สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องรวบรวมและคัดแยกถ่านไฟฉายใช้แล้ว

COLLECTING AND SEPARATING MACHINE FOR USED DRY-CELL BATTERIES

นาย กฤษณายุทธ ชาวสวน
นาย พงศ์ศิริ ทองแก้ว
นาย ศิริเจษฎ์ กองแก้ว

ส/ว.
ก982ค
2550

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....82990
วัน,เดือน,ปี.....30 ก.ค. 2551

b.....11958595
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สร้างเครื่องรวบรวมและคัดแยกถ่านไฟฉายใช้แล้ว

COLLECTING AND SEPARATING MACHINE FOR USED DRY-CELL BATTERIES

โดย

นาย กฤษณายุทธ ชาวสวน

นาย พงศ์ศิริ ทองแก้ว

นาย ศิริเจษฎ์ กองแก้ว

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2550

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การพัฒนาและสร้างเครื่องรวบรวมและคัดแยกถ่านไฟฉายใช้แล้ว

Collecting and Separating Machine for used Dry-cell Batteries

ผู้จัดทำ

1. นายกฤษณายุทธ ชาวสวน รหัสประจำตัว 48015514
2. นายพงศ์ศิริ ทองแก้ว รหัสประจำตัว 48015555
3. นายศิริเจษฎ์ กองแก้ว รหัสประจำตัว 48015541

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร. ณัตวิภา เจียระไนวชิระ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ. พิชิต กิตตินนท์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องรวบรวมและคัดแยกเปลือกถ่านไฟฉายใช้แล้ว

นายกฤษณายุทธ ชาวสวน 48015514
นายพงศ์ศิริ ทองแก้ว 48015541
นายศิริเจษฎ์ กองแก้ว 48015555
ผศ.ดร. ณัตวิภา เจียระไนวชิระ อาจารย์ที่ปรึกษา
ผศ. พิชิต กิตตินนท์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2550

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการออกแบบ และสร้างเครื่องรวบรวม คัดแยกเปลือกถ่านไฟฉาย โดยใช้แรงทางกล เพื่อสร้างเครื่องต้นแบบที่สามารถคัดแยกเปลือกถ่านไฟฉายออกจากแท่งถ่าน โดยไม่ใช้ไฟฟ้า ในส่วนของเครื่องคัดแยกจะมีส่วนประกอบหลักๆ 4 ส่วน ประกอบด้วย ชุดส่งกำลัง ซึ่งทำหน้าที่ส่งกำลังไปยังชุดอัดแท่งถ่าน เพื่อให้แท่งถ่านหลุดออกจากเปลือกถ่านไฟฉาย มีรูปแบบเป็นคานคันโยก ยาว 70 ซม. เส้นผ่านศูนย์กลาง 2 ซม. ชุดอัดแท่งถ่าน มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 10 มม. และความยาวเท่ากับ 80 มม. ทำหน้าที่ดันแท่งถ่านให้หลุดจากเปลือกถ่านไฟฉาย โดยมีชุดรองรับถ่านไฟฉาย ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับขนาดของถ่ายไฟฉายชนิด AA ที่มีขนาด 14 มม. จะทำหน้าเป็นตัวแยก ระหว่าง เปลือกและแท่งถ่าน จะทำงานสัมพันธ์กัน กับชุดอัดแท่งถ่านไฟฉาย เปลือกถ่านไฟฉายที่คัดแยกแล้ว จะดีดออกเมื่อดึงคันโยกกลับคืน เปลือกถ่านและแท่งถ่านที่ได้คัดแยกแล้ว จะถูกส่งไปยังชุดรางลำเรียง ระหว่างเปลือก และ แท่งถ่าน เพื่อนำไปเก็บไว้ในกล่องรองรับ ของเปลือกถ่านและแท่งถ่านไฟฉาย จากการทดสอบพบว่าเครื่องสามารถแยกแท่งถ่านออกจากเปลือกถ่านไฟฉายได้โดยใช้แรงกดอยู่ที่ 142 N. มีประสิทธิภาพการทำงานอยู่ที่ 94 เปอร์เซ็นต์ เวลาที่ใช้ในการแยกเฉลี่ยเท่ากับ 9.8 วินาทีต่อก้อน

คำสำคัญ : เครื่องคัดแยกเปลือกถ่านไฟฉาย,ชุดส่งกำลัง,ชุดอัดแท่งถ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COLLECTING AND SEPARATING MACHINE FOR USED DRY-CELL BATTERIES

Kitsanayut Chawsoun 48015514
Phngsiri Thongkaew 48015541
Sirijad Kongkaew 48015555
Assoc. Prof. Dr. Nuthvipa Jayranaiwachira Advisor
Assoc.Prof. Pichit Kittinon Advisor

Abstract

The machine in composed of 4 parts : 1) power transmission unit which transfer power to 2) carbon compressing unit to remove the carbon from metal cover. The power transmission unit in the lever that has 70 cm. length and 2 cm. diameter. The carbon compressing unit has 10 mm. diameter and 80 mm. length. 3) carbon collecting box which has the same size as the AA dry cell (14 mm). It separates the metal cover from carbon. The metal cover will spring out after. The transmission lever is moved back. The metal cover and the carbon will move into their own chutes to the collecting boxes. From experiment , the machine can remove the metal cover from carbon by compressing force of 142 N. working efficiency of 94 % with the capacity of 9.8 sec/dry-cell.

Key word : collecting and separating machine for used dry-cell batteries, power transmission unit, carbon compressing unit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจสำเร็จได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ และร่วมมือจากหลาย ๆ ฝ่ายด้วยกัน บุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงเพราะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ปริญญานิพนธ์เล่มนี้เสร็จลงได้ก็คือ ผศ.ดร. ฉัตวิภา เจียระไนวชิระ และ ผศ. พิชิต กิตตินนท์ ที่ให้ความเอาใจใส่ และช่วยแนะนำ และช่วยเหลือเสมอมา ซึ่งต้องขอขอพระคุณเป็นอย่างสูง

และต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูมาเป็นอย่างดี พร้อมให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจเอาใจใส่เสมอมา ในทุก ๆ ด้านอันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

กฤษณายุทธ ชาวสวน
พงศ์ศิริ ทองแก้ว
ศิริเจษฎ์ กองแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตการศึกษา	1
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ถ่านไฟฉาย	5
2.1.1 ถ่านไฟฉาย	5
2.1.2 ชนิดของถ่านไฟฉาย	5
2.1.3 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตถ่านไฟฉายแบบคาร์บอน-สังกะสี	8
2.2 การควบคุมและการกำจัดถ่านไฟฉายที่ใช้แล้ว	9
2.2.1 ของเสียอันตราย	9
2.2.2 วัตถุดิบที่เป็นสารอันตรายหรือเป็นสารพิษ	10
2.2.3 การบำบัดและการจำจัดของเสียที่เป็นอันตราย	11
2.2.4 การทำให้เสถียร และการทำให้เป็นก้อนแข็ง	11
2.2.5 การทำให้เป็นก้อนแข็งด้วยปูนซีเมนต์	12
2.2.6 การกำจัดถ่านไฟฉายในต่างประเทศ	12
บทที่ 3 การออกแบบและสร้างเครื่องคัดแยกเปลือกและไส้ถ่านไฟฉาย	15
3.1 ทฤษฎีและการออกแบบกลไกการทำงานของเครื่องคัดแยกเปลือกถ่านและไส้ถ่านไฟฉาย	15
3.1.1 คาน	15
3.1.2 รางรำเรียง	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2 ทดสอบ และเก็บข้อมูลของถ่านไฟฉายขนาด AA	20
3.2.1 จุดประสงค์ในการทดสอบ	20
3.2.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ	20
3.3.3 วิธีการทดสอบ	20
3.3 การสร้างเครื่องรวบรวมและคัดแยกเปลือกถ่านไฟฉาย	22
3.3.1 ชุดโครงสร้างหลัก	23
3.3.2 ชุดรองรับถ่านไฟฉาย	23
3.3.3 ชุดรางสไลด์	24
3.3.4 ชุดกระทุ้งและคัดปลอกถ่านไฟฉาย	25
3.3.5 ชุดร็อกคันโยก	26
3.3.6 ชุดคันโยกส่งกำลัง	27
3.3.7 ฝาครอบชุดคัดแยกถ่านไฟฉาย	27
3.3.8 รางรำเรียงไส้ถ่านไฟฉายที่ผ่านการคัดแยก	28
3.3.9 รางรำเรียงเปลือกถ่านไฟฉายที่ผ่านการคัดแยก	28
3.3.10 ชุดกล่องรองรับแท่งถ่านไฟฉาย	29
3.3.11 ชุดกล่องรองรับเปลือกถ่านไฟฉาย	29
3.3.12 ชุดวัดพลังงาน	30
3.3.13 ฝาครอบบนเครื่องคัดแยกถ่านไฟฉาย	30
3.3.14 ฝาปิดโครงสร้างหลัก	31
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	33
4.1 การทดสอบหาแรงที่กระทำกับถ่านไฟฉายโดยใช้เครื่องทดสอบความแข็ง	33
4.1.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ	33
4.1.2 ผลการทดลอง โดยใช้เครื่องทดสอบความแข็ง	33
4.2 การทดสอบหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง	35
4.2.1 วัสดุและอุปกรณ์	35
4.2.2 วิธีการทดลอง	37
4.2.3 ผลการทดลอง	37
บทที่ 5 สรุปและและวิจารณ์ผลการทดลอง	41
5.1 สรุปผลการทดลอง	41
5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.3 ข้อเสนอแนะ	42
เอกสารอ้างอิง	43
ภาคผนวก ก	44
ภาคผนวก ข	48
ภาคผนวก ค	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ร้อยละโดยน้ำหนักของสารที่เป็นองค์ประกอบในถ่านไฟฉายบางชนิด	7
ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบหาแรงที่กระทำของถ่านไฟฉาย AA สภาพปกติ	33
ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบหาแรงที่กระทำของถ่านไฟฉาย AA เป็นสนิม	34
ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบหาแรงที่กระทำของถ่านไฟฉาย AA เป็นสนิมบวม	34
ภาคผนวกที่ ก1.ตารางข้อมูลทางกายภาพของถ่านไฟฉายและผลการทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่อง	45
ภาคผนวกที่ ก2. ตารางข้อมูลผลการทดลองหาประสิทธิภาพของเครื่องต่อ	46
ภาคผนวกที่ ข1. ตารางแสดงส่วนประกอบที่สำคัญในถ่านไฟฉายบางชนิด	49
ภาคผนวกที่ ข2. ตารางแสดงรายละเอียดของกระบวนการทำให้เป็นก้อนแข็งแบบต่างๆ (Shuckrow และคณะ, 1982)	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1 ถ่านไฟฉายแบบคาร์บอน – สังกะสี	5
ภาพที่ 2.2 ถ่านไฟฉายแบบอัลคาไลต์ – แมงกานีส	6
ภาพที่ 2.3 ถ่านไฟฉายแบบนิเกิล-แคดเมีย	6
ภาพที่ 2.4 แสดงกระบวนการรีไซเคิลถ่านไฟฉายของโรงงาน Nomura Kosan	13
ภาพที่ 2.5 แสดงกระบวนการรีไซเคิลถ่านไฟฉายของโรงงาน voes-Alpine	13
ภาพที่ 2.6 แสดงกระบวนการรีไซเคิลถ่านไฟฉายของโรงงาน SAB Nife	14
ภาพที่ 3.1 แสดงแรงกระทำแบบจุด	15
ภาพที่ 3.2 แสดงแรงกระทำแบบกระจาย	15
ภาพที่ 3.3 แสดงแรงกระทำแบบโมเมนต์แรงคู่ควบ	16
ภาพที่ 3.4 ออกแบบคานคันโยก	16
ภาพที่ 3.5 รางลำเลียงแบบต่างๆ a)รางเรียบตรง b)รางโค้ง c)รางเกลียว d)รางปีด	18
ภาพที่ 3.6 หน้าตัดของราง a)วัดสุแผ่นชิ้นเดียว b)วัสดุ 3 ชิ้น c)มีโครงราง	18
ภาพที่ 3.7 แสดงรูปถ่านไฟฉายขาด AA	20
ภาพที่ 3.8 แสดงขนาดของถ่านไฟฉาย	20
ภาพที่ 3.9 เครื่องทดสอบความแข็งแรง	21
ภาพที่ 3.10 แสดงการทดลองหาแรงที่กระทำของถ่านไฟฉาย	22
ภาพที่ 3.11 แสดงค่าที่ได้จากการทดลอง	22
ภาพที่ 3.12 แสดงชุดโครงสร้างหลัก	23
ภาพที่ 3.13 ชุดรองรับถ่านไฟฉาย	24
ภาพที่ 3.14 ชุดรางสไลด์	25
ภาพที่ 3.15 ชุดกระทุ้งถ่านและชุดคัดปลอกถ่านไฟฉาย	26
ภาพที่ 3.16 ชุดร็อกคันโยก	26
ภาพที่ 3.17 ชุดคันโยกส่งกำลัง	27
ภาพที่ 3.18 ฝาครอบชุดคัดแยกถ่านไฟฉาย	27
ภาพที่ 3.19 รางรำเรียงไส้ถ่านไฟฉาย	28
ภาพที่ 3.20 รางรำเรียงเปลือกถ่านไฟฉาย	28
ภาพที่ 3.21 กล่องรองรับแท่งถ่านไฟฉาย	29
ภาพที่ 3.22 กล่องรองรับเปลือกถ่านไฟฉาย	29
ภาพที่ 3.23 ชุดวัดพลังงาน	30
ภาพที่ 3.24 ฝาครอบบนเครื่องคัดแยกถ่านไฟฉาย	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 3.25 ฝาปิดบนโครงสร้างหลัก 31
ภาพที่ 3.26 เครื่องรวบรวมและคัดแยกเปลือกถ่านไฟฉาย 32
ภาพที่ 4.1 ค่าทดลองหาแรงที่กระทำกับถ่านไฟฉาย 33
ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงที่กระทำกับถ่านไฟฉาย 35
ภาพที่ 4.3 ถ่านไฟฉายที่ใช้ในการทดลอง 35
ภาพที่ 4.4 ถ่านไฟฉายสภาพสมบูรณ์ 36
ภาพที่ 4.5 ถ่านไฟฉายสภาพเป็นสนิม 36
ภาพที่ 4.6 ถ่านไฟฉายสภาพเป็นสนิมบวม 36
ภาพที่ 4.7 การทดลองเครื่องคัดแยกถ่านไฟฉาย 37
ภาพที่ 4.8 ถ่านไฟฉายที่แยกแท่งถ่านออกจากเปลือกถ่านไฟฉาย 38
ภาพที่ 4.9 ถ่านไฟฉายเสื่อมสภาพแต่แยกแท่งถ่านออกจากเปลือกถ่านไฟฉายได้ 38
ภาพที่ 4.10 ถ่านไฟฉายที่ติดอยู่ที่ซองใส่ถ่าน 39
ภาพที่ 4.11 กราฟแสดงผลการแยกเปลือกถ่านไฟฉาย 39
ภาพที่ 4.12 กราฟแสดงผลประสิทธิภาพการทำงาน 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันพบว่ากลุ่มบ้านเรือน และร้านค้าในกรุงเทพมหานคร มีการทิ้งของเสียอันตรายประเภทถ่านไฟฉายถึงร้อยละ 0.033 เทียบกับน้ำหนักขยะมูลฝอยทั้งหมด ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในกรุงเทพมหานครประมาณ 6,643 ตันต่อวัน จะมีถ่านไฟฉายถูกทิ้งปนเปื้อนกับขยะมูลฝอยทั่วไปถึง 2,190 กิโลกรัมต่อวัน หรือ 800 ตันต่อปี และหากไม่มีการจัดเก็บ หรือรวบรวมอย่างถูกวิธี เมื่อเกิดฝนตกก็จะเกิดการชะละลายของโลหะหนักที่เป็นองค์ประกอบในก้อนถ่านไฟฉาย โดยเฉพาะ ปรอท แคดเมียม แมงกานีส และสังกะสี ออกสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งถ่านไฟฉายที่หมดอายุการใช้งานแล้วส่วนใหญ่จัดอยู่ในประเภทขยะมีพิษ เพราะฉะนั้นจึงต้องมีการศึกษาเพื่อหาวิธีในการป้องกันปัญหาที่ได้กล่าวมาข้างต้นตลอดจนในอนาคตข้างหน้า กฎหมายสิ่งแวดล้อมจะมีความเข้มงวดมากขึ้น ดังนั้นจึงต้องมีการศึกษาการรวบรวม และแยกเปลือกถ่านไฟฉายที่หมดอายุการใช้งานแล้วก่อนนำไปบำบัดอย่างถูกต้อง

โครงการนี้จะเป็นการพัฒนาเครื่องรวบรวมถ่านไฟฉายที่หมดอายุการใช้งานแล้ว และทำการแยกเปลือกถ่านไฟฉายออกจากแท่งถ่าน เพื่อป้องกันขยะมีพิษประเภทถ่านไฟฉายไปปะปนกับขยะมูลฝอยทั่วไป และเพื่อสะดวกต่อการจัดเก็บ และรวบรวมถ่านไฟฉายที่ใช้แล้ว ซึ่งถือว่าเป็นของเสียที่มีพิษก่อนที่จะนำไปบำบัดต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อพัฒนา และออกแบบเครื่องให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

1.2.2 เพื่อแยกส่วนเปลือก และแกนถ่านไฟฉายออกจากกัน

1.2.3 เพื่อประโยชน์ในการนำกลับมาใช้ใหม่ และการบำบัดที่ถูกต้องต่อไป

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 ใช้ถ่านไฟฉายแบบ AA ที่หมดการใช้งานแล้วแต่ยังไม่เกิดการเสื่อมสภาพในการทดสอบ

1.3.2 ทำเครื่องคัดแยกเปลือก และไส้ถ่านไฟฉายโดยใช้แรงทางกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ป้องกันการเล็ดลอดของถ่านไฟฉายที่จะปะปนไปกับขยะมูลฝอยทั่วไป

1.4.2 ลดการปนเปื้อนของโลหะหนักที่เกิดจากถ่านไฟฉาย

1.4.3 ลดปริมาณของขยะมีพิษประเภทถ่านไฟฉาย

1.4.4 เป็นแนวทางเบื้องต้นสำหรับการ Recycle ของเสียที่ผ่านการแยกแล้ว

1.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน

จากการรวบรวมโครงงานและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องรวบรวมและคัดแยกเปลือกถ่านไฟฉายซึ่งสรุปได้ดังนี้

ชัยวัฒน์ โพธิ์ทอง (2541)ได้ทำการศึกษาการทำลายฤทธิ์โลหะหนักในถ่านไฟฉายที่ใช้แล้วโดยการทำให้เป็นก้อนแข็ง ถ่านไฟฉายที่ใช้ในการวิจัยเป็นถ่านไฟฉายแบบคาร์บอน-สังกะสี ขนาดใหญ่ และวัสดุที่ใช้ประสาน คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนประเภท 1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนประเภท 5 ปูนซีเมนต์ซิลิกา ปูนซีเมนต์ซิลิกาผสมปูนขาวร้อยละ 25 โดยน้ำหนัก (จากการทดสอบผงถ่านไฟฉายจะจัดอยู่ในประเภทสารมีพิษ พบว่าความเข้มข้นของแคดเมียมและปรอทในน้ำละลายเท่ากับ 3.79 มิลลิกรัม/ลิตร และ 1.24 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งเกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ คือ มีแคดเมียมและปรอทไม่เกิน 1 มิลลิกรัม/ลิตร และ 0.2 มิลลิกรัม/ลิตร และทำการทดสอบสัดส่วนผสมเบื้องต้น โดยการปรับเปลี่ยนส่วนผสมระหว่างผงถ่านไฟฉายต่อวัสดุประสานทั้ง 5 ชนิด พบว่าปูนซีเมนต์ซิลิกามีประสิทธิภาพในการทำให้เป็นก้อนแข็งใกล้เคียงกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 และประเภท 5 และเป็นวัสดุประสานที่หาง่ายและราคาถูกกว่า และสัดส่วน 0.1 ทำให้ก้อนตัวอย่างมีคุณสมบัติผ่านเกณฑ์ที่โรงงานกำหนดไว้ การทดสอบหาสัดส่วนที่เหมาะสมพบว่าสัดส่วนที่เหมาะสมอยู่ที่ 7:1 เมื่อบ่มครบ 28 วัน ก้อนตัวอย่างจะมีคุณสมบัติผ่านเกณฑ์ตามที่ทางราชการกำหนดไว้

นฤมิต ดินิมาน (2538) ได้ทำการศึกษาความสามารถในการทำลายฤทธิ์ตะกอนโลหะหนักจากการบำบัดน้ำเสีย ซีโอดี โดยทำให้เป็นก้อนแข็งด้วยปูนซีเมนต์และเถ้าลอยลิกไนต์ พบว่าการเพิ่มปริมาณตะกอนโลหะหนักจะทำให้การรับแรงอัดลดลง การชะละลายของโลหะหนักสูงขึ้น การเพิ่มเปอร์เซ็นต์ของเถ้าลอยลิกไนต์ลงในวัสดุประสาน และทำให้กำลังรับแรงอัดและความหนาแน่นลดลง การชะละลายของปรอทสูงขึ้น แต่การชะละลายของโครเมียมลดลง และพบว่าอัตราส่วนตะกอนโลหะ หนักต่อวัสดุประสานที่เหมาะสมสำหรับปรอทและโครเมียม เท่ากับ 0.25 อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานที่เหมาะสมเท่ากับ 0.5 การเพิ่มระยะเวลาบ่มทำให้กำลังรับแรงอัดสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cheng และ Bishop (1989) ได้ทำการศึกษา โดยตัวอย่างจะถูกหล่อเป็นทรงกลม โลหะหนักจะถูกวิเคราะห์โดยวิธี SEM,EDX และ Wet Digestion/AA Method จากผลการวิจัยพบว่าบริเวณของผิวตัวอย่างจะมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีโดยกรดอะซิติก แคลเซียมส่วนใหญ่ในองค์ประกอบของซีเมนต์จะถูกชะละลายออกมาในขณะที่ซิลิกอน เหล็กและอะลูมิเนียมยังคงเหลืออยู่และสารดังกล่าวจะมีคุณสมบัติในการดูดซับและการดูดติดผิวได้ดี ดังนั้นโลหะที่ละลายไปจะถูกดูดติดที่บริเวณชั้นผิวของตัวอย่าง ซึ่งช่วยป้องกันการชะละลายของโลหะหนักได้ จากการวิเคราะห์โลหะหนักในก้อนตัวอย่าง พบว่าการชะละลายของโลหะหนักจะเกิดเฉพาะบริเวณชั้นผิวหน้าเท่านั้น

Shively และคณะ (1986) เป็นการศึกษาการชะละลายของโลหะหนัก โดยทำการชะละลายติดต่อกัน 15 ครั้ง พบว่าอาร์เซนิคและแคดเมียมทำให้กำลังรับแรงอัดลดลง สำหรับตะกั่วและโครเมียมไม่มีผลต่อกำลังรับแรงอัด ความเข้มข้นของโลหะหนักที่ถูกชะละลายค่าต่ำกว่าค่าที่ทำลายจากค่าการละลายได้ของโลหะไฮดรอกไซด์ 100-10,000 เท่า การชะละลายของโลหะหนักแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ

1.แคลเซียมไฮดรอกไซด์สะเทินกรดพีเอชของน้ำสกัดมากกว่า 10 การชะละลายของโลหะหนักจำกัดโดยกลไก Sortptionprecipittion

2.เป็นช่วงที่โลหะหนักถูกชะละลายสูงสุด เนื่องจากเกิด Desorption เมื่อพีเอชต่ำลง

3.พีเอชของน้ำสกัดน้อยกว่า 6 โลหะหนักที่มีความสามารถในการละลายต่ำเริ่มละลายออกมา แต่ถูกจำกัดด้วยกลไก Diffusion

ก้องกิจ วิตมโนโสต (2544) ได้ทำการออกแบบรวมทั้งสร้างเครื่องจัดเก็บขยะบรรจุภัณฑ์ประเภท กระป๋องน้ำอัดลมเพื่อบรรเทาปัญหาสิ่งแวดล้อม โดยนำกระป๋องน้ำอัดลมที่ใช้แล้วนำกลับมาใช้ใหม่เป็นการลดปัญหาสิ่งแวดล้อม โดยทำการอัดกระป๋องโดยใช้ชุดลูกสูบ ใช้เฟืองโซ่และสกรูเป็นตัวส่งกำลังไปทำการอัดกระป๋อง ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นแหล่งกำเนิดต้นกำลัง โดยสามารถจัดเก็บกระป๋องเฉลี่ยต่อวันได้ 2,797 กระป๋อง (คิดเวลาการทำงานของเครื่องเฉลี่ย 8 ชั่วโมงต่อวัน) ขนาดความหนาของกระป๋องที่ถูกจัดเก็บเฉลี่ยเท่ากับ 24.4 มิลลิเมตร

บริษัทบริหารและพัฒนาเพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม (มหาชน) เป็นระบบการจัดการกากของเสียที่เป็นอันตราย โดยนำกากของเสียที่เป็นอันตราย โดยนำกากของเสียที่เป็นอันตรายไปปรับเสถียรเพื่อลดความเป็นพิษด้วยวิธีปรับสภาพความเป็นกรดด่างของกากของเสียให้มีค่าเป็นกลางและทำให้เป็นของแข็ง โดยผสมกับปูนซีเมนต์เพื่อห่อหุ้มกากของเสีย ป้องกันการชะล้าง จากนั้นจึงนำไปทำการฝังกลบในหลุมฝังกลบนิรภัย ซึ่งหลุมฝังกลบดังกล่าวได้ถูกออกแบบสำหรับของเสียที่เป็นอันตราย โดยสามารถป้องกันมิให้น้ำและกากของเสียที่อยู่ภายในหลุมฝังกลบซึมออกสู่ภายนอกได้ ซึ่งแตกต่างจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยทั่วไป โดยพื้นที่หลุมฝังกลบจะถูกบดอัดด้วยดินเหนียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จนกระทั่งมีอัตราการซึมผ่านของน้ำเท่ากับ $1*10^{-7}$ ซม./วินาที และปูด้วยวัสดุกันซึมประเภทต่างๆรวมทั้งหมด 8 ชั้น ก่อนที่จะนำกากของเสียเข้าไปฝังกลบ

จากข้อมูลที่กล่าวมาพบว่า เครื่องรวบรวมและแยกเปลือกถ่านไฟฉายที่ใช้แล้วเบื้องต้นซึ่งเป็นเครื่องที่ใช้หลักการทำงานโดยการอัดให้แท่งถ่านไฟฉายหลุดออกจากเปลือกที่หุ้มอยู่ ซึ่งจะไม่ทำให้แท่งถ่านไฟฉายและเปลือกถ่านเสียรูปทรง โดยการทำให้แท่งถ่านไฟฉายและเปลือกถ่านไม่เสียรูปทรงหรือเกิดการเสียรูปทรงน้อยที่สุดนั้นก็จะทำให้ไม่มีการรั่วไหลของสารเคมีซึ่งอยู่ในแท่งถ่านไฟฉายซึ่งเป็นโลหะหนัก โดยโลหะหนักเหล่านี้จะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างยิ่ง ถ้าหากไม่มีการจัดเก็บหรือทำลายฤทธิ์ของโลหะหนักเหล่านี้อย่างถูกวิธี ก็จะทำให้เกิดการตกค้างและการปนเปื้อนของโลหะหนักเหล่านี้อย่างถูกวิธี ก็จะทำให้เกิดการตกค้างและการปนเปื้อนของโลหะหนักซึ่งอาจจะเป็นปัญหาต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ถ่านไฟฉาย

2.1.1 ถ่านไฟฉาย

ถ่านไฟฉาย คือ แหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีของสารเคมีที่บรรจุอยู่ในแท่งถ่านไฟฉาย สามารถนำไปใช้ได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าหลายประเภท เช่น นาฬิกา ไฟฉาย วิทยุ เป็นต้น โดยถ่านไฟฉายที่ใช้กันทั่วไปสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่

ก. ถ่านไฟฉายแบบปฐมภูมิ (Primary battery) คือ ถ่านไฟฉายที่สามารถใช้ได้เพียงครั้งเดียวเท่านั้น ไม่สามารถนำกลับมาบรรจุกระแสไฟฟ้าได้ใหม่ ได้แก่ถ่านไฟฉายแบบคาร์บอน – สังกะสี อัลคาไลต์ – แมงกานีส และซิลเวอร์ออกไซด์ เป็นต้น

ข. ถ่านไฟฉายแบบทุติยภูมิ (secondary battery) คือถ่านไฟฉายที่ใช้ได้หลายครั้ง โดยสามารถนำไปบรรจุกระแสไฟมาใช้ใหม่ได้ ได้แก่ถ่านไฟฉายแบบนิเกล-แคดเมียม ถ่านไฟฉายแต่ละชนิดจะประกอบด้วย 3 ส่วนที่สำคัญ คือ ขั้วบวก ขั้วลบ และอีเลกโตรไลต์

2.1.2 ชนิดของถ่านไฟฉาย

2.1.2.1 ถ่านไฟฉายแบบคาร์บอน – สังกะสี มักใช้กับอุปกรณ์ที่ไม่ต้องการกระแสไฟฟ้าสูง เช่น ไฟฉายวิทยุ เป็นต้น ประกอบด้วยสังกะสีทำหน้าที่เป็นขั้วลบ แมงกานีสไดออกไซด์ทำหน้าที่เป็นขั้วบวก และแอมโมเนียมคลอไรด์เป็นอิเลคโตรไลต์ โดยมีปรอทเป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 0.01 โดยน้ำหนัก ทำหน้าที่ลดการผุกร่อนของสังกะสี และป้องกันเชื้อรา

รูปที่ 2.1 ถ่านไฟฉายแบบคาร์บอน – สังกะสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.2 ถ่านไฟฉายแบบอัลคาไลต์ – แมงกานีส มักใช้กับอุปกรณ์ที่ไม่ต้องการกระแสไฟฟ้ามาก และเป็นเวลานาน เช่น เครื่องบันทึกเสียง กล้องถ่ายรูป และมอเตอร์ เป็นต้น ประกอบด้วย ผงสังกะสีทำหน้าที่เป็นขั้วลบ แมงกานีสไฮดรอกไซด์ทำหน้าที่เป็นขั้วบวก และโพแทสเซี่ยมไฮดรอกไซด์เป็นอิเลคโตรไลต์ โดยมีปรอทเป็นองค์ประกอบประมาณ ร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก

รูปที่ 2.2 ถ่านไฟฉายแบบอัลคาไลต์ – แมงกานีส

2.1.2.3 ถ่านไฟฉายแบบนิเกิล-แคดเมีย เป็นถ่านไฟฉายแบบทุติยภูมิที่ผลิตออกมา 3 รูปแบบ คือ แบบกลองสี่เหลี่ยม แบบทรงกระบอก และ แบบเม็ดกระดุม ประกอบด้วยนิเกิลออกไซด์ทำหน้าที่เป็นขั้วลบ แคดเมียมทำหน้าที่เป็นขั้วบวก และโพแทสเซียม ไฮดรอกไซด์หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นอิเลคโตรไลต์ โดยมีนิเกิลเป็นอกประกอบร้อยละ 12-32 และ 10-18 โดยน้ำหนักตามลำดับ

รูปที่ 2.3 ถ่านไฟฉายแบบนิเกิล-แคดเมีย

หมายเหตุ ถ่านไฟฉายแต่ละชนิดมีสารที่ประกอบแตกต่างกันดังตารางที่ 2.1 โดยองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นอิเลคโตรไลต์ซึ่งอาจมีสารอื่นๆ เจือปนอยู่บ้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ร้อยละโดยน้ำหนักของสารที่เป็นองค์ประกอบในถ่านไฟฉายบางชนิด

ถ่าน	Zn	Mno	Hg	Ag	C	Paper/plastic	Metas	Cd
คาร์บอน-สังกะสี	17	29	0.01	-	7	10	16	0.08
อัลคาไลด์- แมงกานีส	14	22	0.5-1	-	2	5	37	-
เมอร์คิวรีออกไซด์	11	-	33	-	-	7	22	-
ซิลเวอร์ออกไซด์	10	-	1	27	-	7	22	-

สำหรับถ่านไฟฉายแบบคาร์บอน – สังกะสี ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในถ่านไฟฉายขณะที่ปล่อยกระแสไฟฟ้า ประกอบด้วย ปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ของสังกะสีที่ขั้วลบ และปฏิกิริยารีดักชั่นของแมงกานีสที่ขั้วบวก ดังสมการ

$$Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^{-} \quad (2.1)$$

$$2MnO_2(s) + 2H_2O(1) + 2e^{-} \longrightarrow Mn_2O_3H_2O(s) + 2OH^{-}(aq) \quad (2.2)$$

Zn^{2+} ที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน จะทำปฏิกิริยากับ NH_4CI ในอิเลคโตรไลทต์ และ OH^{-} จากปฏิกิริยารีดักชั่นของแมงกานีสเกิดเป็น Zn(NH) CI โดยมีปฏิกิริยารวมดังสมการ

$$Zn(s) + 2MnO_2(s) + 2NH_4C1(aq) \longrightarrow MnO_2O_3H_2O(s) + Zn(NH_3)_2C1_2(s) \quad (2.3)$$

กรณีที่ถ่านไฟฉายถูกใช้งานหนัก จะมีน้ำเข้าร่วมปฏิกิริยาด้วย และมีก๊าซแอมโมเนียเกิดขึ้นด้วย ดังสมการ

$$Zn(s) + 2MnO_2(s) + NH_4C1(aq) + H_2O(1)$$
$$\longrightarrow Mn_2O_3H_2O(s) + NH_3(g) + Zn(OH)C1(s) \quad (2.4)$$

กรณีที่ถ่านไฟฉายถูกใช้งาน โดยมีการปล่อยกระแสไฟฟ้า อย่างเบาบางผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น และปฏิกิริยารีดักชั่น จะทำปฏิกิริยากันดังสมการ

$$Zn(s) + 2MnO_2(s) \longrightarrow ZnOMn_2O_3(s) \quad (2.5)$$

นอกจากนี้ขณะเริ่มต้นใช้งานความเข้มข้นของ NH ที่ต่ำ Zn จะตกผลึกกลายเป็นสารประกอบซีคลอไลด์หรือไฮดรอกไซด์ ดังสมการทั้ง 2สมการข้างล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$4Zn(s) + 4ZnC1_2\,(aq) + 8MnO_2(s) + 8H_2O(1) \longrightarrow 4Mn_2O_3H_2O(s)+ZnC1_2Zn(OH)_2(s) \qquad (2.6)$$

$$Zn(s) + 2MnO_2(s) + 2H_2O(1) \longrightarrow Mn_2O_3H_2O(s) + Zn(OH)_2(s) \qquad (2.7)$$

จากสมการข้างต้นจะพบว่าสารเคมีที่เกิดขึ้นในถ่านไฟฉายที่หมดอายุการใช้งานแล้วนั้น จะประกอบด้วย $Mn_2O_3H_2O$ และสารประกอบของสังกะสี ซึ่งอาจอยู่ในรูปของเกลือคลอไรด์ ออกซีคลอไรด์ หรือไฮดรอกไซด์

การเสื่อมคุณภาพของถ่านไฟฉายขณะที่ไม่ถูกใช้งาน เกิดปฏิกิริยาการกัดกร่อนของสังกะสีที่ขั้วลบ โดยเกิดจากสังกะสีทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจนภายนอกที่เข้ามาในก้อนถ่าน หรือ ทำปฏิกิริยากับสารในอิเลคโตรไลด์ ก่อให้เกิดการผุกร่อน และรั่วซึมของก้อนถ่านปัจจุบัน สารเคมีที่ใช้ในการป้องกันการผุกร่อนของสังกะสีคือ $HgC1_2$ โดยนำมาผสมกับอิเล็กโตรไลด์ประมาณร้อยละ 0.01 เพื่อทำให้ผิวของสังกะสีเรียบ เป็นการลดการผุกร่อน และยืดอายุการใช้งานของถ่านไฟฉาย

จากข้อมูลของกรมโรงงานอุตสาหกรรม 2538 พบว่าปัจจุบันประเทศไทยมีโรงงานผลิตถ่านไฟฉายประมาณ 10 แห่งผลิตเฉพาะถ่านไฟฉายแบบคาร์บอนสังกะสี 6 แห่ง รวมมีกำลังในการผลิตถ่านไฟฉายขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก ประมาณ 300, 26 และ 103ล้านก้อนต่อปีตามลำดับ

ถึงแม้ว่าประเทศไทยจะสามารถผลิตถ่านไฟฉายได้เอง แต่ก็ยังต้องมีการนำเข้าถ่านไฟฉายบางประเภทที่ไม่สามารถผลิตเองได้ เช่น อัลคาไลด์-แมงกานีส เมอร์คิวรีออกไซด์ ซิลเวอร์ออกไซด์ และ นิเกิล – แคดเมี่ยม จากข้อมูลโรงงานอุตสาหกรรมพบว่าในปี 2538 นำเข้าประมาณ 130 ล้านก้อนต่อปี

2.1.3 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตถ่านไฟฉายแบบคาร์บอน-สังกะสี

2.1.3.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตขั้วบวก แมงกานีสออกไซด์ ทำงานที่เป็นดีโพลาไลเซอร์ (depolarizer) คือ ช่วยลดก๊าซไฮโดรเจนที่เกิดจากปฏิกิริยาของแอมโมเนียมคลอไลด์ ซึ่ง ก๊าซไฮโดรเจนจะไปเกาะที่แท่งคาร์บอนทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลไม่สะดวก แมงกานีสไดออกไซด์ที่ใช้ส่วนใหญ่ได้จากแร่ธรรมชาติ คือ แร่ไพโรลูไซด์ ซึ่งมีแมงกานีสไดออกไซด์เป็นส่วนประกอบประมาณ 50 -7 0 เปอร์เซ็นต์ ผงถ่าน เป็นผงถ่านที่บดละเอียดมีขนาดประมาณ 65-70 ไมครอน ใช้ผสมลงในแมงกานีสไดออกไซด์ เพื่อช่วยเพิ่มการนำไฟฟ้าแท่งถ่านเป็นแกนกลางของถ่านไฟฉายทำจากถ่านโค๊กทำหน้าที่นำกระแสไฟฟ้าสู่วงจรภายนอก

2.1.3.2 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตขั้วลบได้แก่กระบอกสังกะสี ในโรงงขนาดใหญ่จะผลิตกระบอกสังกะสีเองส่วนโรงงานขนาดเล็กจะกระบอกสังกะสีสำเร็จรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3.3 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอิเลคโตรไลต์ ได้แก่ แอมโมเนียมคลอไรด์ เมอร์คิวรีคลอไรด์ใช้ผสมลงในอิเลคโตรไลต์ เพื่อลดการผุกร่อนของสังกะสีและป้องกันเชื้อรา เจลลิงเอเจนต์ใช้ผสมลงไปเพื่อทำให้อิเลคโตรไลต์ มีลักษณะเป็นแป้งเปียก ได้แก่ น้ำแป้งมัน หรือน้ำแป้งสาลี

2.1.3.4 ส่วนประกอบอื่นๆ ได้แก่ กระดาษรองก้นและปิดหัวถ่านไฟฉายซึ่งเป็นกระดาษแข็งหรือกระดาษเคลือบไข หัวจุกทองเหลือง ปลอกกระดาษหรือปลอกเหล็ก แผ่นฉลาก

2.2 การควบคุมและการกำจัดถ่านไฟฉายที่ใช้แล้ว

2.2.1 ของเสียอันตราย (Hazardousn waste)

Recource Conservation and Recovery Act. (RCRA) ประเทศสหรัฐอเมริกา กล่าวว่า ของเสียอันตราย คือ ของเสียที่เป็นส่วนผสมของของเสีย ซึ่งมีปริมาณ ความเข้มข้น หรือลักษณะทางกายภาพทางเคมีหรือการติดเชื้อ ที่อาจก่อให้เกิด

1. การเพิ่มขึ้นของอัตราการตาย หรือป่วยที่รักษาไม่หาย

2. เป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์หรือสิ่งแวดล้อม หากทำการบำบัด การกักเก็บ การขนส่ง การทิ้งหรือการจัดการ ที่ไม่เหมาะสม

สำหรับประเทศไทยของเสียอันตราย ตามคำจำกัดความของสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ หมายถึง ของเสียหรือสิ่งเจือปนด้วยของเสีย ซึ่งมีความเข้มข้นหรือสมบัติทางด้านกายภาพเคมีหรืออื่นๆ ที่เป็นสาเหตุให้เกิดการตายหรือเจ็บป่วย ทั้งที่รักษาได้และรักษาไม่ได้ตลอดจนทำให้เกิดหรือมีแนวโน้มจะทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์และสิ่งแวดล้อม เมื่อไม่ได้มีการจัดการในการบำบัด เก็บกัก ขนส่ง และกำจัด ที่เหมาะสม

ของเสียอันตรายสามารถแบ่งตามสมบัติได้เป็นประเภทต่างๆ ดังนี้

1. สารไวไฟ คือ ของเสียที่ติดไฟได้ที่อุณหภูมิและความดันมาตรฐาน

2. สารเกิดปฏิกิริยาได้ง่าย คือ ของเสียที่ไม่คงตัว สามารถทำปฏิกิริยาได้อย่างรวดเร็ว

3. สารกัดกร่อน คือ ของเสียที่มี พีเอช น้อยกว่าหรือเท่ากับ 2 หรือ พีเอช มากกว่า หรือเท่ากับ 12.5

4. สารมีพิษ คือ ของเสียที่มีความเป็นพิษในตัวเอง ได้แก่ สารเคมีต่างๆ หรือ สารกัมมันตรังสี

5. สารถูกชะละลายได้ง่าย คือ ของเสียที่สามารถถูกชะละลายสู่สิ่งแวดล้อม เช่น ดิน แหล่งน้ำผิวดิน หรือน้ำใต้ดิน ได้ง่าย

6. สารที่ก่อเกิดโรค คือ ของเสียที่มีจุลินทรีย์ปะปนอยู่ เช่น ของเสียจากสถานพยาบาล หรือ ห้องปฏิบัติการเพาะเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้โลหะหนักบางชนิด เช่น อาร์เซนิค แคดเมียม ปรอท ตะกั่ว จัดเป็นโลหะหนักประเภทที่เป็นพิษถาวร ซึ่งนอกจากจะไม่เปลี่ยนรูปไปตามกาลเวลาแล้ว ยังสะสมในร่างกายมนุษย์และสัตว์น้ำได้ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องกำจัดโลหะเหล่านี้ออกจากของเสีย น้ำเสียหรือตะกอน เพื่อป้องกันไม่ให้แพร่กระจายเข้าสู่วัฏจักรของน้ำหรือผ่านไปตามห่วงโซ่อาหาร

เนื่องจากถ่านไฟฉายประกอบด้วยโลหะหนักหลายชนิด เช่น ปรอท แคดเมียม แมงกานีส และสังกะสี เป็นต้น ซึ่งเข้าข่ายของเสียอันตราย ประเภทสารมีพิษตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 25 (พ.ศ. 2531) เนื่องจากมีความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำเกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนอไว้และจัดเป็นสารที่ถูกชะล้างได้ง่ายตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2540) จึงจำเป็นต้องทำลายฤทธิ์ ก่อนนำไปฝังกลบขั้นสุดท้าย

2.2.2 วัตถุดิบที่เป็นสารอันตรายหรือเป็นสารพิษ

2.2.2.1 แมงกานีสไดออกไซด์ สามารถเข้าสู่ร่างกายโดยการกิน และการหายใจ ถ้าหายใจเอา ฝุ่นของแมงกานีสเข้าไปในปริมาณมากหรือกินเข้าไปในจะก่อให้เกิดอาการเฉียบพลัน มีอาการคลื่นไส้ อาเจียน เป็นไข้ ปวดศีรษะ ส่วนอาการแบบเรื้อรังอันเนื่องมาจากการหายใจเอาฝุ่นแมงกานีสเข้าไปติดต่อกันเป็นเวลานานๆ จะส่งผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง และระบบทางเดินหายใจโดยเริ่มจากอาการเป็นไข้ปวดศีรษะ กล้ามเนื้อไม่มีแรง เบื่ออาหาร พูดน้อย อาการจะรุนแรงมากขึ้นจนกระทั่ง กล้ามเนื้อกระตุก เป็นตะคริวบ่อยขึ้นทรงตัวไม่ได้ จนเป็นอัมพาต ส่วนอาการที่เกิดขึ้นต่อระบบทางเดินหายใจ จะทำให้เกิดอาการ ปอดบวมเจ็บคอ ไอมีเสมหะ ต่อมาเริ่มมีไข้สูง ไอมากขึ้น แน่นอึดอัดหายใจไม่ออก

2.2.2.2 แอมโมเนียมคลอไรด์ สามารถเข้าสู่ร่างกายโดยการหายใจ และการกินโดยปนเปื้อนจาก อาหารหรือวัสดุที่ใช้ห่อหุ้มอาหาร ถ้าได้รับการกินเข้าไปในปริมาณมากจะทำให้เกิดอาการคลื่นไส้ อาเจียน

2.2.2.3 ผงถ่าน สามารถเข้าสู่ร่างกายโดยการหายใจ ก่อให้เกิดการระคายเคืองที่จมูกและปอดได้ถ้าสัมผัสติดต่อกันเป็นเวลานานๆ อาจก่อให้เกิดมะเร็งที่ผิวหนังได้

2.2.2.4 ซิงค์ออกไซด์ สามารถเข้าสู่ร่างกายโดยการหายใจเอาซิงค์ออกไซด์เข้าไป ถ้าได้รับเข้าไปในปริมาณมากจะทำให้เกิดโรค metal – fume fever โดยจะมีอาการหนาวสั่น มีไข้ คลื่นไส้ อาเจียน คอแห้ง ไอ ปวดเมื่อย อ่อนเพลีย และปวดศีรษะตลอดจนปวดตามลำตัว หลังจากนั้น 2 – 3 ชั่วโมงเหงื่อจะออกมาก อุณหภูมิในร่างกายจะลดลงอาการที่เกิดขึ้นจะหายไปในระยะเวลาอันสั้น

2.2.2.5 เมอร์คิวรีคลอไรด์ สามารถเข้าสู่ร่างกายโดยการกิน มีอาการแสบท้อง คลื่นไส้ อาเจียน ท้องร่วง มีผลต่อกระเพาะ และลำไส้ ถ้าสัมผัสผิวหนัง จะทำให้เป็นผื่นแดง แสบ เป็นแผลพุพอง ส่วนอาการแบบเรื้อรัง จะส่งผลต่อระบบประสาท และอาจจะเป็นอันตรายต่อสมองและไตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.6 แคดเมียม สามารถเข้าสู่ร่างกายโดยการหายใจเอาไอของแคดเมียมเข้าไป จะทำให้เกิดโรค metal – fume fever มีอาการเช่นเดียวกับอาการที่หายใจเอาไอของซิงค์ออกไซด์เข้าไป

2.2.3 การบำบัดและการจำจัดของเสียที่เป็นอันตราย

การบำบัดของเสียที่เป็นอันตราย หมายถึง การจัดการกับของเสียที่เป็นอันตรายเพื่อลดความเป็นพิษและทำให้มีสมบัติทางด้านกายภาพและเคมีที่เหมาะสม ก่อนนำไปกำจัดขั้นสุดท้ายโดยแบ่งออกเป็น 4 วิธี คือ

2.2.3.1 การบำบัดทางกายภาพ (Physical treatment) เป็นการแยกของแข็งและของเหลวออกจากกันด้วยวิธีต่างๆ ได้แก่ การดูดซับด้วยคาร์บอน การกรอง การเหวี่ยงด้วยแรงหนีศูนย์กลาง และการตกตะกอนเป็นต้น

2.2.3.2 การบำบัดทางเคมี (Chemical treatment) เป็นวิธีการทำลายฤทธิ์ของของเสียประกอบด้วยวิธีการต่าง ๆ ได้แก่ การทำสะเทิน การบำบัดด้วยวิธี ออกซิเดชัน การบำบัดด้วยวิธีดักชัน การทำเสถียร/การทำให้เป็นก้อนแข็ง การตกตะกอนผลึก และการแลกเปลี่ยนประจุ เป็นต้น

2.2.3.3 การบำบัดทางชีวภาพ (Biological treatment) เหมาะสมกับของเสียที่เป็นสารอินทรีย์ประกอบด้วยวิธีต่าง ๆ ได้แก่ ระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์ การย่อยสลายแบบแอนแอโรบิค และการหมักทำปุ๋ย เป็นต้น

2.2.3.4 การบำบัดด้วยความร้อน (Thremal treatment) ได้แก่ การเผา

การกำจัดของเสียมีด้วยกันหลายวิธีขึ้นอยู่กับประเภทของของเสียนั้นๆ เช่น การกำจัดโดยการนำไปทิ้งในทะเล การฝังกลบ และการอัดลงชั้นบาดาล เป็นต้น โดยที่ของเสียนั้น ๆ จะต้องผ่านการบำบัดก่อนเพื่อให้มีความเหมาะสมในการกำจัดขั้นสุดท้าย

การฝังกลบเป็นวิธีการที่ใช้กำจัดของเสียที่เป็นอันตรายซึ่งนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ของเสียที่เป็นของเหลวหรือสลัดจ์ ไม่เหมาะที่จะกำจัดด้วยวิธีการฝังกลบ ทั้งนี้เนื่องจากของเหลวที่อยู่ในของเสียหรือเมื่อถูกน้ำชะละลายอาจปนเปื้อนลงสู่ดินและน้ำใต้ดินง่าย ๆ

2.2.4 การทำให้เสถียร และการทำให้เป็นก้อนแข็ง

การทำเสถียร (Stabilization) หมายถึง กระบวนการที่ของเสียถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปความคงตัวทางเคมีมากขึ้น รวมถึงการทำให้อยู่ในรูปสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งธาตุหรือสารประกอบที่เป็นพิษจะถูกกักด้วยโพลิเมอร์หรือโครงสร้างผลึกของสารที่ทำให้เกิดความคงตัว

การทำให้เป็นก้อนแข็ง (Solidification) หมายถึง กระบวนการทีมีการเติมวัสดุบางชนิดลงในของเสีย เพื่อให้ได้ของแข็งที่เป็นเนื้อเดียวกัน ทำให้มีความคงตัวทางโครงสร้าง และสมบัติทางกายภาพที่ดีขึ้นพร้อมที่จะถูกหยิบจับ และขนส่งต่อไป ซึ่งอาจจะมีการเกิดพันธะทางเคมีระหว่างของเสียกับวัสดุที่เติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5 การทำให้เป็นก้อนแข็งด้วยปูนซีเมนต์

การทำให้เป็นก้อนแข็งด้วยปูนซีเมนต์ ประกอบด้วยการผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์และสารผสมเพิ่มอื่นบางประเภท เช่น เถ้าลอย, ซิลิเกต และซัลไฟด์ เป็นต้น กับของเสีย ของเสียที่เป็นของเหลวหรือของเหลวในสลัดจ์จะกลายเป็นส่วนหนึ่งของน้ำสำหรับปฏิกิริยาไฮเดรชัน ผลจากปฏิกิริยาไฮเดรชัน จะเกิดแคลเซี่ยมซิลิเกตไฮเดรตเจล ซึ่งจะแข็งตัวกลายเป็นผลึกแหลมๆ อย่างหนาแน่น โลหะหนักในของเสียจะถูกเปลี่ยนรูปเป็นโลหะไฮดรอกไซด์และโลหะซิลิเกต ในสภาวะที่มีความเป็นด่างสูง และถูกกักไว้ภายในโครงสร้างของซีเมนต์ โลหะบางชนิดอาจถูกกักอยู่ภายในโครงสร้างผลึกที่ซับซ้อนของซีเมนต์

2.2.6 การกำจัดถ่านไฟฉายในต่างประเทศ

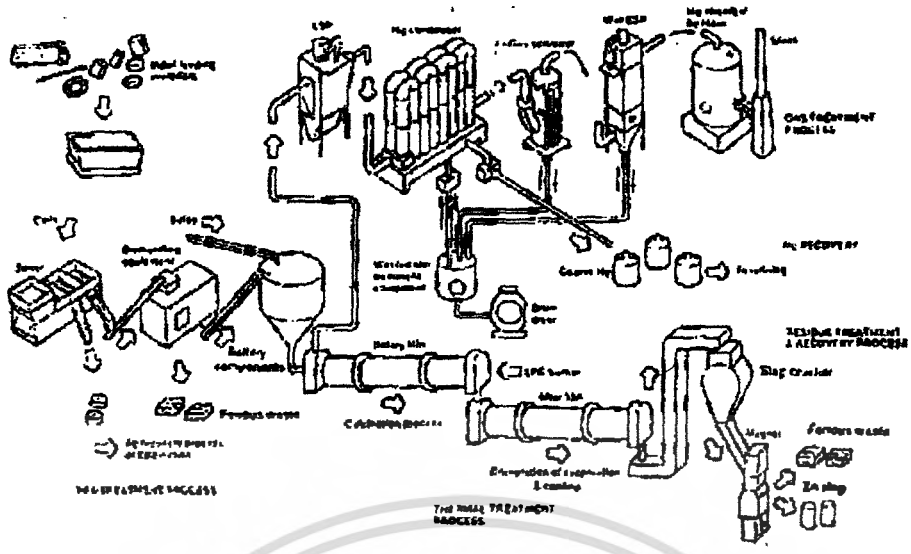
การกำจัดถ่านไฟฉายในประเทศแถบยุโรปและสหรัฐอเมริกาจะประกอบด้วย 2 ส่วนที่สำคัญ คือ (Environment Canada , 1991)

1. การเก็บรวบรวมถ่านไฟฉายที่ใช้แล้ว โดยอาศัยความร่วมมือจากโรงงานที่ผลิต ร้านค้าย่อย และผู้ใช้ ซึ่งผู้ใช้มีหน้าที่ส่งคืนถ่านไฟฉายที่ใช้แล้วให้กับร้านค้า ทางร้านค้าจะทำการรวบรวมและส่งต่อไปยังศูนย์กลางหลังจากนั้นจะถูกส่งไปกำจัดโดยการฝังกลบต่อไป ตัวอย่างประเทศที่ทำการเก็บรวบรวมถ่านไฟฉายเมอร์คิวรีออกไซด์และอัลคาไลด์- แมงกานีส ได้แก่สวิตเซอร์แลนด์ เดนมาร์ค เนเธอร์แลนด์ออสเตรีย ญี่ปุ่น อเมริกา และแคนนาดา ส่วนประเทศที่ทำการเก็บรวบรวมถ่านไฟฉายประเภท เมอร์คิวรีออกไซด์ ได้แก่ สวีเดน อังกฤษ เบลเยี่ยมและฝรั่งเศส

2. การกำจัดถ่านไฟฉายที่ใช้แล้วส่วนมากจะถูกนำไปฝังกลบ มีเพียงบางประเทศที่นำมารีไซเคิลเอา วัสดุที่มีค่า เช่น ปรอท สังกะสีแมงกานีส แคดเมียม กลับมาใช้ใหม่ เช่นโรงงาน Nomura Kosan ในประเทศญี่ปุ่น และโรงงาน Voest-Alpine ในประเทศออสเตรีย

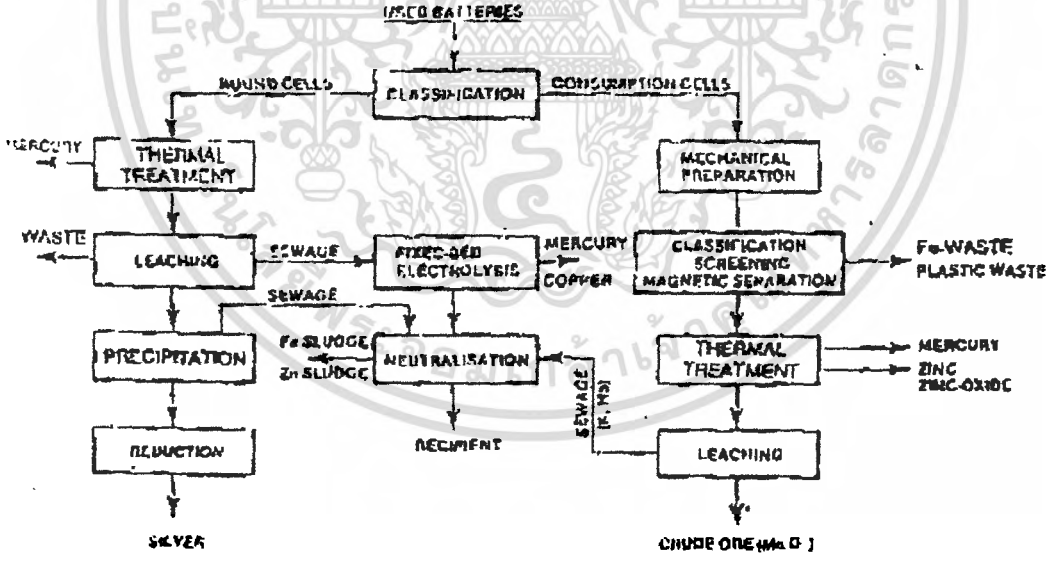
โรงงาน Nomura Kosan ตั้งอยู่ที่ฮอกไกโด ทำการรีไซเคิงถ่านไฟฉาย และหลอดฟลูออเรสเซนต์ ซึ่งมีปรอทปนเปื้อน สามารถรีไซเคิลได้ประมาณ 6000 ตันต่อปี กระบวนการประกอบด้วย 3ส่วน คือ กระบวนการขั้นต้น ถ่านไฟฉาย และหลอดฟลูออเรสเซนต์ จะถูก แยกออกเป็นขนาดต่างๆ ก่อนที่จะนำมาถอดปลอกโลหะกลับมาใช้ใหม่ หลังจากนั้นนำมาผ่านกระบวนการทางความร้อนของเสียจะถูกเผาจนปรอทกลายเป็นไอและถูกควบแน่น ได้ปรอทมีความบริสุทธิ์ประมาณ 99.99% ส่วนกากตะกอนที่เหลือจากการเผาจะถูกนำมาผ่านกระบวนการขั้นสุดท้ายเพื่อแยกสังกะสีออกอีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.4 แสดงกระบวนการรีไซเคิลถ่านไฟฉายของโรงงาน Nomura Kosan

โรงงาน voes-Alpine ในประเทศออสเตรีย ทำการรีไซเคิลถ่านไฟฉายแบบเม็ดกระดุม และแบบอื่น ๆ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแบบอื่น ๆ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแบบคาร์บอนสังกะสีสามารถรีไซเคิลได้ประมาณ 1000 ตันต่อปี ซึ่งในกระบวนการสามารถนำปรอท สังกะสี เงิน และแมงกานีส กลับมาใช้ใหม่

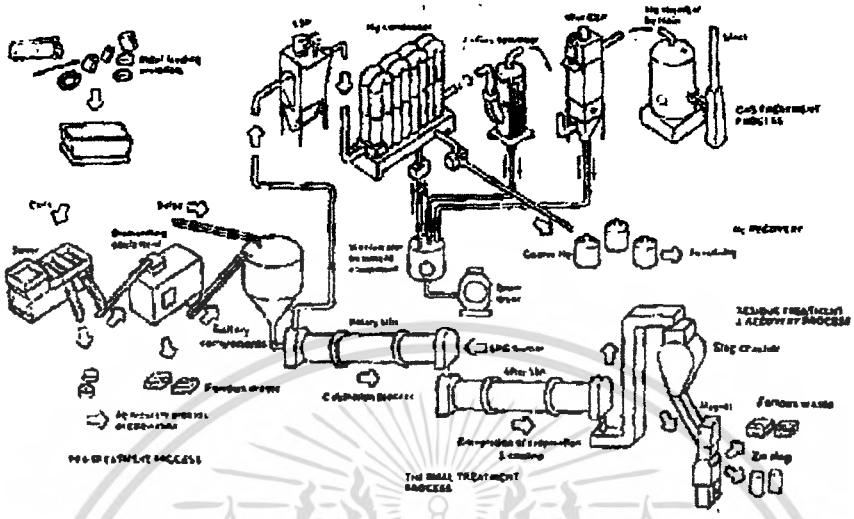


ภาพที่ 2.5 แสดงกระบวนการรีไซเคิลถ่านไฟฉายของโรงงาน voes-Alpine

โรงงาน SAB Nife ในประเทศสวีเดน ซึ่งเป็นโรงงานผลิตถ่านไฟฉายแบบนิเกิส – แคดเมียม ได้ทำการติดตั้งระบบรีไซเคิลแคดเมียมจากถ่านไฟฉายแบบนิเกิล – แคดเมียมที่ใช้แล้วภายในประเทศ รวมทั้งที่ส่งมาจากประเทศอื่นๆโดยสามารถรีไซเคิลได้ประมาณ 1000 ตันต่อปีได้แคดเมียมที่มีความบริสุทธิ์ประมาณ 99.5 % ส่วนนิเกิลยังคงอยู่ในกากตะกอนที่เกิดจากกระบวนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจะถูกนำไปฝังกลบต่อไป กระบวนการรีไซเคิลของโรงงานนี้ประกอบด้วย 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ การถอดแยกก้อนถ่านไฟฉาย กระบวนการทางเคมี และการกลั่น



ภาพที่ 2.6 แสดงกระบวนการรีไซเคิลถ่านไฟฉายของโรงงาน SAB Nife

นอกจากนี้ประเทศฝรั่งเศสและอเมริกา ก็ได้ทำการรีไซเคิลถ่านไฟฉายแบบเมอร์คิวรีออกไซด์ อังกฤษก็ทำการรีไซเคิลถ่านไฟฉายแบบซิลเวอร์ออกไซด์และประเทศที่มีแผนงานที่จะจัดตั้งโรงงานรีไซเคิลได้แก่ สวิสเซอร์แลนด์ สวีเดน เยอรมัน เนเธอร์แลนด์ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

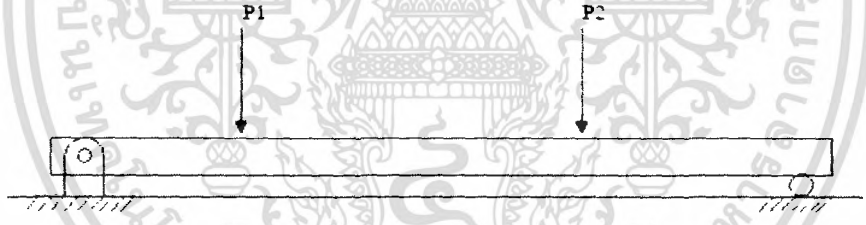
การออกแบบและสร้างเครื่องคัดแยกเปลือกและไส้ถ่านไฟฉาย

3.1 ทฤษฎีและการออกแบบกลไกการทำงานของเครื่องคัดแยกเปลือกถ่านและไส้ถ่านไฟฉาย

3.1.1 คาน

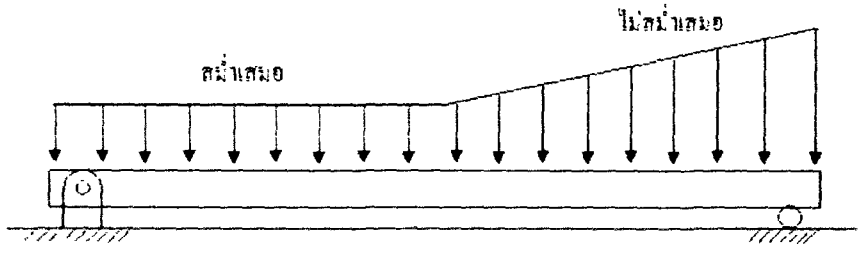
เป็นโครงสร้าง หรือ ส่วนของเครื่องจักรที่ ออกแบบสำหรับรับแรงในทิศทางตั้งฉาก กับแนวแกนให้แรกว่า คาน โดยทั่วไปคานมีความยาวมากกว่าขนาดของพื้นที่หน้าตัดมาก ดังนั้นจึ้งใช้เส้นที่เชื่อมต่อระหว่างจุดเซนทรอยด์ของแต่ละพื้นที่หน้าตัดแทนแกนของคาน การออกแบบคานเองใช้ในงานทางวิศวกรรม จำเป็นต้องทราบข้อมูลพื้นฐานสองส่วน คือ แรงที่กระทำต่อคานและฐานรองรับคาน แรงที่กระทำต่อคานแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทด้วยกัน คือ แรงกระทำแบบจุด แรงกระทำแบบกระจาย และโมเมนต์จากแรงคู่ควบซึ่งกระทำที่จุดหนึ่งบนคาน

3.1.1.1 แรงกระทำแบบจุด หมายถึงแรงกระทำบริเวณสั้นๆ ตามแนวแกนของคานระยะที่แรงกระทำมีขนาดสั้น เมื่อเทียบกับความยาวของคาน ดั้งนั้นจึงกำหนดให้เป็นแรงกระทำที่จุดหนึ่งบนคานได้ ดังรูป 3.1



ภาพที่ 3.1 แสดงแรงกระทำแบบจุด

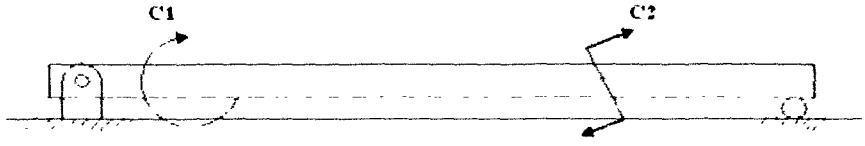
3.1.1.2 แรงกระทำแบบกระจาย หมายถึงแรงที่กระทำเป็นบริเวณยาวค่าหนึ่งตามแนวแกนของคาน โดยที่แรงกระทำมีความยาวที่มีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับความยาวของคาน ดังนั้นจึงไม่สามารกำหนด ให้เป็นแรงกระทำแบบจุดได้ แรงกระทำแบบกระจายอาจมีค่าสม่ำเสมอ หรือไม่สม่ำเสมอก็ได้ ดังรูป 3.2



ภาพที่ 3.2 แสดงแรงกระทำแบบกระจาย

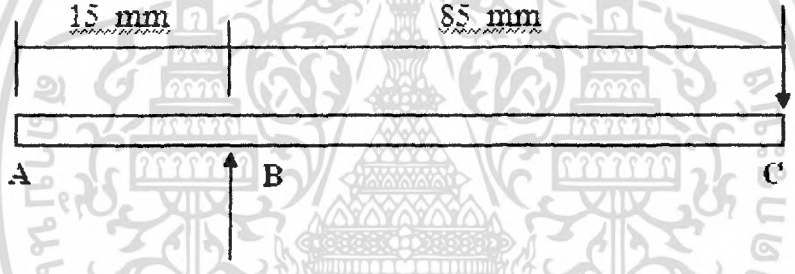
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1.3 โมเมนต์กระทำแบบจุด (concentrated moment) หมายถึง แรงคู่ควบซึ่งระกอบด้วยแรง 2 แรงที่มีขนาดเท่ากันแต่มีทิศทางตรงกันข้าม กระทำต่อคานที่หน้าตัดตัดหนึ่ง สัญลักษณ์ที่ใช้แทนโมเมนต์กระทำแบบจุด ดังรูป 3.3



ภาพที่ 3.3 แสดงแรงกระทำแบบโมเมนต์แรงคู่ควบ

3.1.1.4 ออกแบบคานคันโยก ในที่นี้จะพูดถึงคานแบบจุด เนื่องจาก แรงที่ใช้กดถ่าน**ไฟฉาย**เป็นแรงแบบ จุด เนื่องจากการทดลองพบว่า แรงที่กระทำกับถ่านไฟฉายเพื่อให้ปลอกหลุดออกจากไส้ถ่าน เท่ากับ 82 kg เอา ค่าที่ได้จากการทดลอง นำมาออกแบบแรงที่ใช้ในการกดคันโยก



ภาพที่ 3.4 ออกแบบคานคันโยก

จากการทดลอง **By = 82 kg**

$\sum$ **MA = 0 ;**

(Cy.85) - (By.15) = 0 ;

$$Cy = \frac{82 \times 15}{85}$$

Cy = 14.47 kg

แรงที่ใช้ คนกดคานคันโยกเพื่อให้เปลือกถ่านไฟฉายหลุดทางไส้ถ่าน อยู่ที่ 14.47 kg

หมายเหตุ ถ้าระยะ B เข้าใกล้ A มาก แรงที่ใช้กดจะน้อยลง แต่ถ้า ระยะ B เข้าใกล้ C แรงที่ใช้กดถ่านไฟฉายจะเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

3.1.1.5 สมการการหาแรงที่กระทำ

$$P = F/A \quad (3.1)$$

$$F = P \times A \quad (3.2)$$

P = ความดัน (N/m²)

F = แรงที่ใช้กระทำ (N)

A = พื้นที่หน้าตัด (m²)

โดยที่พื้นที่หน้าตัดหาได้จาก พื้นที่หน้าตัดของวงกลม

$$A = ¶ / 4 (d^2) \quad (3.3)$$

A = พื้นที่หน้าตัด (m²)

D = เส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลม (m)

¶ = 3.14

3.1.2 รางลำเรียง

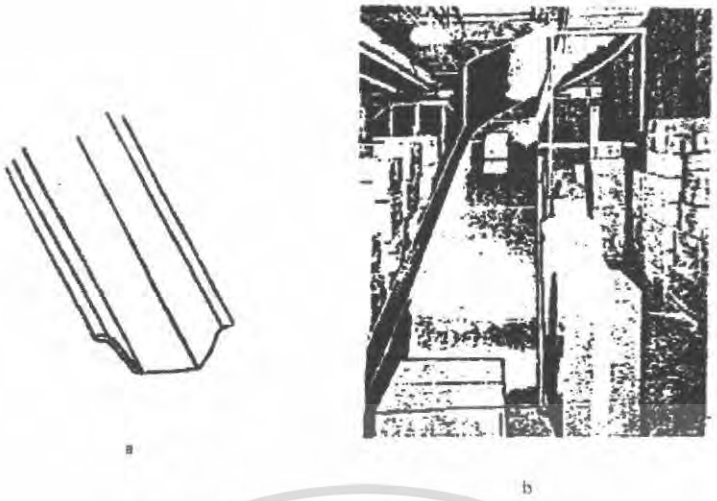
3.1.2.1 รางลำเรียงวัสดุ มีหลายลักษณะ เช่น รางเรียบตรง รางโค้ง รางเกลียว รางเปิด รางปิด เป็นต้น โดยที่นี้จะขอกล่าวถึง รางลำเลียงแบบรางเรียบตรง ดังรูปที่ 3.5

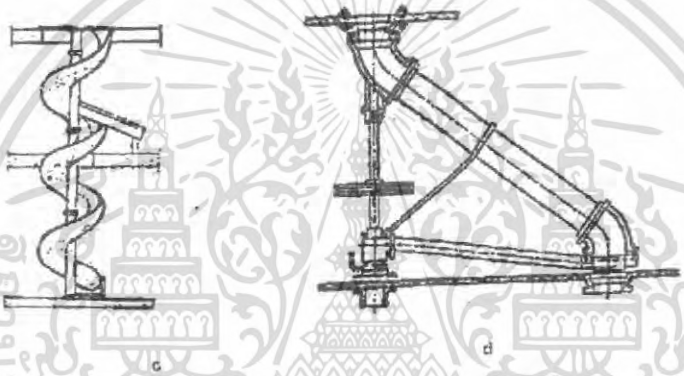
3.1.2.2 รางเรียบตรง นิยมใช้ป้อนวัสดุระยะทางสั้นๆ จากระบบขนถ่ายหนึ่งไปยังอีกระบบขนถ่ายหนึ่งหรือไปยังหน่วยแปรสภาพใดๆ ระยะทางที่ใช้รางเรียบตรงมักจะไม่เกิน 4.5 เมตร รางเรียบตรงส่วนใหญ่จะขึ้นรูป หรือเชื่อมประกอบโดยมีลักษณะหน้าตัด ดังรูปที่ 3.6 ซึ่งแสดงเป็นหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า นอกจากนี้อาจมีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู หรือครึ่งวงกลมก็ได้

รางมีองค์ประกอบทั่ว ๆ ไปได้แก่ ท้องราง ผนัง โครงราง ส่วนรองรับน้ำหนัก เป็นต้น ดังรูป 3.6 กรณีเป็นรางเปิด จะสังเกตเห็นว่าที่ขอบรางจะมีการเสริมแรงไม่ให้ขอบรางเปิด โดยการม้วน (รูป 3.6a) พับ (รูป 3.6 b) หรือมีโครงเหล็กฉากเสริม (รูป 3.6 c) ส่วนรางปิดนั้นอาจทำโดยใช้ฝา (วัสดุแผ่น) ปิดราง (รูป 3.6 b และ c) แล้วใช้น็อตร้อยเป็นระยะได้ หรืออาจเป็นท่อหน้าตัดลักษณะต่างๆ เช่น สี่เหลี่ยม หรือ กลมได้ ใช้ในการลำเลียงวัสดุผงละเอียด วัสดุที่ปนเปื้อนไม่ได้ หรือมีฝุ่นมาก รางมักทำด้วยโลหะรีดร้อน หรือ โลหะชุบ ไม่นิยมใช้เหล็กรีดเย็นที่ผิวมัน หรือ เหล็กไร้สนิม เป็นต้น ทั้งนี้เพราะผิวรางที่เรียบเกินไปอาจทำให้วัสดุที่สามารถอ่อนตัวได้ เช่นกล่องกระดาษ ถุงผ้า ถุงกระดาษ ที่บรรจุวัสดุเคลื่อนที่ช้าลงเนื่องจากเกิดสูญญากาศใต้หีบห่อนั้น ข้อควรระวังอย่างหนึ่งก็คือ หากหีบห่อแตกออกแล้ว วัสดุที่บรรจุอยู่ภายในออกมา จะมีการสะสมกันตามรอยต่อหรือมุมรางกีดขวางการเคลื่อนที่ของหีบห่อ หรือถ้าวัสดุดูดความชื้น ก็อาจทำให้เกิดการกัดกร่อนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

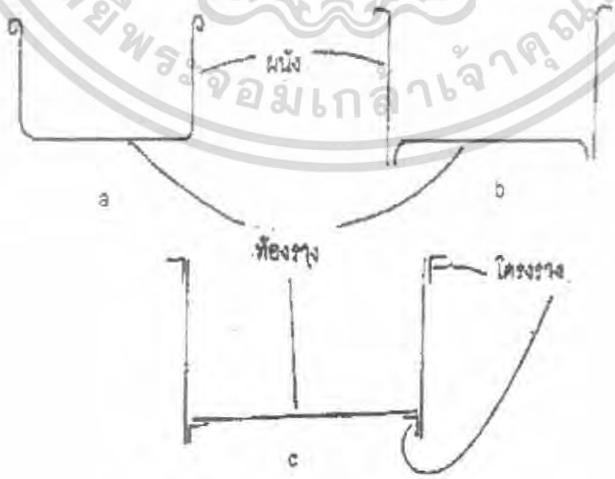
82990





รูปที่ 3.5 รางลำเลียงแบบต่างๆ

a)รางเรียบตรง b)รางโค้ง c)รางเกลียว d)รางปิด



รูปที่ 3.6 หน้าตัดของราง

a)วัดสุแผ่นชิ้นเดียว b)วัสดุ 3 ชิ้น c)มีโครงราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2.3 คำนวณหามุมเอียงของรางลำเลียง

$$\tan \beta = 2gh\,\mu / (2gh + v1^2 - v2^2) \qquad (3.4)$$

ß = มุมเอียงของราง

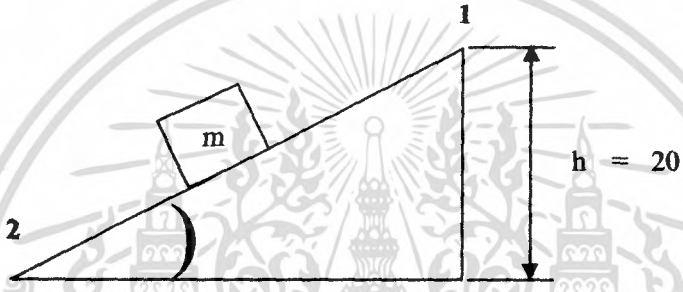
μ = สัมประสิทธิ์ ของแรงเสียดทาน

g = 9.81 (m/s²)

h = ความสูงของรางลำเลียง (m)

3.1.2.4 การคำนวณอุปกรณ์ลำเลียงวัสดุ

มุมเอียงของราง $\tan \beta = 2gh\,\mu / (2gh + v1^2 - v2^2)$



ความสูง h = 20 cm

ความเร็วเริ่มต้น v1 = 0 m/s

สัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน (μ) = 0.5

โดยที่ $\beta = \tan^{-1} \mu$

$\beta = \tan^{-1} 0.5 = 26.6°$

วัสดุมีมวล 21 g

หาความเร็ว

$$v2 = \sqrt{2gh(1 - \cos\beta) + v1^2}$$

$$= \sqrt{(2 \times 9.81 \times 0.2)(1 - 0.5\cos 26.6) + 0}$$

$v2 = 1.47$ m/s

$$\tan \beta = \frac{(2 \times 9.81 \times 0.2 \times 0.5)}{(2 \times 9.81 \times 0.2) + (0 - 1.47^2)}$$

$\tan \beta = 1.113$

$\beta = \tan^{-1} 1.113$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ทดสอบ และเก็บข้อมูลของถ่านไฟฉายขนาด AA

3.2.1 จุดประสงค์ในการทดสอบ

1) ศึกษารูปแบบทางกายภาพของถ่านไฟฉายขนาด AA

2) ศึกษาการหาแรงที่กระทำต่อถ่านไฟฉายขนาด AA

3.2.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1) กล้องถ่ายรูป

2) ชุดทดสอบไฮดรอลิก

3) นาฬิกาจับเวลา

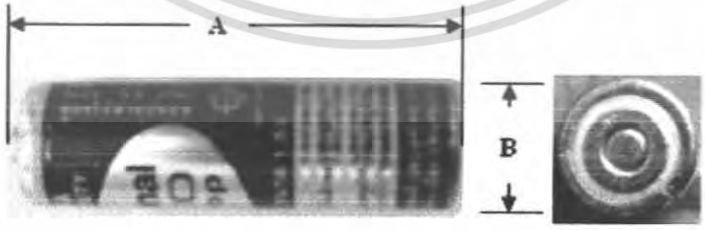
4) เวอร์เนียคาร์ลิเปอร์

3.2.3 วิธีการทดสอบ

แบ่งขั้นตอนการศึกษาออกเป็น 3 ขั้นตอน

3.2.3.1 ศึกษารูปแบบทางกายภาพของของถ่านไฟฉาย

ภาพที่ 3.7 แสดงรูปถ่านไฟฉายขาด AA



ภาพที่ 3.8 แสดงขนาดของถ่านไฟฉาย

ด้าน	A = 50 มิลลิเมตร
ด้าน	B = 14 มิลลิเมตร

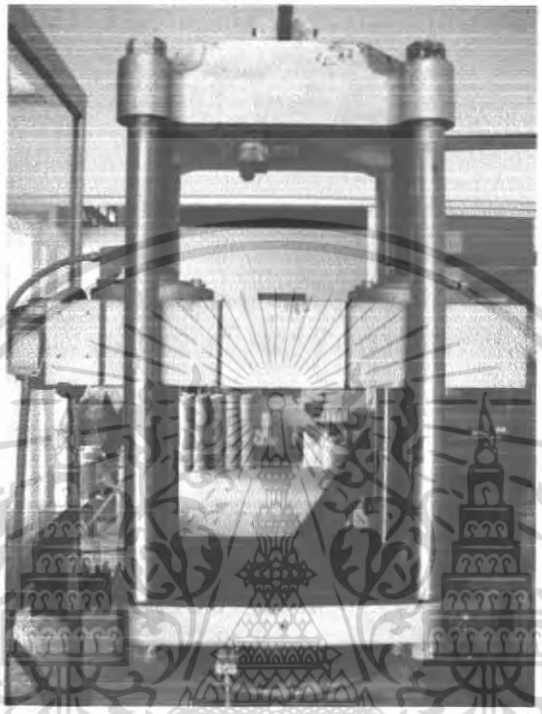
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3.2 ศึกษาทางทายกายภาพของถ่านไฟฉายที่มีสภาพภายนอกที่แตกต่างกัน

1) ถ่านไฟฉายขนาด AA ที่มีสภาพเป็นปกติไม่ขึ้นสนิม

2) ถ่านไฟฉายขนาด AA ที่มีสภาพภายนอกขึ้นสนิม

3) ถ่านไฟฉายขนาด AA ที่มีสภาพภายนอกขึ้นสนิมและบวม



ภาพที่ 3.9 เครื่องทดสอบความแข็งแรง

3.2.3.3 ทดสอบหาแรงที่กระทำกับถ่านไฟฉาย

ขั้นตอนการทดสอบและเก็บผลการทดสอบ มีดังนี้

1) จัดเตรียมเครื่องทดสอบความแข็ง

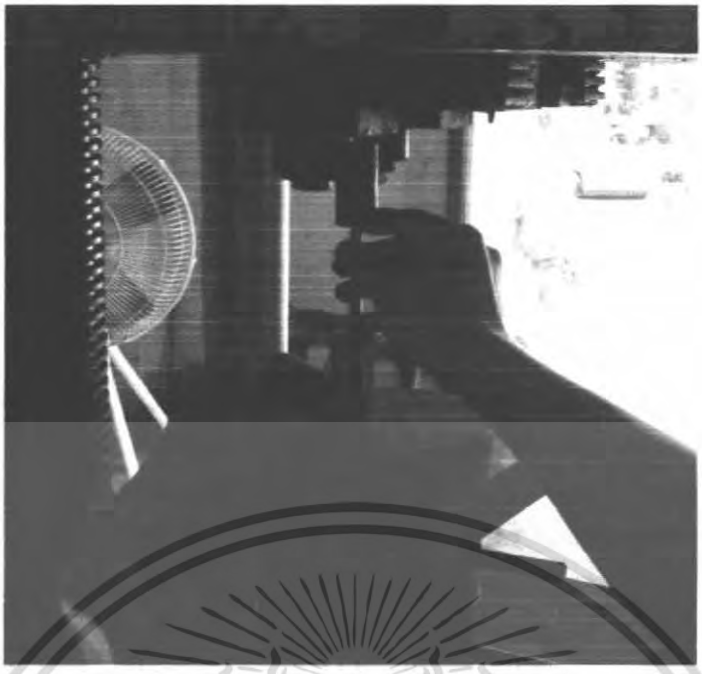
2) เตรียมชุดรองรับถ่านไฟฉาย

3) เปิดเครื่องทำการทดสอบถ่านไฟฉายทีละก้อน

4) บันทึกผลการทดสอบของถ่านไฟฉาย AA ที่มีสภาพภายนอก เป็น ปกติ ,ขึ้นสนิม, และเป็นสนิมบวม

5) ทำการทดลองซ้ำ เหมือนกับข้อ 3 และ 4 อีก 5 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.10 แสดงการทดลองหาแรงที่กระทำของถ่านไฟฉาย

ภาพที่ 3.11 แสดงค่าที่ได้จากการทดลอง

3.3 การสร้างเครื่องรวบรวมและคัดแยกเปลือกถ่านไฟฉาย

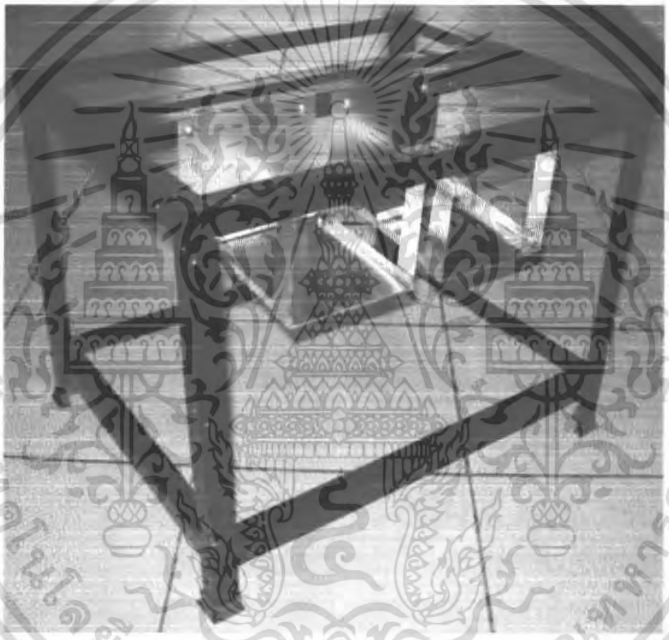
การสร้างเครื่องรวบรวมและคัดแยกเปลือกถ่านไฟฉาย มีส่วนประกอบต่าง ๆ ที่สามารแบ่งแยกได้ดังนี้

1. โครงสร้างหลัก
2. ชุดรองรับถ่านไฟฉาย
3. ชุดร่างสไลด์กระทุ้งถ่านไฟฉาย
4. ชุดกระทุ้งถ่านและชุดคัดปลอก
5. ชุดรื่อกคันโยก
6. ชุดคันโยกส่งกำลัง
7. ฝาครอบบนชุดคัดแยกถ่านไฟฉาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ชุดรางรำเรียงเปลือกถ่านและไส้
9. ชุดกล่องรองรับเปลือกถ่านและไส้ถ่านไฟฉาย
10. ฝาครอบโครงสร้างหลักบนเครื่องคัดแยกถ่านไฟฉาย
11. ชุดวัดพลังงาน
12. ฝาปิดโครงสร้างหลักเครื่องคัดแยก

3.3.1 ชุดโครงสร้างหลัก ทำจากเหล็กฉากขนาด 25 mm มีความกว้าง 400 mm ยาว 500 mm และสูง 400 mm ตรงกลางของโครงสร้างหลักเป็นส่วนรองรับ ของกล่องเก็บเปลือกถ่านและไส้ถ่านไฟฉายขนาด AA ส่วนด้านบนของโครงสร้างเจาะรูเพื่อใช้ยึดติดกับชุดคัดแยก



ภาพที่ 3.12 แสดงชุดโครงสร้างหลัก

3.3.2 ชุดรองรับถ่านไฟฉาย ทำจากเหล็กเครื่องมือ AUD 11 มีส่วนประกอบอยู่ 5 ชิ้น

A) บู๊ชรองรับเครื่องคัดแยก มีเส้นผ่าศูนย์กลาง do 25 mm , di 6 mm สูง 25 mm

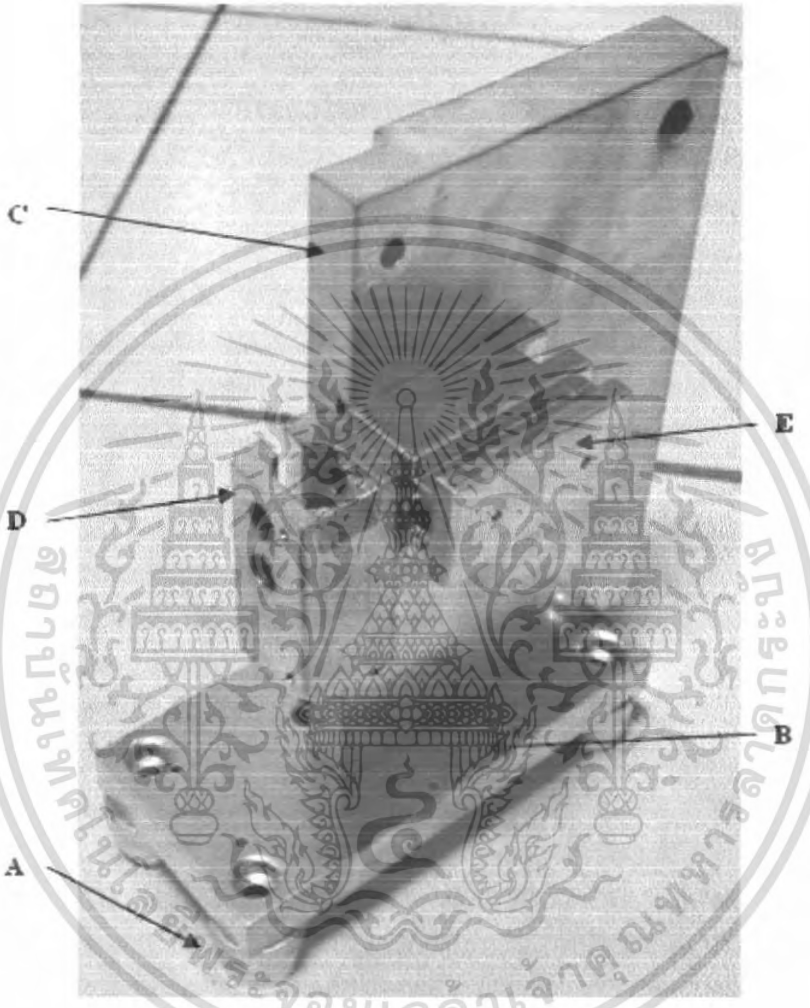
B) ฐานชุดคัดแยก มีความกว้าง 65 mm ยาว 140 mm สูง 15 mm เจาะรูระหว่างมุมทั้ง 4 มุม มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm และเจาะรูตรงกลางฐานชุดคัดแยก 2 รู มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm

C) แผ่นเพจยึดซองใส่ถ่านและรางสไลด์ มีความกว้าง 20 mm ยาว 100 mm สูง 175 mm เซาะร่องด้านหน้าข้างซ้ายของแผ่นเพจ ลึกลงไป 5 mm กว้าง 20 mm เพื่อยึดติดกับรางสไลด์ และเซาะร่องด้านหน้าข้างขวาของแผ่นเพจ ลึกลงไป 4 mm กว้าง 28 mm ยาว 51 mm เพื่อยึดติดกับซองใส่ถ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

D) ซองใส่ถ่าน มีความกว้าง 25 mm ยาว 25 mm สูง 53 mm เจาะรูตรงกลาง เส้นผ่านศูนย์กลาง 14 mm และ 13 mm

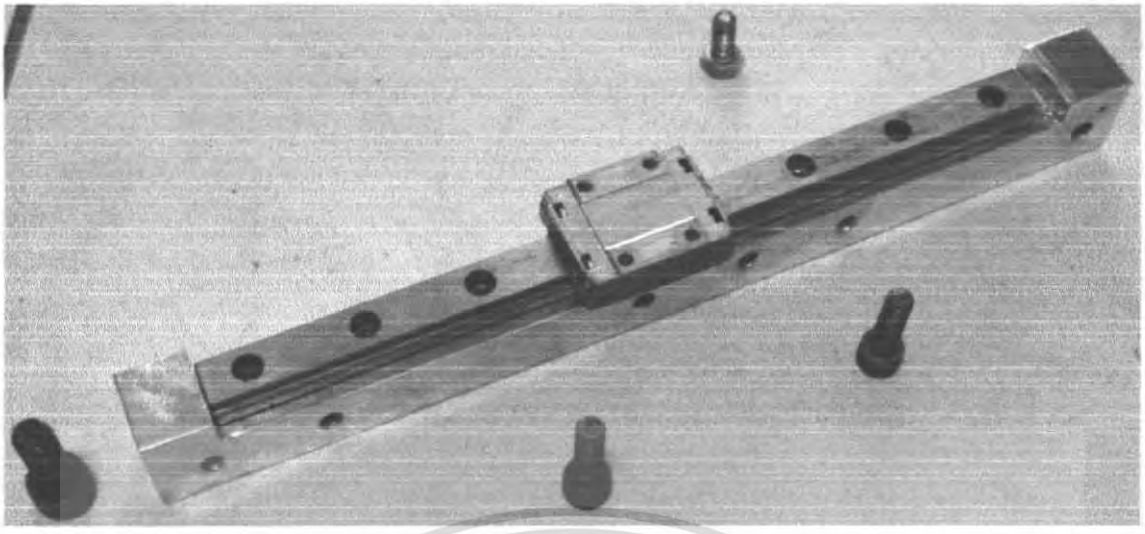
E) ตัวยึดติดกับซองใส่ถ่านกับแผ่นเพจ มีความกว้าง 30 mm ยาว 51 mm สูง 28 mm



ภาพที่ 3.13 ชุดรองรับถ่านไฟฉาย

3.3.3 ชุดรางสไลด์ ทำจากเหล็กเครื่องมือ AUD 11 และ เหล็กกล้าคาร์บอนสูง มีความกว้าง 19 mm ยาว 234 mm สูง 25 mm และด้านหน้าของรางชุดสไลด์เซาะร่องลึกลงไป 5 mm ยาว 205 mm เพื่อนำตัวสไลด์มาติดตัง และเจาะรู้ด้านหน้า มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm ด้านข้าง 8 mm มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง เพื่อนำไปติดตั้งกับแผ่นเผจ ดังรูป 3.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.14 ชุดรางสไลด์

3.3.4 **ชุดกระทุ้งและคัดปลอกถ่านไฟฉาย** เป็นเหล็กเครื่องมือ AUD 11 และ Stainless มีส่วนประกอบ 6 ส่วนด้วยกัน คือ

1) ตัวยึดกานก้านกระทุ้งและคัดปลอก ความกว้าง 15 mm ยาว 53 mm สูง 140 mm ส่วนด้านหน้า ของตัวยึด กัดเหล็กลึกลงไป 22 mm เพื่อใช้ต่อกับตัวกระทุ้ง และด้านข้างเซาะร่องเพื่อจะยึดติดกับรางสไลด์ และเจาะรูด้านข้าง มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm เพื่อต่อกับชุดส่งกำลัง

2) ก้านกระทุ้ง เป็นเหล็กเพลากลม มีความยาว 100 mm และมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 mm และทำเกลียว M 6 ตรงหัวยึดเพื่อนำไปใส่กับตัวยึดก้านกระทุ้ง

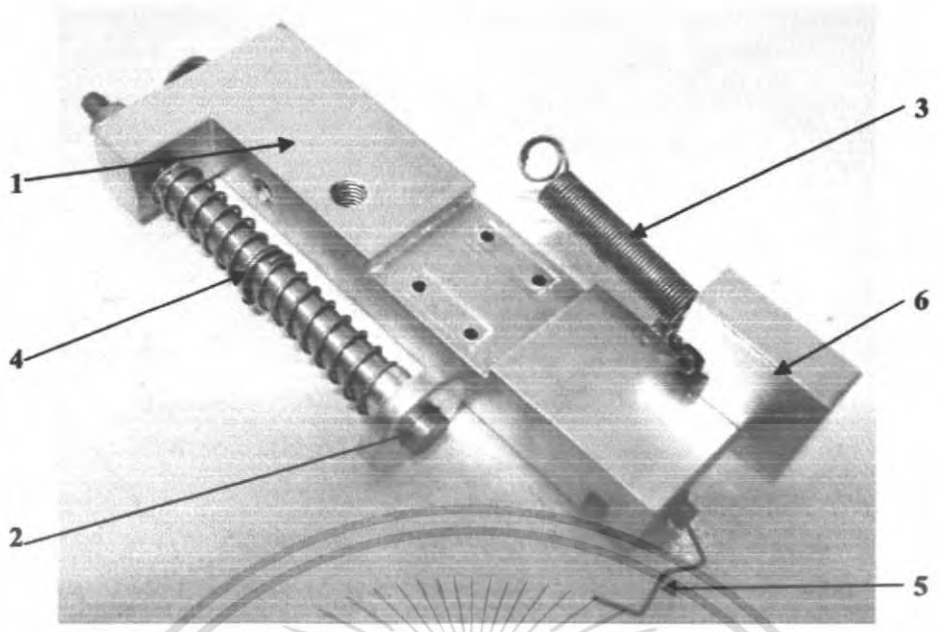
3) สปริง เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ต่อระหว่าง ชุดกระทุ้งถ่านและชุดส่งกำลังเพื่อต้องการให้ชุดกระทุ้งถ่านกลับสู่ตำแหน่งเดิมเมื่อทำการคัดแยกก้อนถ่านไฟฉาย มีความยาว 77 mm และเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 mm

4) สปริงซับแรงกระแทก ป้องกันการกระแทกของเครื่องคัดแยกเมื่อเวลาใช้เครื่อง

5) ตัวคัดปลอก เป็นเหล็กสปริง มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 mm ทำหน้าที่ดึงปลอกถ่านไฟฉายออกจากซองใส่ถ่าน อยู่ด้านล่างของชุดคัดแยก

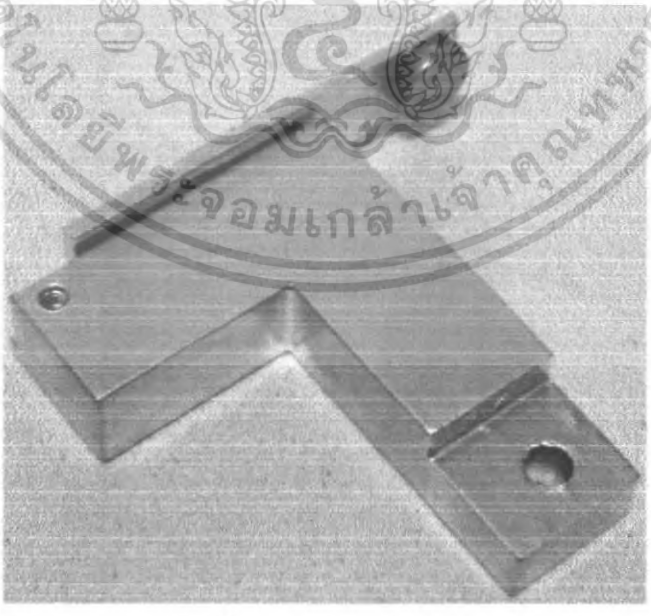
6) ตัวรีอกสปริง ทำหนาที่รีอกสปริงเพื่อไม่ให้สปริงหลุดออกจากชุดคัดแยกเมื่อทำการคัดแยก มีความกว้าง 12 mm ยาว 31 mm สูง 35 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.15 ชุดกระทุ้งถ่านและชุดคัดปลอกถ่านไฟฉาย

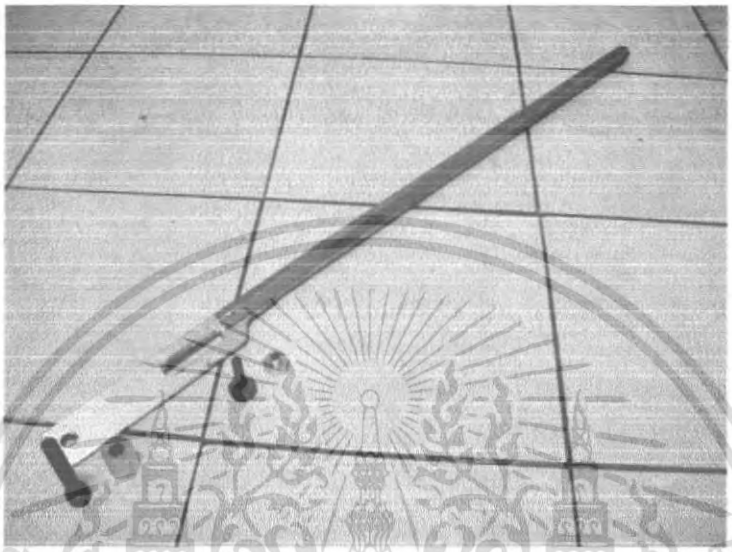
3.3.5 ชุดร็อกคันโยก ทำจากเหล็กเครื่องมือ AUD 11 มีความกว้าง 16 mm ยาว 51 mm สูง 69 mm ด้านบนเซาะร่องลึก 3 mm กว้าง 13 mm ยาว 51 mm และเจารู 2 รู มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm เพื่อใช้ยึดติดกับแผ่นแม่เหล็ก ส่วนด้านล่างข้างขวา กัดเหล็กลึกลงไป 9 mm ยาว 10 mm สูง 10 mm แล้วเจาะรู เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm เพื่อใช้ยึดติดกับรางสไลด์ ชุดนี้จำทำหน้าที่ร็อกคัดโยกเมื่อคันโยกกับสูต่ำแหนงเริ่มต้น



ภาพที่ 3.16 ชุดร็อกคันโยก

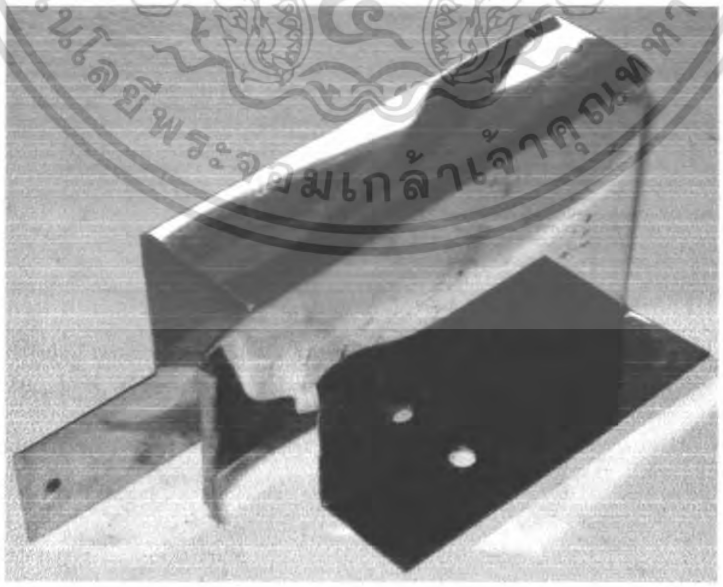
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.6 ชุดคันโยกส่งกำลัง ทำจากเหล็กเครื่องมือ AUD 11 เป็นสองชิ้นเชื่อมต่อกัน ตรงด้ามเป็นเหล็ก หกเหลียม มีความยาว 700 mm และมีความหนา 23 mm และตรงที่เป็นจุดหมุนเป็นเหล็กแผ่นมีความหนา 7 mm และมีความยาว 245 mm เจาะรูตรงจุดหมุน มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 mm และเจาะตรงกลางตัวส่งกำลังยาว 65 mm ชุดคันโยกทำหน้าที่ส่งถ่ายกำลังยังไปชุดกระทุ้งถ่าน



ภาพที่ 3.17 ชุดคันโยกส่งกำลัง

3.3.7 ฝาครอบชุดคัดแยกถ่านไฟฉาย ทำจากเหล็ก Stainless มีความกว้าง 50 mm ยาว 152 mm สูง 63 mm พับเป็นเป็นกล่อง ดังรูป 3.12 ทำหน้าที่ป้องกันเปลือกถ่านไฟฉายดีดออกจากตัวเครื่องคัดแยก



ภาพที่ 3.18 ฝาครอบชุดคัดแยกถ่านไฟฉาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.8 รางรำเรียงไส้ถ่านไฟฉายที่ผ่านการคัดแยก ทำจากเหล็ก Stainless มีความหนา 1 mm กว้าง 68 mm ยาว 200 mm สูง 15 mm เป็นอุปกรณ์รำเรียงแท่งถ่านไฟฉายไปยังกล่องเก็บ

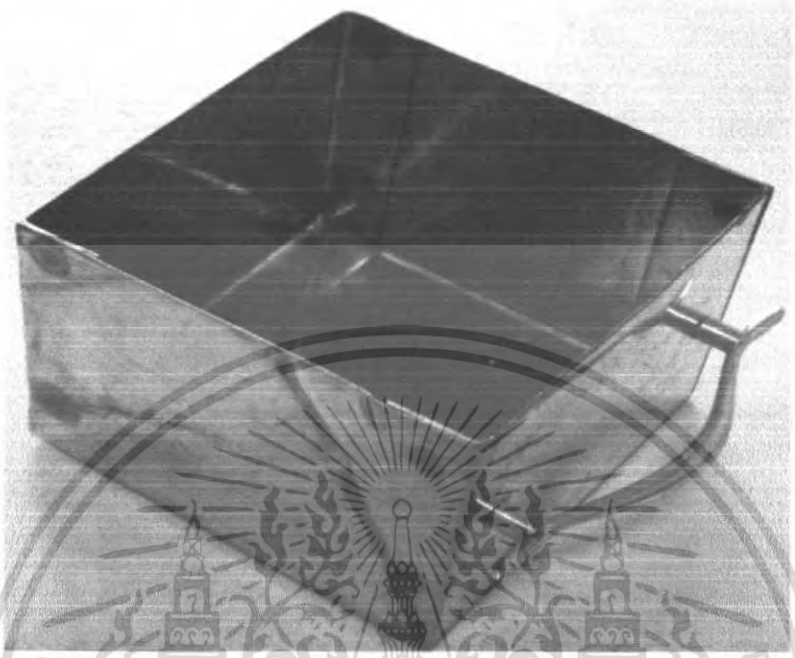
ภาพที่ 3.19 รางรำเรียงไส้ถ่านไฟฉาย

3.3.9 รางรำเรียงเปลือกถ่านไฟฉายที่ผ่านการคัดแยก ทำจากเหล็ก Stainless มีความหนา 1 mm กว้าง 95 mm ยาว 240 mm สูง 15 mm เป็นอุปกรณ์รำเรียงเปลือกถ่านไฟฉายไปยังกล่องเก็บ

ภาพที่ 3.20 รางรำเรียงเปลือกถ่านไฟฉาย

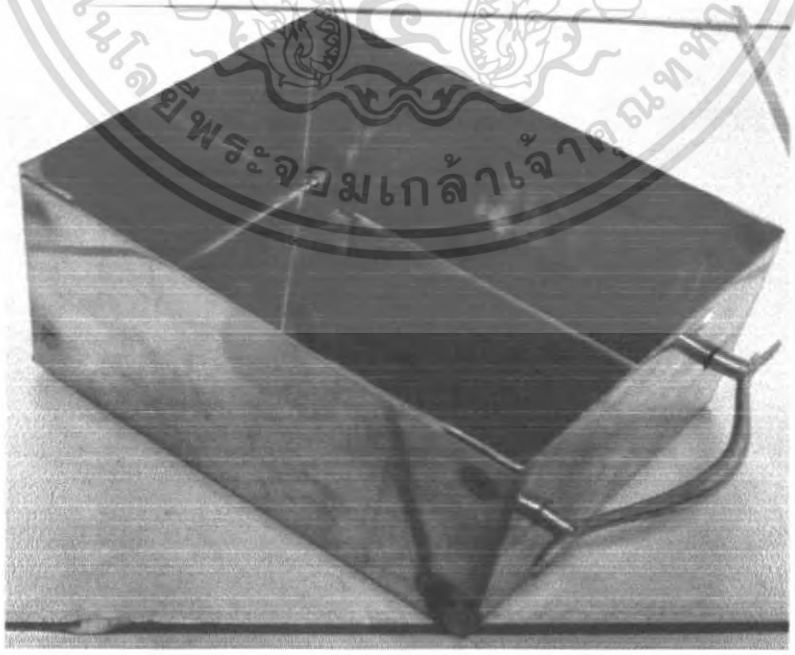
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.10 ชุดกล่องรองรับแท่งถ่านไฟฉาย ทำจากเหล็ก Stainless มีความหนา 1 mm กว้าง 94 mm ยาว 94 mm สูง51 mm เป็นอุปกรณ์เก็บแท่งถ่านที่ผ่านการคัดแยกแล้ว



ภาพที่ 3.21 กล่องรองรับแท่งถ่านไฟฉาย

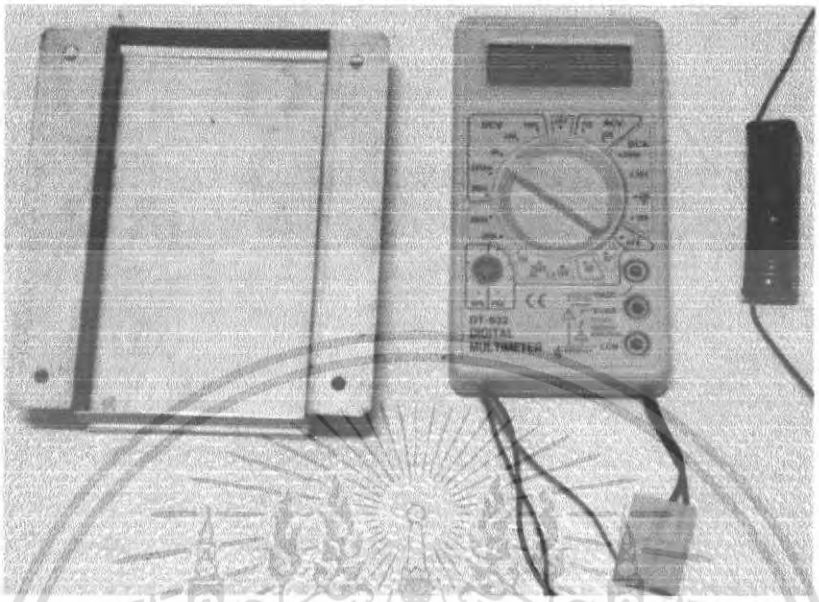
3.3.11 ชุดกล่องรองรับเปลือกถ่านไฟฉาย ทำจากเหล็ก Stainless มีความหนา 1 mm กว้าง 112 mm ยาว 94 mm สูง51 mm เป็นอุปกรณ์เก็บเปลือกถ่านที่ผ่านการคัดแยกแล้ว



ภาพที่ 3.22 กล่องรองรับเปลือกถ่านไฟฉาย

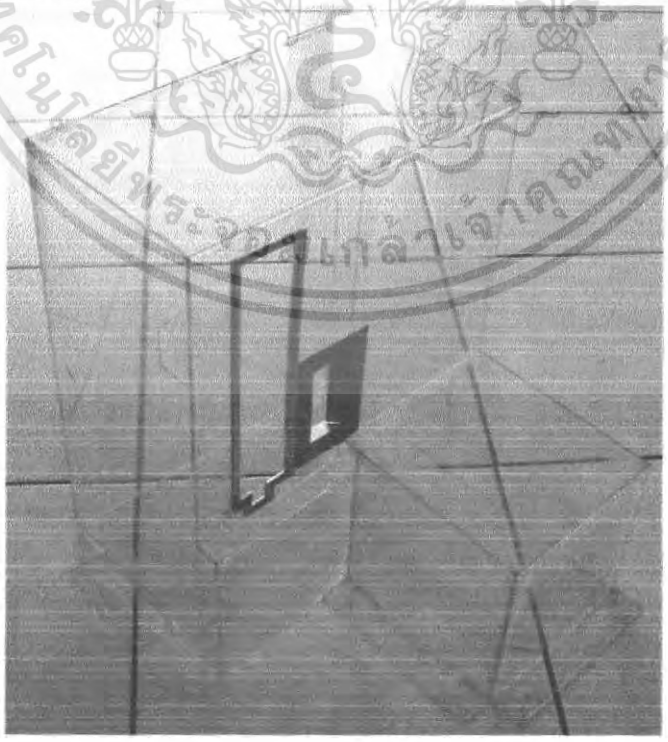
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.12 ชุดวัดพลังงาน เป็นอุปกรณ์วัดพลังงาน จะวัดออกมาในรูปของความต่างศักย์ของกระแสไฟฟ้า จะใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล ก่อนผ่านเข้าเครื่องคัดแยกถ่านไฟฉาย



ภาพที่ 3.23 ชุดวัดพลังงาน

3.3.13 ฝาครอบบนเครื่องคัดแยกถ่านไฟฉาย ทำจากแผ่น อะครีลิค มีความกว้าง 320 mm ยาว 275 mm สูง 355 mm เป็นกล่องครอบเครื่องคัดแยก อยู่ด้านบนของโครงสร้างหลัก



ภาพที่ 3.24 ฝาครอบบนเครื่องคัดแยกถ่านไฟฉาย

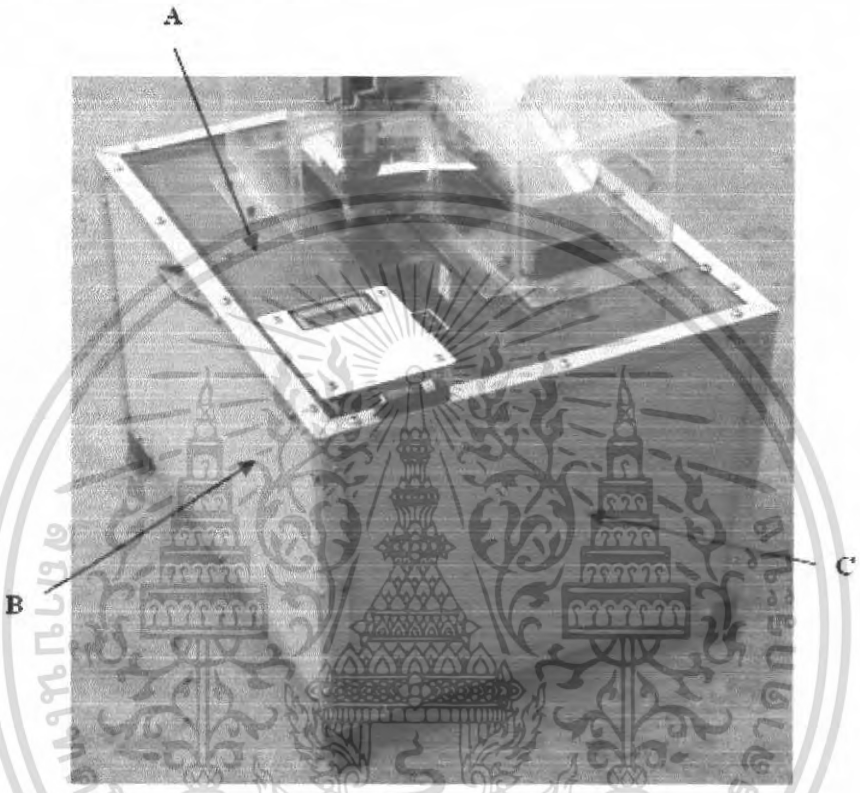
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.14 ฝาปิดโครงสร้างหลัก ทำจากแผ่น อะครีลิค เพื่อเพิ่มความสวยงามให้กับเครื่องคัดแยกเปลือกถ่านและไส้ถ่านไฟฉาย มีทั้งหมด 5 ชิ้นด้วยกัน

A. ฝาปิดด้านบน

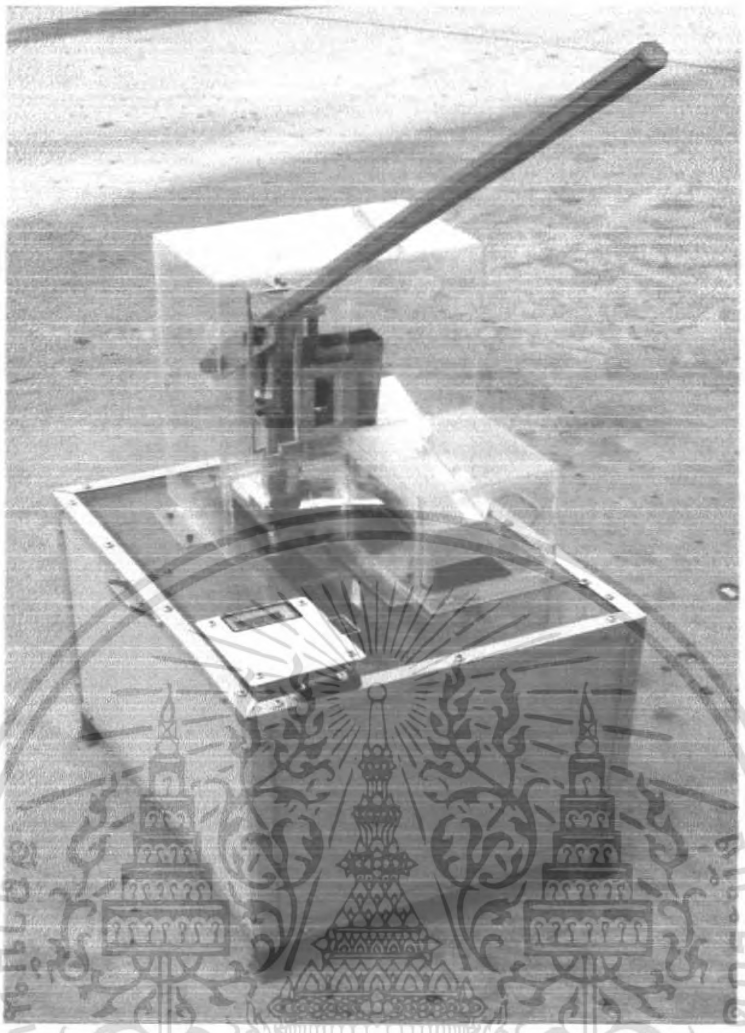
B. ฝาปิดด้านซ้ายและด้านขวา

C. ฝาปิดด้านหน้าและด้านหลัง



ภาพที่ 3.25 ฝาปิดโครงสร้างหลักเครื่องคัดแยกเปลือกถ่านและไส้ถ่านไฟฉาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.26 เครื่องรวบรวมและคัดแยกเปลือกถ่านและไส้ถ่านไฟฉาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดสอบหาแรงที่กระทำกับถ่านไฟฉายโดยใช้เครื่องทดสอบความแข็ง

4.1.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1) กล้องถ่ายรูป
2) เครื่องทดสอบความแข็ง
3) เวอร์เนียคาร์ลิเปอร์

รูปที่ 4.1 ค่าทดลองหาแรงที่กระทำกับถ่านไฟฉาย

4.1.2 ผลการทดลอง โดยใช้เครื่องทดสอบความแข็ง

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบหาแรงที่กระทำของถ่านไฟฉาย AA สภาพปกติ

ถ่านไฟฉาย/ยี่ห้อ	แรงที่ใช้ (kg)
Natiomal/Extra	81.3
Natiomal/mer	80.8
Eveready	82.9
Natiomal/Hitop	82.5
Sony	81.9
เฉลี่ย	81.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบหาแรงที่กระทำของถ่านไฟฉาย AA เป็นสนิม

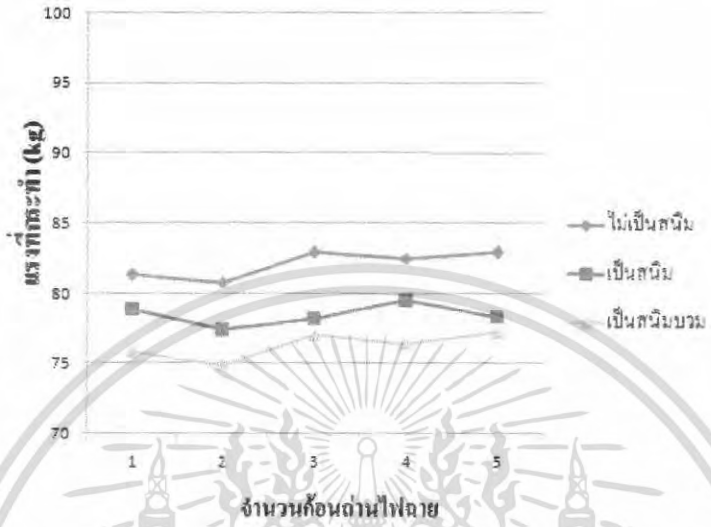
ถ่านไฟฉาย/ยี่ห้อ	แรงที่ใช้ (kg)
Natiomal/Extra	78.9
Natiomal/mer	77.4
Eveready	78.2
Natiomal/Hitop	79.5
Sony	78.3
เฉลี่ย	78.5

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบหาแรงที่กระทำของถ่านไฟฉาย AA เป็นสนิมบวม

ถ่านไฟฉาย/ยี่ห้อ	แรงที่ใช้ (kg)
Natiomal/Extra	75.8
Natiomal/mer	74.9
Eveready	74.1
Natiomal/Hitop	76.4
Sony	77.2
เฉลี่ย	76.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลอง โดยใช้เครื่องทดสอบความแข็ง โดยใช้ถ่านไฟฉาย ที่มีสภาพเป็น ปกติ , เป็นสนิม และ เป็นสนิมบวม จะได้ค่าแรงเฉลี่ยที่ใช้กับถ่านไฟฉายมากที่สุด อยู่ที่ 82.9 kg และต่ำสุด 75.8 kg



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงที่กระทำกับถ่านไฟฉาย

4.2 การทดสอบหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง

4.2.1 วัสดุและอุปกรณ์

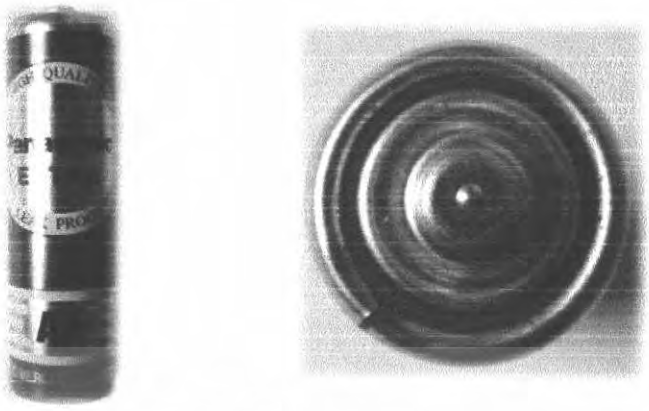
4.2.1.1 เครื่องคัดแยกเปลือกและไส้ถ่านไฟฉาย

4.2.1.2 ถ่านไฟฉายที่หมดอายุการใช้งานแล้วขนาด AA จำนวน 50 ก้อน

4.2.1.3 นาฬิกาจับเวลา

รูปที่ 4.3 ถ่านไฟฉายที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ถ่านไฟฉายสภาพสมบูรณ์

รูปที่ 4.5 ถ่านไฟฉายสภาพเป็นสนิม

รูปที่ 4.6 ถ่านไฟฉายสภาพเป็นสนิมบวม

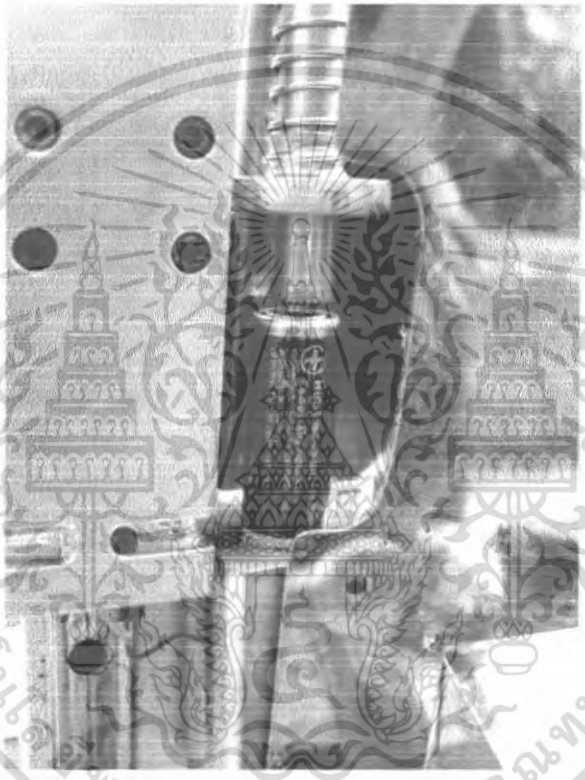
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 วิธีการทดลอง

4.2.2.1 นำถ่านไฟฉายที่หมดอายุการใช้งานแล้ว ใส่ลงในเครื่องคัดแยกเปลือกและไส้ถ่านไฟฉาย ทีละก้อน

4.2.2.2 ทำการโยกคันโยกลงเพื่อดันไส้ถ่าน และโยกคันโยกขึ้นเพื่อคัดเปลือกถ่าน พร้อมกับจับเวลา จากนั้นหยุดเวลาและบันทึกผล

4.2.2.3 ทำซ้ำข้อที่ 1 – 2 ไปจนครบ 50 ก้อน



รูปที่ 4.7 การทดลองเครื่องคัดแยกถ่านไฟฉาย

4.2.3 ผลการทดลอง

จากการทดลองหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องคัดแยกเปลือกและไส้ถ่านไฟฉาย โดยใช้ถ่านไฟฉายที่หมดอายุการใช้งานแล้วจำนวน 50 ก้อน ได้ผลการทดลอง ดังนี้

4.2.3.1 เครื่องสามารถแยกแท่งถ่านออกจากเปลือกถ่านไฟฉายได้อย่างสมบูรณ์จำนวน 29 ก้อน หรือคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 58 % ใช้เวลาในการคัดแยกเฉลี่ยเท่ากับ 9.03 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

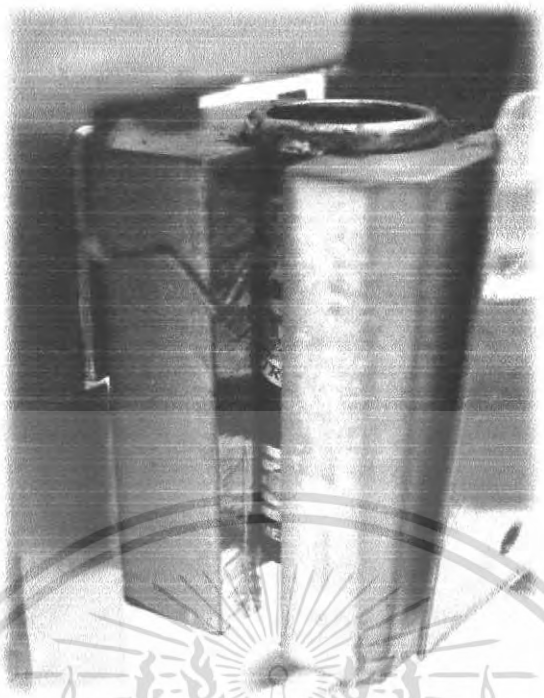
รูปที่ 4.8 ถ่านไฟฉายที่แยกแท่งถ่านออกจากเปลือกถ่านไฟฉาย

4.2.3.2 เครื่องสามารถแยกแท่งถ่านออกจากเปลือกถ่านไฟฉายได้ แต่แท่งถ่านเกิดการเสียรูปจำนวน 18 ก้อน หรือคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 36 % ใช้เวลาในการแยกเฉลี่ยเท่ากับ 9.72 วินาที

รูปที่ 4.9 ถ่านไฟฉายเสื่อมสภาพแต่แยกแท่งถ่านออกจากเปลือกถ่านไฟฉายได้

4.2.3.2 ถ่านไฟฉายที่มีการเสื่อมสภาพ เครื่องสามารถแยกแท่งถ่านออกจากเปลือกถ่านไฟฉายได้ แต่เปลือกถ่านยังติดค้างอยู่ที่ซองใส่ถ่าน 3 ก้อน หรือคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 6 % ใช้เวลาในการแยกเฉลี่ยเท่ากับ 20.06 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 ถ่านไฟฉายที่ติดอยู่ที่ซองใส่ถ่าน

4.2.3.3 เวลาที่ใช้ในการแยกเปลือกถ่านและแท่งถ่านไฟฉายทั้งหมดเฉลี่ยทั้งหมด 9.87 วินาที

รูปที่ 4.11 กราฟแสดงผลการแยกเปลือกถ่านไฟฉาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3.4 คิดประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องคัดแยกเปลือกถ่านฉาย โดยคิดจากความสามารถในการแยกแท่งถ่านออกจากเปลือกถ่านไฟฉาย

$$\frac{29+18}{50} \times 100 = 94\ \%$$

จะได้ประสิทธิภาพของเครื่องเท่ากับ 94 %

รูปที่ 4.12 กราฟแสดงผลประสิทธิภาพการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและและวิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าถ่านไฟฉายขาด AA ที่มีเปลือกสังกะสีห่อหุ้มที่ มีการปิดหัวและปิดท้ายของถ่านไฟฉายเอาไว้ จึงได้ศึกษาหาแรงที่กระทำกับถ่านไฟฉายเพื่อให้เปลือกสังกะสีที่หุ้ม หลุดออกจากแท่งถ่าน แต่ในการทดลองพบว่าถ้าใช้แรงกระแทกในการทดลองจะทำให้ก้านกระทุ้งถ่านทะลุไส้ถ่านไฟฉาย แต่ถ้าใช้แรงแบบค่อยๆ เพิ่มแรงขึ้นเลื่อยๆ จะทำให้ไส้ถ่านหลุดออกจากเปลือกถ่านโดยทีไส้ถ่านไม่เสียรูป จากการทดลองแบบการเพิ่มแรงขึ้นเลื่อย จึงได้ศึกษาทางกายภาพของถ่านไฟฉาย AA ที่มีลักษณะที่แตกต่างกัน คือ ถ่านไฟฉายที่มีสภาพที่สมบูรณ์ , ถ่านไฟฉายที่เป็นสนิม และ ถ่านไฟฉายที่เป็นสนิมบวม ถ่านไฟฉายที่มีสภาพสมบูรณ์ใช้แรงในการกระทำมากกว่า ถ่านที่เป็นสนิมหรือเป็นสนิมบวม เนื่องจากถ่านไฟฉายที่มีสภาพสมบูรณ์ เปลือกสังกะสีที่ห่อหุ้มไส้ถ่านและปิดหัวถ่านแน่นกว่าถ่านไฟฉายที่เสื่อมสภาพแล้วจึงทำให้แรงที่กระทำกับเปลือกสังกะสีน้อยกว่าถ่านไฟฉายที่มีสภาพสมบูรณ์

จากการทดลองโดยใช้ถ่านไฟฉาย ขนาด AA จำนวน 50 ก้อน ที่มีสภาพทางกายภาพที่แตกต่างกัน สามารแบ่งผลการทดลองออกเป็น 3 ส่วน คือ

5.1.1 ถ่านไฟฉายที่คัดแยกไส้ถ่านออกจากเปลือกถ่านไฟฉายได้สมบูรณ์ 29 ก้อน

5.1.2 ถ่านไฟฉายที่คัดแยกไส้ถ่านออกจากเปลือกถ่านไฟฉายได้แต่เกิดการเสียรูป 18 ก้อน

5.1.3 ถ่านไฟฉายที่คัดแยกไส้ถ่านได้แต่เปลือกถ่านติดอยู่ในซองบรรจุถ่านไฟฉาย 3 ก้อน

ประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องคัดแยกเปลือกถ่านและไส้ถ่าน โดยการนำจำนวนของถ่านไฟฉายที่ได้คัดแยกเปลือกและไส้ถ่านได้สมบูรณ์ รวม กับจำนวนของถ่านไฟฉายที่คัดแยกได้แต่เกิดการเสียรูป จึงได้ประสิทธิภาพของการทำงานของเครื่องคัดแยกถ่านไฟฉาย เท่ากับ 58 % กับ 36 % ที่เหลือ คือเปอร์เซ็นต์ที่เปลือกถ่านติดค้างในซองบรรจุถ่าน เนื่องจากถ่านไฟฉายมีสภาพที่ไม่สมบูรณ์จำทำให้เกิดการติดขัดในซองบรรจุถ่าน ส่วนเวลาเวลาที่ใช้ในการทำงานนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของถ่านไฟฉาย และผู้ที่ใช้เครื่องคัดแยก เวลาเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 9.8 วินาที ต่อถ่าน 1 ก้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

ในการทดลอง จะเห็นได้ว่าถ่านไฟฉาย AA ที่นำมาทดลองมีสภาพภายนอกที่แตกต่างกัน และแรงที่ใช้กด เป็นแรงที่ได้มาจากด้านกดคันโยก การคัดแยกเปลือกถ่านและไส้ถ่าน อาจเกิดการติดขัน หรือคัดแยกไม่สมบูรณ์ เนื่องจาก แรงที่ใช้กดถ่านไฟฉาย ได้มาจาก ผู้ที่ใช้เครื่องคัดแยกโดยตรง ถ้ากดคันโยกจนเร็วเกินไปอาจทำให้แกนกระทุ้งถ่านทะลุไส้ถ่านได้ จึงทำให้เกิดการติดขัดของเครื่องได้ และน้ำหนักที่ใช้กดอาจจะไม่เสมำเสมอ เนื่องจากถ่านไฟฉายมีสภาพภายนอกที่แตกต่างกัน

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ควรนำถ่านไฟฉายที่หมดอายุจากการใช้งานแต่ยังไม่เสื่อมสภาพ มาคัดแยกเปลือก

5.3.2 ควรมีการใช้ไฟฟ้าเข้ามาช่วยในการทำงาน

5.3.3 ในส่วนของชุดรองรับถ่านไฟฉาย ควรมีการพัฒนาให้สามารใส่ถ่านไฟฉายได้หลายขนาด และ ใส่ถ่านไฟฉายลงไปได้จำนวนมากกว่า 1 ก้อน

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. ชัยวัฒน์ โพธิ์ทอง. (2541). การทำลายฤทธิ์โลหะหนักในผงถ่านไฟฉายที่ใช้แล้วโดยการทำให้เป็นก้อนแข็ง , วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. ปานมนัส ศิริสมบูรณ์. (2541). รางลำเลียง , วิศวกรรมการขนถ่ายวัสดุเล่ม 1 , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , กรุงเทพฯ
3. วรวิทธิ์ อึ่งภากรณ์ , ชาญ ถนัดงาน. (2541). ขั้นตอนการออกแบบ , การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 1 , เอ็ดยูเคชั่น , กรุงเทพฯ
4. มณฑล ใจกุศล , พงษ์ศักดิ์ ชินนาบุญ และ วีระชัย ลิ้มพรชัยเจริญ. (2546). คาน , กลศาสตร์วิศวกรรมภาคสถิตยศาสตร์ , บริษัทจุนพับลิชชิ่ง จำกัด , กรุงเทพฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

คุณสมบัติทางกายภาพของถ่านไฟฉาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก1.ตารางข้อมูลทางกายภาพของถ่านไฟฉายและผลการทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่อง จะทำการทดสอบโดยการคัดแยกเปลือกถ่านและแท่งถ่านไฟฉายที่หมดอายุการใช้งานแล้วขนาด AA

ถ่านไฟฉาย (ก้อนที่)	ยี่ห้อ/รุ่น	ลักษณะของถ่านไฟฉาย	เวลาที่ใช้ (วินาที)	ผลการทดลอง
1	National/Extra	เป็นสนิม	10.8	B
2	Eveready	เป็นสนิม,บวม	12.8	B
3	National/neo	อยู่ในสภาพดี	9.4	A
4	National/neo	อยู่ในสภาพดี	10.2	A
5	National/neo	เป็นสนิม	8.9	A
6	Panasonic/neo	อยู่ในสภาพดี	8.7	A
7	Panasonic/neo	อยู่ในสภาพดี	9.8	A
8	National/Extra	เป็นสนิมเล็กน้อย	8.4	A
9	Eveready	เป็นสนิม,บวม	11.9	B
10	National/Hitop	เป็นสนิม	10.8	B
11	Distar	อยู่ในสภาพดี	8.6	A
12	Sony	อยู่ในสภาพดี	9.5	B
13	Panasonic/neo	เป็นสนิม	8.9	B
14	National/Extra	เป็นสนิม,บวม	18.9	C
15	National/neo	อยู่ในสภาพดี	9.1	A
16	Panasonic/Hitop	อยู่ในสภาพดี	8.7	A
17	National/Hitop	เป็นสนิม	9.8	B
18	Distar	อยู่ในสภาพดี	9.4	A
19	Panasonic/Hitop	เป็นสนิม,บวม	10.4	B
20	Sony	เป็นสนิมเล็กน้อย	9.2	A
21	National/Hitop	เป็นสนิม,บวม	21.6	C
22	National/Hitop	อยู่ในสภาพดี	10.2	A
23	National/Extra	อยู่ในสภาพดี	8.9	A
24	Sony	เป็นสนิม	8.5	A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก2. ตารางข้อมูลผลการทดลองหาประสิทธิภาพของเครื่องต่อ

ถ่านไฟฉาย (ก้อนที่)	ยี่ห้อ/รุ่น	ลักษณะของถ่านไฟฉาย	เวลาที่ใช้ (วินาที)	ผลการทดลอง
25	Distar	เป็นสนิม	9.1	A
26	Distar	เป็นสนิม	10.9	B
27	Panasonic/Extra	อยู่ในสภาพดี	9.5	A
28	Panasonic/Extra	อยู่ในสภาพดี	10.2	A
29	Panasonic/Hitop	อยู่ในสภาพดี	8.9	A
30	Panasonic/neo	อยู่ในสภาพดี	9.7	A
31	National/Hitop	เป็นสนิม,บวม	9.2	B
32	National/Extra	อยู่ในสภาพดี	8.9	A
33	Eveready	เป็นสนิม	10.1	B
34	Eveready	เป็นสนิม	8.9	A
35	Eveready	เป็นสนิมเล็กน้อย	8.6	B
36	National/neo	อยู่ในสภาพดี	10.3	A
37	Sony	เป็นสนิม	10	B
38	Panasonic/Extra	อยู่ในสภาพดี	8.8	A
39	National/Hitop	เป็นสนิม	10.8	B
40	National/Extra	เป็นสนิม	11.3	B
41	Panasonic/neo	อยู่ในสภาพดี	10.4	A
42	Panasonic/Hitop	อยู่ในสภาพดี	9.2	A
43	National/Extra	อยู่ในสภาพดี	9.9	A
44	National/neo	เป็นสนิมเล็กน้อย	9.5	B
45	Panasonic/neo	อยู่ในสภาพดี	8.5	A
46	Panasonic/neo	อยู่ในสภาพดี	9.6	A
47	Panasonic/neo	อยู่ในสภาพดี	11	A
48	National/Hitop	เป็นสนิม,บวม	22.8	C
49	National/Hitop	เป็นสนิม	10.2	B
50	National/Extra	เป็นสนิม,บวม	9.8	B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ

A **หมายถึง** **สามารถแยกแท่งถ่านออกจากเปลือกถ่านไฟฉายได้อย่างสมบูรณ์**

B **หมายถึง** **สามารถแยกแท่งถ่านออกจากเปลือกถ่านไฟฉายได้แต่แท่งถ่านเกิดการเสียรูป**

C **หมายถึง** **สามารถแยกแท่งถ่านออกจากเปลือกถ่านไฟฉายได้ แต่เกิดการติดค้างที่แท่งอัดถ่านไฟฉาย**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ส่วนประกอบของถ่านไฟฉาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข1. ตารางแสดงส่วนประกอบที่สำคัญในถ่านไฟฉายบางชนิด

ชนิดถ่านไฟฉาย	ขั้วบวก	ขั้วลบ	อิเลคโตรไลต์
คาร์บอน – สังกะสี	แมงกานีสไดออกไซด์	สังกะสี	แอมโมเนียมคลอไรด์
อัลคาไลต์ – แมงกานีส	แมงกานีสไดออกไซด์	ผงสังกะสี	โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์
เมอร์คิวรีออกไซด์	เมอร์คิวรีออกไซด์	ผงสังกะสี	โพแทสเซียมหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์
ซิลเวอร์ออกไซด์	ซิลเวอร์ออกไซด์	ผงสังกะสี	โพแทสเซียมหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์
นิเกิล – แคดเมี่ยม	นิเกิลออกไซด์	แคดเมี่ยม	โพแทสเซียมหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข2. ตารางแสดงรายละเอียดของกระบวนการทำให้เป็นก้อนแข็งแบบต่างๆ (Shuckrow และคณะ, 1982)

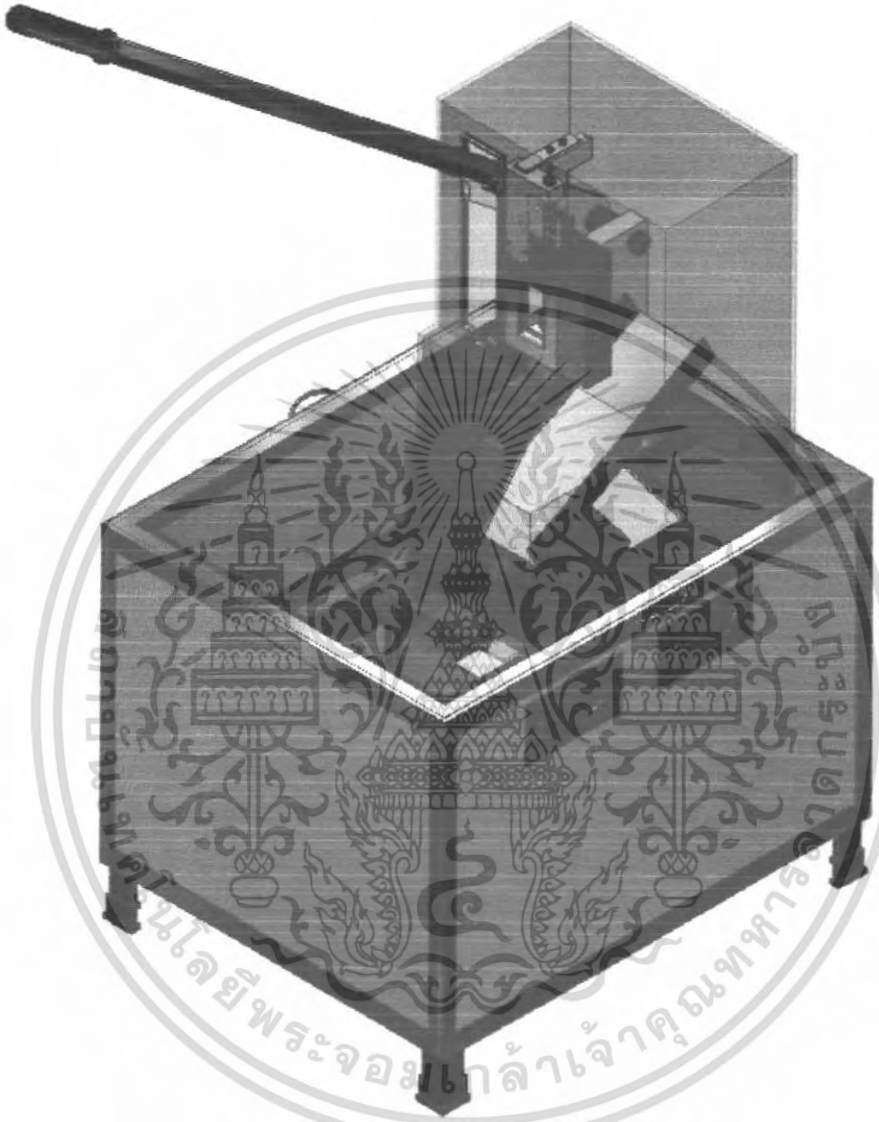
กระบวนการ	รายละเอียด
1. Cement based	ผสมซีเมนต์ลงในของเสีย และ/หรือเติมส่วนผสมอื่นๆ ทิ้งไว้ให้แข็งตัว
2. Lime based	ผสมของเสียลงในปูนขาว หรือวัสดุที่เป็นปอซโซลาน พร้อมกับเติมน้ำ ทิ้งไว้ให้แข็งตัว
3. Thermoplastic based	นำของเสียมาทำให้แห้ง และให้ความร้อน จากนั้นผสมให้กระจายตัวอยู่ในพลาสติกที่ร้อน (เช่น Bitumen, Parafin หรือ Polyethylene) ทิ้งไว้ให้แข็งตัว
4. Organic polymer	นำของเสียมาผสมกับโพลิเมอร์ จากนั้นเติมสารเร่งปฏิกิริยาให้กระจายอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งส่วนผสมก่อนจะแข็งตัว กากของเสียจะถูกกักไว้ภายในมวลอย่างหลวมๆ
5. Encapsulation	ของเสียจะถูกอัดให้เกาะตัวกันแน่น จากนั้นห่อหุ้มด้วยวัสดุเฉื่อย เช่น Polyethylene หรือ Organic rasin
6. Self cementing	สารที่มีคุณสมบัติประสาน เช่น แคลเซียมซัลเฟต และแคลเซียมซัลไฟด์ สามารถนำมาผสมกับกากของเสีย ทำให้เป็นก้อนแข็ง สะดวกในการขนส่ง และมีอัตราซึมน้ำต่ำ
7. Glassification	กากของเสียที่เป็นอันตรายสูง เช่น กากสารกัมมันตภาพรังสี นำมาผสมกับทรายหลอมให้เป็นซิลิเกตสังเคราะห์ แก้วหรือซิลิเกตจะป้องกันการชะละลายได้เป็นอย่างดี กากของเสียที่ทำให้แข็งตัวด้วยวิธีนี้ จัดว่าเป็นวัสดุที่ปลอดภัย สามารถนำไปทิ้งได้โดยไม่ต้องห่อหุ้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

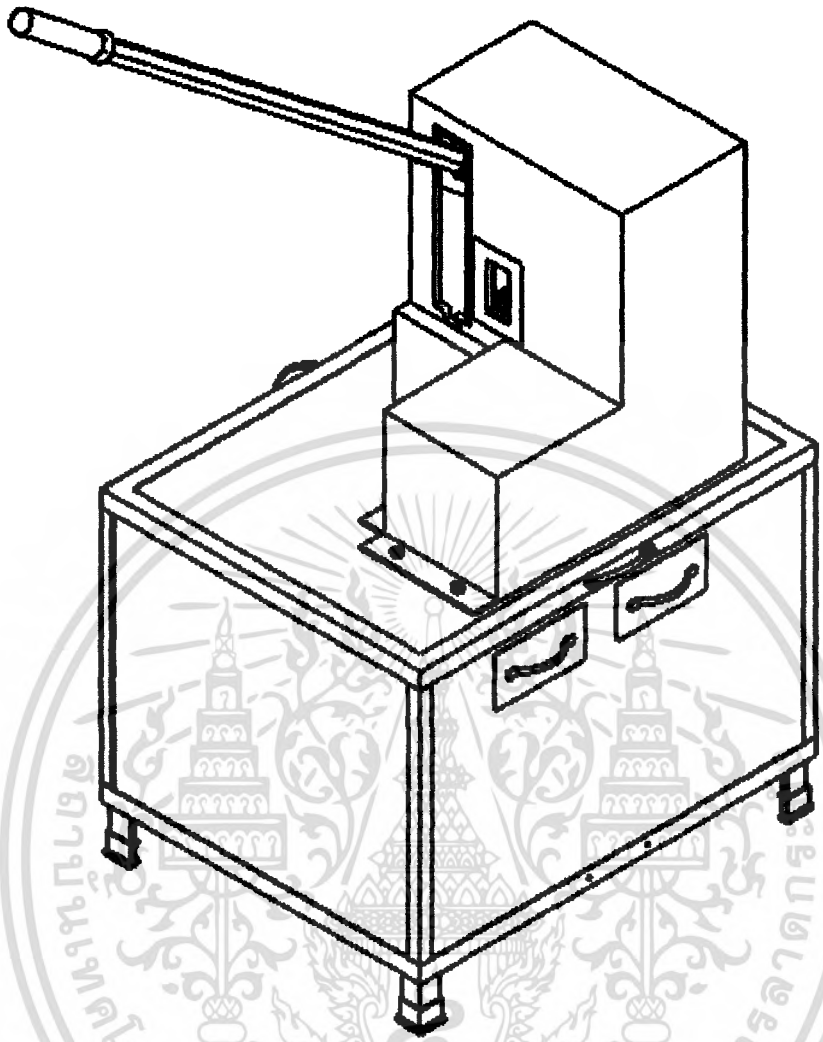
รายละเอียดเครื่องรวบรวมและคัดแยกเปลือกถ่านไฟฉาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



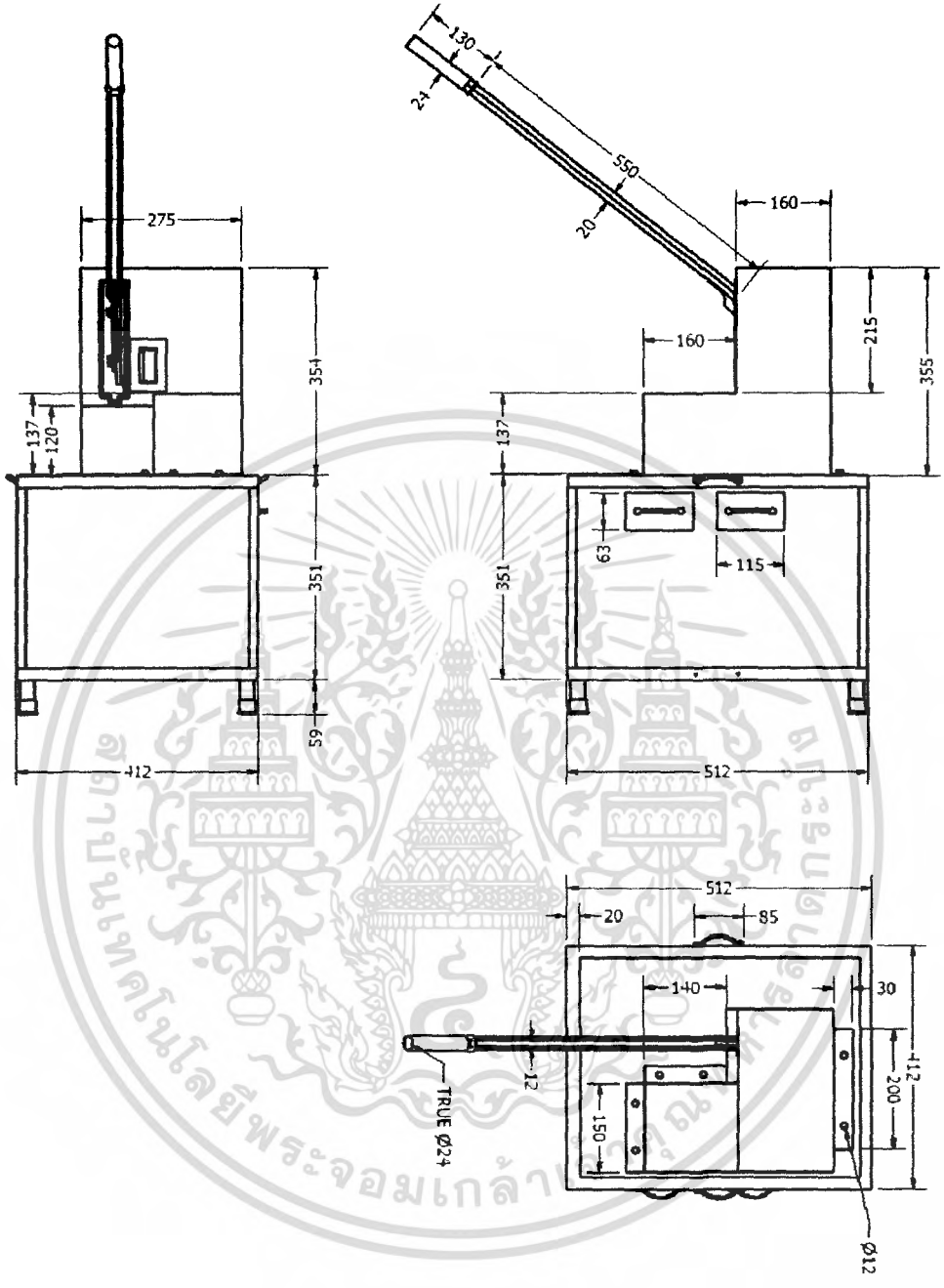
เครื่องรวบรวมและคัดแยกเปลือกถ่านไฟฉาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



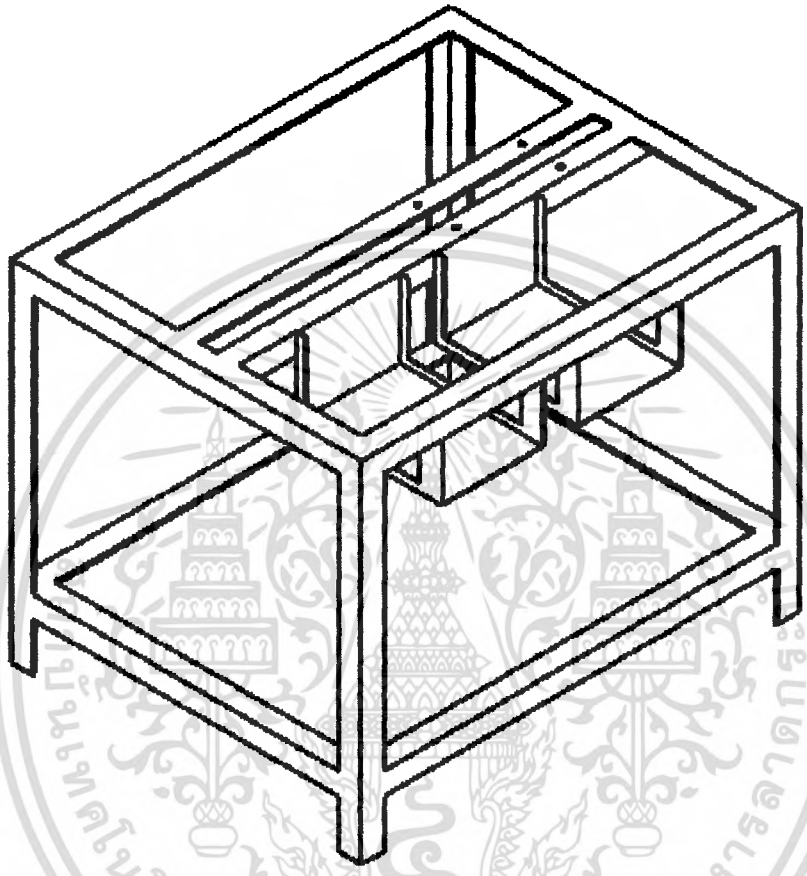
ภาพผนวกที่ 1 เครื่องรวบรวมและคัดแยกเปลือกถ่านไฟฉาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



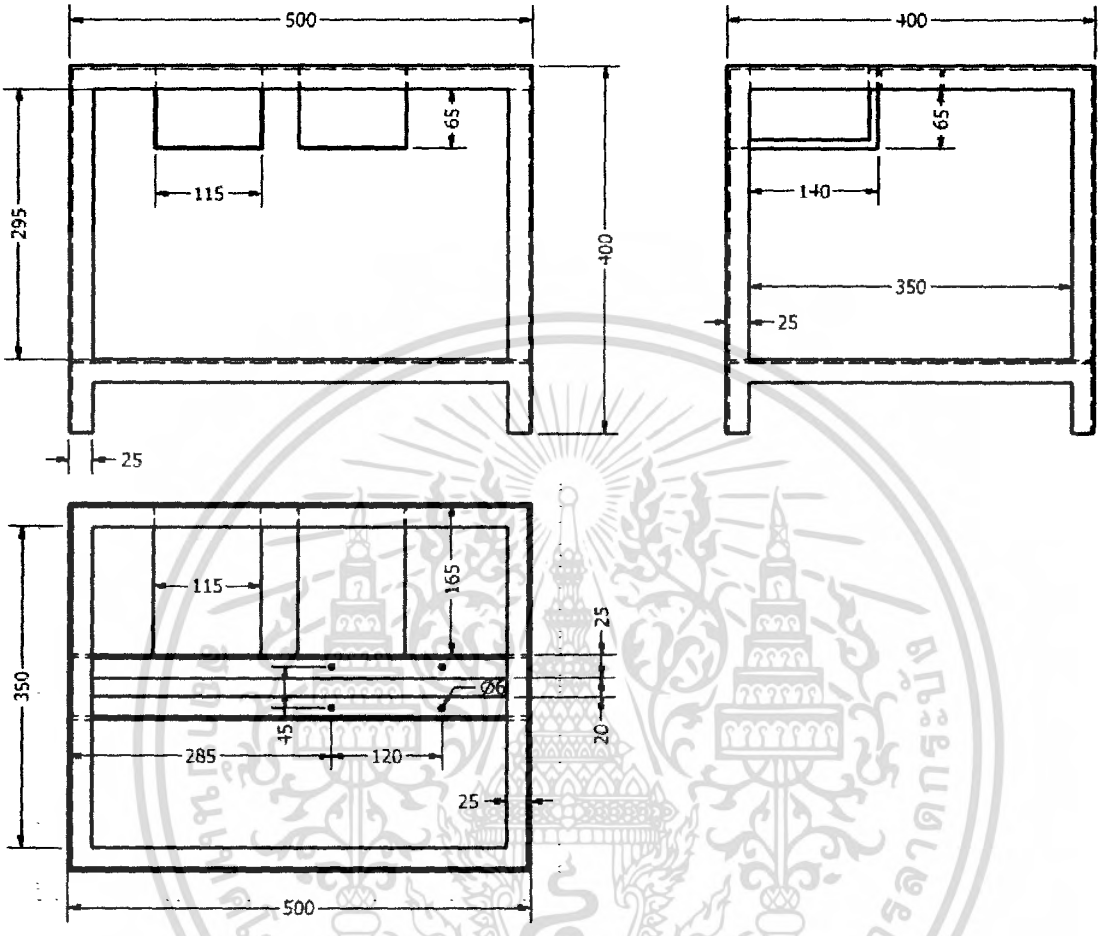
ภาพผนวกที่ 2 ภาพฉายเครื่องรวบรวมและคัดแยก เปลือกถ่านไฟฉาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



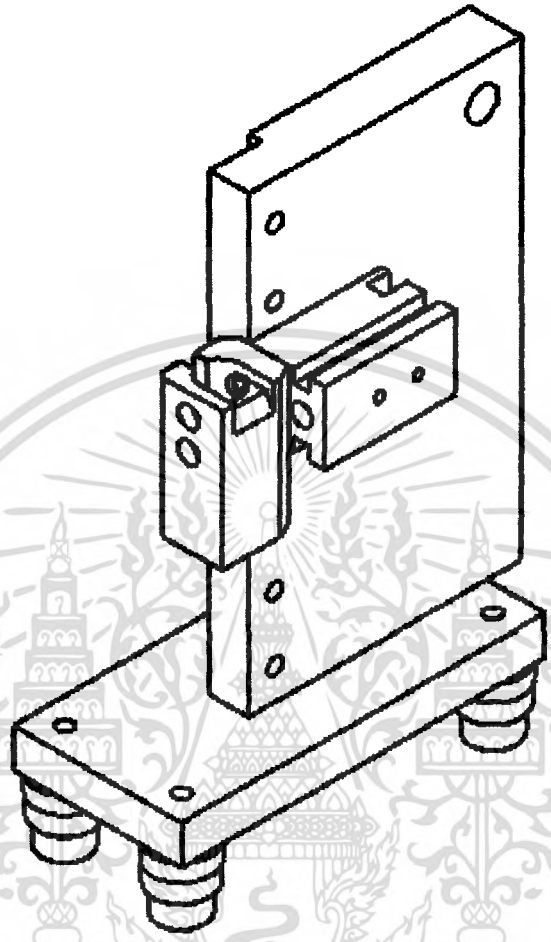
ภาพผนวกที่ 3 โครงสร้างหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



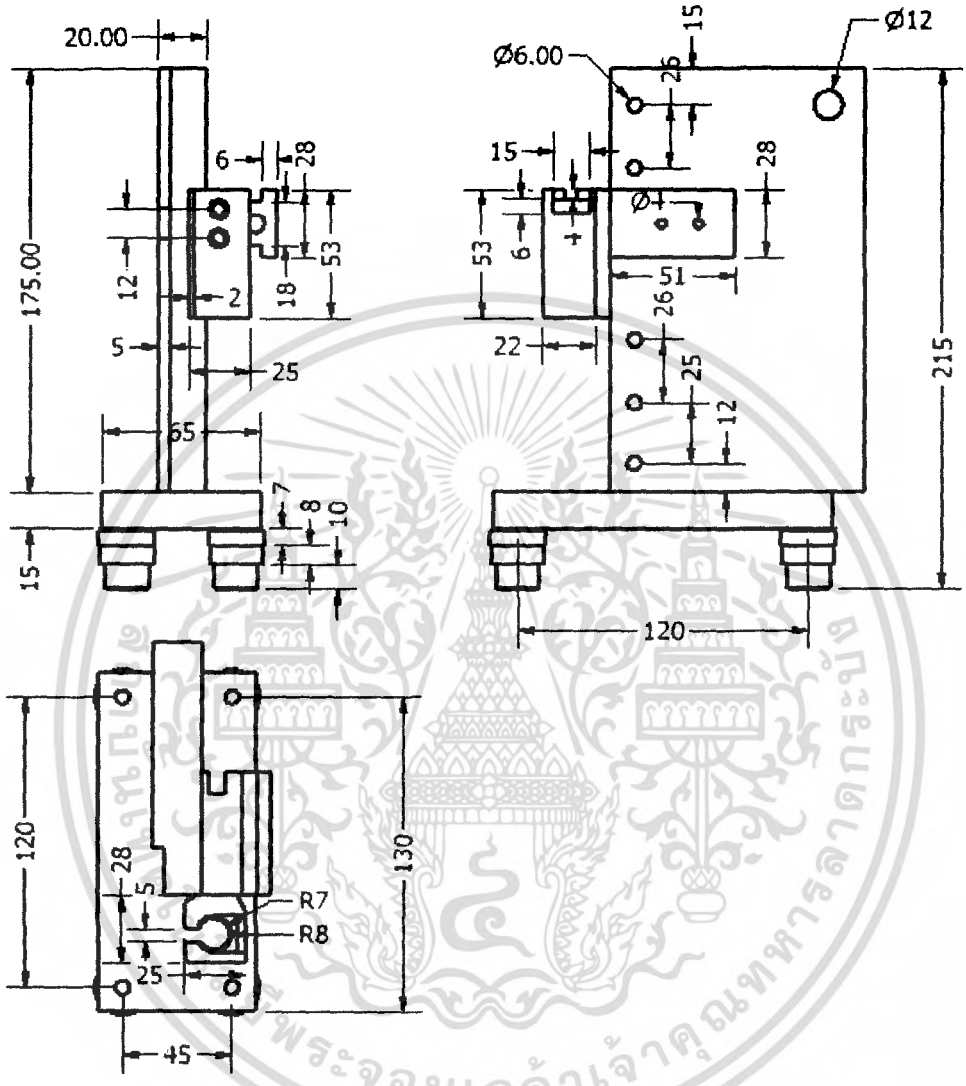
ภาพผนวกที่ 4 ภาพฉายโครงสร้างหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



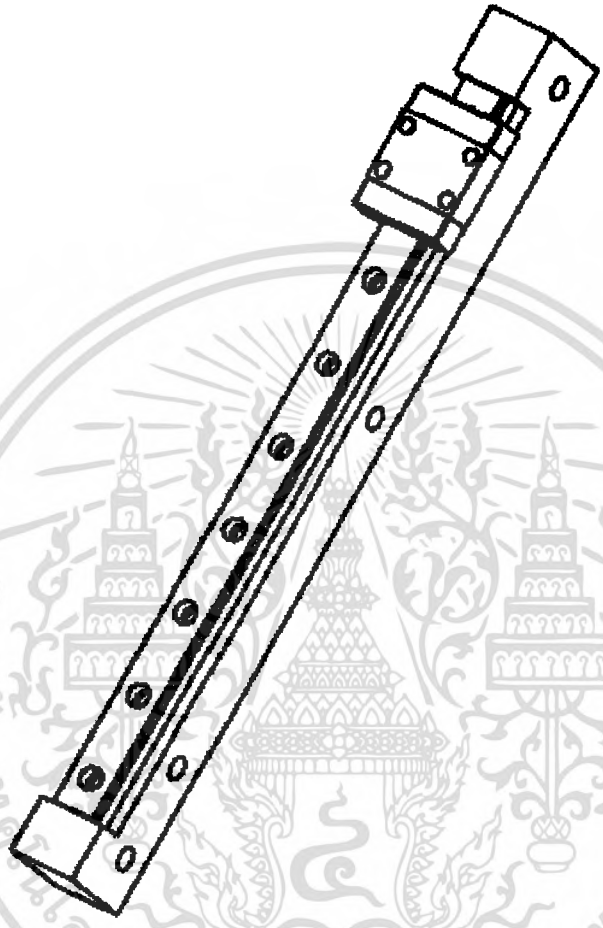
ภาพผนวกที่ 5 ชุดรองรับถ่านไฟฉาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



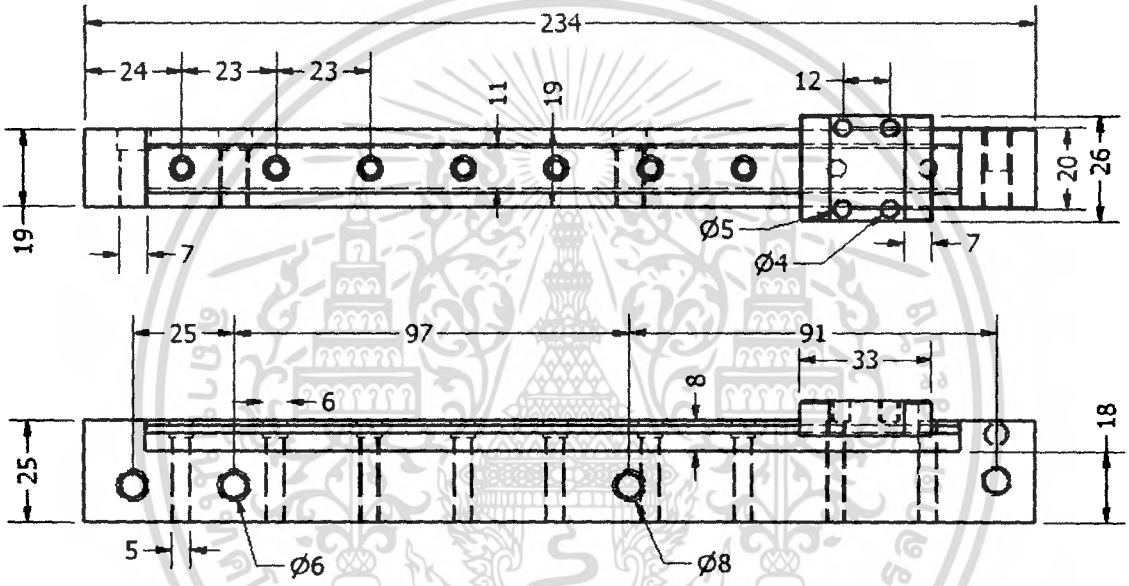
ภาพผนวกที่ 6 ภาพฉายชุดรองรับถ่านไฟฉาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



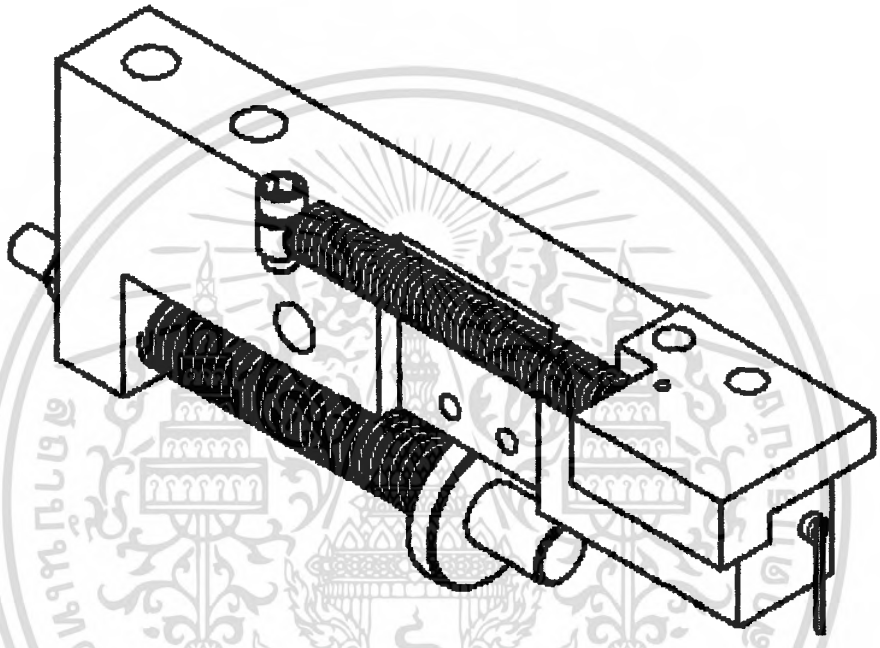
ภาพผนวกที่ 7 ชุดรางสไลด์ตัวกระทุ้งถ่านไฟฉาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



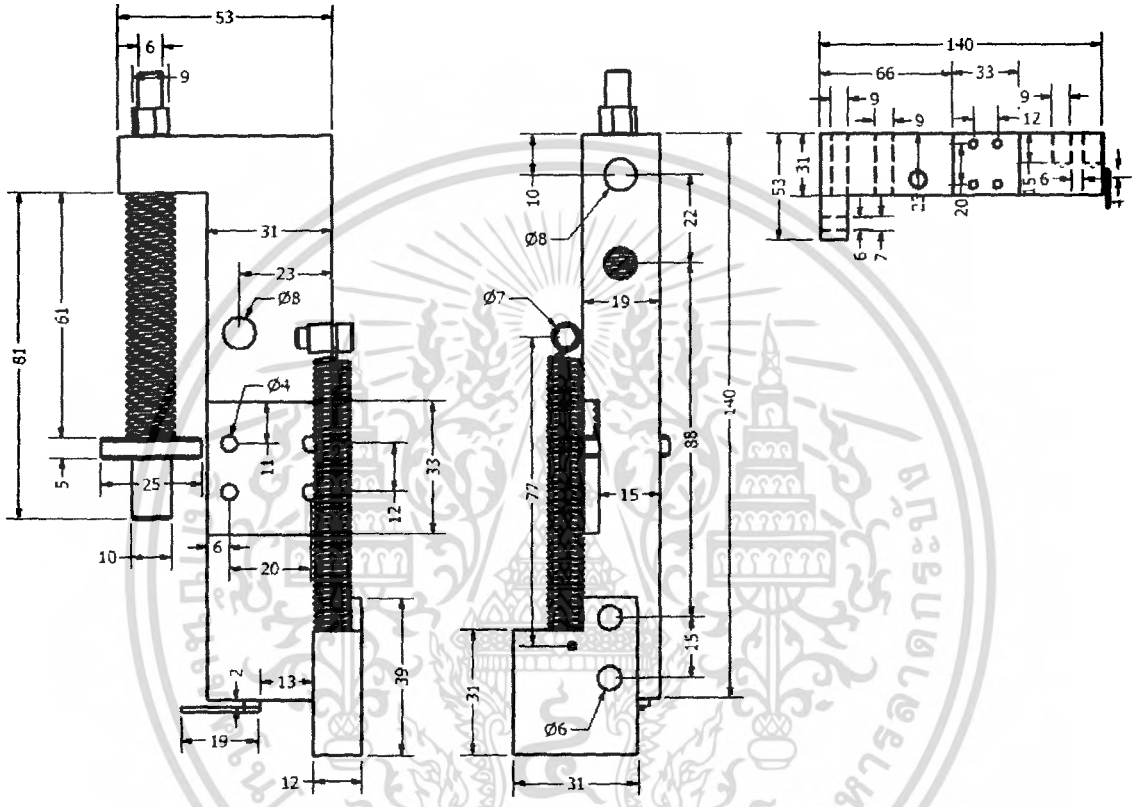
ภาพผนวกที่ 8 ภาพฉายชุดรางสไลด์ตัวกระทุ้งถ่านไฟฉาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



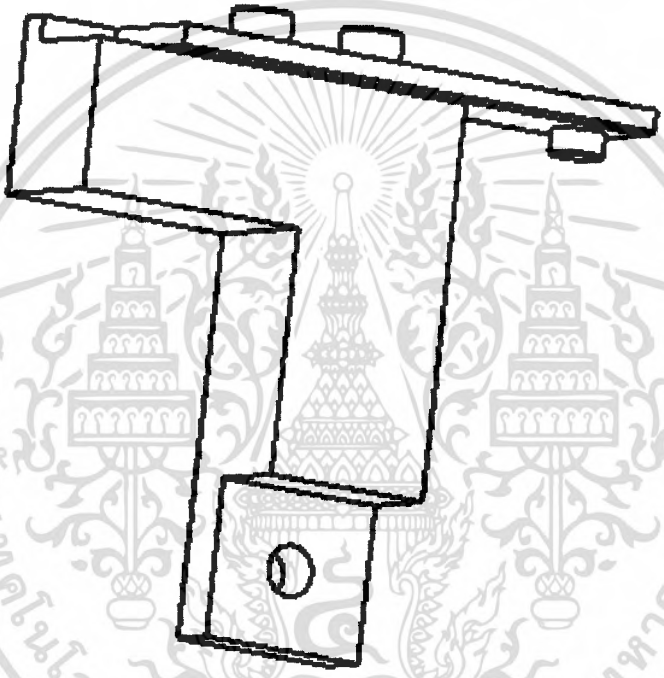
ภาพผนวกที่ 9 ชุดกระทุ้งถ่านและชุดคัดปลอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



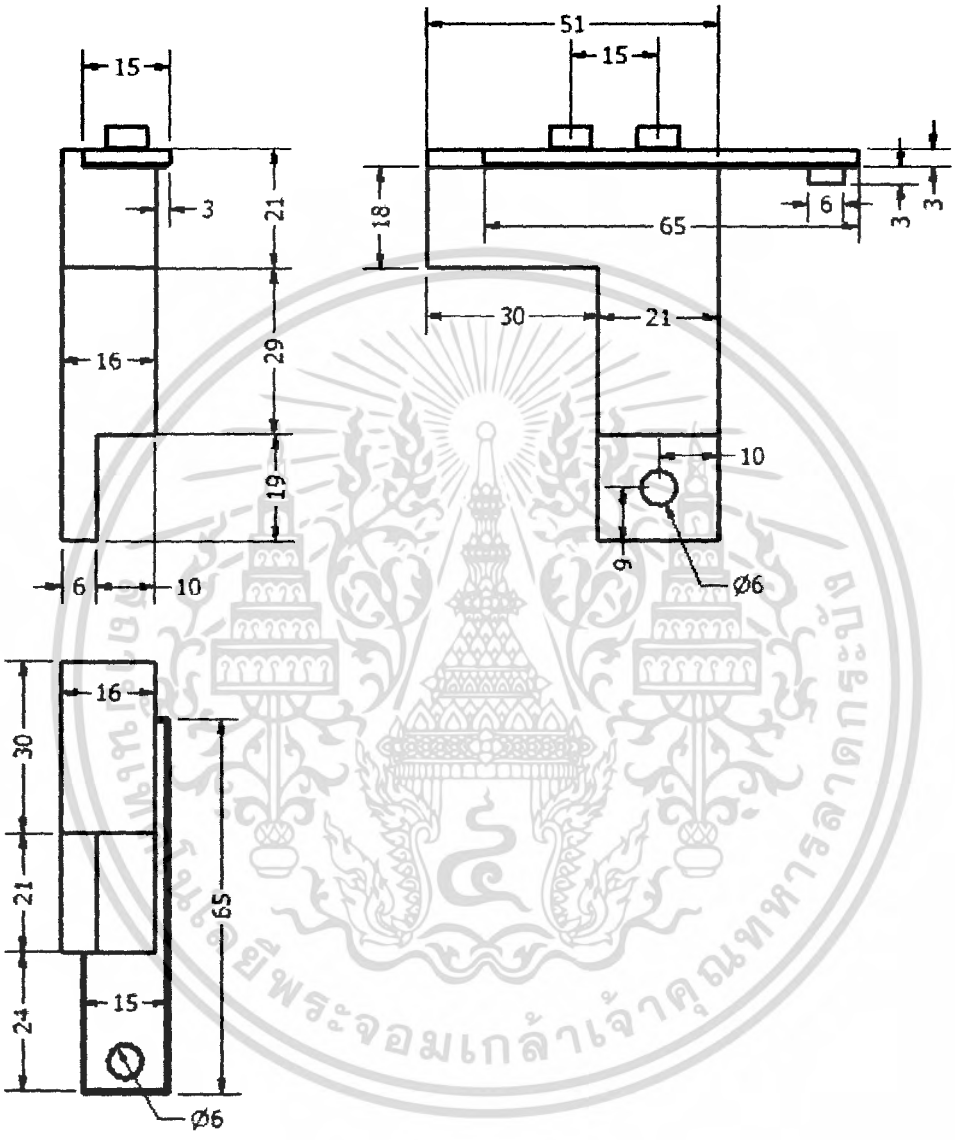
ภาพผนวกที่ 10 ภาพฉายชุดกระทุ้งถ่านและชุดคัดปลอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



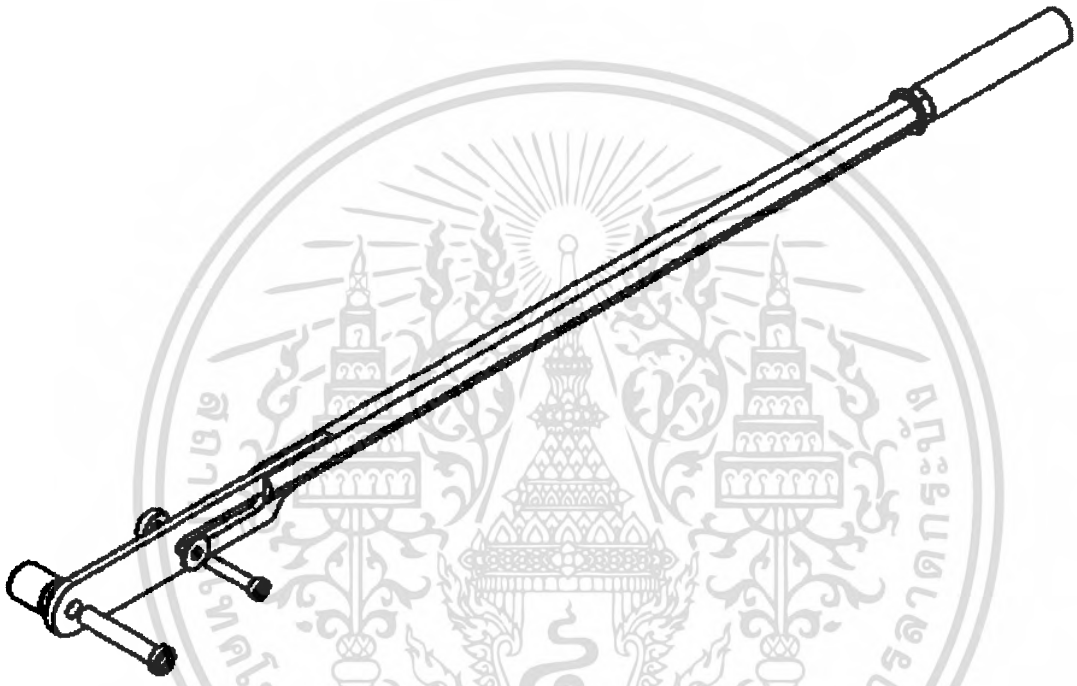
ภาพผนวกที่ 11 ชุดร็อกคันโยก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



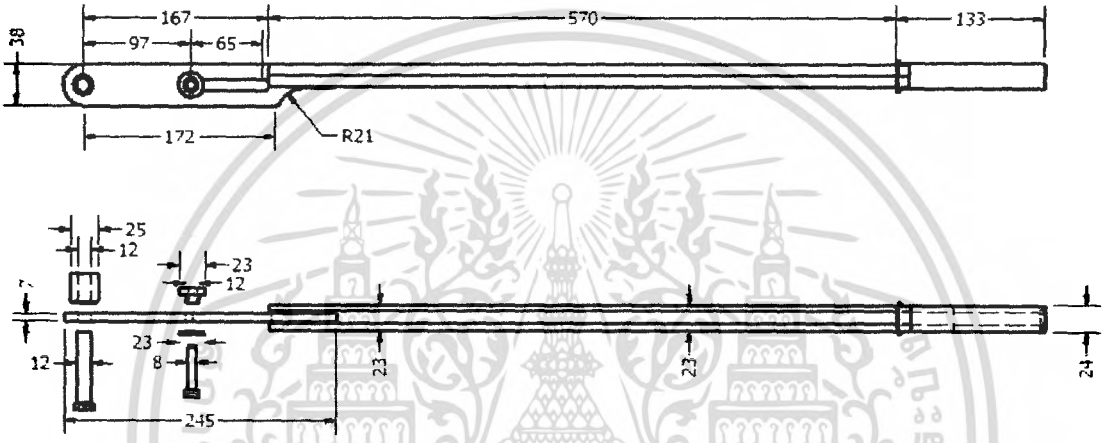
ภาพผนวกที่ 12 ภาพฉายชุดร็อกคันโยก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



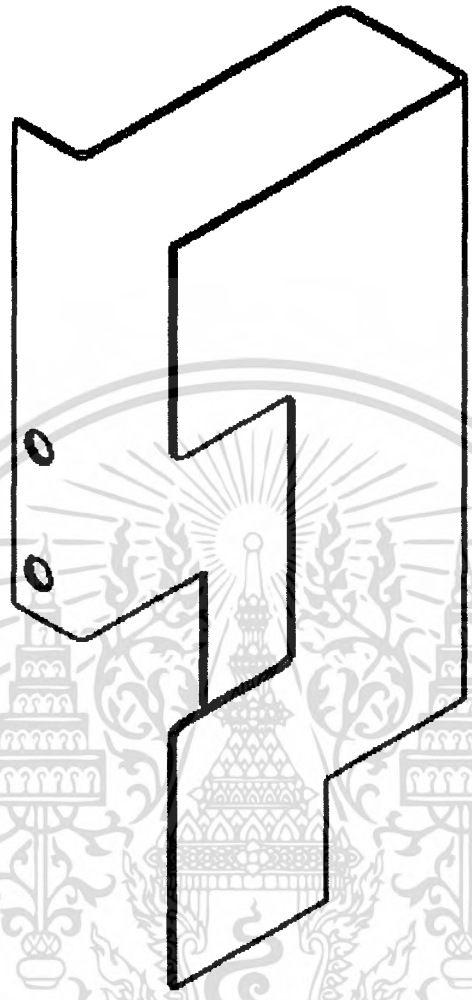
ภาพผนวกที่ 13 ชุดคันโยกส่งกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



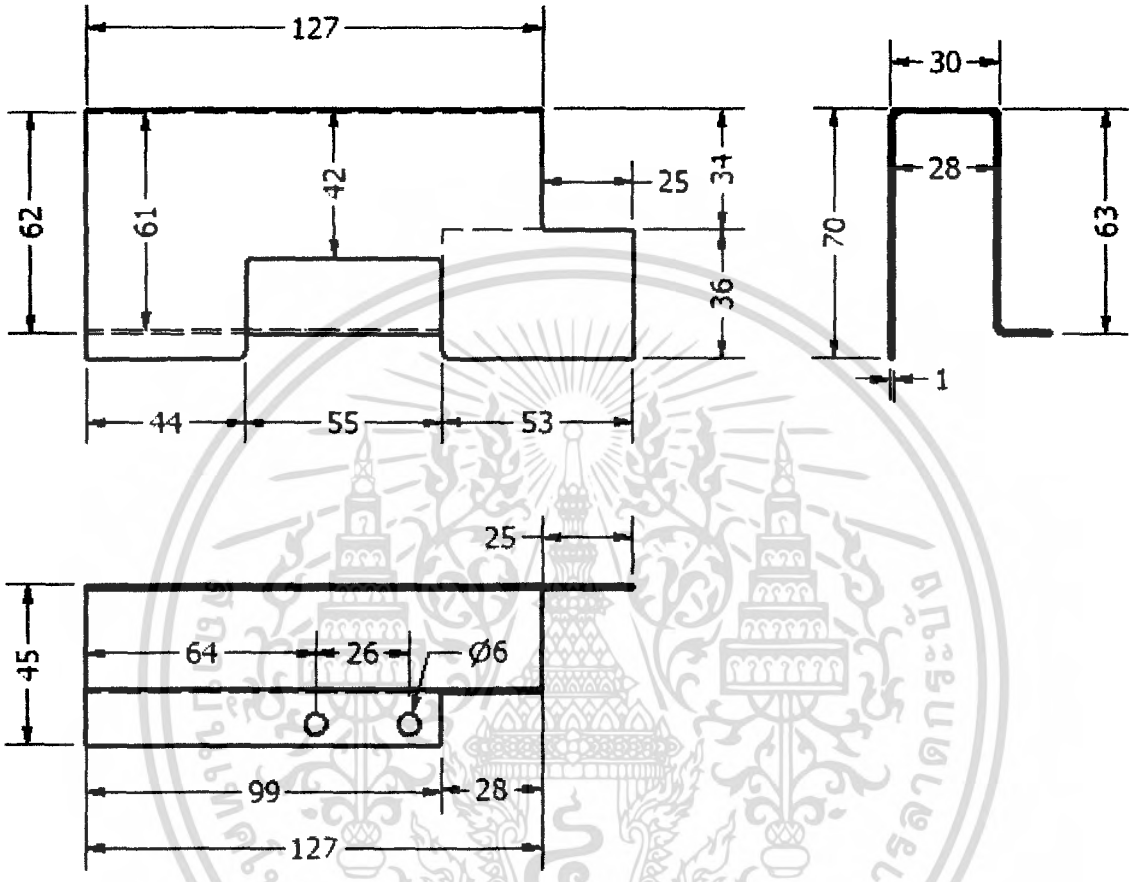
ภาพผนวกที่ 14 ภาพฉายชุดคันโยกส่งกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



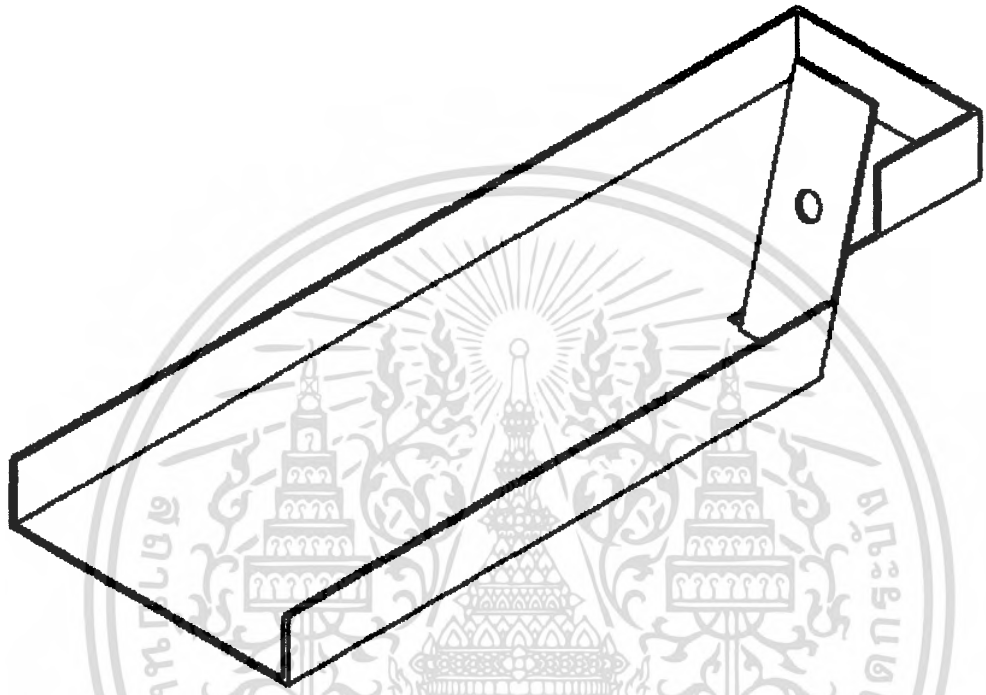
ภาพผนวกที่ 15 ฝาครอบชุดคัดแยกถ่านไฟฉาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



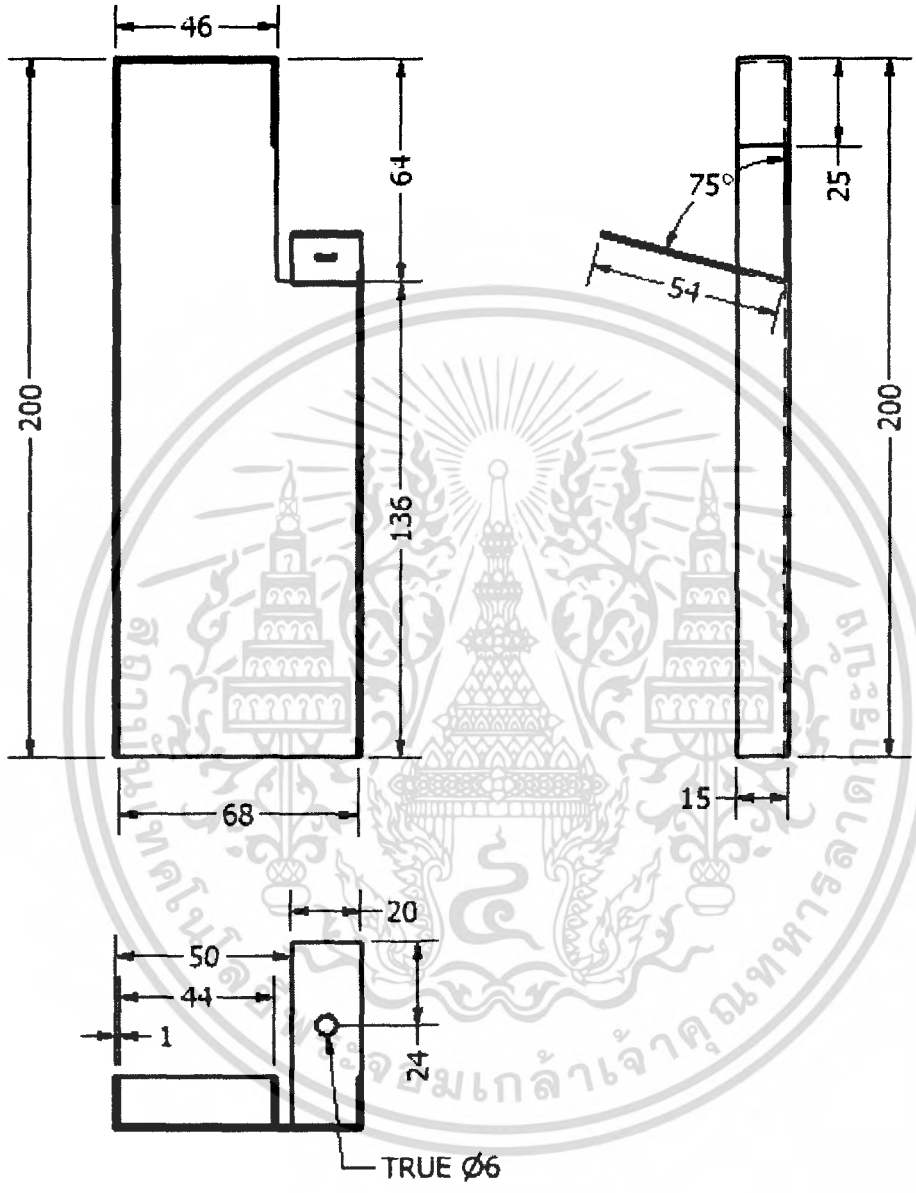
ภาพผนวกที่ 16 ภาพฉายฝาครอบชุดคัดแยกถ่านไฟฉาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



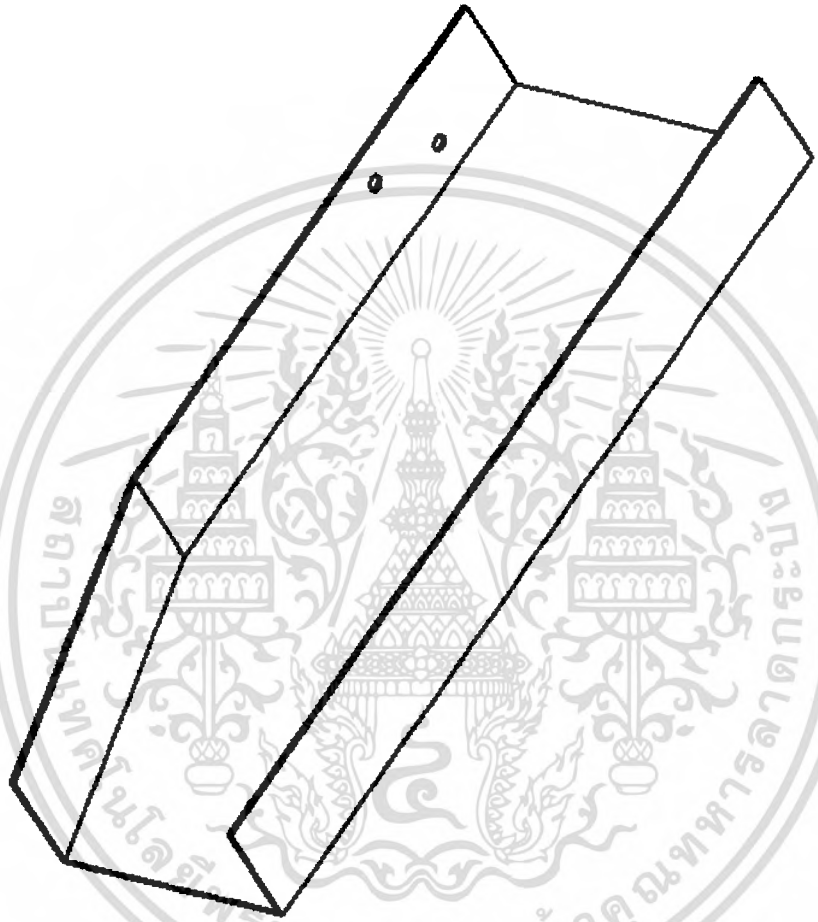
ภาพผนวกที่ 17 ชุดรางรำเรียงแท่งถ่านไฟฉายที่ผ่านการคัดแยก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



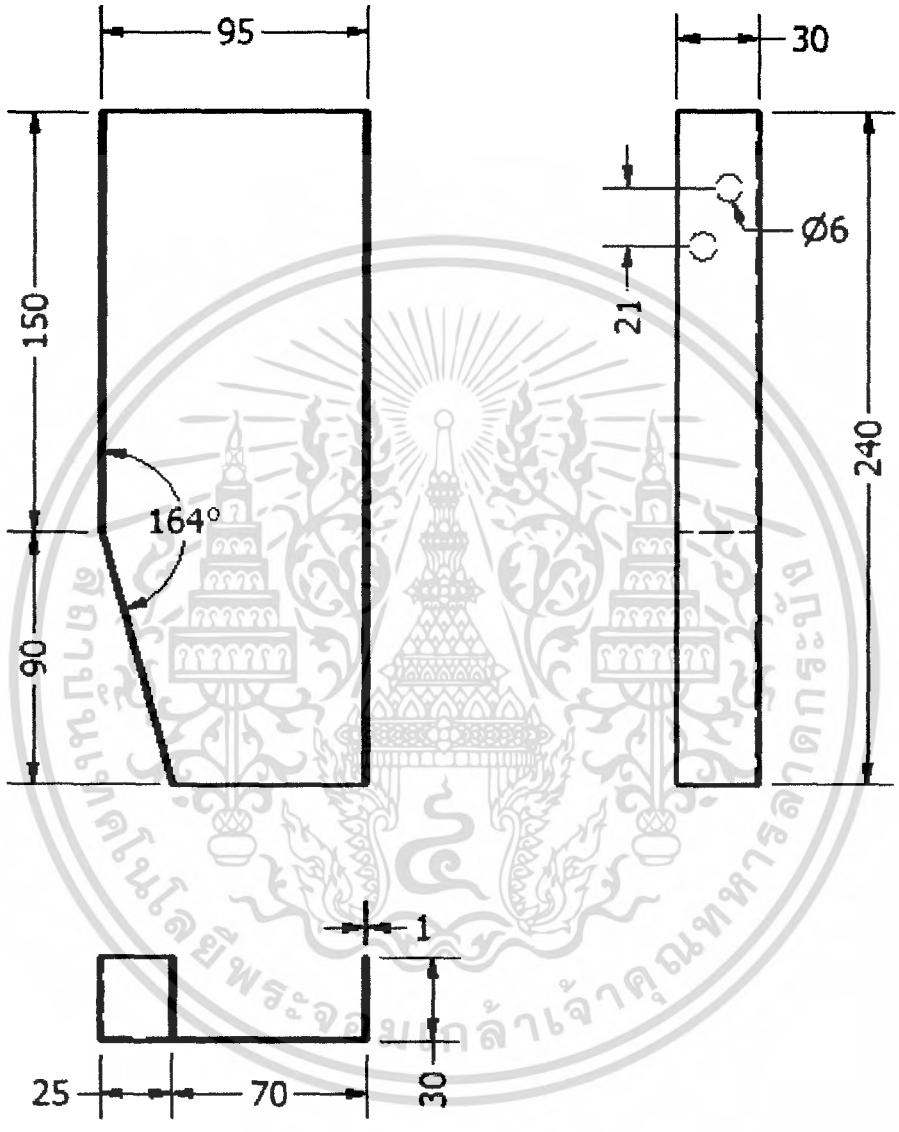
ภาพผนวกที่ 18 ภาพฉายชุดรางรำเรียงแท่งถ่านไฟฉายที่ผ่านการคัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



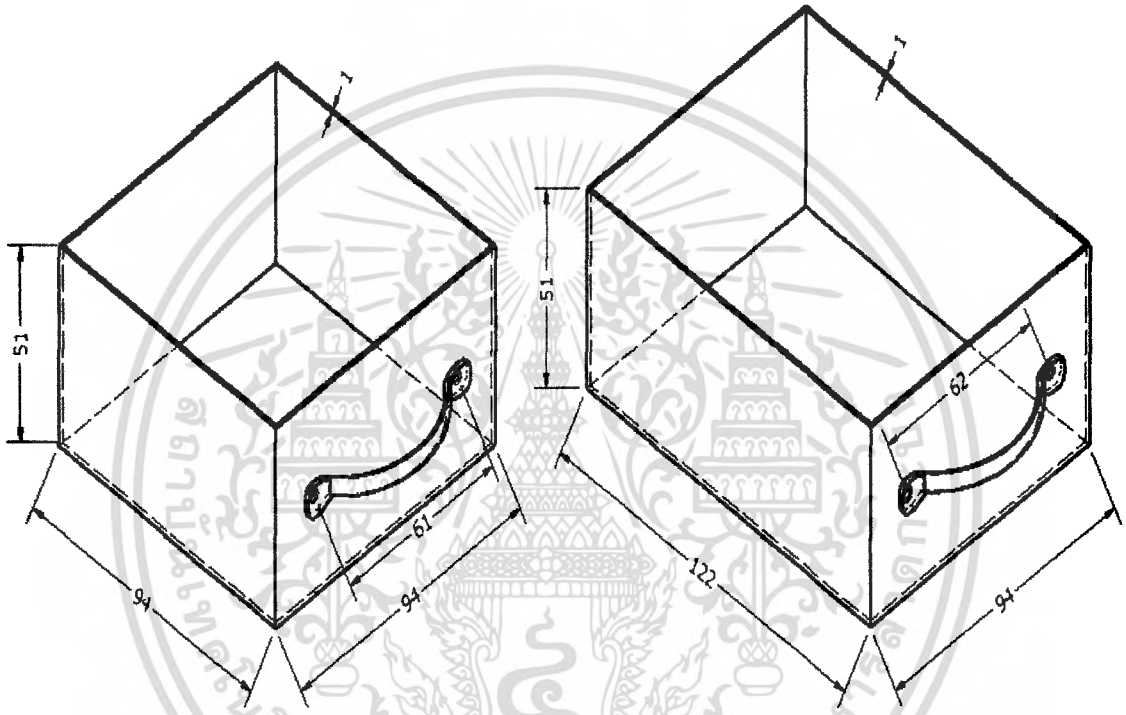
ภาพผนวกที่ 19 ชุดรางรำเรียงเปลือกถ่านไฟฉายที่ผ่านการคัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



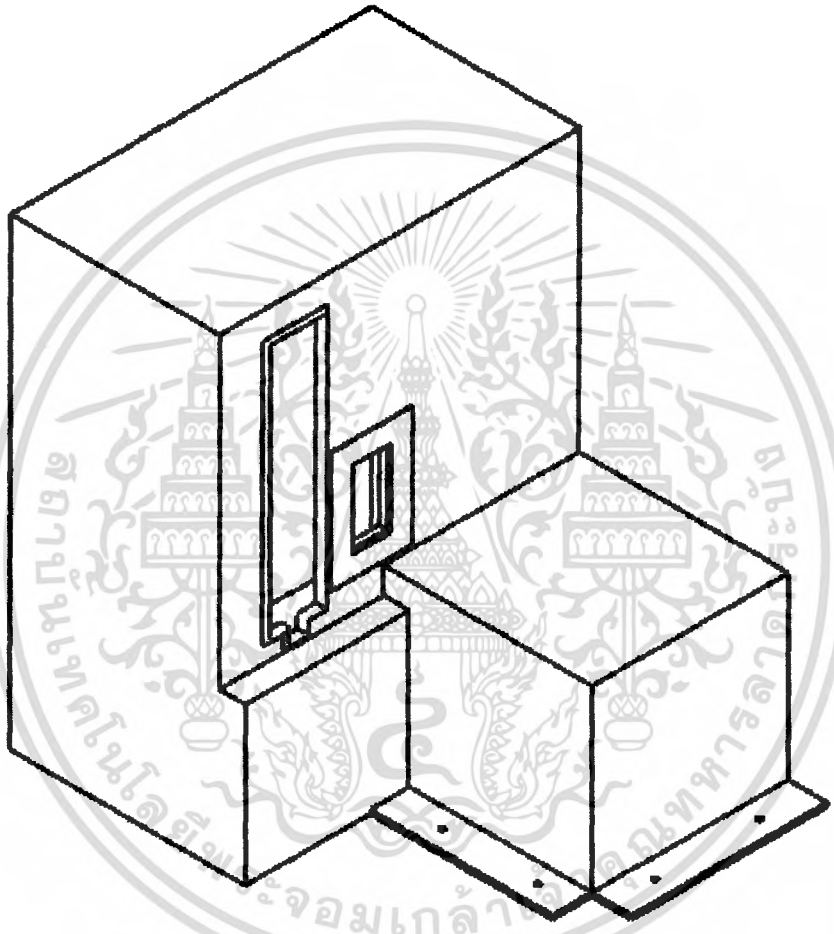
ภาพผนวกที่ 20 ภาพฉายชุดรางรำเรียงเปลือกถ่านไฟฉายที่ผ่านการคัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



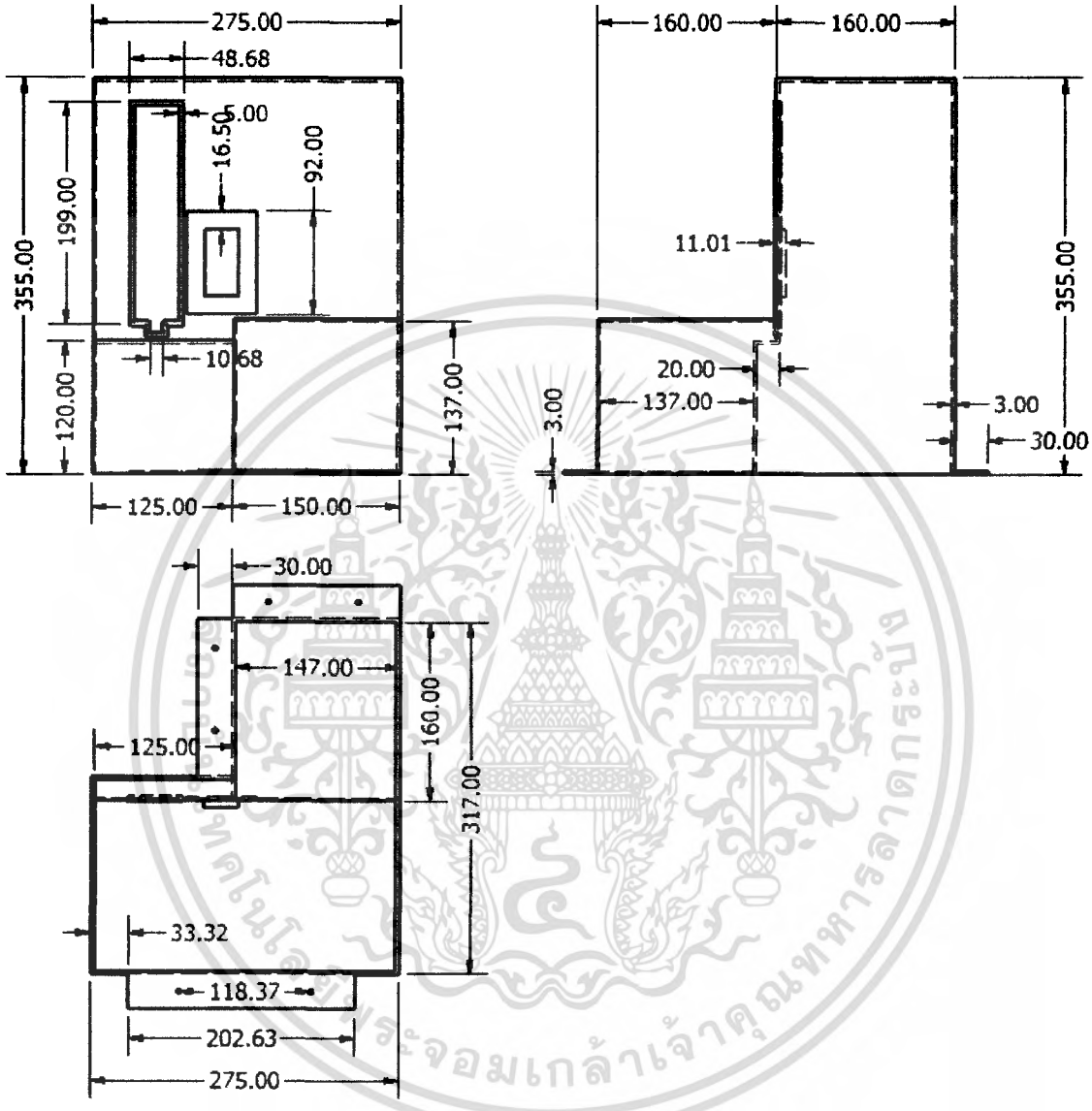
ภาพผนวกที่ 21 ชุดกล่องรองรับเปลือกถ่านและแท่งถ่านไฟฉาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



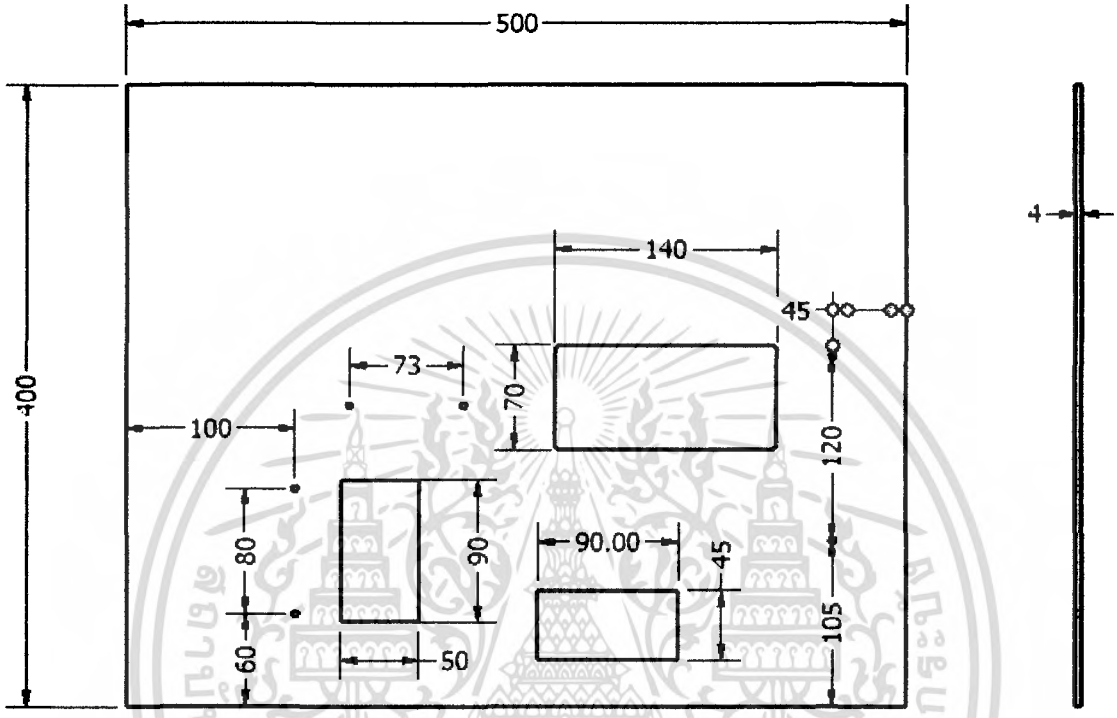
ภาพผนวกที่ 22 ฝาครอบบนโครงสร้างหลักบนเครื่องคัดแยกถ่านไฟฉาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



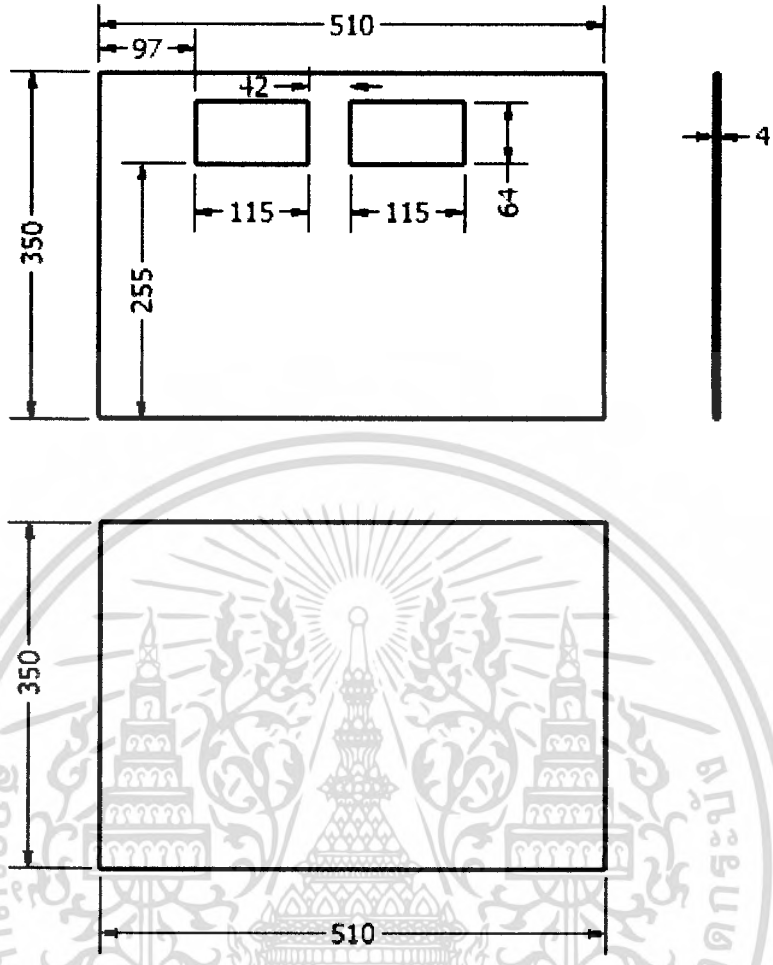
ภาพผนวกที่ 23 ภาพฉายฝาครอบบนโครงสร้างหลักเครื่องคัดแยก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



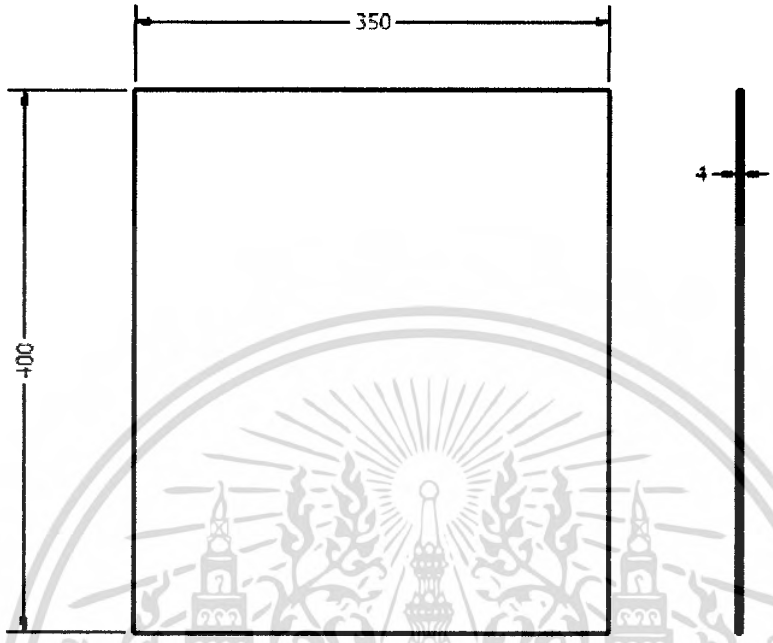
ภาพผนวกที่ 24 ภาพฉายฝาปิดบนโครงสร้างหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 25 ภาพฉายฝาปิดด้านขวาและด้านซ้ายโครงสร้างหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 26 ฝาปิดด้านหน้า – หลัง โครงสร้างหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้