.1 จะได้

$$\sigma_c = \frac{1{,}879.82}{\pi \times (1.27)^2}$$

$\sigma_c =$ 370.99 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

ดังนั้นค่า $\sigma_c < \sigma_y$ เสากลมตันสามารถรับแรงเค้นได้

ค. การคำนวณภาระสูงสุดที่เสาสามารถรับได้ของเสากลมกลมกลวงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางนอก 2.54 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางใน 2 เซนติเมตร ยาว 83.5 เซนติเมตร

จากสมการที่ 2.2 $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2}$

ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น (E) ของเหล็กมีค่าเท่ากับ 697.50 x 10^3 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

ค่า $I = \frac{1}{4}\pi r^4$

ค่า L = 83.5 เซนติเมตร

นำแทนค่าลงในสมการที่ 2.8 จะได้

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \times (697.5 \times 10^3) \times \left[\left(\left(\frac{1}{4} \times \pi \times (1.27)^4\right) - \left(\frac{1}{4} \times \pi \times (1)^4\right)\right)\right]}{(83.5)^2}$$

$P_{cr} =$ 797.78 กิโลกรัม

ดังนั้น เสากลมกลวงสามารถรับแรงได้สูงสุด 797.78 กิโลกรัม

ง. การคำนวณความเค้นสูงสุดที่เสาสามารถรับได้ของเสากลมกลมกลวงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางนอก 2.54 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางใน 2 เซนติเมตร ยาว 83.5 เซนติเมตร โดยที่ค่าความเค้นที่ยอมรับได้ $\sigma_y = 41.85 \times 10^4$ กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

จากสมการที่ 2.1 $\sigma_c = \frac{F}{A}$

โดย ค่า $F = P_{cr} =$ 1,531.38 กิโลกรัม

$A = \pi r^2$

นำไปแทนค่าลงในสมการที่ 2.1 จะได้

$$\sigma_c = \frac{797.78}{[(\pi \times 1.27^2) - (\pi \times 1^2)]}$$

$\sigma_c =$ 712.30 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

ดังนั้นค่า $\sigma_c < \sigma_y$ เสากลมกลวงสามารถรับแรงเค้นได้

จ. การคำนวณภาระสูงสุดที่เสาสามารถรับได้ของเสากลมกลมกลวงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางนอก 2.54 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางใน 2 เซนติเมตร ยาว 80.5 เซนติเมตร

จากสมการที่ 2.2 $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2}$

ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น (E) ของเหล็กมีค่าเท่ากับ 697.50 x 10^3 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

ค่า $I = \frac{1}{4}\pi r^4$

ค่า $L = 80.5$ เซนติเมตร

นำแทนค่าลงในสมการที่ 2.8 จะได้

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \times (697.5 \times 10^3) \times \left[\frac{1}{4} \times \pi \times (1.27^4 - 1)^4\right]}{(80.5)^2}$$

$P_{cr} =$ 858.35 กิโลกรัม

ดังนั้น เสากลมกลวงนี้สามารถรับแรงได้สูงสุด 858.35 กิโลกรัม

ฉ. การคำนวณความเค้นสูงสุดที่เสาสามารถรับได้ของเสากลมกลมกลวงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางนอก 2.54 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางใน 2 เซนติเมตร ยาว 80.5 เซนติเมตร โดยที่ค่าความเค้นที่ยอมรับได้ σ_y = 41.85 x 10^4 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

จากสมการที่ 2.1 $\sigma_c = \frac{F}{A}$

โดย ค่า $F = P_{cr} =$ 858.35 กิโลกรัม

$A = \pi r^2$

นำไปแทนค่าลงในสมการที่ 2.1 จะได้

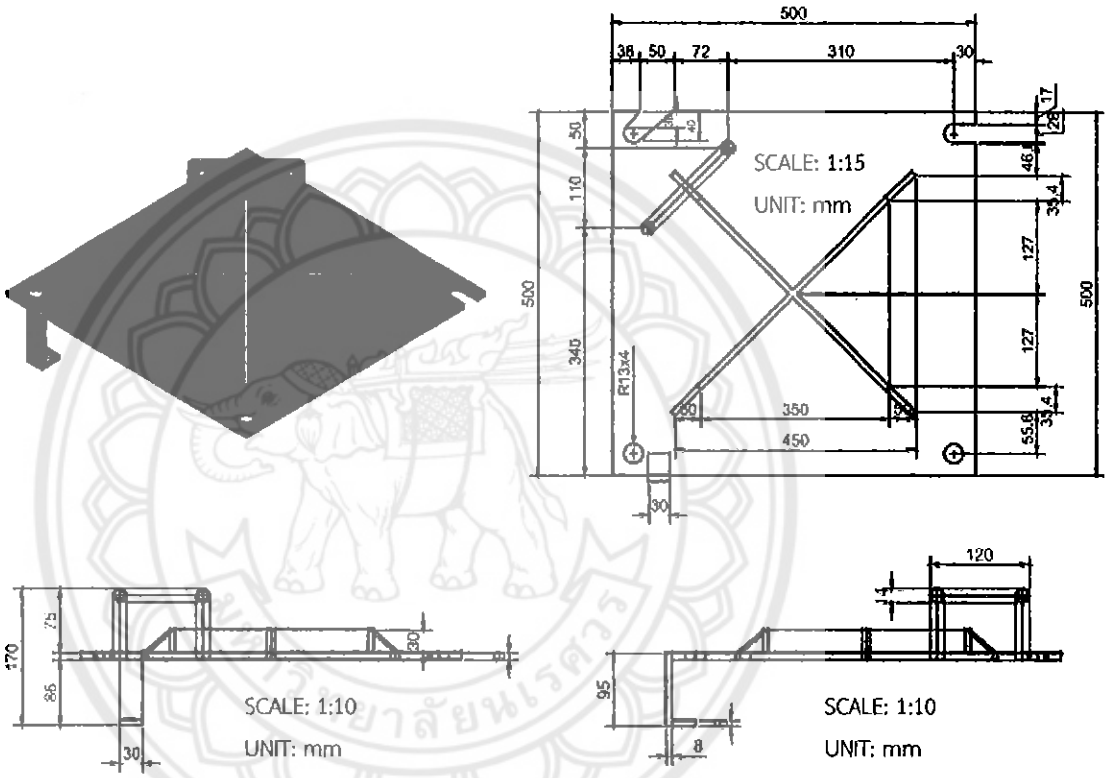
$$\sigma_c = \frac{858.35}{[(\pi \times 1.27^2) - (\pi \times 1^2)]}$$

$\sigma_c =$ 766.38 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

ดังนั้นค่า $\sigma_c < \sigma_y$ เสากลมกลวงนี้สามารถรับแรงเค้นได้

4.4.2.3 ออกแบบฝาปิดและระบบล็อคฝาปิด โดยการนำฝาปิดเก่าของเครื่องอัดถ่านแท่งต้นแบบมาออกแบบและพัฒนาให้สามารถใช้งานได้ง่ายขึ้น โดยรายละเอียดของฝาปิดและระบบล็อคฝาปิดจะแบ่งออกดังนี้

ก. เลือกใช้เหล็กแผ่นที่มีขนาดกว้าง 50 เซนติเมตร ยาว 50 เซนติเมตร หนา 0.9 เซนติเมตร ซึ่งเป็นฝาเดิมของเครื่อง ขนาดรูเจาะกว้าง 2.6 เซนติเมตร โดยวัดจากขอบเข้ามากึ่งกลางรู ระยะ 3 เซนติเมตร นำมาออกแบบใหม่ให้ใช้การหมุนแทนการยกแบบเดิม โดยจุดหมุนของฝาปิดจะอยู่ที่เสาตันที่สูงที่สุด และวิธีการล็อคฝาปิด จะทำร่องเพื่อให้ร่องเป็นตัวยึดกับเสา ดังแสดงในรูปที่ 4.3 และล็อคด้วยน็อตตัวเมีย



รูปที่ 4.3 แบบฝาปิด

ข. การคำนวณน้ำหนักของฝาปิด โดยจะสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.15 โดยที่ค่าความหนาแน่นของเหล็กมีค่า 7,870 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (สุนันท์ ศรัณยนิตย์, 2542)

จากสมการที่ 2.15 $\rho = \frac{m}{v}$

$$m = \rho \times v$$

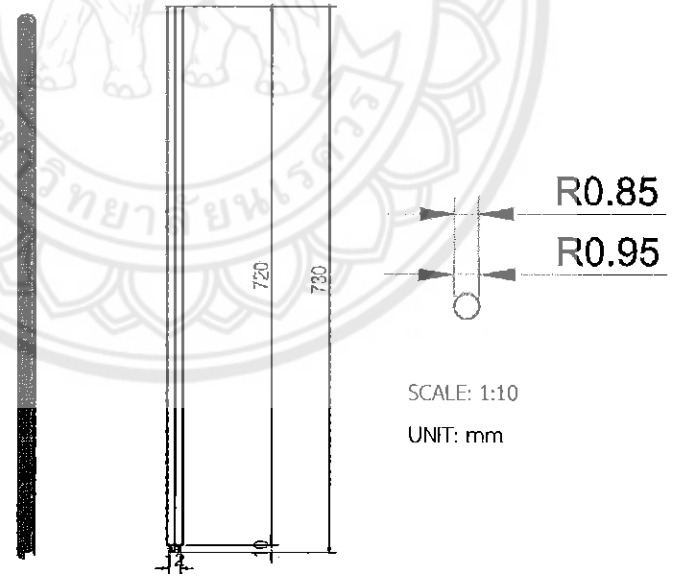
แทนค่าจะได้ $m = 7{,}870 \times 0.5 \times 0.5 \times 0.009$

$m = 17.71$ กิโลกรัม

ดังนั้นฝาปิดจะมีน้ำหนัก 17.71 กิโลกรัม ซึ่งเสาสามารถรับน้ำหนักได้

ค. เลือกใช้เหล็กแผ่นกว้าง 3 เซนติเมตรยาว 45 เซนติเมตร หนา 0.8 เซนติเมตร จำนวน 2 เส้น นำมาตัดมุมที่ด้านปลาย 45 องศาเป็นระยะ 5 เซนติเมตร เพื่อทำเป็นคานกันการโก่งของฝา และทำที่จับใช้เหล็กข้ออ้อยเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.4 เซนติเมตร ยาว 27 เซนติเมตร งอเป็นรูปตัวยู

4.4.2.4 การออกแบบคันโยกไฮโดรลิก เลือกใช้เหล็กกลวงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางนอก 2 เซนติเมตร หนา 0.2 เซนติเมตร ยาว 73 เซนติเมตร โดยทำร่องขนาดกว้าง 1.2 เซนติเมตร และลึก 1 เซนติเมตร ทั้งสองข้างเพื่อให้เป็นตัวปลดไฮโดรลิก ดังแสดงในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 แบบคันโยกไฮโดรลิก

4.5 ผลการพัฒนาเครื่องอัดถ่านแท่งระบบไฮโดรลิก

จากการที่ออกแบบเครื่องอัดถ่านแท่งระบบไฮโดรลิก และเลือกใช้วัสดุตามที่ออกแบบไว้ตามหัวข้อที่ 4.4.2 ได้มีการสร้างและพัฒนาชิ้นส่วนเครื่องอัดถ่านแท่งระบบไฮโดรลิก ดังนี้

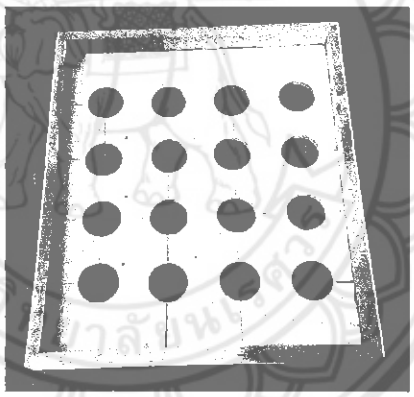
4.5.1 อุปกรณ์ช่วยในการกรอกผงถ่าน

การสร้างอุปกรณ์ช่วยในการกรอกผงถ่านนั้น มีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

4.5.1.1 นำไม้อัดแผ่นหนา 2 เซนติเมตรมาตัดให้ได้ขนาดกว้าง 38 เซนติเมตร ยาว 38 เซนติเมตร จำนวน 1 ชิ้นและนำมาเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.5 เซนติเมตร ทั้งหมด 16 รูแต่ละรูห่างกัน 10 เซนติเมตร

4.5.1.2 นำไม้อัดแผ่นหนา 2 เซนติเมตร มาตัดให้ได้ขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 38 เซนติเมตร จำนวน 4 ชิ้น เพื่อใช้เป็นตัวกั้นด้านข้าง

4.5.1.3 นำชิ้นส่วนที่ได้ในหัวที่ 4.5.1.1 และข้อที่ 4.5.1.2 มาประกอบกันโดยใช้ลวดยิงไม้ยิงให้ประกบกัน ได้อุปกรณ์ช่วยกรอกผงถ่าน



รูปที่ 4.5 อุปกรณ์ช่วยกรอกผงถ่าน

4.5.2 เสาของเครื่องที่ใช้รับแรงอัดและน้ำหนักของฝา

ขั้นตอนในการสร้างเสาของเครื่องที่ใช้รับแรงอัดและน้ำหนักของฝา มีขั้นตอนดังนี้

4.5.2.1 นำเสาเหล็กกลมตันขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร มาตัดให้ได้ความยาว 86.50 เซนติเมตร จำนวน 1 เส้น

4.5.2.2 ด้านที่ยึดกับฐาน กลึงเกลียวระยะพิทช์ 1.25 มิลลิเมตรยาว 3 เซนติเมตร

4.5.2.3 ด้านที่ยึดกับฝา กลึงเกลียวระยะพิทช์ 1.25 มิลลิเมตรยาว 15 เซนติเมตร

172239973

4.5.2.4 นำเสาเหล็กกลมกลวงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางนอก 2.5 เซนติเมตร หนา 0.27 เซนติเมตร ยาว 83.5 เซนติเมตร จำนวน 2 เส้นและยาว 80.5 เซนติเมตร หนา 0.27 เซนติเมตร จำนวน 1 เส้น จากเครื่องอัดถ่านแท่งของชัยบดินทร์ หิตะวัฒนะกุลและพีรศักดิ์ หยกศิลา และเสาเหล็กกลมตันที่ได้จากข้อที่ 4.5.2.3 มาประกอบกับฐานของเครื่องและชิ้นส่วนต่างๆ คือ ฐานเครื่องอัด ตัวดันแผ่นอัด และกระบอกอัด ดังรูปที่ 4.6 และรูปที่ 4.7 ตามลำดับ และตำแหน่งของกระบอกอัดดังรูปที่ 4.8

รูปที่ 4.6 การประกอบเสาเข้ากับฐานของเครื่อง

รูปที่ 4.7 การประกอบฐานเครื่องอัด ตัวดันแผ่นอัด และกระบอกอัดของเครื่อง

รูปที่ 4.8 ตำแหน่งของกระบอกอัด

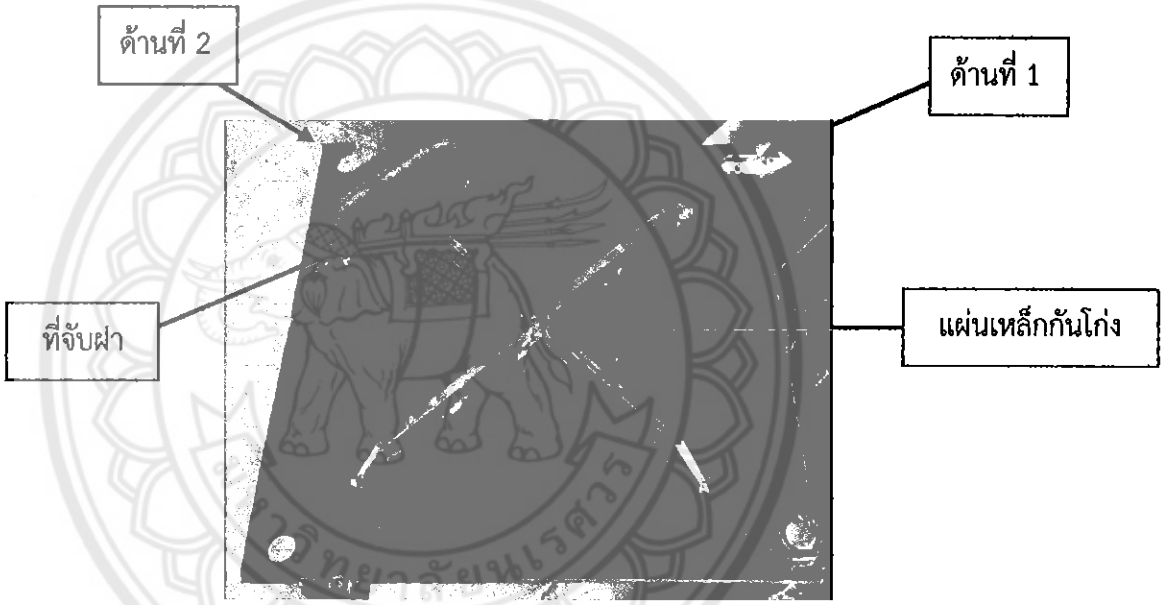
4.5.3 ฝาปิดและระบบล็อคฝาปิด

ขั้นตอนในการทำฝาปิดและระบบล็อคฝาปิด มีขั้นตอนดังนี้

4.5.3.1 นำเหล็กแผ่นขนาดกว้าง 50 เซนติเมตร ยาว 50 เซนติเมตร หนา 0.9 เซนติเมตร แผ่นเหล็กได้เจาะรูขนาดรูกว้าง 2.6 เซนติเมตร วัดจากขอบเข้ามาเป็นระยะ 3 เซนติเมตร ซึ่งนำมาจากเครื่องอัดถ่านแท่งของชัยบดินทร์ หิตะวัฒนะกุลและพีรศักดิ์ หยกศิลา

4.5.3.2 ด้านที่ 1 ตัดแผ่นเหล็กจากขอบรูออกมาด้านข้าง 2.6 เซนติเมตร เท่ากับขนาดของรู

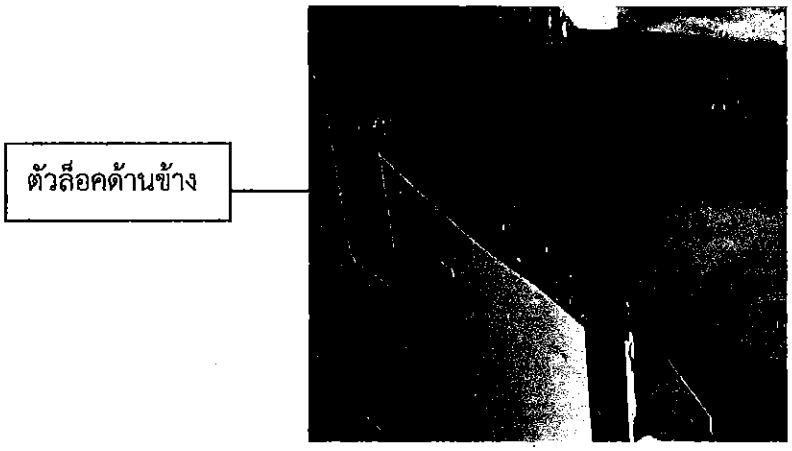
4.5.3.3 ด้านที่ 2 ตัดแผ่นเหล็กจากขอบของรูปออกมาด้านข้างทำมุม 45 องศา โดยขนาดความกว้าง 2.6 เซนติเมตร จะได้ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.9 การทำฝาบน

4.5.3.4 นำเหล็กแผ่นขนาดกว้าง 3.7 เซนติเมตร หนา 0.8 เซนติเมตร มาตัดให้ได้ความยาว 45 เซนติเมตร จำนวน 2 เส้น นำมาตัดมุมที่ด้านปลาย 45 องศา เชื่อมติดฝากับเพื่อทำเป็นตัวกันการโก่งของฝา และนำเหล็กข้ออ้อยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.4 เซนติเมตร ยาว 27 เซนติเมตรมางอเป็นรูปตัวยูเพื่อทำที่จับสำหรับปิดเปิดฝา

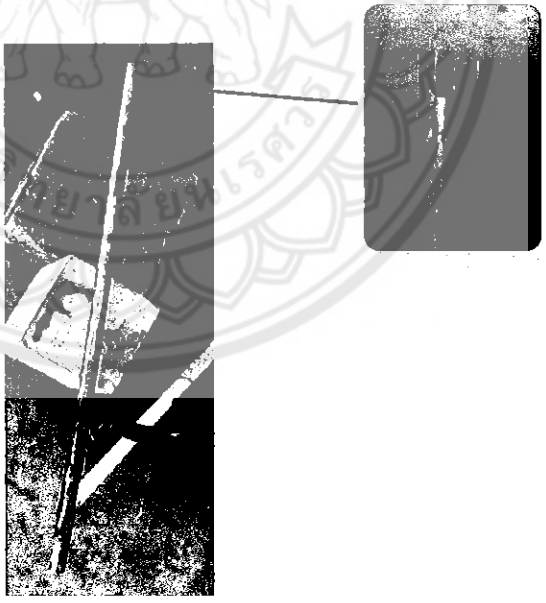
4.5.3.4 นำเหล็กแผ่นขนาดกว้าง 3.7 เซนติเมตร หนา 0.8 เซนติเมตร มาตัดให้ได้ความยาว 9.5 เซนติเมตร จำนวน 1 ชิ้น และยาว 3 เซนติเมตรจำนวน 1 ชิ้น นำเหล็กที่ตัดแล้วทั้ง 2 ชิ้นมาเชื่อมติดกัน แล้วนำไปเชื่อมตัดกับฝาดังรูปที่ 4.9 เพื่อเป็นตัวล็อคด้านข้าง



รูปที่ 4.10 ตัวล็อคด้านข้าง

4.5.4 คันโยกไฮโดรลิก

คันโยกไฮโดรลิกจะใช้เหล็กกลวงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางนอก 2 เซนติเมตร หนา 0.2 เซนติเมตร ยาว 73 เซนติเมตร โดยทำร่องขนาดกว้าง 1.2 เซนติเมตร ลึก 1 เซนติเมตร ทั้งสองข้าง เพื่อให้เป็นตัวปลดไฮโดรลิกดังแสดงในรูปที่ 4.10 เมื่อทำการอัดถ่านแท่งทำให้ผู้ใช้มีความสะดวกในการปลดไฮโดรลิกและการโยกไฮโดรลิก



รูปที่ 4.11 คันโยกไฮโดรลิก

4.6 ผลการทดสอบการอัดถ่านแท่ง โดยวัดเวลาการอัดถ่านโดยรวมและความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งที่ได้จากเครื่องอัดถ่านแท่ง

ผลการเก็บข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

4.6.1 ผลการทดสอบการอัดถ่านแท่ง เก็บข้อมูลเวลาขั้นตอนการอัดถ่าน ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการอัดถ่านแต่ละขั้นตอนของเครื่องอัดถ่านแท่งที่พัฒนาแล้ว

ขั้นตอน	เวลาเฉลี่ย (วินาที)
1. จับฝาหมุนเพื่อเปิดฝา	20
2. กรอกผงถ่านลงกระบอกให้ครบทั้ง 16 กระบอก	60
3. จับฝาหมุนเพื่อปิดฝา	20
4. ปิดวาล์วไฮโดรลิก เริ่มอัดถ่านจนถึงจุดที่กำหนด	60
5. หยุดแช่ประมาณ 4 - 5 นาที เพื่อให้ถ่านอยู่ตัว	300
6. จับฝาหมุนเพื่อเปิดฝาออก	20
7. อัดไฮโดรลิก เพื่อให้ถ่านออกจากกระบอก	60
8. นำถ่านอัดแท่งออก	60
9. เปิดวาล์วไฮโดรลิก เพื่อให้แผ่นอัดเคลื่อนที่ลง	10
10. ทำความสะอาดและและหมุนฝาปิด	25
รวม	635
	10.65 นาที

จากตารางที่ 4.2 โดยทำการจับเวลาทั้งหมด 5 ครั้ง (อิสรา ธีระวัฒน์สกุล, 2542) สามารถวิเคราะห์เวลาในขั้นตอนต่างๆ ได้ดังนี้

4.6.1.1 เวลาในขั้นตอนการกรอกผงถ่านใช้เวลาเฉลี่ย 60 วินาที หรือ 1 นาที (ขั้นตอน 2)

4.6.1.2 เวลาในขั้นตอนการปิด - เปิดฝาบน จะต้องปิด - เปิดฝาทั้งหมด 4 ครั้ง รวมเวลาเฉลี่ยทั้งหมด 85 วินาที หรือ 1.42 นาที (ขั้นตอน 2, 3, 6 และ 10)

4.6.1.3 เวลาในขั้นตอนการอัด ใช้เวลาในการอัดเฉลี่ย 60 วินาที หรือ 1 นาที (ขั้นตอน 4)

4.6.1.4 เวลาในขั้นตอนการอัดไฮโดรลิกเพื่อนำแท่งถ่านออกเฉลี่ย 60 วินาที หรือ 1 นาที (ขั้นตอน 7)

4.6.1.5 เวลาในขั้นตอนการนำแท่งถ่านออกใช้เวลาเฉลี่ย 60 วินาที หรือ 1 นาที (ขั้นตอน 8)

จากการศึกษาข้างต้น สามารถรวมเวลาในการอัด โดยที่ไม่รวมเวลาในการอัดแช่ 5 นาที และการปลดไฮโดรลิก จะได้เวลาเฉลี่ยทั้งหมด 5.42 นาที

4.6.2 นำถ่านอัดแท่งออกจากกระบอกตามตำแหน่งดังรูปที่ 4.8 ที่ผ่านกระบวนการอัดแท่งด้วยเครื่องอัดถ่านแท่งที่ผ่านการพัฒนาแล้ว นำมาตากแดดประมาณ 3 วันเพื่อไล่ความชื้น แล้วนำมาวัดค่าความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งโดยการชั่งน้ำหนัก โดยใช้เครื่องชั่งดิจิตอลในการชั่งน้ำหนักและเก็บข้อมูลผลการชั่งน้ำหนักได้ ผลดังตารางที่ 4.3 และนำข้อมูลไปใช้ในการคำนวณหาความหนาแน่น

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงน้ำหนักของถ่านอัดแท่ง

จำนวน	อัดครั้งที่ 1 (กรัม)	อัดครั้งที่ 2 (กรัม)
1	122.50	122.34
2	121.40	124.45
3	122.06	120.60
4	122.15	122.77
5	123.67	122.50
6	122.35	123.43
7	121.89	120.87
8	123.98	124.32
9	122.42	122.90
10	120.98	125.56
11	122.43	121.89
12	123.07	123.60
13	122.67	120.57
14	123.50	122.78
15	120.34	122.55
16	124.05	120.93
เฉลี่ย	122.47	122.56

จากตารางที่ 4.3 นำข้อมูลน้ำหนักของถ่านอัดแท่งเฉลี่ย ในการอัดครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 (ชัยบดินทร์ หิตะวัฒนะกุล และพีรศักดิ์ หยกศิลา, 2556) มาหาค่าเฉลี่ยได้ 122.51 กรัม นำค่าที่ได้มาคำนวณหาความหนาแน่นโดยใช้สมการที่ 2.15 โดยขนาดถ่านแท่งหลังการอัดมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.5 เซนติเมตร แกนกลางมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร ยาว 6.5 เซนติเมตร

จากสมการที่ 2.15 $$\rho = \frac{m}{v}$$

แทนค่า $$\rho = \frac{122.51}{\frac{\pi}{4} \times (6.5 - 2.5)^2 \times 6.5}$$

$$\rho = 1.49 \text{ กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร}$$

ดังนั้นค่าความหนาแน่นที่ได้จากถ่านอัดแท่ง ที่อัดโดยใช้เครื่องอัดถ่านแท่งระบบไฮโดรลิกที่พัฒนาแล้วได้ค่าความหนาแน่นเฉลี่ยประมาณ 1.49 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

4.7 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลความหนาแน่นของถ่านอัดแท่ง เวลาการอัดถ่านของเครื่องอัดถ่าน และสรุปผลการทดสอบ

นำผลที่ได้จากการหัวข้อที่ 4.6.1 และหัวข้อที่ 4.6.2 วิเคราะห์ผล ได้ดังนี้

4.7.1 ผลที่ได้จากหัวข้อที่ 4.6.2 ได้ค่าความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งที่อัดโดยใช้เครื่องอัดถ่านแท่งระบบไฮโดรลิกที่พัฒนาแล้ว มีค่าความหนาแน่น 1.49 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับความหนาแน่นของถ่าน ที่ได้จากการอัดด้วยเครื่องอัดถ่านแท่งระบบไฮโดรลิกต้นแบบจากหัวข้อที่ 4.2 ซึ่งมีค่าความหนาแน่น 1.50 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบพบว่าค่าความหนาแน่นใกล้เคียงกันมาก จึงสรุปได้ว่าค่าความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งที่ได้จากการอัดโดยใช้เครื่องอัดถ่านแท่งระบบไฮโดรลิกที่พัฒนาแล้วไม่ลดลง

4.7.2 จากหัวข้อที่ 4.6.1 เวลาในขั้นตอนการกรอกผงถ่าน เวลาปิดฝาบน เวลาในขั้นตอนการอัดและเวลาการนำแท่งถ่านออก ที่ได้จากเครื่องอัดถ่านแท่งระบบไฮโดรลิกที่พัฒนาแล้วใช้เวลา 5.42 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับเวลาที่ได้จากเครื่องอัดถ่านแท่งต้นแบบในหัวข้อที่ 4.4.1 ใช้เวลา 13.50 นาที จึงสรุปได้ว่า เวลาที่ได้จากเครื่องอัดถ่านแท่งระบบไฮโดรลิกที่พัฒนาแล้วลดลงไป 7.98 นาที คิดเป็นร้อยละ 42.41

4.7.3 จากหัวข้อที่ 4.6.2 ข้อมูลน้ำหนักของถ่านอัดแท่ง จากตารางที่ 4.3 มีค่าต่างกันที่ ± 5 กรัม ซึ่งมีค่าน้อยมาก เกิดจากการกรอกที่ใช้วิธีการเกลี่ยให้ผงถ่านลงกระบอกอัดตามแรงโน้มถ่วง ซึ่งขนาดของผงถ่านมีค่าประมาณ 250 - 350 ไมครอน จึงทำให้เกิดช่องว่างระหว่างอนุภาค (Void) ที่น้อยมากเมื่อลงไปในกระบอกอัด ดังนั้นจึงทำให้ผลต่างของน้ำหนักถ่านไม่แตกต่างกันมาก

จากผลการสรุปข้างต้นเมื่อนำไปเทียบกับเกณฑ์การชี้วัดผลสำเร็จ จึงสรุปได้ว่าผลที่ได้จากการดำเนินโครงงานเป็นไปตามเกณฑ์การชี้วัดผลสำเร็จ เนื่องจากค่าความหนาแน่นหลังการพัฒนาเครื่องไม่ลดลง เวลาที่ใช้อัดโดยรวมลดลงร้อยละ 42.41 และเวลาในขั้นตอนการกรอกผงถ่านและเปิดปิดฝาลดลงดังที่แสดงในหัวข้อที่ 4.6.1

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ผู้จัดทำโครงงานได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องเครื่องอัดถ่านแท่งระบบไฮโดรลิก ซึ่งได้สรุปผลการดำเนินโครงงาน และข้อเสนอแนะ ดังนี้

5.1 สรุปผลการดำเนินโครงงาน

จากผลการดำเนินโครงงานจะได้เครื่องอัดถ่านแท่งระบบไฮโดรลิกที่พัฒนาแล้ว ผลการดำเนินงานแยกออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

5.1 เวลาในการอัดถ่าน จากหัวข้อที่ 4.6.1 ใช้เวลาเฉลี่ย 5.42 นาที โดยไม่รวมเวลาที่อัดแข่ 5 นาที ลดลงจากเดิมที่ใช้เวลา 13.5 นาที คิดเป็นร้อยละ 42.41

5.2 เวลาเฉลี่ยขั้นตอนการเปิดปิดฝาลดลงจากเดิม 3 นาที และเวลาในการกรอกผงถ่านลดลง 6 นาที

5.3 ได้ค่าความหนาแน่นเฉลี่ย 1.49 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เมื่อเทียบกับค่าความหนาแน่นที่ได้จากเครื่องอัดถ่านแท่งต้นแบบซึ่งค่าใกล้เคียงมาก ค่าความหนาแน่นจึงไม่ลดลง

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การนำเครื่องอัดถ่านแท่งระบบไฮโดรลิกไปสร้างต่อยอด ควรปรับปรุงระบบไฮโดรลิกให้ใช้แรงในการอัดลดลง

5.2.2 การนำเครื่องอัดถ่านแท่งระบบไฮโดรลิกไปต่อยอดใช้ในการผลิตถ่านอัดแท่งเพื่อการค้า ควรเพิ่มระบบการเคลื่อนที่เพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้าย

5.2.3 การคำนวณหาค่าความหนาแน่นของแต่ละกระบอก ควรนำหลักการ ระเบียบวิธีเชิงตัวเลข (Nemerical method) เข้ามาช่วยในการประมาณค่าความหนาแน่น

เอกสารอ้างอิง

ชัยบดินทร์ หิตะวัฒนะกุล และพีรศักดิ์ หยกศิลา. (2556). **การพัฒนาเครื่องอัดถ่านแท่งจากกะลามะพร้าวและซังข้าวโพดด้วยระบบไฮโดรลิก**. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ณรงค์ ตันชีวะวงศ์. (2542). **นิวแมติกส์และไฮโดรลิกส์เบื้องต้น**. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย - ญี่ปุ่น)

ธฤต สวัสดิ์พิพัฒน์และปิยะ โกศัลวิตร. (2555). **การผลิตถ่านอัดแท่งเพื่อชุมชนด้วยวิธีการอัดแบบไฮดรอลิค.** ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

บรรจบ อรชร. (2548). **กลศาสตร์ของแข็ง (Mechanics of Solids)**. กรุงเทพฯ : ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพ.

ปรมินทร์ ไชยทองรักษ์ จุฑาภรณ์ เสมวิลัยและนฤพนธ์ คำศรี. (2551). **ถ่านอัดแท่งจากเปลือกไม้ยูคาลิปตัส.** ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยนเรศวร.

พรสถิต ยืนยง. (2552). **ทำถ่านอัดแท่งแข่งกับเมืองนอก**. พระนครศรีอยุธยา : ไทยซูมิ

ศุภชัย ตระกูลทรัพย์ทวี. (2547). **กลศาสตร์ของแข็ง**. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น)

สุนันท์ ศรัณยนิตย์. (2542). **กลศาสตร์ของไหล**. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น)

อิสรา ธีระวัฒน์สกุล. (2542). **การศึกษาความเคลื่อนไหวและเวลา**. เชียงใหม่ : ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ภาคผนวก ก

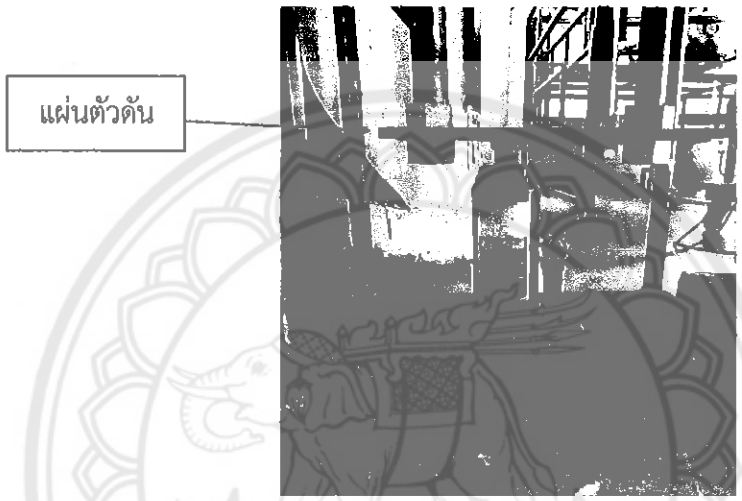
คู่มือการใช้งานและการบำรุงรักษาเครื่องอัดถ่านแท่งระบบไฮโดรลิก

ก.คู่มือการใช้งานและบำรุงรักษาเครื่องอัดถ่านแท่งระบบไฮโดรลิก

ก.1 ข้อควรระวังก่อนการใช้งาน

ก.1.1 ตรวจสอบพื้นที่วางเครื่องอัดถ่านแท่งระบบไฮโดรลิกว่าพื้นเรียบหรือไม่ ถ้าพื้นไม่เรียบจะต้องย้ายเครื่องไปตั้งตรงพื้นที่เรียบและสม่ำเสมอ

ก.1.2 ตั้งเครื่องไฮโดรลิกก่อนการเริ่มอัดทุกครั้ง โดยบิดเกลียวไฮโดรลิกเกลียวบนสุดขึ้นมาจนชนกับแผ่นตัวดัน ดังแสดงในรูปที่ ก.1

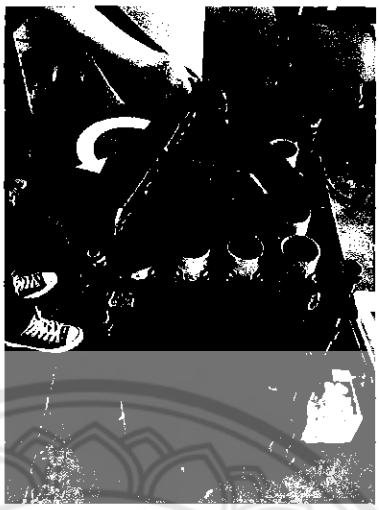


รูปที่ ก.1 การตั้งเครื่องไฮโดรลิก

ก.1.3 ควรอ่านคู่มือการใช้งาน ก่อนการใช้งานเพื่อความปลอดภัยและความถูกต้องในการใช้งาน

ก.2 ขั้นตอนการใช้งานเครื่องอัดถ่านแท่งระบบไฮโดรลิก

ก.2.1 หมุนฝาเครื่องอัดถ่านแท่งระบบไฮโดรลิกออกเพื่อเปิด โดยการหมุนเปิดฝาจะดึงเข้าหาตัว ดังแสดงในรูปที่ ก.2



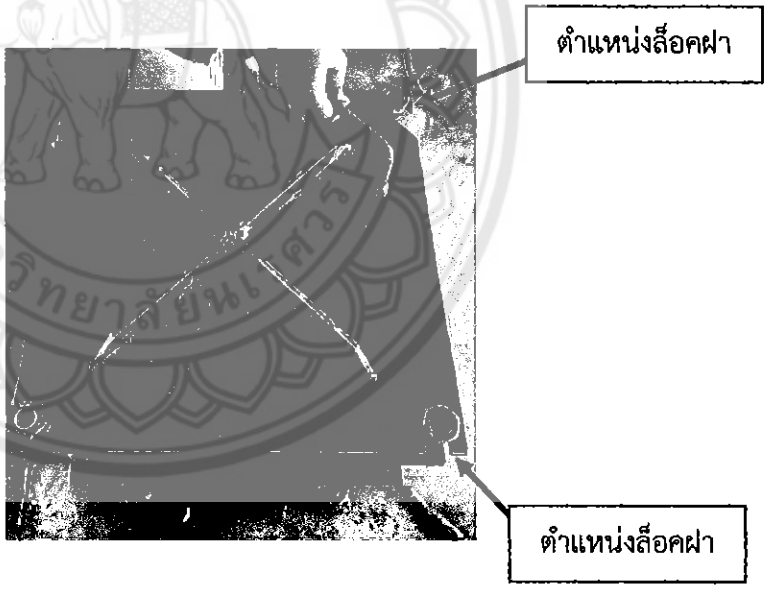
รูปที่ ก.2 วิธีการเปิดฝา

ก.2.2 นำอุปกรณ์ช่วยกรอกผงถ่าน มาวางด้านบนกระบอกอัด เทผงถ่านที่ผสมกับส่วนผสมแล้วลงไป เกลี่ยผงถ่านให้เต็มทุกกระบอก ดังแสดงในรูปที่ ก.3 แล้วยกอุปกรณ์ช่วยกรอกผงถ่านออก

รูปที่ ก.3 การกรอกผงถ่าน

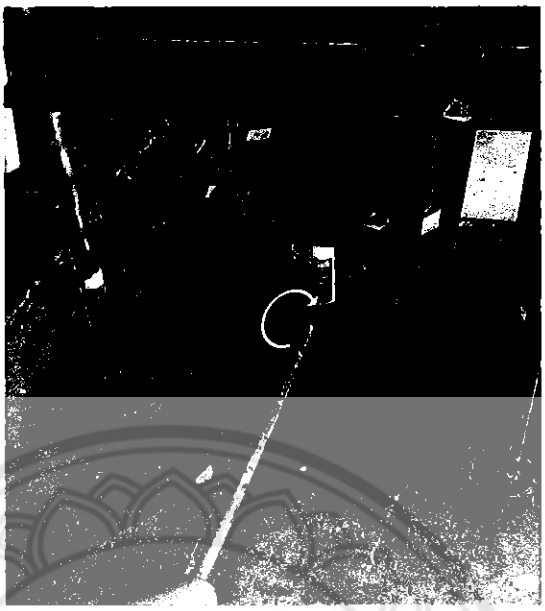
ก.2.3 หมุนฝาเครื่องอัดถ่านแท่งระบบไฮโดรลิกเพื่อปิด โดยดันแผ่นฝาปิดออกจากตัว ดังแสดงในรูปที่ ก.4 ให้อยู่ในตำแหน่งล็อคฝาให้สนิท ดังแสดงในรูปที่ ก.5

รูปที่ ก.4 วิธีการปิดฝา



รูปที่ ก.5 ตำแหน่งล็อคฝาปิด

ก.2.4 ใช้คันโยกไฮโดรลิก บิดล็อคเครื่องไฮโดรลิกให้แน่น โดยหมุนไปตามเข็มนาฬิกา ดังแสดงในรูปที่ ก.5



รูปที่ ก.6 การบิดล็อคเครื่องไฮโดรลิก

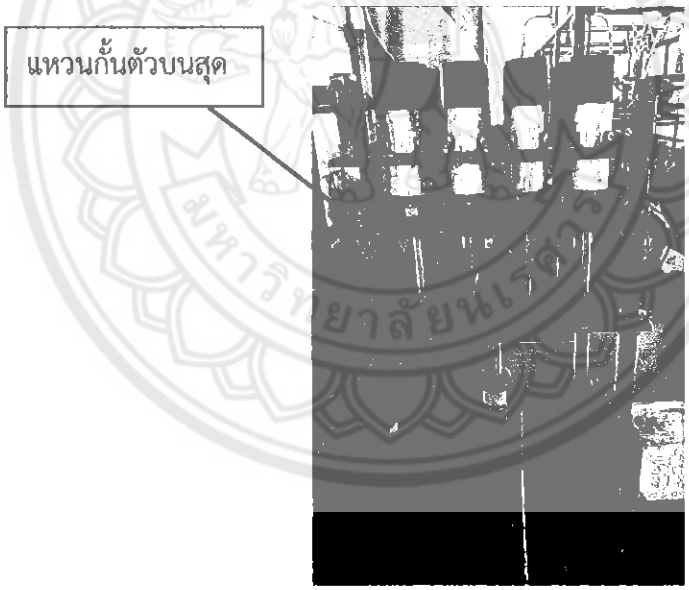
ก.2.5 นำคันโยกไฮโดรลิกไปสวมที่แกนโยกไฮโดรลิก เริ่มอัดถ่านโดยการโยกไฮโดรลิกขึ้นลงให้สุดอัดไปประมาณ 45 ครั้งจนเริ่มไม่สามารถโยกไฮโดรลิกต่อไปได้ หยุดอัด และพักถ่านไว้ 5 นาที ดังแสดงในรูปที่ ก. 7

รูปที่ ก.7 การอัดถ่านแท่ง

ก.2.6 เมื่อครบ 5 นาที หมุนฝาเครื่องอัดถ่านแท่งระบบไฮโดรลิกเข้าหาตัวตามทิศของลูกศร เพื่อเปิดเอาถ่านอัดแท่งออก ดังแสดงในรูปที่ ก.8

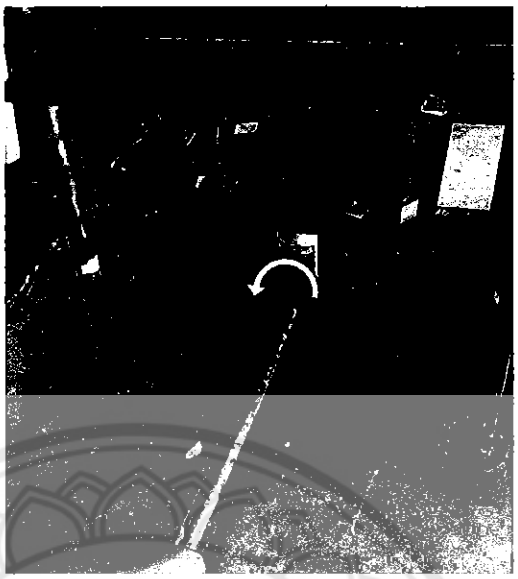
รูปที่ ก.8 หมุนฝาเปิดเพื่อเอาถ่านอัดแท่งออก

ก.2.7 โยกเครื่องอัดไฮโดรลิก โดยโยกจนชนกับแหวนกั้นตัวบนสุด เพื่อดันถ่านอัดแท่งออกดังรูปที่ ก.9



รูปที่ ก.9 การนำถ่านอัดแท่งออก

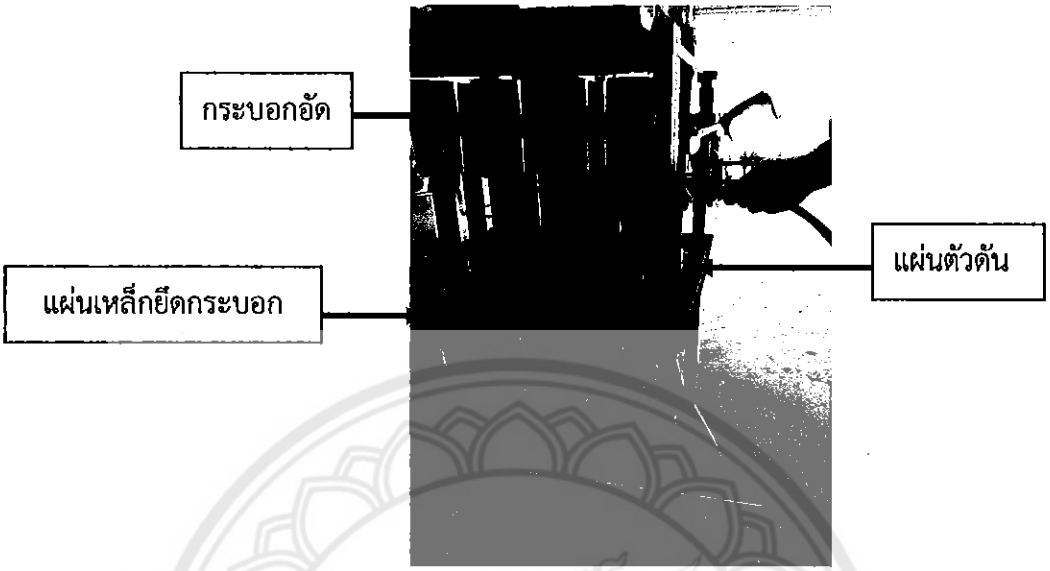
ก.2.8 นำถ่านอัดแท่งที่ได้ออกจากระบอกอัด ปลดไฮโดรลิกลง โดยหมุนในทิศทวนเข็มนาฬิกา ดังรูปที่ ก.10



รูปที่ ก.10 การปลดเครื่องอัดไฮโดรลิก

ก.3 การบำรุงรักษาเครื่องอัดถ่านแท่งระบบไฮโดรลิก

ก.3.1 เมื่อใช้งานเครื่องอัดถ่านแท่งระบบไฮโดรลิกแล้วต้องทำความสะอาดโดยใช้ลมเป่ากระบอกอัดและบริเวณข้างๆ กระบอกอัด แผ่นเหล็กยึดกระบอก และแผ่นตัวดัน ทุกครั้ง ดังรูปที่ ก.11



รูปที่ ก.11 การเป่าลมเพื่อทำความสะอาด

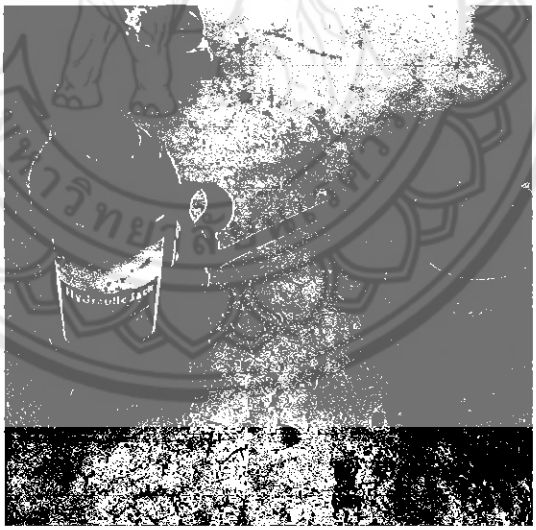
ก.3.2 หยอดน้ำมันหล่อลื่นที่เสาทุกครั้งก่อนและหลังใช้งาน โดยหยอดจากข้างบนลงล่างที่เสาทั้ง 4 เสาหลัก บริเวณที่แผ่นดันเคลื่อนที่ ดังรูปที่ ก.12

รูปที่ ก.12 การหยอดน้ำมันหล่อลื่น

ก.3.3 เมื่อไฮโดรลิกต้องใช้แรงอัดมากขึ้น ให้ตรวจสอบน้ำมันไฮโดรลิกที่จุกน้ำมันด้านหลัง ถ้าน้ำมันลดลง ให้เติมน้ำมันเครื่องอัดไฮโดรลิกโดยเปิดจุกน้ำมันที่ด้านหลังเครื่องไฮโดรลิก เติมน้ำมันไฮโดรลิกพอประมาณไม่ให้เกินจุกน้ำมัน ดังรูปที่ ก.13

รูปที่ ก.13 การเติมน้ำมันไฮโดรลิก

ก.3.4 หยอดน้ำมันหล่อลื่นที่ก้านโยกไฮโดรลิกเป็นประจำ หยอดน้ำมันจากด้านบนลงด้านล่าง ดังรูปที่ ก.14

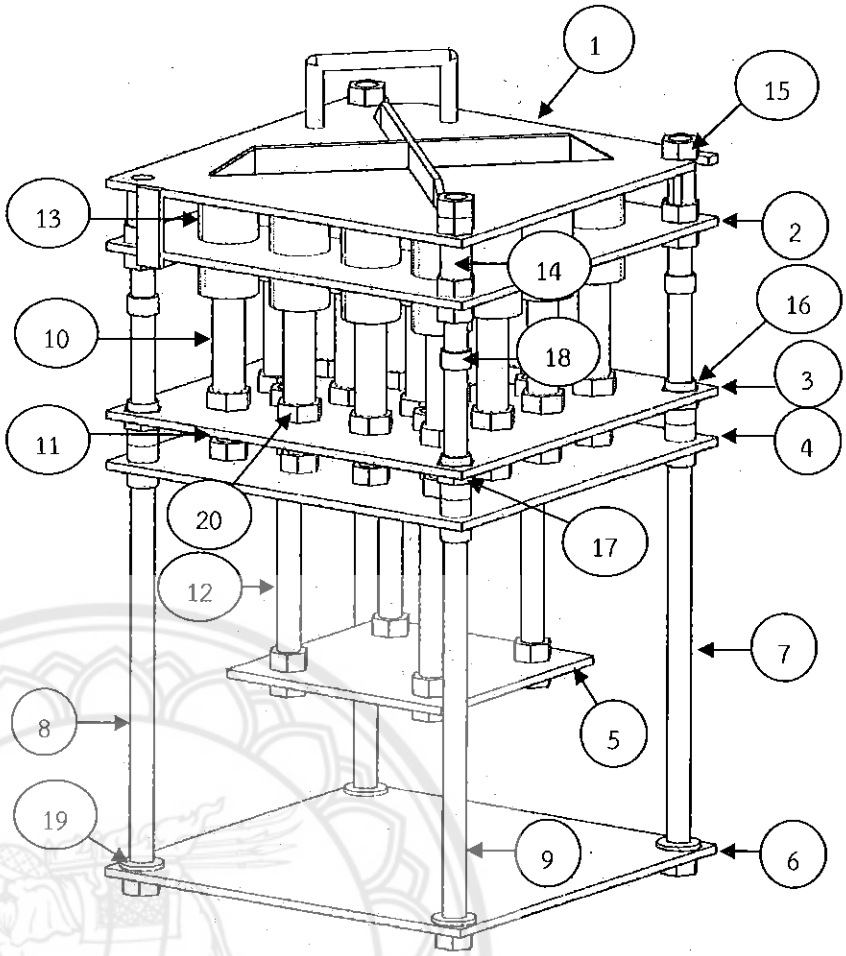


รูปที่ ก.14 การหยอดน้ำมันหล่อลื่นที่ก้านโยกไฮโดรลิก

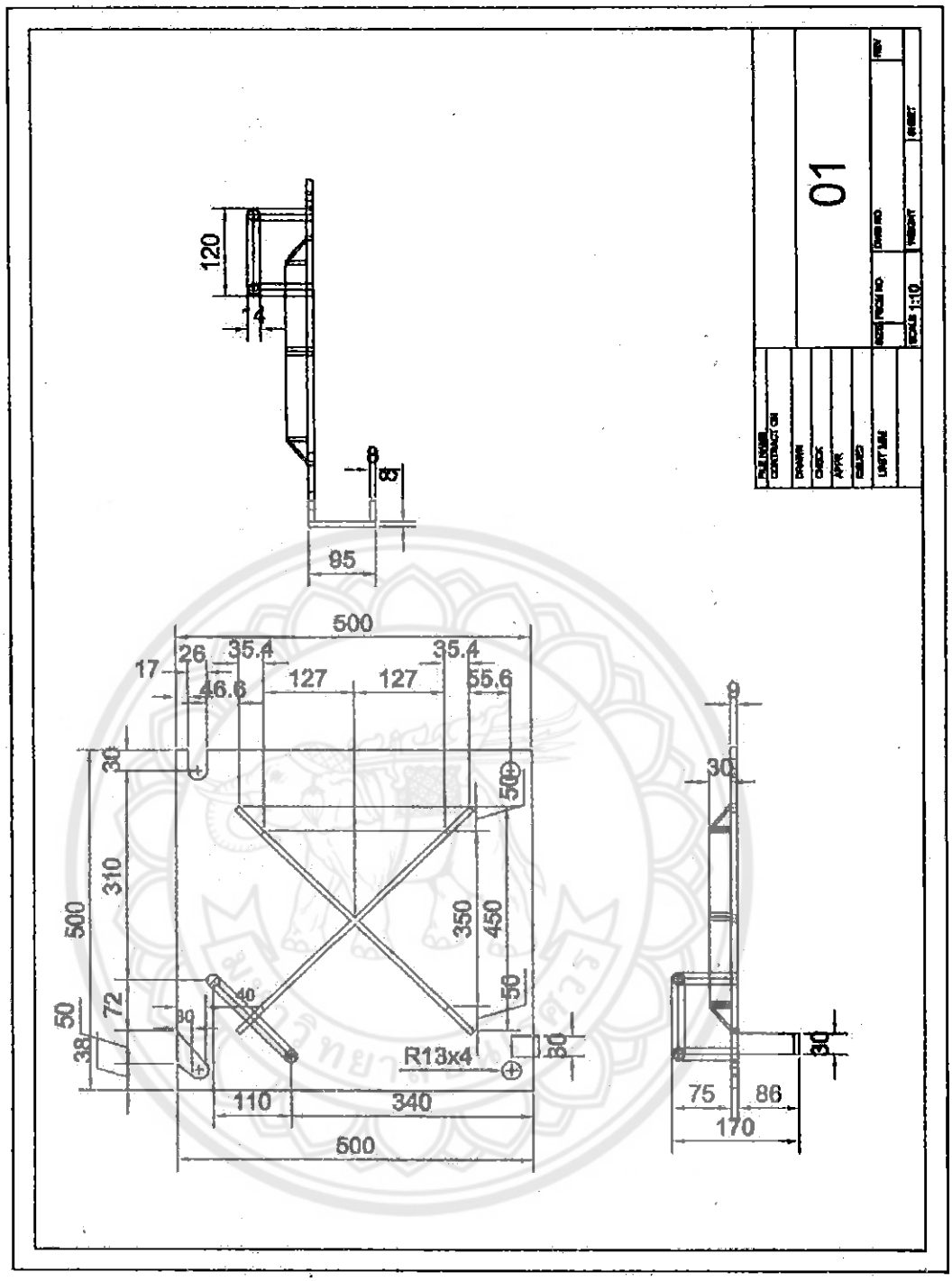
ภาคผนวก ข

ส่วนประกอบเครื่องอัดถ่านแท่งระบบไฮโดรลิก

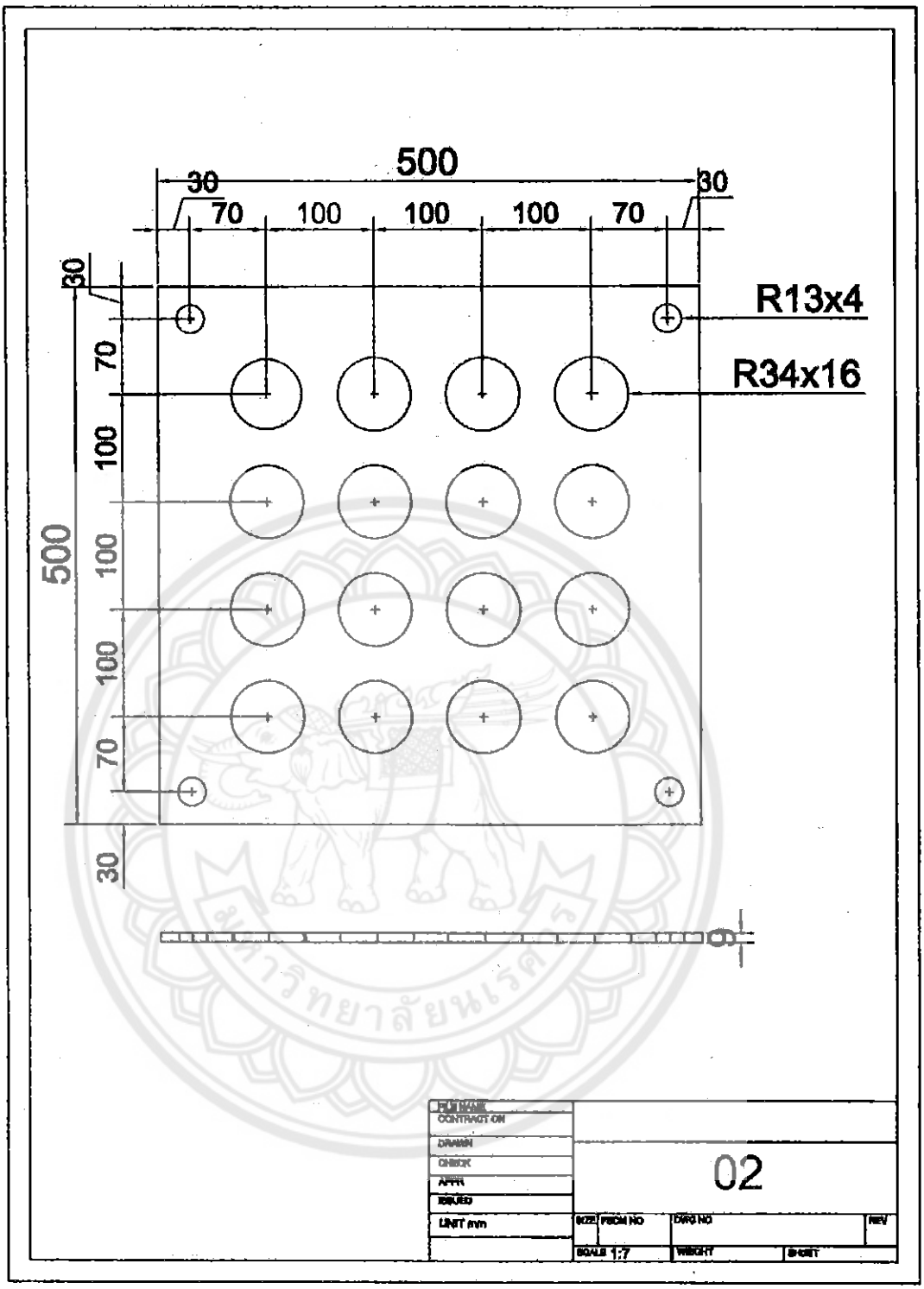
ITEM NO.	PART NUMBER	QUANTITY
1	1	1
2	2	1
3	3	1
4	4	1
5	5	1
6	6	1
7	7	2
8	8	1
9	9	1
10	10	16
11	11	16
12	12	4
13	13	16
14	14	4
15	15	60
16	16	4
17	17	4
18	18	16
19	แหวนรองน็อตสำเร็จรูปเบอร์ 70	4
20	20	16



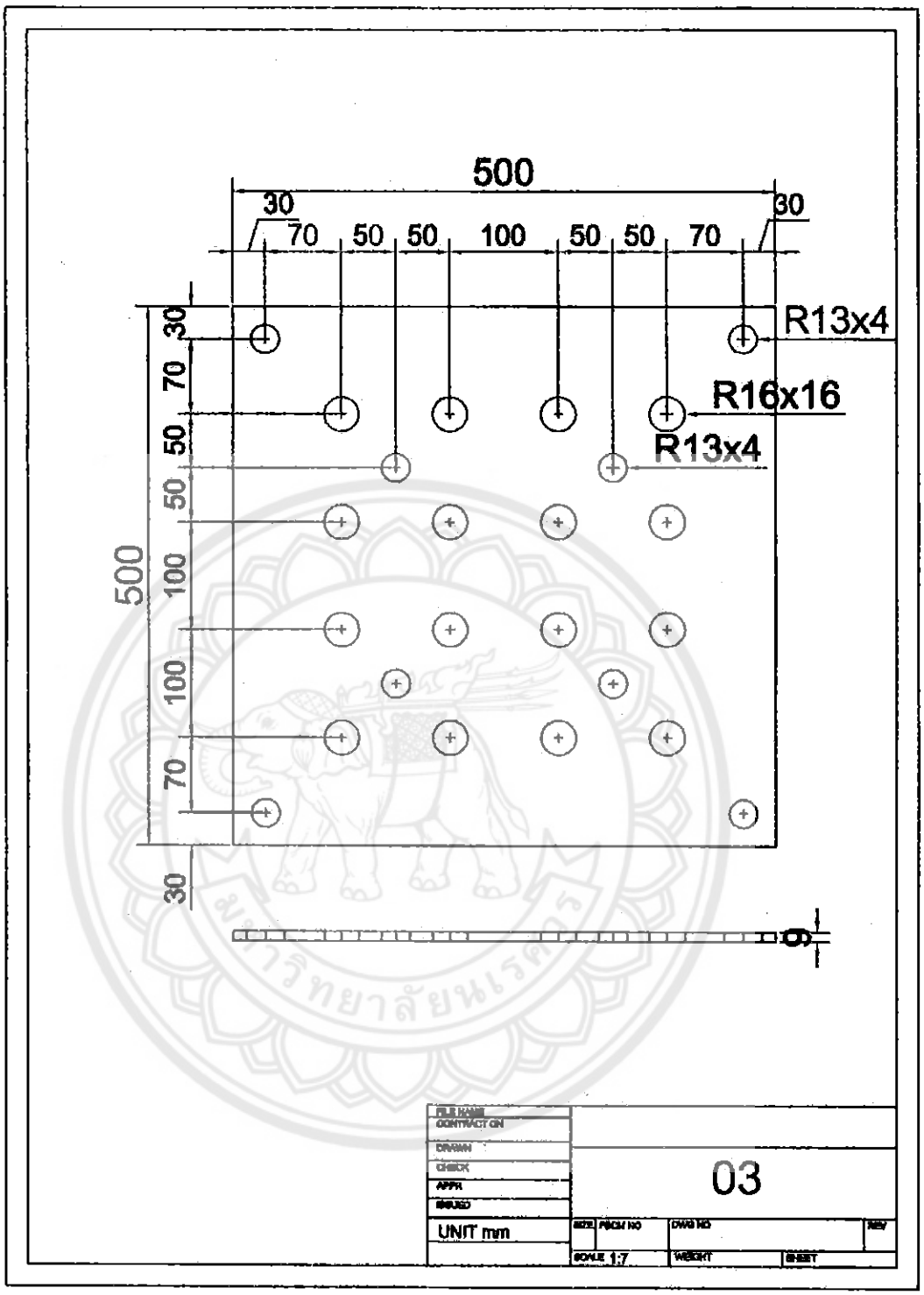
รูปที่ ข.1 เครื่องอัดถ่านแท่งระบบไฮโดรลิก



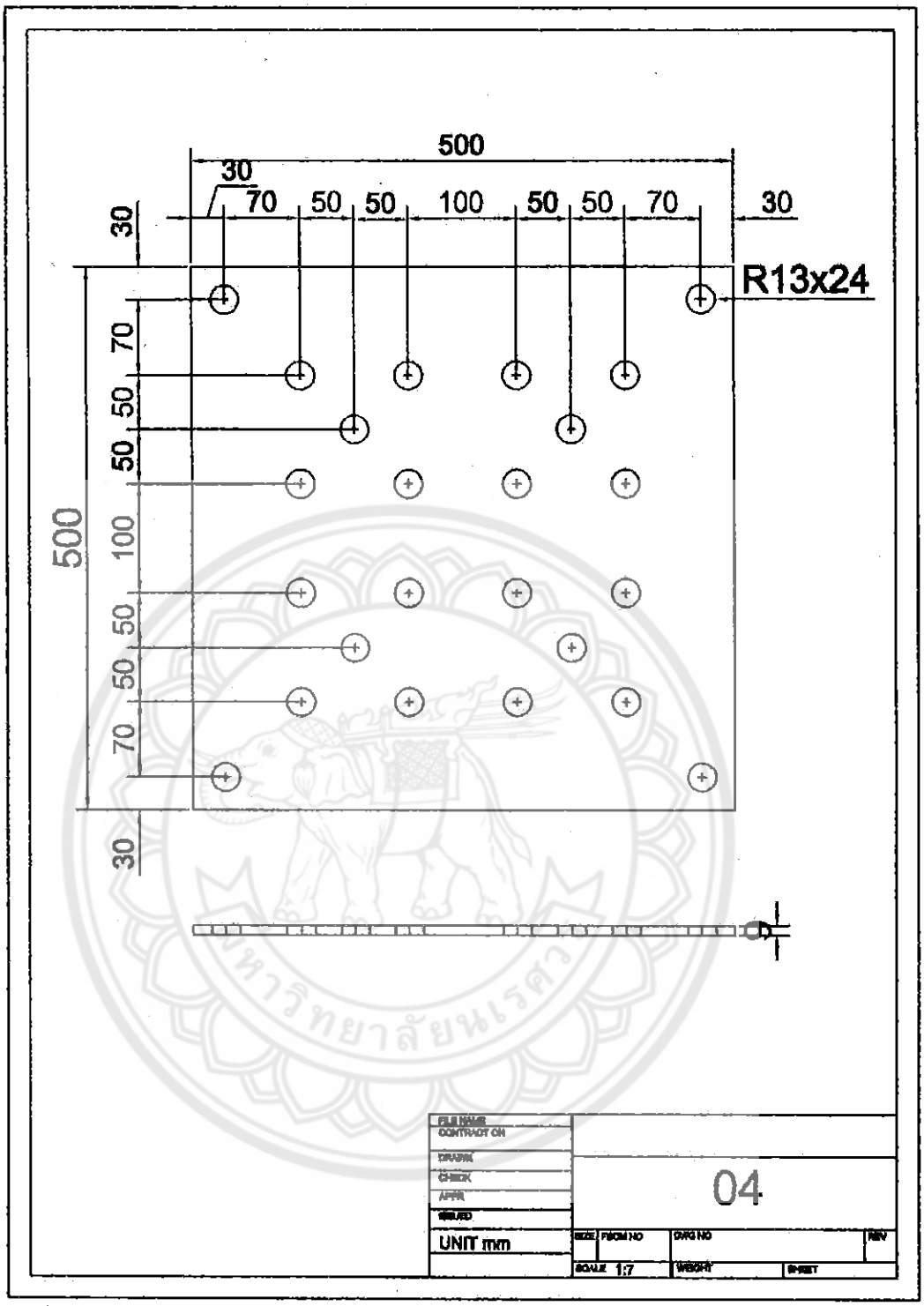
รูปที่ ข.2 ชิ้นส่วนที่ 1



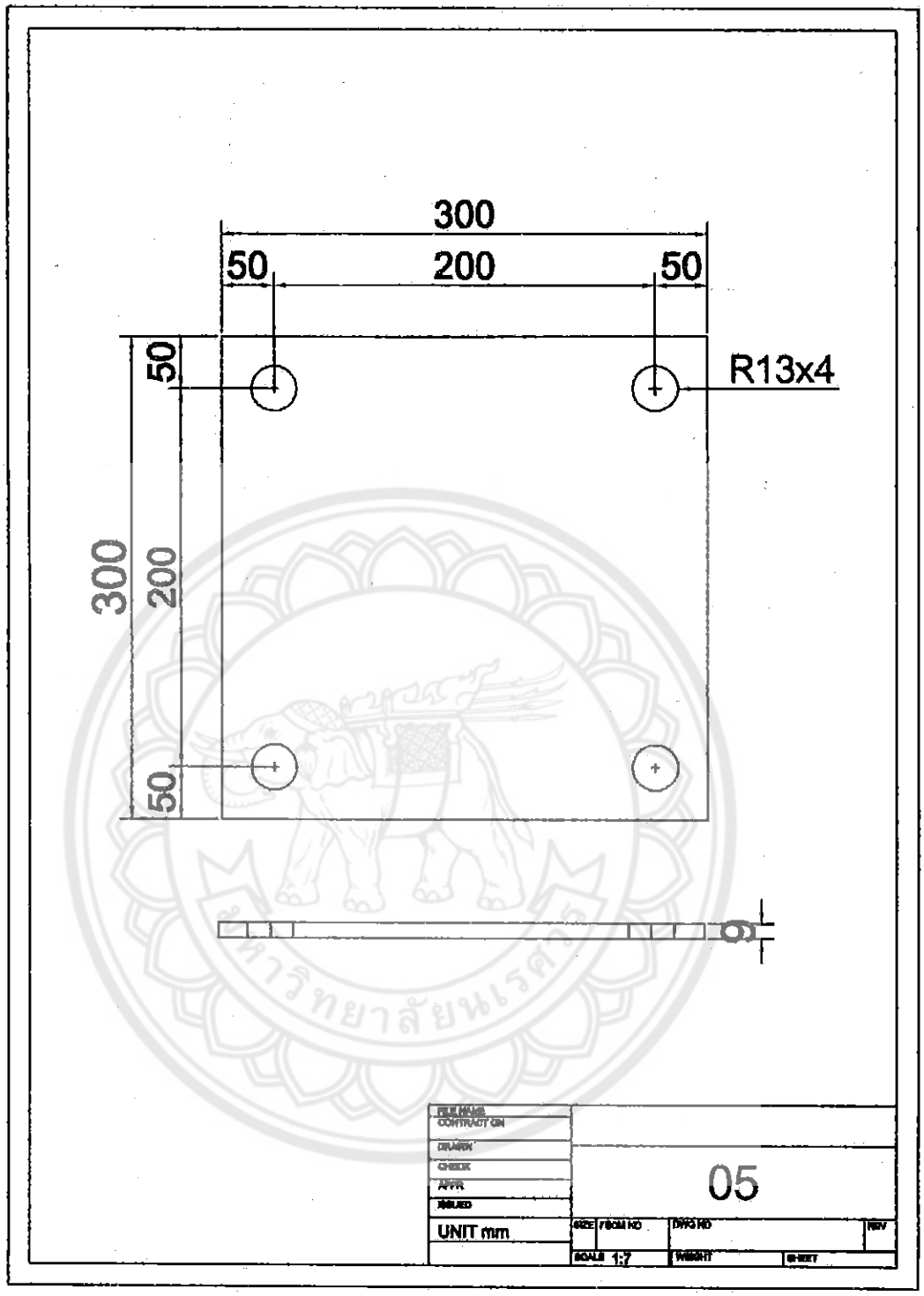
รูปที่ ข.3 ชิ้นส่วนที่ 2



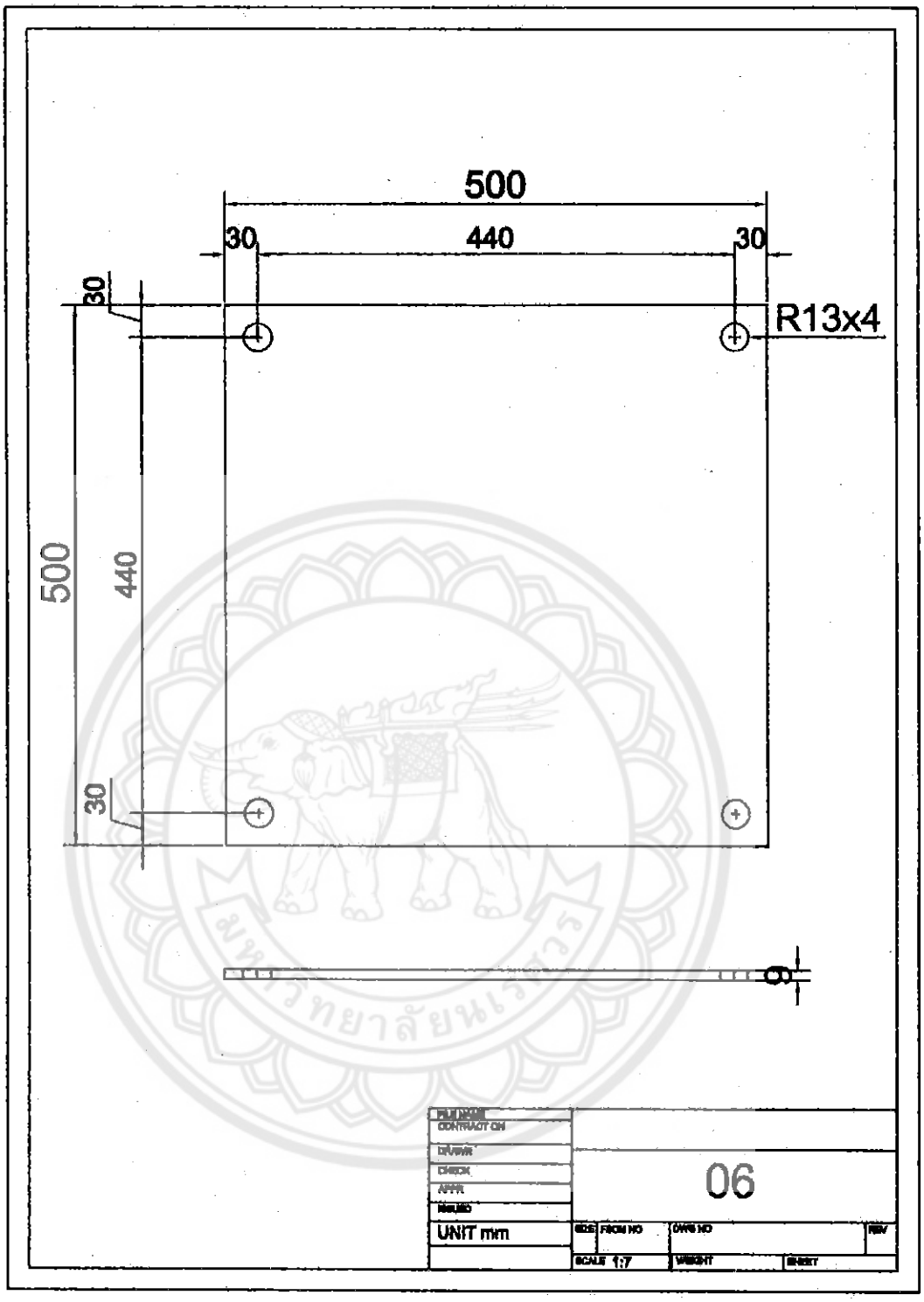
รูปที่ ข.4 ชิ้นส่วนที่ 3



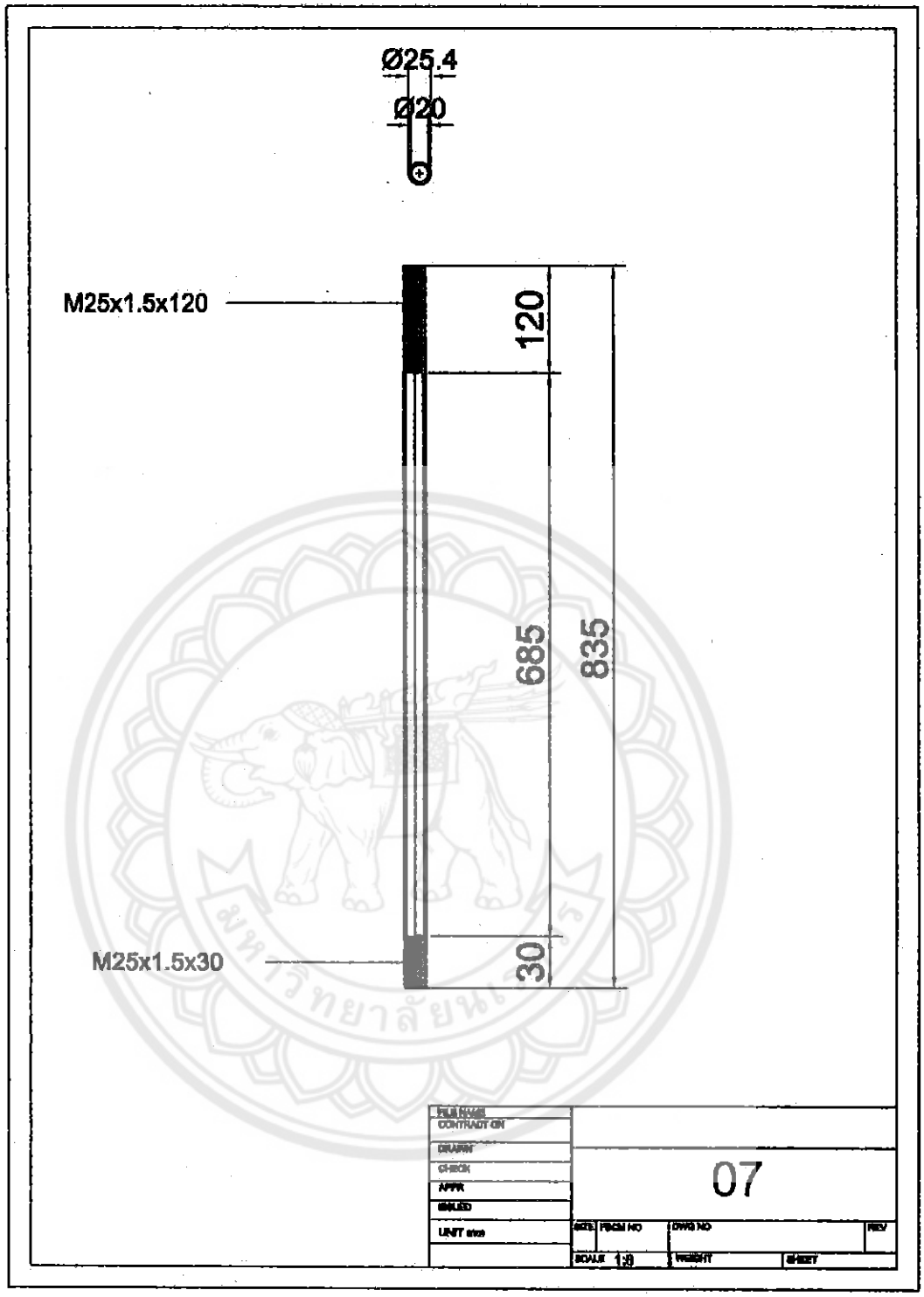
รูปที่ ข.5 ชิ้นส่วนที่ 4



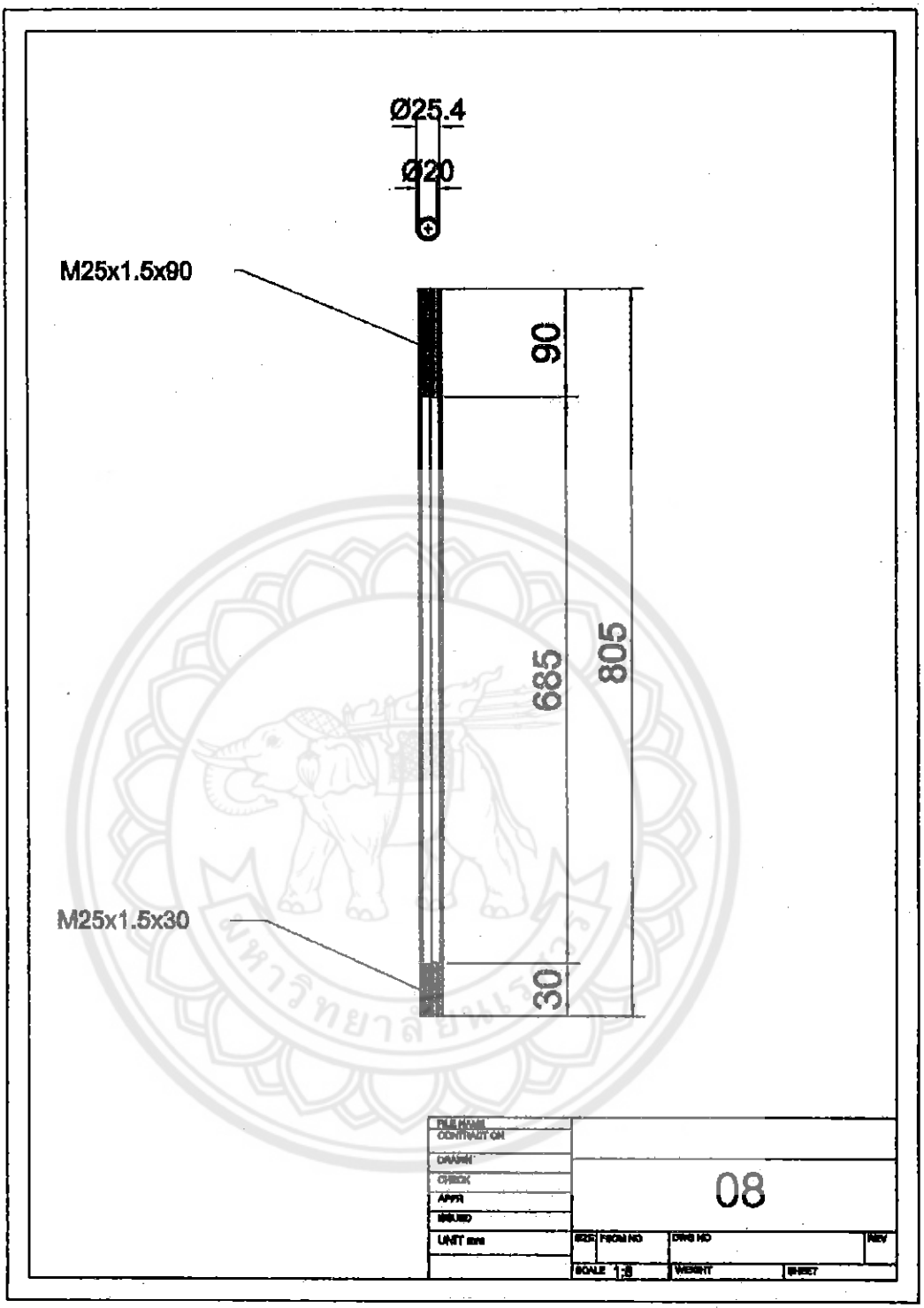
รูปที่ ข.6 ชิ้นส่วนที่ 5



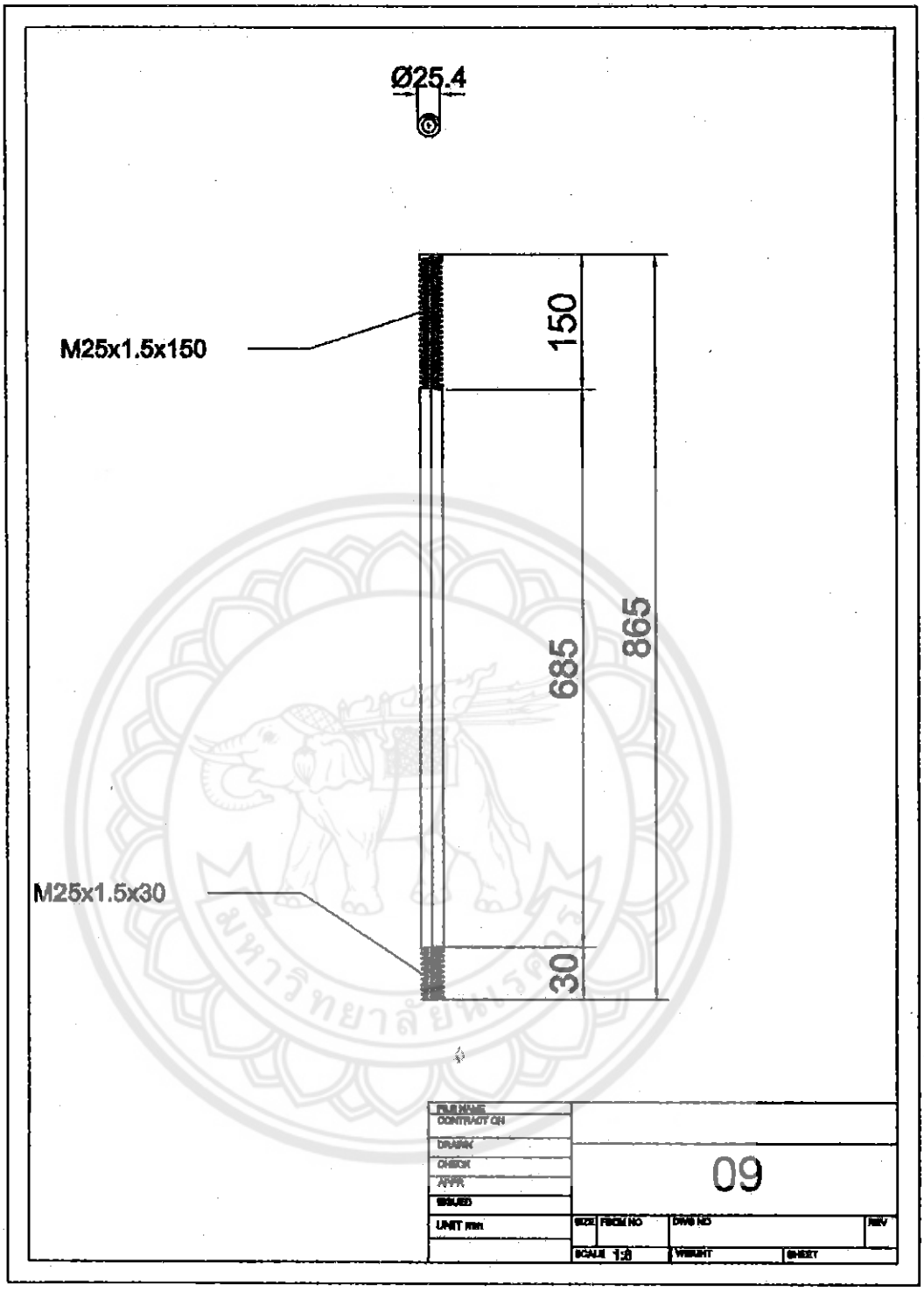
รูปที่ ข.7 ชิ้นส่วนที่ 6



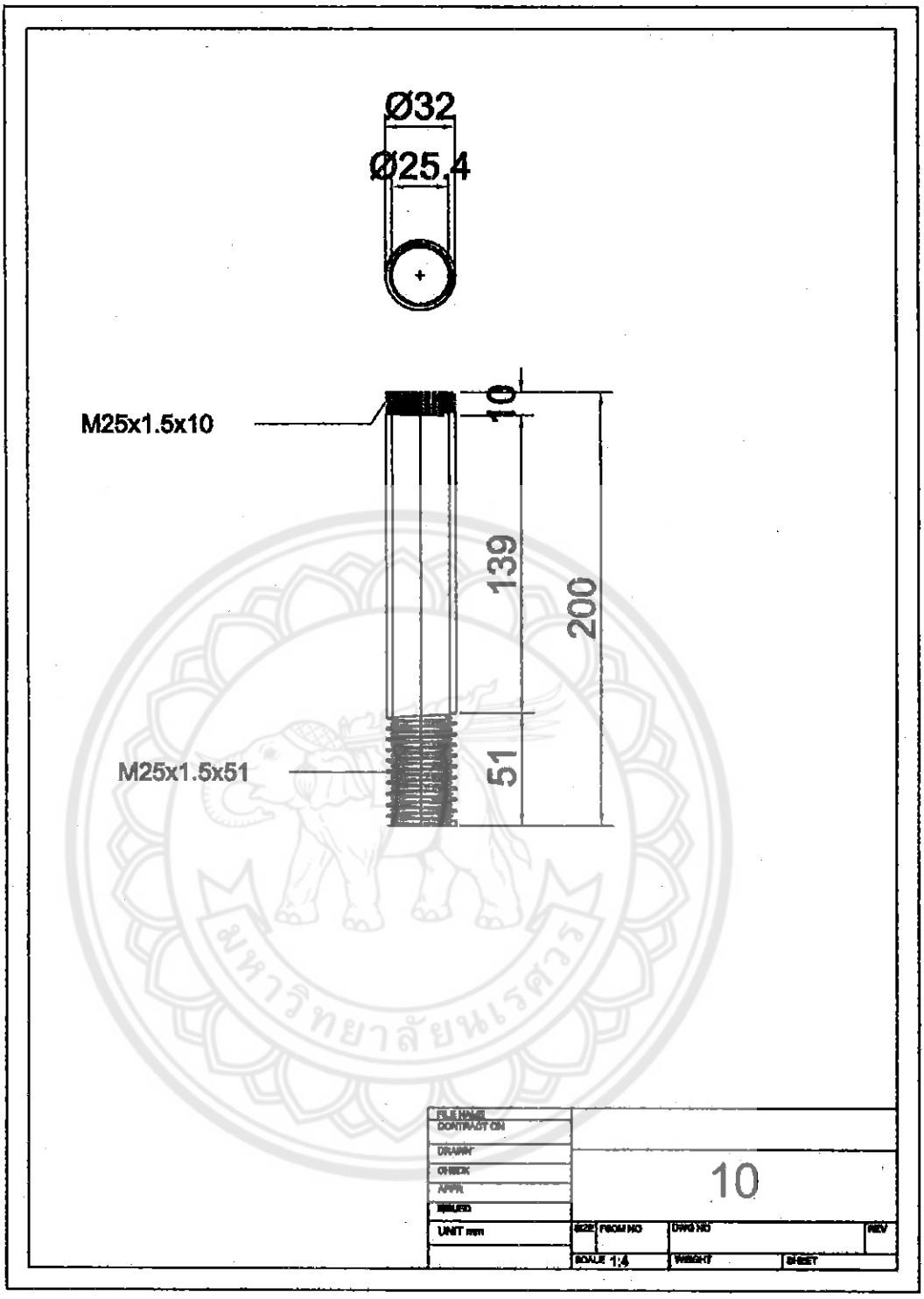
รูปที่ ข.8 ชิ้นส่วนที่ 7



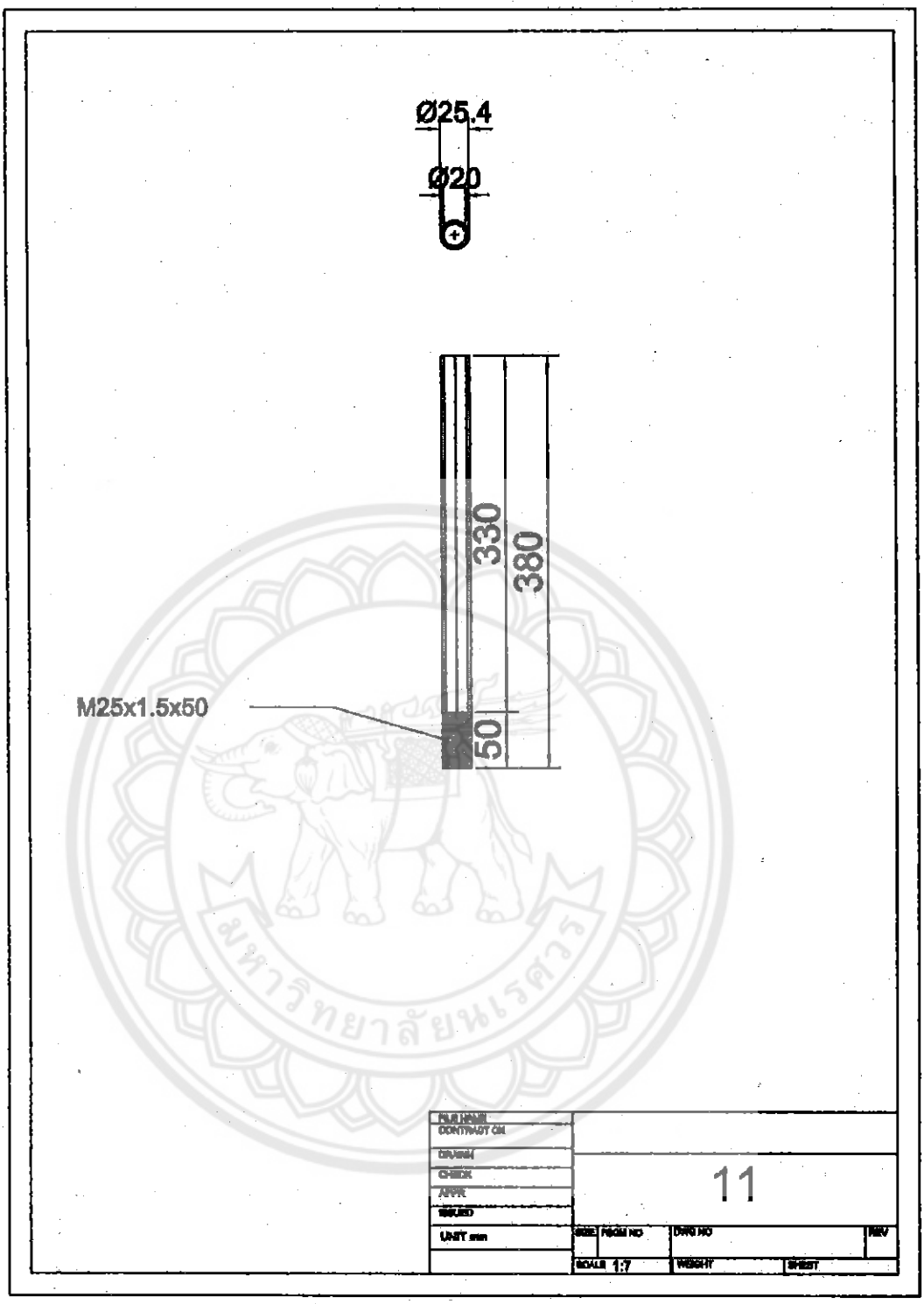
รูปที่ ข.9 ชิ้นส่วนที่ 8



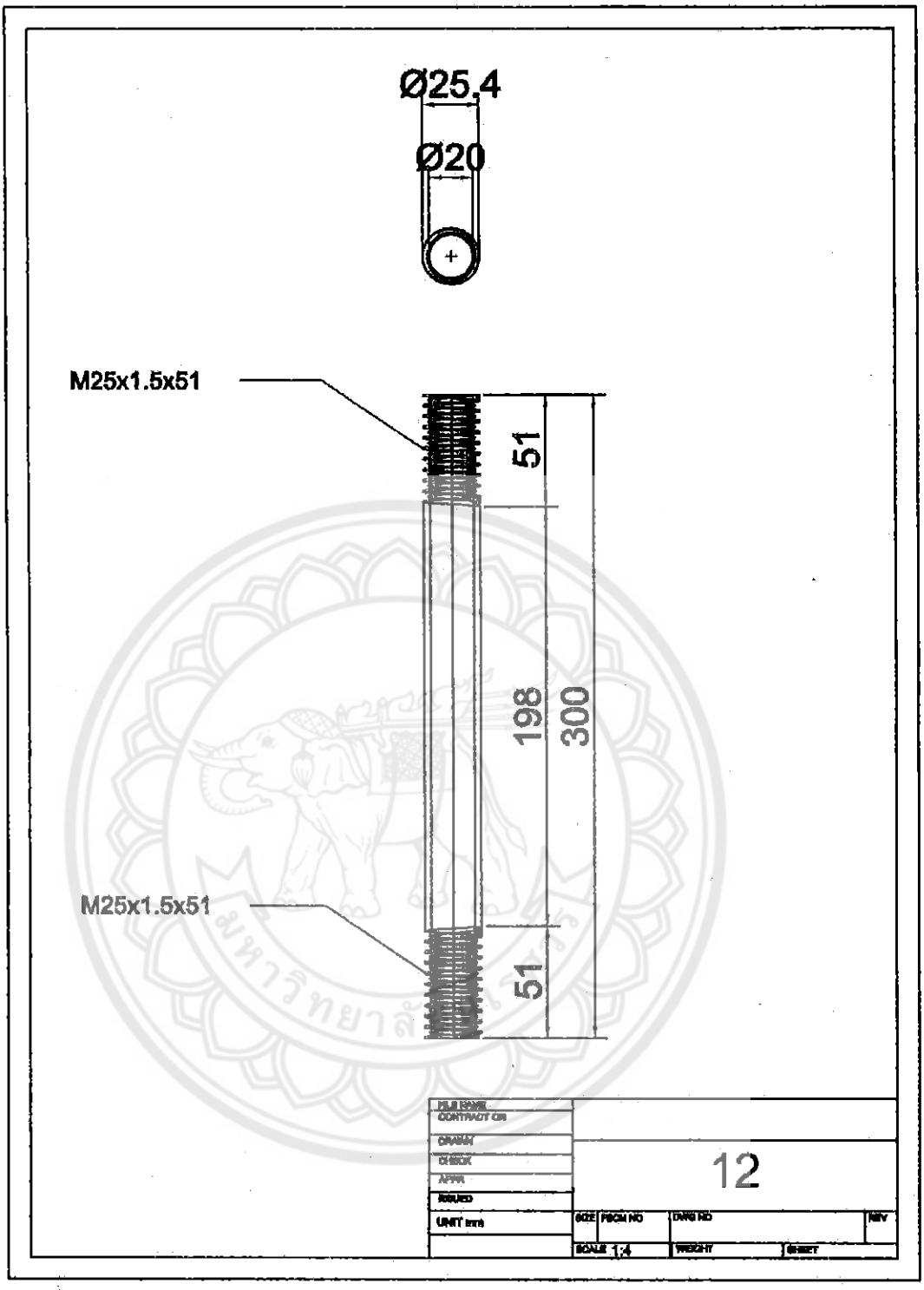
รูปที่ ข.10 ชิ้นส่วนที่ 9



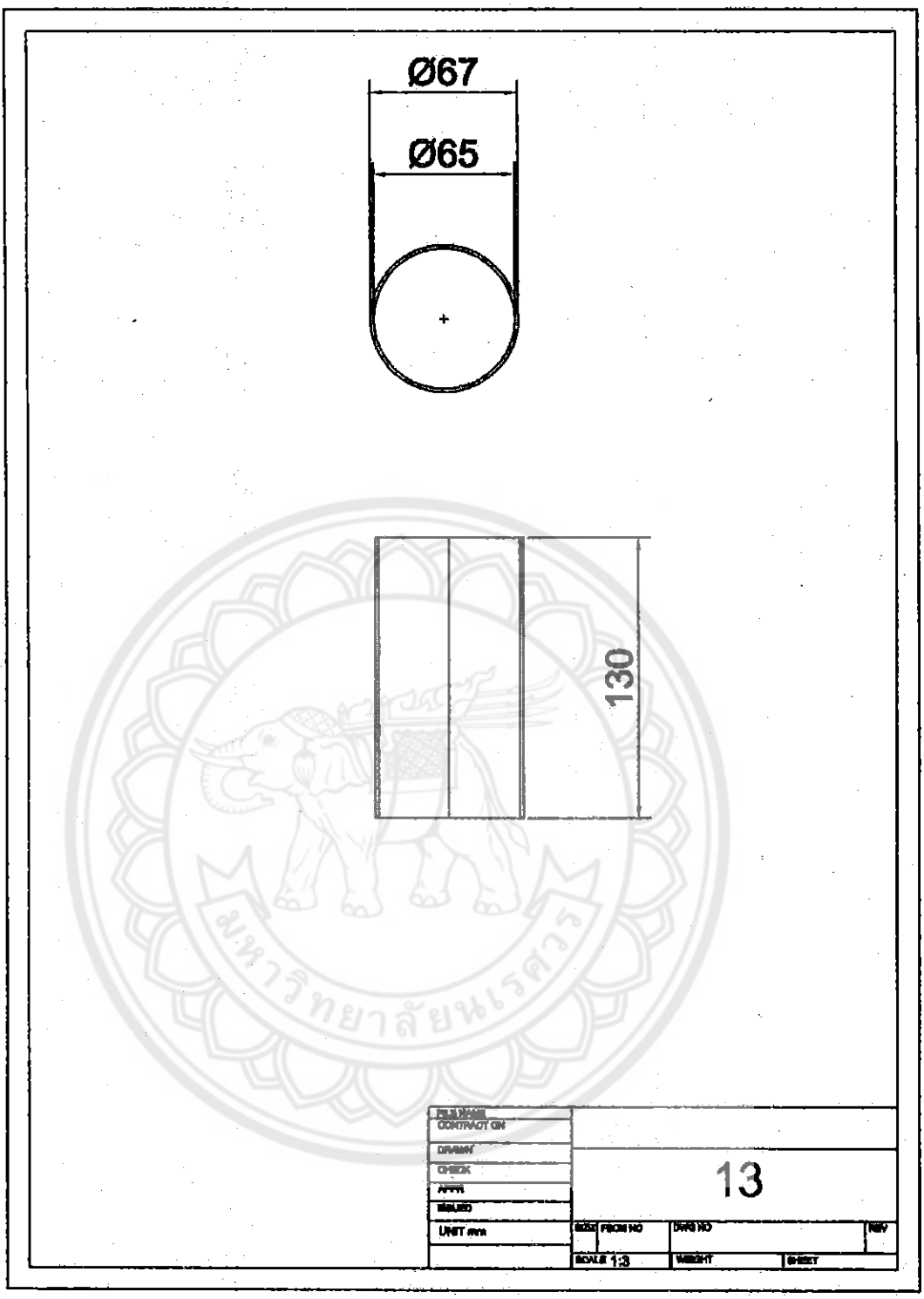
รูปที่ ข.11 ชิ้นส่วนที่ 10



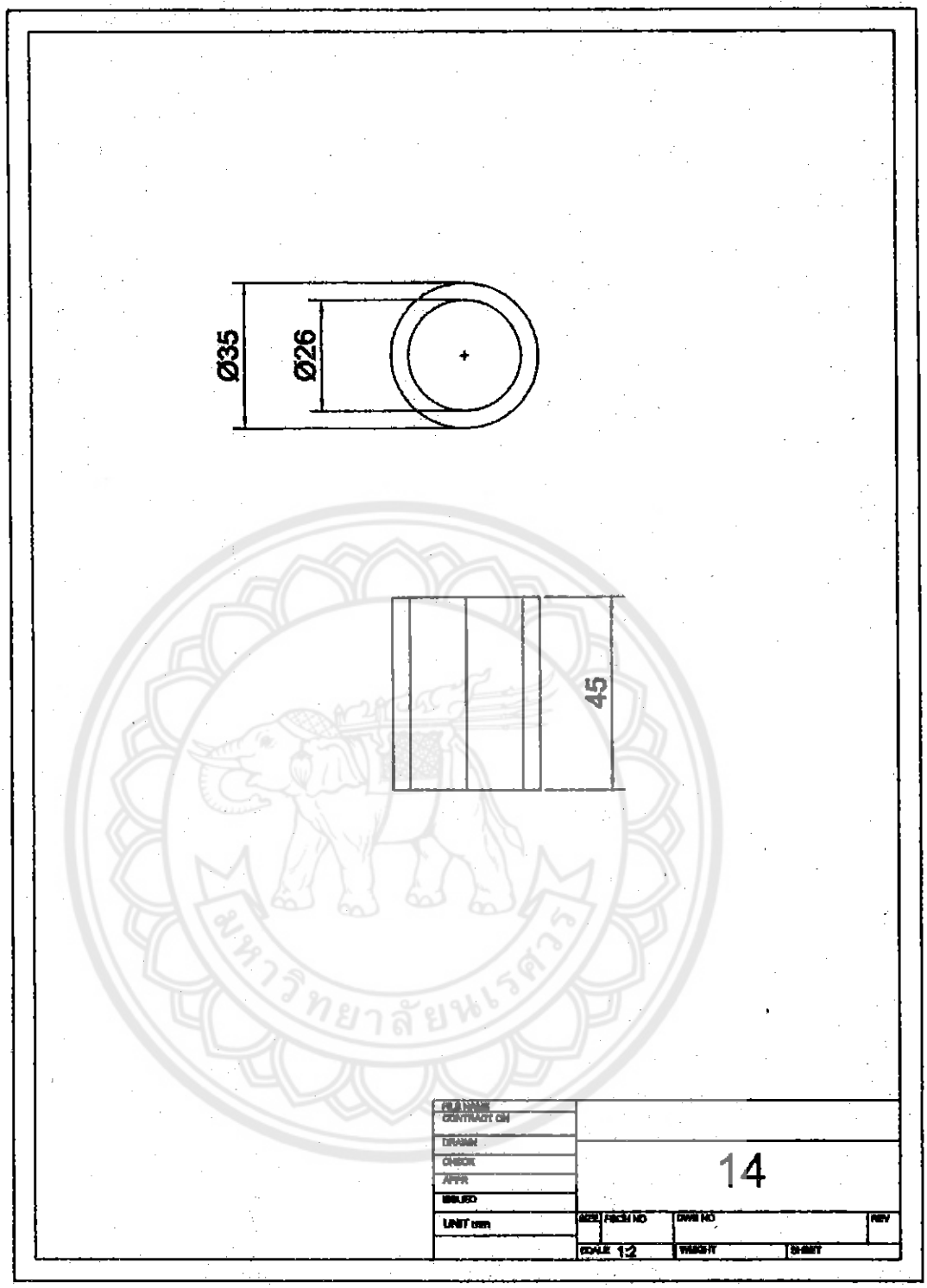
รูปที่ ข.12 ชิ้นส่วนที่ 11



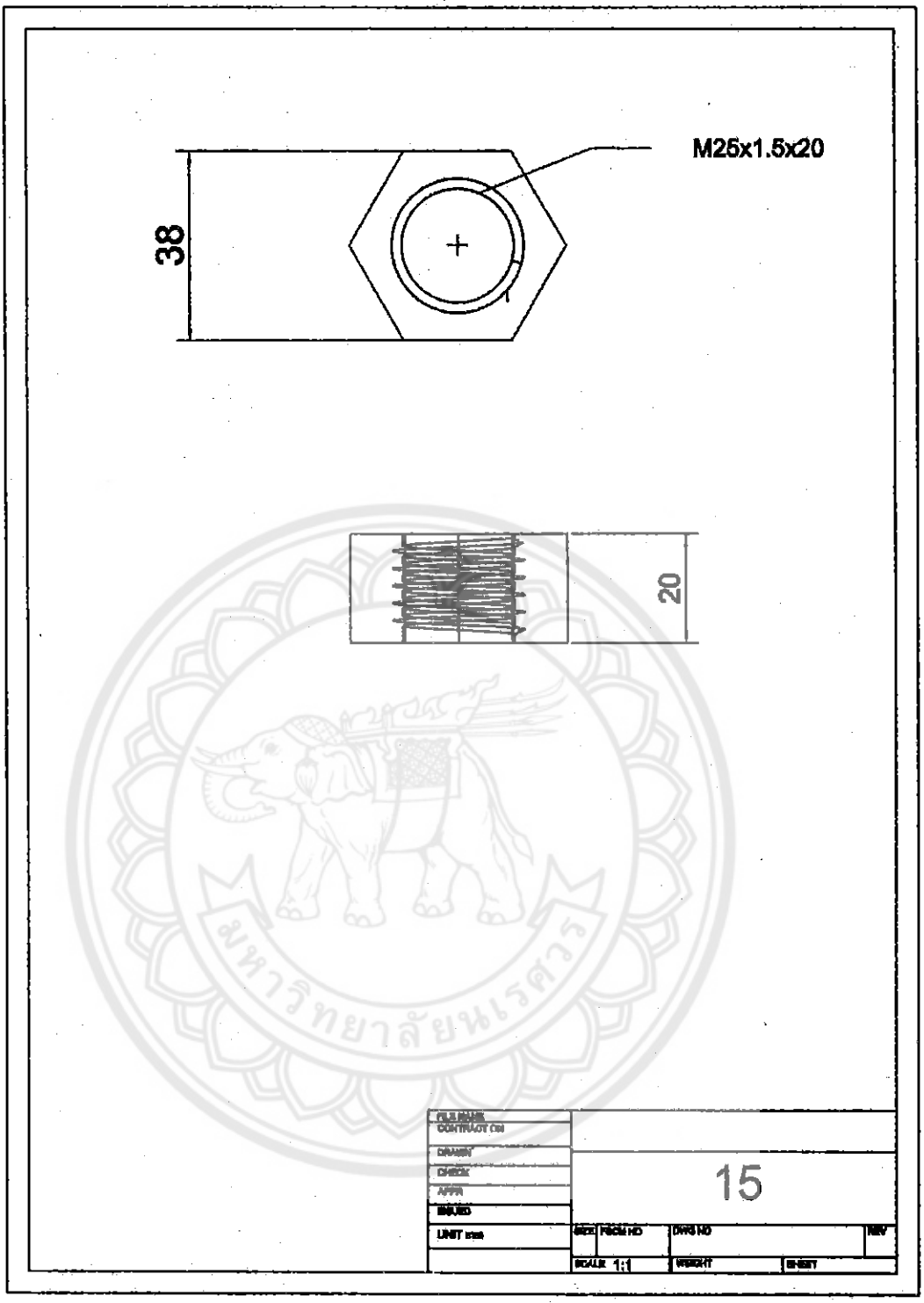
รูปที่ ข.13 ชิ้นส่วนที่ 12



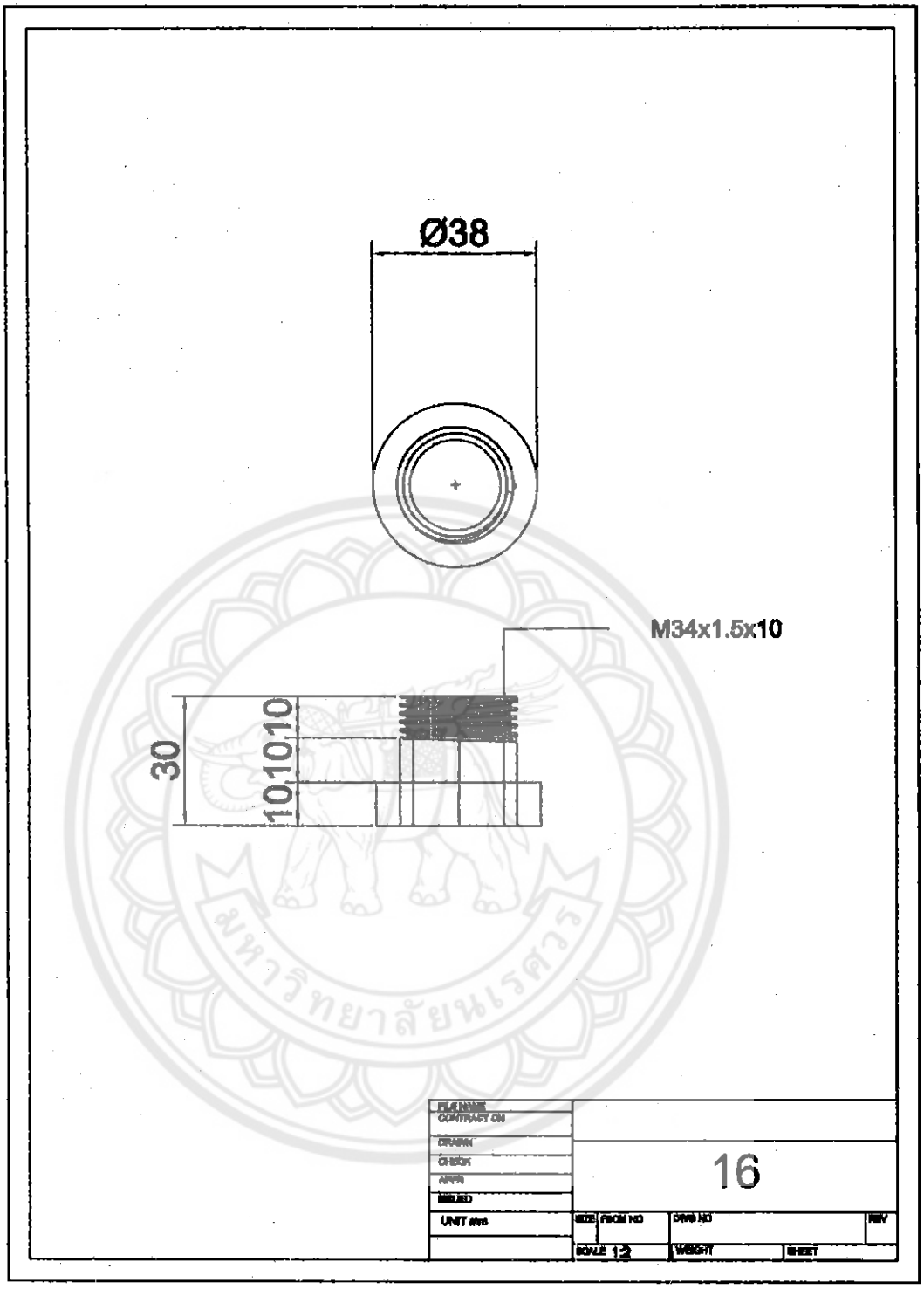
รูปที่ ข.14 ชิ้นส่วนที่ 13



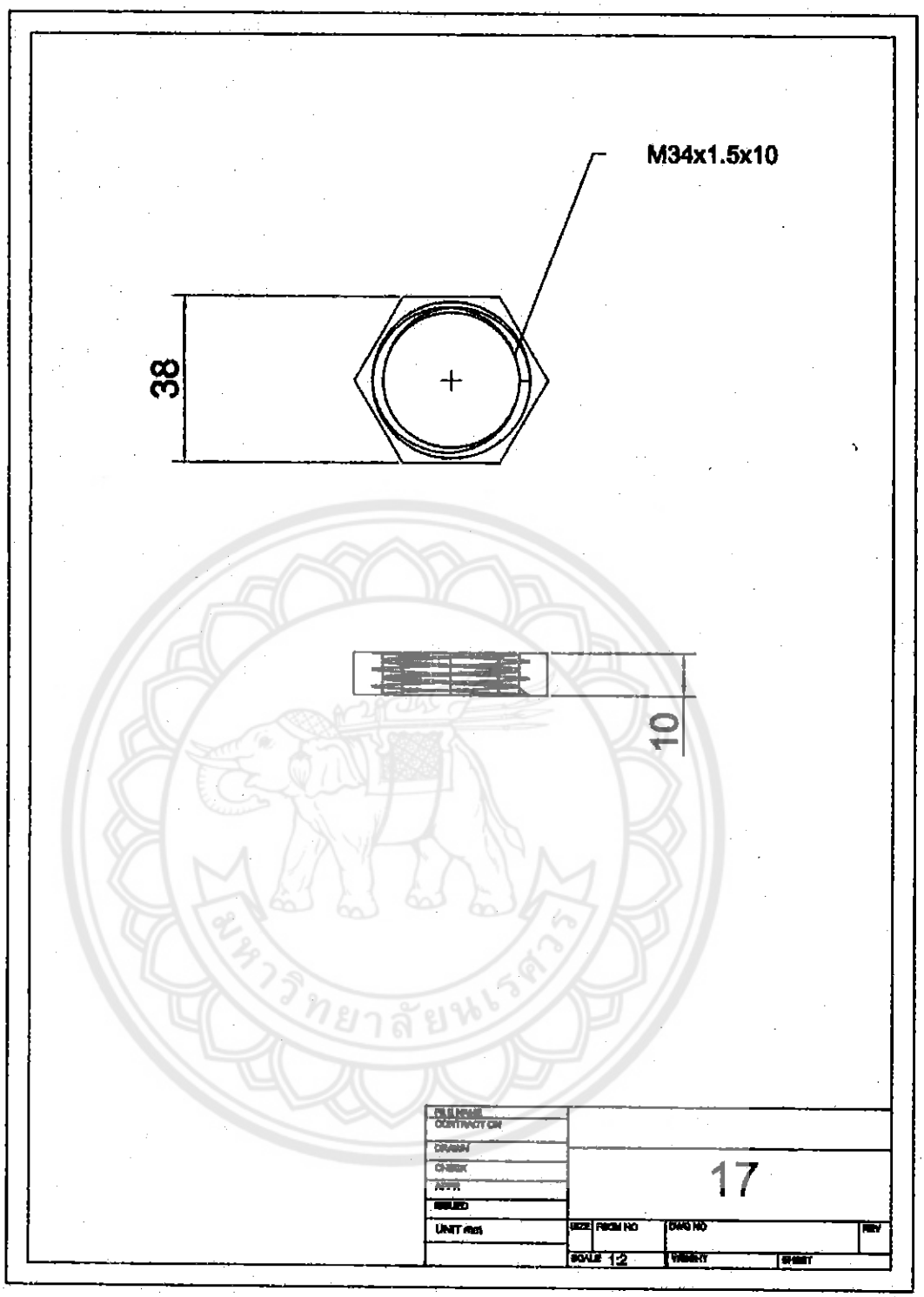
รูปที่ ข.15 ชิ้นส่วนที่ 14



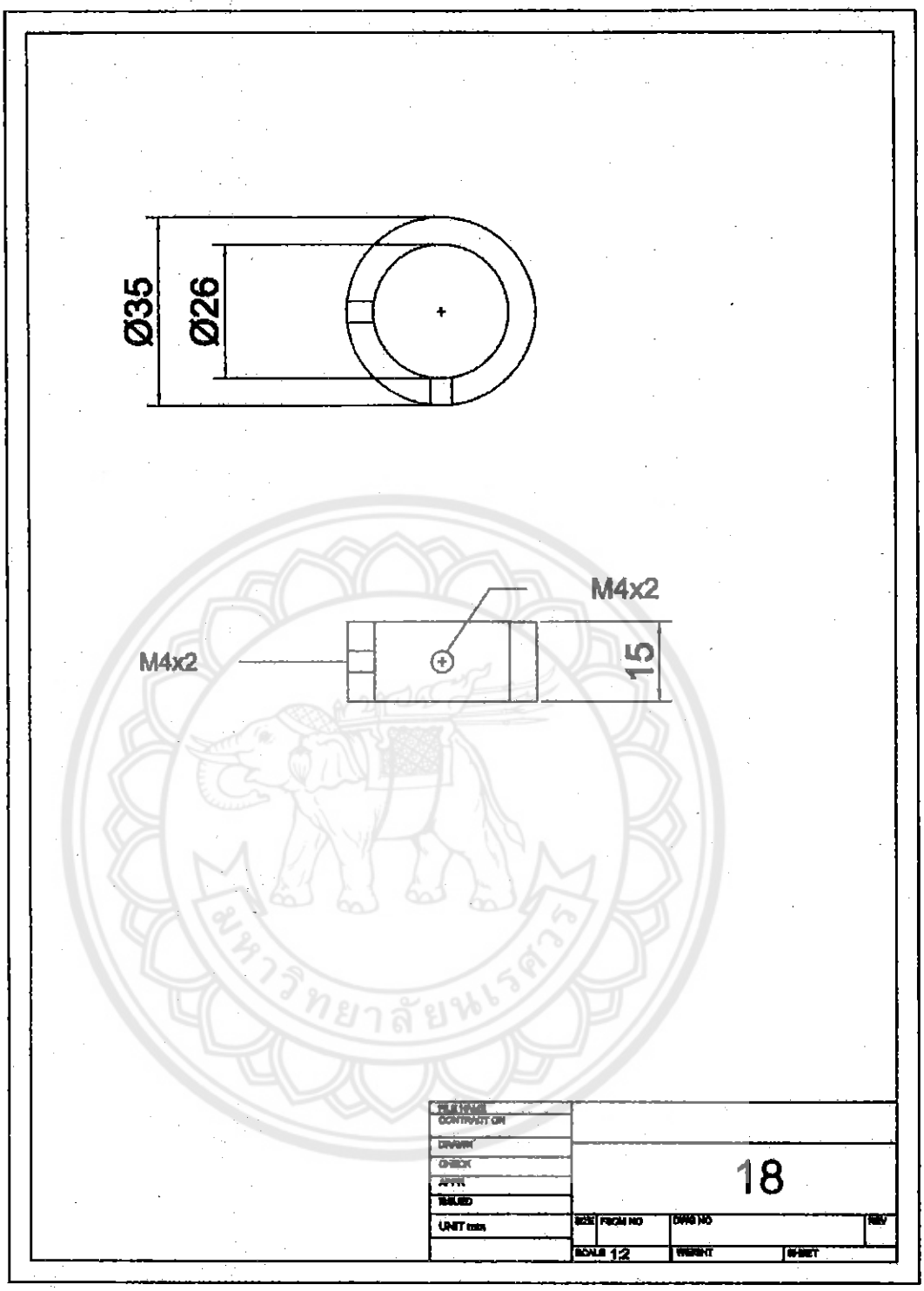
รูปที่ ข.16 ชิ้นส่วนที่ 15



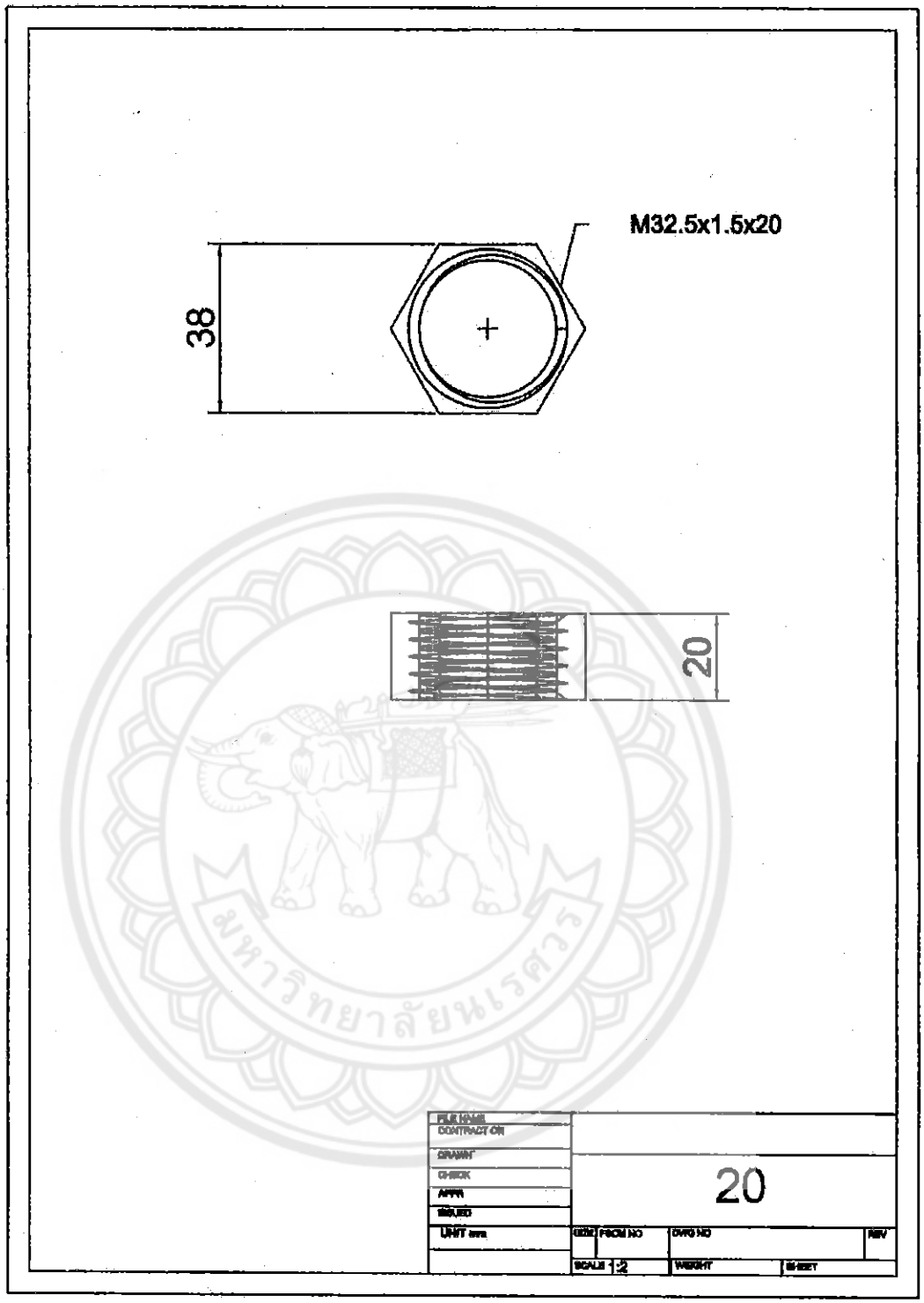
รูปที่ ข.17 ชิ้นส่วนที่ 16



รูปที่ ข.18 ชิ้นส่วนที่ 17



รูปที่ ข.19 ชิ้นส่วนที่ 18



รูปที่ ข.20 ชิ้นส่วนที่ 20

ประวัติผู้จัดทำโครงงาน

ชื่อ นางสาวมาริสา มากเมือง

ภูมิลำเนา 101 หมู่ 13 ต.พรหมพิราม อ.พรหมพิราม จ.พิษณุโลก

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนพรหมพิราม วิทยา
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: Marisa_ele@hotmail.com

ชื่อ นางสาววรดา สุวรรณศิริ

ภูมิลำเนา 9/20 หมู่ 1 ต.นครสวรรค์ตก อ.เมือง จ.นครสวรรค์

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนนครสวรรค์
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: Vorada.view@gmail.com