สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

# เครื่องรวบรวมและแยกเปลือกถ่านไฟฉายเบื้องต้น

# PRIMARY COLLECTING AND SEPARATING MACHINE FOR USED DRY – CELL BATTERIES

T055697

นาย ธีรพล จรัสพัฒน์
นาย นพดล ลิ้มนะรุ่ง
นาย ประสกชัย สวัสดี

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....5569?
วัน,เดือน,ปี 24 พ.ค. 2548
.....
.....

ปีการศึกษา 2546

# เครื่องรวบรวมและแยกเปลือกถ่านไฟฉายเบื้องต้น


โดย

นาย ธีรพล จรัสพัฒน์

นาย นพคล ลี้ธนะรุ่ง

นาย ประสกชัย สวัสดี

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร. วิภา เจียระไนวชิระ

อ. ธีรพงศ์ ผลโพธิ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2546

ภาควิชา วิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องรวบรวมและแยกเปลือกถ่านไฟฉายเบื้องต้น


ผู้จัดทำ

1. นายธีรพล จรัสพัฒน์
2. นายนพดล ลี้ธนะรุ่ง
3. นายประสกชัย สวัสดี


วิภา เจียระไนวชิระ .....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร. วิภา เจียระไนวชิระ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

( อาจารย์. ธีรพงศ์ ผลโพธิ์ )


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เครื่องรวบรวมและแยกเปลือกถ่านไฟฉายเบื้องต้น

ธีรพล จรัสพัฒน์
นพคล ลี้ธนะรุ่ง
ประสกชัย สวัสดี
ดร. วิภา เจียระไนวชิระ อาจารย์ที่ปรึกษา
อ. ธีรพงศ์ ผลโพธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2546

**บทคัดย่อ**

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการออกแบบและสร้างเครื่องรวบรวมและแยกเปลือกถ่านไฟฉายเบื้องต้น เพื่อสร้างเครื่องต้นแบบที่สามารถแยกเปลือกถ่านไฟฉายออกจากแท่งถ่านได้ ในส่วนของเครื่องจักรนั้นประกอบด้วย ชุดส่งกำลัง ใช้สกรูส่งกำลังขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 14 มิลลิเมตร มีระยะพิตซ์เท่ากับ 3 มิลลิเมตร ชุดอัดแท่งถ่านเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตรกับตัวแยกเปลือกถ่านไฟฉาย ยึดติดอยู่กับชุดส่งกำลัง ชุดรองรับถ่านไฟฉายขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 13 มิลลิเมตรและชุดให้ของสมนาคุณ การทำงานของเครื่องจะใช้แรงงานคนในการขับเคลื่อนชุดส่งกำลัง นำถ่านไฟฉายใส่ในช่องทิ้งถ่านไฟฉาย ถ่านไฟฉายจะถูกส่งมาที่ชุดรองรับโดยรางลำเลียง ชุดอัดแท่งถ่านและตัวแยกเปลือกถ่านไฟฉาย จะเคลื่อนที่เข้ามาทำการอัดแท่งถ่านให้หลุดออกจากเปลือกถ่านไฟฉาย จากนั้นชุดส่งกำลังจะเคลื่อนที่กลับ ในขณะที่ชุดส่งกำลังเคลื่อนที่กลับจะทำการแยกเปลือกถ่านไฟฉายออกจากชุดรองรับโดยตัวแยกเปลือกถ่านไฟฉาย ส่วนการทำงานของชุดให้ของสมนาคุณจะทำงานในจังหวะที่ชุดส่งกำลังเคลื่อนที่กลับ จากการทดสอบพบว่าเครื่องสามารถแยกแท่งถ่านออกจากเปลือกถ่านไฟฉายได้ มีประสิทธิภาพการทำงานอยู่ที่ 64 เปอร์เซ็นต์ เวลาที่ใช้ในการแยกเฉลี่ยเท่ากับ 49.81 วินาทีต่อก้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

หน้า


**บทที่ 1 บทนำ**

1.1 ความเป็นมาของโครงการ 1

1.2 วัตถุประสงค์ 1

1.3 ขอบเขตการศึกษา 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

1.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน 2

**บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ**

2.1 ถ่านไฟฉาย 5

2.2 การควบคุมและการกำจัด 10

2.3 สกรูส่งกำลัง 16

2.4 รางลำเลียง 19

2.5 สมการการออกแบบ 21

2.6 รายการคำนวณ 24

**บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน**

3.1 โครงสร้างและฐานรองรับ 29

3.2 ชุดรองรับถ่านไฟฉาย 29

3.3 ชุดอัดและแยกเปลือกถ่านไฟฉาย 30

3.4 ชุดต้นกำลัง 31

3.5 กล่องรองรับแท่งถ่านและเปลือกถ่านไฟฉาย 32

3.6 ชุดวัดพลังงานถ่านไฟฉาย 32

3.7 ชุดให้ของสมนาคุณ 33

**บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง**

4.1 การทดลองหาแรงที่กระทำกับถ่านไฟฉาย 37

4.2 การทดสอบหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง 39



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**สารบัญ(ต่อ)**


| | หน้า |
|---|---|
| **บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง** | |
| 5.1 สรุปผลการทดลอง | 43 |
| 5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง | 44 |
| 5.3 ข้อเสนอแนะ | 44 |
| **บรรณานุกรม** | 45 |
| **ภาคผนวก ก.** | 46 |
| **ภาคผนวก ข.** | 53 |
| **ภาคผนวก ค.** | 56 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป

หน้า


| | | |
|---|---|---|
| **รูปที่2.1** | ถ่านไฟฉายแบบคาร์บอน-สังกะสี | 5 |
| **รูปที่2.2** | ถ่านไฟฉายแบบอัลคาไลต์-แมงกานีส | 6 |
| **รูปที่2.3** | ถ่านไฟฉายแบบเมอร์คิวรีออกไซด์ | 6 |
| **รูปที่2.4** | ถ่านไฟฉายแบบซิลเวอร์ออกไซด์ | 6 |
| **รูปที่2.5** | ถ่านไฟฉายแบบ นิเกิล-แคดเมียม | 7 |
| **รูปที่2.6** | แสดงกระบวนการรีไซเคิลถ่านไฟฉายของ โรงงาน Nomura Kosan ในประเทศญี่ปุ่น | 14 |
| **รูปที่2.7** | แสดงการรีไซเคิลถ่านไฟฉายของโรงงาน Voest-Alpine ประเทศออสเตรีย | 14 |
| **รูปที่2.8** | แสดงกระบวนการรีไซเคิลถ่านไฟฉายของ โรงงาน SAB Nife ในประเทศสวีเดน | 15 |
| **รูปที่ 2.9** | แม่แรง | 16 |
| **รูปที่2.10** | เกลียวสี่เหลี่ยมคางหมู | 17 |
| **รูปที่2.11** | ชนิดของเกลียวสำหรับสกรูส่งกำลัง | 18 |
| **รูปที่2.12** | ขนาดต่างๆ ของเกลียวสี่เหลี่ยมคางหมู | 18 |
| **รูปที่2.13** | รางลำเลียงแบบต่างๆ | 20 |
| **รูปที่2.14** | หน้าตัดราง | 22 |
| **รูปที่ 2.15** | กราฟแสดงประสิทธิภาพของสกรูส่งกำลัง | 27 |
| **รูปที่ 3.1** | โครงสร้างฐานรองรับ | 29 |
| **รูปที่ 3.2** | ชุดรองรับถ่านไฟฉาย | 30 |
| **รูปที่ 3.3** | ชุดดันแท่งถ่านไฟฉาย | 30 |
| **รูปที่ 3.4** | ชุดแยกเปลือกถ่านไฟฉาย | 31 |
| **รูปที่ 3.5** | ชุดส่งกำลัง | 31 |
| **รูปที่ 3.6** | กล่องรองรับแท่งถ่านและเปลือกถ่านไฟฉาย | 32 |
| **รูปที่ 3.7** | ชุดวัดพลังงานถ่านไฟฉาย | 32 |
| **รูปที่ 3.8** | กล่องบรรจุกระดาษทิชชู | 33 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า


| | | |
|---|---|---|
| **รูปที่3.9** | ตัวให้กล่องทิชชู | 33 |
| **รูปที่ 3.10** | การประกอบชุดต้นกำลังและชิ้นส่วนต่างๆ | 34 |
| **รูปที่ 3.11** | เครื่องรวบรวมและแยกเปลือกถ่านไฟฉายเบื้องต้น | 34 |
| **รูปที่ 3.12** | ภาพด้านหน้าเครื่อง | 35 |
| **รูปที่ 3.13** | ภาพด้านข้างเครื่อง | 35 |
| **รูปที่ 3.14** | ช่องวัดพลังงานและอ่านค่าพลังงาน | 36 |
| **รูปที่ 3.15** | ช่องทิ้งถ่านไฟฉาย | 36 |
| **รูปที่ 3.16** | ช่องรับของสมนาคุณ | 36 |
| **รูปที่ 4.1** | วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง | 37 |
| **รูปที่ 4.2** | กราฟแสดงการเปรียบเทียบแรงที่ใช้แยกเปลือกถ่านไฟฉาย | 39 |
| **รูปที่ 4.3** | ถ่านไฟฉายที่ใช้ในการทดลอง | 39 |
| **รูปที่ 4.4** | ถ่านไฟฉายที่ยังไม่เสื่อมสภาพ | 40 |
| **รูปที่ 4.5** | ถ่านไฟฉายที่เสื่อมสภาพแล้ว | 40 |
| **รูปที่ 4.6** | ถ่านไฟฉายที่แยกเปลือกออกได้อย่างสมบูรณ์ | 41 |
| **รูปที่ 4.7** | ถ่านไฟฉายที่เสื่อมสภาพแต่สามารถแยกเปลือกถ่านได้ | 41 |
| **รูปที่ 4.8** | ตัวอย่างถ่านไฟฉายที่ติดค้างที่แท่งดันถ่าน | 41 |
| **รูปที่ 4.9** | กราฟแสดงผลการแยกเปลือกถ่านไฟฉาย | 42 |
| **รูปที่ 4.10** | กราฟแสดงประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง | 42 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาของโครงงาน

ปัจจุบัน ประเทศไทยผลิตถ่านไฟฉายมากกว่า 300 ล้านก้อนต่อปี และมีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปี จากการศึกษาจากสถาบันวิจัยสาธารณสุขไทย (พ.ศ.2535) พบว่ากลุ่มบ้านเรือนและร้านค้าในกรุงเทพมหานครมีการทิ้งของเสียอันตรายประเภทถ่านไฟฉายถึงร้อยละ 0.033 เทียบกับน้ำหนัก ขยะมูลฝอยทั้งหมดซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในกรุงเทพมหานครประมาณ 6,643 ตันต่อวัน จะมีถ่านไฟฉายถูกทิ้งปนเปื้อนกับขยะมูลฝอยทั่วไปถึง 2,190 กิโลกรัมต่อวัน หรือ 800 ตันต่อปี หากไม่มีการจัดเก็บและรวบรวมที่ถูกวิธี เมื่อเกิดฝนตกก็จะเกิดการชะละลายของโลหะหนักที่เป็นองค์ประกอบในก้อนถ่านไฟฉาย โดยเฉพาะ ปรอท แคดเมียม แมงกานีส และสังกะสี ออกสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งถ่านไฟฉายที่หมดอายุการใช้งานแล้วส่วนใหญ่จัดอยู่ในประเภทขยะมีพิษ เพราะฉะนั้นจึงต้องมีการศึกษาเพื่อหาวิธีในป้องกันปัญหาที่ได้กล่าวมาข้างต้นตลอดจนในอนาคตข้างหน้ากฎหมายสิ่งแวดล้อมจะมีความเข้มงวดมากขึ้น ดังนั้นจึงต้องมีการศึกษาการรวบรวมและแยกเปลือกถ่านไฟฉายที่หมดอายุการใช้งานแล้ว ก่อนนำไปบำบัดอย่างถูกต้อง

โดยในโครงงานนี้จะเป็นการรวบรวมถ่านไฟฉายที่หมดอายุการใช้งานแล้ว และทำการแยกเปลือกถ่านไฟฉายออกจากแท่งถ่าน เพื่อป้องกันการทำปฏิกิริยาต่อกันระหว่างเปลือกที่เป็นสังกะสีและสารเคมีที่อยู่ภายในแท่งถ่าน ซึ่งอาจก่อให้เกิดการชะละลายของโลหะหนักที่เป็นอันตรายออกสู่สิ่งแวดล้อม และเพื่อสะดวกต่อการจัดเก็บและรวบรวมถ่านไฟฉายที่ใช้แล้วที่ถือว่าเป็นของเสียมีพิษก่อนที่จะนำไปบำบัดต่อไป

## 1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อรวบรวมถ่านไฟฉายที่หมดอายุการใช้งานแล้วเบื้องต้นเพื่อป้องกันการปะปนของถ่านไฟฉายกับขยะมูลฝอยทั่วไป

1.2.2. เพื่อทำการแยกเปลือกถ่านไฟฉายออกจากแท่งถ่านก่อนนำไปทำการบำบัด

## 1.3 ขอบเขตการศึกษา

โครงงานนี้จะใช้ถ่านไฟฉายแบบ AA ที่หมดอายุการใช้งานแล้วแต่ยังไม่เกิดการเสื่อมสภาพในการทดสอบโดยมีขอบเขตการศึกษา ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.1 ศึกษาส่วนประกอบถ่านไฟฉายขนาด AA ทั้งส่วนที่เป็นเปลือกและที่เป็นแท่งถ่าน

1.3.2 ศึกษาแรงที่กระทำต่อถ่านไฟฉายเพื่อให้เปลือกแยกออกจากแท่งถ่านโดยที่ยังคงรูปของแท่งถ่านให้สมบูรณ์ที่สุด

1.3.3 โครงงานนี้จะไม่ใช้ไฟฟ้าในการขับเคลื่อนชุดส่งกำลัง

1.3.4 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของถ่านไฟฉายที่หมดอายุการใช้งานแล้ว

**1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

1.4.1 ป้องกันการเล็ดลอดของถ่านไฟฉายที่จะปะปนไปกับขยะมูลฝอยทั่วไป

1.4.2 ลดการปนเปื้อนของโลหะหนักที่เกิดจากถ่านไฟฉาย

1.4.3 ลดปริมาณของขยะมีพิษประเภทถ่านไฟฉาย

1.4.4 เป็นแนวทางเบื้องต้นสำหรับการ Recycle ของเสียที่ผ่านการแยกแล้ว

**1.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน**

จากการรวบรวมโครงงานและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องรวบรวมและแยกเปลือกถ่านไฟฉายซึ่งสรุปได้ดังนี้

ชัยวัฒน์ โพธิ์ทอง (2541) ได้ทำการศึกษาการทำลายฤทธิ์โลหะหนักในถ่านไฟฉายที่ใช้แล้ว โดยการทำให้เป็นก้อนแข็ง ถ่านไฟฉายที่ใช้ในการวิจัยเป็นถ่านไฟฉายแบบคาร์บอน-สังกะสี ขนาดใหญ่ และวัสดุที่ใช้ประสานคือ 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 การทดสอบหาสัดส่วนที่เหาะสมพบว่าสัดส่วนที่เหมาะสมอยู่ที่ 7:1 เมื่อบ่มครบ 28 วัน ก้อนตัวอย่างจะมีคุณสมบัติผ่านเกณฑ์ตามที่ทางราชการกำหนดไว้

นฤมิต คินิมาน (2538) ได้ทำการศึกษาความสามารถในการทำลายฤทธิ์ตะกอนโลหะหนักจากการบำบัดน้ำเสีย ซีโอดี โดยทำให้เป็นก้อนแข็งด้วยปูนซีเมนต์และเถ้าลอยลิกไนต์ พบว่าการเพิ่มปริมาณตะกอนโลหะหนักจะทำให้การรับแรงอัดลดลง การชะละลายของโลหะหนักสูงขึ้น การเพิ่มเปอร์เซ็นต์ของเถ้าลอยลิกไนต์ลงในวัสดุประสาน และทำให้กำลังรับแรงอัดและความหนาแน่นลดลง การชะละลายของปรอทสูงขึ้น แต่การชะละลายของโครเมียมลดลง และพบว่าอัตราส่วนตะกอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โลหะหนักต่อวัสดุประสานที่เหมาะสมสำหรับปรอทและโครเมียม เท่ากับ 0.25 อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานที่เหมาะสมเท่ากับ 0.5 การเพิ่มระยะเวลาบ่มทำให้กำลังรับแรงอัดสูงขึ้น

Cheng และ Bishop (1989) ได้ทำการศึกษา โดยตัวอย่างจะถูกหล่อเป็นทรงกลม โลหะหนักจะถูกวิเคราะห์โดยวิธี SEM,EDX และ Wet Digestion/AA Method จากผลการวิจัยพบว่าบริเวณของผิวตัวอย่างจะมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีโดยกรดอะซิติก แคลเซียมส่วนใหญ่ในองค์ประกอบของซีเมนต์จะถูกชะละลายออกมาในขณะที่ซิลิกอน เหล็กและอลูมิเนียมยังคงเหลืออยู่และสารดังกล่าวจะมีคุณสมบัติในการดูดซับและดูดติดผิวได้ดี ดังนั้นโลหะหนักที่ละลายไปจะถูกดูดติดที่บริเวณชั้นผิวของตัวอย่าง 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 แต่ถูกจำกัดโดยกลไก Diffusion

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

บริษัทบริหารและพัฒนาเพื่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม(มหาชน) เป็นระบบการจักการกากของเสียที่เป็นอันตราย โดยนำกากของเสียที่เป็นอันตรายไปปรับเสถียร เพื่อลดความเป็นพิษด้วยวิธีการปรับสภาพความเป็นกรดด่างของกากของเสียให้มีค่าเป็นกลางและทำให้เป็นของแข็ง โดยผสมกับปูนซีเมนต์เพื่อห่อหุ้มกากของเสีย ป้องกันการชะล้าง จากนั้นจึงนำไปทำการฝังกลบในหลุมฝังกลบนิรภัย ซึ่งหลุมฝังกลบกล่าวได้ถูกออกแบบสำหรับของเสียที่เป็นอันตราย โดยสามารถป้องกันมิให้น้ำและกากของเสียที่อยู่ภายในหลุมฝังกลบซึมออกสู่ภายนอกได้ ซึ่งแตกต่างจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอยทั่วไป โดยพื้นที่หลุมฝังกลบจะถูกบดอัดด้วยดินเหนียวจนกระทั่งมีอัตราการซึมผ่านของน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

จากข้อมูลที่กล่าวมาพบว่า เครื่องรวบรวมและแยกเปลือกถ่านไฟฉายที่ใช้แล้วเบื้องต้น ซึ่งเป็นเครื่องที่ใช้หลักการทำงานโดยการอัดให้แท่งถ่านไฟฉายหลุดออกจากเปลือกที่หุ้มอยู่ ซึ่งจะไม่ทำให้แท่งถ่านไฟฉายและเปลือกถ่านเสียรูปทรง โดยการทำให้แท่งถ่านไฟฉายและเปลือกถ่านไม่เสียรูปทรงหรือเกิดการเสียรูปทรงน้อยที่สุดนั้นก็จะทำให้ไม่มีการรั่วไหลของสารเคมีที่อยู่ในแท่งถ่านไฟฉายซึ่งเป็นโลหะหนัก โดยโลหะหนักเหล่านี้จะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างยิ่ง ถ้าหากไม่มีการจัดเก็บทำลายฤทธิ์ของโลหะหนักเหล่านี้อย่างถูกวิธี ก็จะทำให้เกิดการตกค้างและการปนเปื้อนของโลหะหนักซึ่งอาจจะเป็นปัญหาต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# ทฤษฎีและหลักการ

## 2.1 ถ่านไฟฉาย

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

1. ถ่านไฟฉายแบบปฐมภูมิ (Primary battery) คือ ถ่านไฟฉายที่สามารถใช้ได้เพียงครั้งเดียวเท่านั้น ไม่สามารถนำกลับมาบรรจุกระแสไฟฟ้าได้ใหม่ ได้แก่ถ่านไฟฉายแบบคาร์บอน-สังกะสี อัลคาไลต์-แมงกานีส และซิลเวอร์ออกไซด์ เป็นต้น

2. ถ่านไฟฉายแบบทุติยภูมิ (Secondary battery) คือ ถ่านไฟฉายที่ใช้ได้หลายครั้ง โดยสามารถนำไปบรรจุกระแสไฟฟ้าเข้าไปใหม่ได้ ได้แก่ ถ่านไฟฉายแบบนิเกิล-แคดเมียม

ถ่านไฟฉายแต่ละชนิดจะประกอบด้วย 3 ส่วนที่สำคัญ คือ ขั้วบวก ขั้วลบ และอีเลคโตรไลต์

### 2.1.1 ชนิดของถ่านไฟฉาย

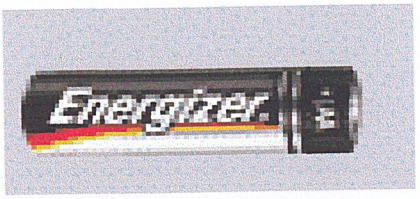
1. ถ่านไฟฉายแบบคาร์บอน-สังกะสี มักใช้กับอุปกรณ์ที่ไม่ต้องการกระแสไฟฟ้าสูง เช่น ไฟฉาย วิทยุ เป็นต้น ประกอบด้วยสังกะสีที่ทำหน้าที่เป็นขั้วลบ แมงกานีสไดออกไซด์ทำหน้าที่เป็นขั้วบวก และแอมโมเนียมคลอไรด์เป็นอิเลคโตรไลต์ โดยมีปรอทเป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 0.01 โดยน้ำหนัก ทำหน้าที่ลดการผุกร่อนของสังกะสีและป้องกันเชื้อรา

**รูปที่2.1** ถ่านไฟฉายแบบคาร์บอน-สังกะสี

2 ถ่านไฟฉายแบบอัลคาไลต์-แมงกานีส มักใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการกระแสไฟฟ้ามากและเป็นเวลานาน เช่น เครื่องบันทึกเสียง กล้องถ่ายรูป และมอเตอร์ เป็นต้น ประกอบด้วย ผง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สังกะสีทำหน้าที่เป็นขั้วลบ แมงกานีสไฮดรอกไซด์ทำหน้าที่เป็นขั้วบวก และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นอิเลคโตรไลต์ โดยมีปรอทเป็นองค์ประกอบประมาณ ร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก

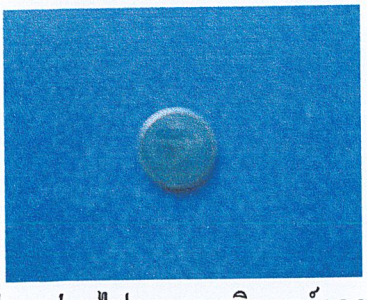



**รูปที่2.2** ถ่านไฟฉายแบบอัลคาไลต์-แมงกานีส

3. ถ่านไฟฉายแบบเมอร์คิวรีออกไซด์ เป็นถ่านไฟฉายแบบเม็ดกระดุมที่ให้พลังงานสูง ที่อายุการใช้งานยาวนาน มักใช้กับ เครื่องบันทึกเสียง กล้องถ่ายรูป เครื่องคิดเลข เป็นต้น ประกอบด้วยผงสังกะสีทำหน้าที่เป็นขั้วลบ เมอร์คิวรีออกไซด์ทำหน้าที่เป็นขั้วบวก และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นอิเลคโตรไลต์ โดยมีปรอทเป็นองค์ประกอบ ร้อยละ 33 โดยน้ำหนัก

**รูปที่2.3** ถ่านไฟฉายแบบเมอร์คิวรีออกไซด์

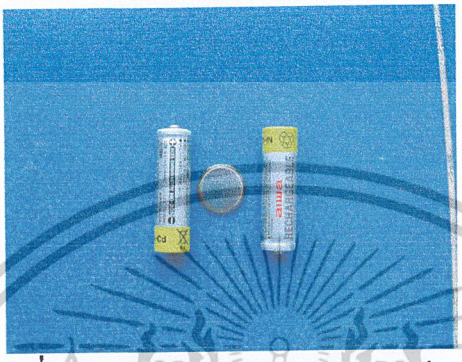
4. ถ่านไฟฉายแบบซิลเวอร์ออกไซด์ มีลักษณะการใช้งานคล้ายกับถ่านไฟฉายแบบเมอร์คิวรี ประกอบด้วยผงสังกะสีที่ทำหน้าที่เป็นขั้วลบ ซิลเวอร์ออกไซด์ทำหน้าที่เป็นขั้วบวก และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นอิเลคโตรไลต์ โดยมีปรอทเป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก



**รูปที่2.4** ถ่านไฟฉายแบบซิลเวอร์ออกไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ถ่านไฟฉายแบบนิเกิล-แคดเมียม เป็นถ่านไฟฉายแบบทุติยภูมิที่ผลิตออกมา 3 รูปแบบ คือ แบบกล่องสี่เหลี่ยม แบบทรงกระบอก และแบบเม็ดกระดุม ประกอบด้วยนิเกิลออกไซด์ทำหน้าที่เป็นขั้วลบ แคดเมียมทำหน้าที่เป็นขั้วบวก และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นอิเลคโตรไลต์ โดยมีนิเกิลและแคดเมียมเป็นองค์ประกอบร้อยละ 12-32 และ 10-18 โดยน้ำหนักตามลำดับ



**รูปที่2.5** ถ่านไฟฉายแบบ นิเกิล-แคดเมียม

ถ่านไฟฉายแต่ละชนิดจะมีสารที่เป็นองค์ประกอบแตกต่างกันดังตารางที่2.1 โดยองค์ประกอบที่เหลือส่วนใหญ่เป็นอิเลคโตรไลต์ซึ่งอาจมีสารอื่นๆเจือปนอยู่บ้าง

**ตารางที่2.1** ร้อยละโดยน้ำหนักของสารที่เป็นองค์ประกอบในถ่านไฟฉายบางชนิด

| ถ่านไฟฉาย | Zn | MnO | Hg | Ag | C | Paper/ plastic | Metal | Cd |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| คาร์บอน-สังกะสี | 17 | 29 | 0.01 | - | 7 | 10 | 16 | 0.08 |
| อัลคาไลต์- | 14 | 22 | 0.5-1 | - | 2 | 5 | 37 | - |
| แมงกานีส | 11 | - | 33 | - | - | 7 | 22 | - |
| เมอร์คิวรีออกไซด์ | | - | 1 | 27 | - | 7 | 22 | - |
| ซิลเวอร์ออกไซด์ | 10 | | | | | | | |

สำหรับถ่านไฟฉายแบบคาร์บอน-สังกะสี ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในถ่านไฟฉายขณะที่ปล่อยกระแสไฟฟ้า ประกอบด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชัน ของสังกะสีที่ขั้วลบ และปฏิกิริยารีดักชันของแมงกานีสที่ขั้วบวก ดังสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

$Zn^{2-}$ ที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น จะทำปฏิกิริยากับ $NH_4Cl$ ในอิเลคโตรไลต์ และ $OH^{-}$ จากปฏิกิริยารีดักชั่นของแมงกานีส เกิดเป็น $Zn(NH)Cl$ โดยมีปฏิกิริยารวมดังสมการ

$$Zn(s) + 2MnO_2(s) + 2NH_4Cl(aq) \longrightarrow Mn_2O_3H_2O(s) + Zn(NH_3)_2Cl_2(s) \quad (2.3)$$

กรณีถ่านไฟฉายถูกใช้งานหนัก จะมีน้ำเข้าร่วมปฏิกิริยาด้วย และมีก๊าซแอมโมเนียเกิดขึ้นด้วย ดังสมการ

$$Zn(s) + 2MnO_2(s) + NH_4Cl(aq) + H_2O(l) \longrightarrow Mn_2O_3H_2O(s) + NH_3(g) + Zn(OH)Cl(s) \quad (2.4)$$

กรณีที่ถ่านไฟฉายถูกใช้งานโดยมีการปล่อยกระแสไฟฟ้าอย่างเบาบาง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นและปฏิกิริยารีดักชั่น จะทำปฏิกิริยากันดังสมการ

$$Zn(s) + 2MnO_2(s) \longrightarrow ZnO.Mn_2O_3(s) \quad (2.5)$$

นอกจากนี้ขณะเริ่มต้นใช้งานความเข้มข้นของ NH ที่ต่ำ Zn จะตกผลึกกลายเป็นสารประกอบซีคลอไลด์ หรือไฮดรอกไซด์ ดังสมการทั้ง 2 สมการด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$4Zn(s) + 4ZnCl_2(aq) + 8MnO_2(s) + 8H_2O(l)$$

$$\longrightarrow 4Mn_2O_3H_2O(s) + ZnCl_2Zn(OH)_2(s) \quad \textbf{(2.6)}$$

$$Zn(s) + 2MnO_2(s) + 2H_2O(l) \longrightarrow Mn_2O_3H_2O(s) + Zn(OH)_2(s) \quad \textbf{(2.7)}$$

จากสมการข้างต้นจะพบว่าสารเคมีที่เกิดขึ้นในถ่านไฟฉายที่หมดอายุการใช้งานแล้วนั้น จะประกอบด้วย $Mn_2O_3H_2O$ และสารประกอบของสังกะสี ซึ่งอาจอยู่ในรูปของเกลือคลอไลด์ ออกซีคลอไลด์หรือไฮดรอกไซด์

การเสื่อมคุณภาพของถ่านไฟฉายขณะที่ไม่ถูกใช้งาน เกิดปฏิกิริยาการกัดกร่อนของสังกะสีที่ขั้วลบ โดยเกิดจากสังกะสีทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจนภายนอกที่เข้ามาในก้อนถ่าน หรือทำปฏิกิริยากับสารในอิเลคโตรไลต์ ก่อให้เกิดการผุกร่อนและรั่วซึมของก้อนถ่าน ปัจจุบันสารเคมีที่ใช้ในการป้องกันการผุกร่อนของสังกะสี คือ $HgCl_2$ โดยนำมาผสมกับอิเลคโตรไลต์ ประมาณร้อยละ 0.01 เพื่อทำให้ผิวของสังกะสีเรียบ เป็นการลดการผุกร่อนและยืดอายุการใช้งานของถ่านไฟฉาย

จากข้อมูลของกรมโรงงานอุตสาหกรรม 2538 พบว่าปัจจุบันประเทศไทยมีโรงงานผลิตถ่านไฟฉายประมาณ 10 แห่ง ผลิตเฉพาะถ่านไฟฉายแบบคาร์บอน-สังกะสี 6 แห่ง รวมมีกำลังในการผลิตถ่านไฟฉายขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก ประมาณ 300, 26 และ 103 ล้านก้อนต่อปี ตามลำดับ

ถึงแม้ว่าประเทศไทยจะสามารถผลิตถ่านไฟฉายได้เอง แต่ก็ยังต้องมีการนำเข้าถ่านไฟฉายบางประเภทที่ไม่สามารถผลิตเองได้ เช่น อัลคาไลด์-แมงกานีส เมอร์คิวรีออกไซด์ ซิลเวอร์ออกไซด์ และนิเกิล-แคดเมียมจากข้อมูลกรมโรงงานอุตสาหกรรมพบว่าปี 2538 มารนำเข้าประมาณ 130 ล้านก้อนต่อปี

### 2.1.2 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตถ่านไฟฉายแบบคาร์บอน-สังกะสี

1. วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตขั้วบวก

แมงกานีสออกไซด์ ทำหน้าที่เป็นดีโพลาไรเซอร์ (depolarizer) คือช่วยลดก๊าซไฮโดรเจนที่เกิดจากปฏิกิริยาของแอมโมเนียมคลอไรด์ ซึ่งก๊าซไฮโดรเจนจะไปเกาะที่แท่งคาร์บอน ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลไม่สะดวก แมงกานีสไดออกไซด์ที่ใช้ส่วนใหญ่ได้จากแร่ธรรมชาติ คือ แร่ไพโรไซด์ ซึ่งมีแมงกานีสไดออกไซด์เป็นส่วนประกอบประมาณ 50-70 เปอร์เซ็นต์

ผงถ่าน เป็นผงถ่านที่บดละเอียดมีขนาดประมาณ 65-70 ไมครอน ใช้ผสมลงในแมงกานีสไดออกไซด์เพื่อช่วยเพิ่มการนำไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แท่งถ่าน เป็นแกนกลางของถ่านไฟฉาย ทำจากถ่านโค๊ก ทำหน้าที่นำกระแสไฟฟ้าสู่วงจรภายนอก

2. วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตขั้วลบ ได้แก่ กระบอกสังกะสี ในโรงงานขนาดใหญ่จะผลิตกระบอกสังกะสีเอง ส่วนโรงงานขนาดเล็กจะใช้กระบอกสังกะสีสำเร็จรูป

3. วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอิเลคโตรไลต์ ได้แก่ แอมโมเนียมคลอไรด์ เมอร์คิวรีคลอไรด์ ใช้ผสมลงในอิเลคโตรไลต์เพื่อลดการผุกร่อนของสังกะสีและป้องกันเชื้อรา เจลลิงเอเจนต์ ใช้ผสมลงไปเพื่อทำให้อิเลคโตรไลต์ มีลักษณะเป็นแป้งเปียก ได้แก่ น้ำแป้งมัน หรือ น้ำแป้งสาลี

4. ส่วนประกอบอื่นๆ ได้แก่ กระดาษรองก้นและปิดหัวถ่านไฟฉายซึ่งเป็นกระดาษแข็งหรือกระดาษเคลือบไข หัวจุกทองเหลือง ปลอกกระดาษหรือปลอกเหล็ก แผ่นฉลาก

**2.2 การควบคุมและการกำจัด**

**2.2.1 ของเสียอันตราย( Hazardousn waste)**

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

1. การเพิ่มขึ้นของอัตราการตาย หรือการป่วยที่รักษาไม่หาย

2. เป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์หรือสิ่งแวดล้อม หากทำการบำบัด การกักเก็บการขนส่ง การทิ้งหรือการจัดการ ที่ไม่เหมาะสม

สำหรับประเทศไทยของเสียอันตราย ตามคำจำกัดความของสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ หมายถึง ของเสียหรือสิ่งที่เจือปนด้วยของเสีย ซึ่งมีความเข้มข้นหรือสมบัติทางด้านกายภาพเคมีหรืออื่นๆ ที่เป็นสาเหตุให้เกิดการตายหรือเจ็บป่วย ทั้งที่รักษาได้และรักษาไม่ได้ ตลอดจนทำให้เกิดหรือมีแนวโน้มจะทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์และสิ่งแวดล้อม เมื่อไม่ได้มีการจัดการในการบำบัด เก็บกัก ขนส่ง และกำจัด ที่เหมาะสม

ของเสียอันตรายสามารถแบ่งตามสมบัติได้เป็นประเภทต่างๆ ดังนี้

1. สารไวไฟ คือของเสียที่ติดไฟได้ที่อุณหภูมิและความดันมาตรฐาน

2. สารเกิดปฏิกิริยาได้ง่าย คือ ของเสียที่ไม่คงตัว สามารถทำปฏิกิริยาได้อย่างรวดเร็ว

3. สารกัดกร่อน คือ ของเสียที่มี พีเอช น้อยกว่าหรือเท่ากับ 2 หรือพีเอช มากกว่าหรือเท่ากับ 12.5

4. สารมีพิษ คือ ของเสียที่มีความเป็นพิษ ในตัวเอง ได้แก่ สารเคมีต่างๆ หรือ สารกัมมันตรังสี

5. สารถูกชะละลายได้ง่าย คือ ของเสียที่สามารถถูกชะละลายสู่สิ่งแวดล้อม เช่น ดิน แหล่งน้ำผิวดิน หรือน้ำใต้ดิน ได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. สารที่ก่อให้เกิดโรค คือ ของเสียที่มีจุลินทรีย์ปะปนอยู่ เช่น ของเสียจากสถานพยาบาล หรือ ห้องปฏิบัติการเพาะเชื้อ

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

เนื่องจากถ่านไฟฉายประกอบด้วยโลหะหนักหลายชนิด เช่น ปรอท แคดเมียม แมงกานีส และสังกะสี เป็นต้นซึ่งเข้าข่ายของเสียอันตราย ประเภทสารมีพิษตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 25 (พ.ศ. 2531) เนื่องจากมีความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำเกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ และจัดเป็นสารที่ถูกชะล้างได้ง่ายตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2540) จึงจำเป็นต้องทำลายฤทธิ์ก่อนนำไปฝังกลบขั้นสุดท้าย

**2.2.2 วัตถุดิบที่เป็นสารอันตรายหรือสารพิษ**

1. แมงกานีสไดออกไซด์ สามารถเข้าสู่ร่างกายโดยการกินและการหายใจ ถ้าหายใจเอาฝุ่นของแมงกานีสเข้าไปในปริมาณมากหรือกินเข้าไปจะก่อให้เกิดอาการเฉียบพลัน มีอาการคลื่นไส้อาเจียน เป็นไข้ ปวดศีรษะ ส่วนอาการแบบเรื้อรังอันเนื่องมาจากการหายใจเอาฝุ่นของแมงกานีสเข้าไปติดต่อกันเป็นเวลานานๆ จะส่งผลต่อระบบประสาทส่วนกลางและระบบทางเดินหายใจ โดยเริ่มจากอาการเป็นไข้ปวดศีรษะ กล้ามเนื้อไม่มีแรง เบื่ออาหาร พูดน้อย อาการจะรุนแรงมากขึ้นจนกระทั่ง กล้ามเนื้อกระตุก เป็นตะคริวบ่อยขึ้น ทรงตัวไม่ได้ จนเป็นอัมพาต ส่วนอาการที่เกิดขึ้นต่อระบบทางเดินหายใจ จะทำให้เกิดอาการ ปอดบวมเจ็บคอ ไอมีเสมหะ ต่อมาเริ่มมีไข้สูง ไอมากขึ้น แน่นอึดอัดหายใจไม่ออก

2. แอมโมเนียมคลอไรด์ สามารถเข้าสู่ร่างกายโดยการหายใจ และการกินโดยปนเปื้อนจากอาหารหรือวัสดุที่ใช้ห่อหุ้มอาหาร ถ้าได้รับเข้าไปในปริมาณมากจะทำให้เกิดอาการคลื่นไส้ อาเจียน

3. ผงถ่าน สามารถเข้าสู่ร่างกายโดยการหายใจ ก่อให้เกิดการระคายเคืองที่จมูกและปอดได้ ถ้าสัมผัสติดต่อกันเป็นเวลานานๆ อาจก่อให้เกิดมะเร็งที่ผิวหนังได้

4. ซิงค์ออกไซด์ สามารถเข้าสู่ร่างกายได้โดยการหายใจเอาซิงค์ออกไซด์เข้าไป ถ้าได้รับเข้าไปในปริมาณมากจะทำให้เกิดโรค metal-fume fever โดยจะมีอาการหนาวสั่น มีไข้ คลื่นไส้อาเจียน คอแห้ง ไอ ปวดเมื่อย อ่อนเพลีย และปวดศีรษะตลอดจนปวดตามลำตัว หลังจากนั้น 2-3 ชั่วโมง เหงื่อจะออกมาก อุณหภูมิในร่างกายจะลดลงอาการที่เกิดขึ้นจะหายไปในระยะเวลาสั้นๆ

5. เมอร์คิวรีคลอไรด์ สามารถเข้าสู่ร่างกายโดยการกิน มีอาการ แสบท้อง คลื่นไส้ อาเจียน ท้องร่วง มีผลต่อกระเพาะและลำไส้ ถ้าสัมผัสผิวหนัง จะทำให้เป็นผื่นแดง แสบ เป็นแผลพุพอง ส่วนอาการแบบเรื้อรัง จะส่งผลต่อระบบประสาท และอาจจะเป็นอันตรายต่อสมองและไตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. แคดเมียม สามารถเข้าสู่ร่างกายได้โดยการหายใจเอาไอของแคดเมียมเข้าไป จะทำให้เกิดโรค metal-fume fever มีอาการเช่นเดียวกับอาการที่หายใจเอาเอาไอของซิงค์ออกไซด์เข้าไป

**2.2.3 การบำบัดและการกำจัดของเสียที่เป็นอันตราย**

การบำบัดของเสียที่เป็นอันตราย หมายถึง การจัดการกับของเสียที่เป็นอันตรายเพื่อลดความเป็นพิษและทำให้มีสมบัติทางด้านกายภาพและเคมีที่เหมาะสม ก่อนนำไปกำจัดขั้นสุดท้าย แบ่งออกเป็น 4 วิธี คือ

1. การบำบัดทางกายภาพ (Physical treatment) เป็นการแยกของแข็งและของเหลวออกจากกันด้วยวิธีต่างๆ ได้แก่ การดูดซับด้วยคาร์บอน,การกรอง, การเหวี่ยงด้วยแรงหนีศูนย์กลาง,และการตกตะกอน เป็นต้น

2. การบำบัดทางเคมี (Chemical treatment) เป็นวิธีการทำลายฤทธิ์ของเสีย ประกอบด้วยวิธีการต่างๆ ได้แก่ การทำสะเทิน, การบำบัดด้วยวิธีออกซิเดชัน, การบำบัดด้วยวิธีดักชัน, การทำเสถียร/การทำให้เป็นก้อนแข็ง, การตกตะกอนผลึก, และการแลกเปลี่ยนประจุ เป็นต้น

3. การบำบัดทางชีวภาพ (Biological treatment) เหมาะกับของเสียที่เป็นสารอินทรีย์ ประกอบด้วยวิธีการต่างๆ ได้แก่ ระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์, การย่อยสลายแบบแอนแอโรบิค และการหมักทำปุ๋ย เป็นต้น

4. การบำบัดด้วยความร้อน (Thermal treatment) ได้แก่ การเผา

การกำจัดของเสียมีด้วยกันหลายวิธีขึ้นอยู่กับประเภทของเสียนั้นๆ เช่น การกำจัด โดยการนำไปทิ้งในทะเล การฝังกลบ และการอัดลงชั้นบาดาล เป็นต้น โดยที่ของเสียนั้นๆจะต้องผ่านการกำจัดก่อน เพื่อให้มีความเหมาะสมในการกำจัดขั้นสุดท้าย

การฝังกลบเป็นวิธีการที่ใช้กำจัดของเสียที่เป็นอันตราย ซึ่งนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ของเสียที่เป็นของเหลวหรือสลัดจ์ ไม่เหมาะที่จะกำจัดด้วยวิธีการฝังกลบ ทั้งนี้เนื่องจากของเหลวที่อยู่ในของเสียหรือเมื่อถูกน้ำชะละลาย อาจปนเปื้อนลงสู่ดินและน้ำใต้ดินได้ง่าย

**2.2.4 การทำเสถียรและการทำให้เป็นก้อนแข็ง**

การทำเสถียร (Stabilization) หมายถึง กระบวนการที่ของเสียถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปความคงตัวทางเคมีมากขึ้น รวมถึงการทำให้อยู่ในรูปสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งธาตุหรือสารประกอบที่เป็นพิษจะถูกกักด้วยโพลิเมอร์หรือ โครงสร้างผลึกของสารที่ทำให้เกิดความคงตัว

การทำให้เป็นก้อนแข็ง (Solidification) หมายถึง กระบวนการที่มีการเติมวัสดุบางชนิดลงในของเสีย เพื่อให้ได้ของแข็งที่เป็นเนื้อเดียวกัน ทำให้มีความคงตัวทาง โครงสร้าง และสมบัติทางกายภาพที่ดีขึ้นพร้อมที่จะถูกหยิบจับ และขนส่งต่อไป ซึ่งอาจจะมีการเกิดพันธะทางเคมีระหว่างของเสียกับวัสดุที่เติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.2.5 การทำให้เป็นก้อนแข็งด้วยปูนซีเมนต์**

การทำให้เป็นก้อนแข็งด้วยปูนซีเมนต์ ประกอบด้วยการผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์และสารผสมเพิ่มอื่นบางประเภท เช่น เถ้าลอย, ซิลิเกต และซัลไฟด์ เป็นต้น กับของเสีย ของเสียที่เป็นของเหลวหรือของเหลวในสลัดจ์จะกลายเป็นส่วนหนึ่งของน้ำสำหรับปฏิกิริยาไฮเดรชัน ผลจากปฏิกิริยาไฮเดรชัน จะเกิดแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรตเจล ซึ่งจะแข็งตัวกลายเป็นผลึกแหลมๆอย่างหนาแน่น โลหะหนักในของเสียจะถูกเปลี่ยนรูปเป็นโลหะไฮดรอกไซด์และโลหะซิลิเกต ในสภาวะที่มีความเป็นด่างสูง และถูกักไว้ภายในโครงสร้างของซีเมนต์ โลหะบางชนิดอาจถูกกักอยู่ภายในโครงสร้างผลึกที่ซับซ้อนของซีเมนต์

**2.2.6 การจัดการถ่านไฟฉายในต่างประเทศ**

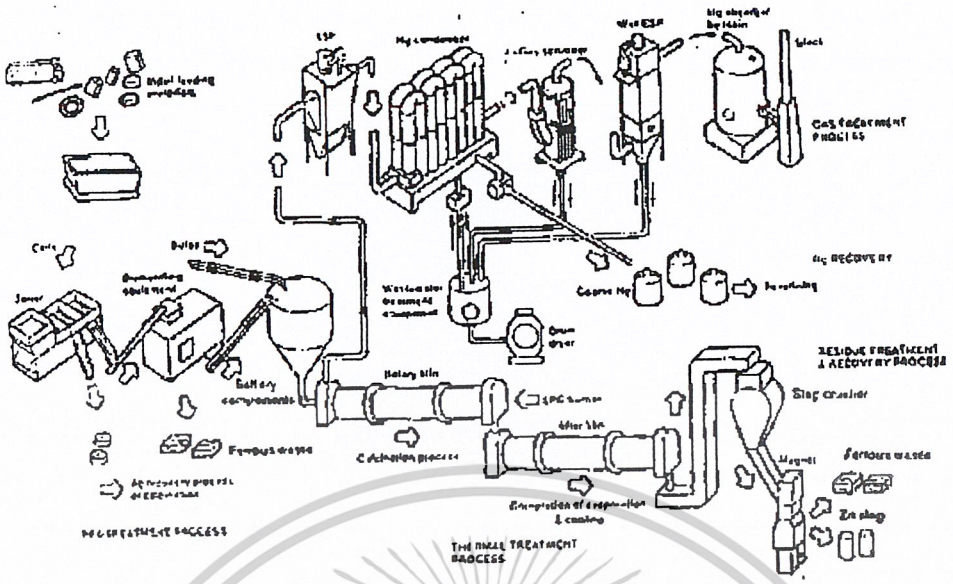
การจัดการถ่านไฟฉายในประเทศแถบยุโรป และสหรัฐอเมริกา จะประกอบด้วย 2 ส่วนที่สำคัญ คือ (Environment Canada, 1991)

1. การเก็บรวบรวมถ่านไฟฉายที่ใช้แล้ว โดยอาศัยความร่วมมือจากโรงงานผู้ผลิต, ร้านค้าย่อย และผู้ใช้ ซึ่งผู้ใช้มีหน้าที่ส่งคืนถ่านไฟฉายที่ใช้แล้วให้กับร้านค้า ทางร้านค้าจะทำการรวบรวมและส่งต่อไปยังศูนย์กลางหลังจากนั้นจะถูกส่งไปกำจัดโดยการฝังกลบต่อไป ตัวอย่างประเทศที่ทำการเก็บรวบรวมถ่านไฟฉายเมอร์คิวรีออกไซด์และอัลคาไลด์-แมงกานีส ได้แก่ สวิสเซอร์แลนด์ เดนมาร์ก เนเธอร์แลนด์ ออสเตรีย ญี่ปุ่น อเมริกา และแคนนาดา ส่วนประเทศที่ทำการเก็บรวบรวมถ่านไฟฉายประเภท เมอร์คิวรีออกไซด์ ได้แก่ สวีเดน อังกฤษ เบลเยียม และฝรั่งเศส

2. การกำจัดถ่านไฟฉายที่ใช้แล้ว ส่วนมาก จะถูกนำไปฝังกลบ มีเพียงบางประเทศที่นำมารีไซเคิลเอาวัสดุที่มีค่า เช่น ปรอท สังกะสี แมงกานีส แคดเมียม กลับมาใช้ใหม่ เช่น โรงงาน Nomura Kosan ในประเทศญี่ปุ่น และโรงงาน Voest – Alpine ในประเทศออสเตรีย

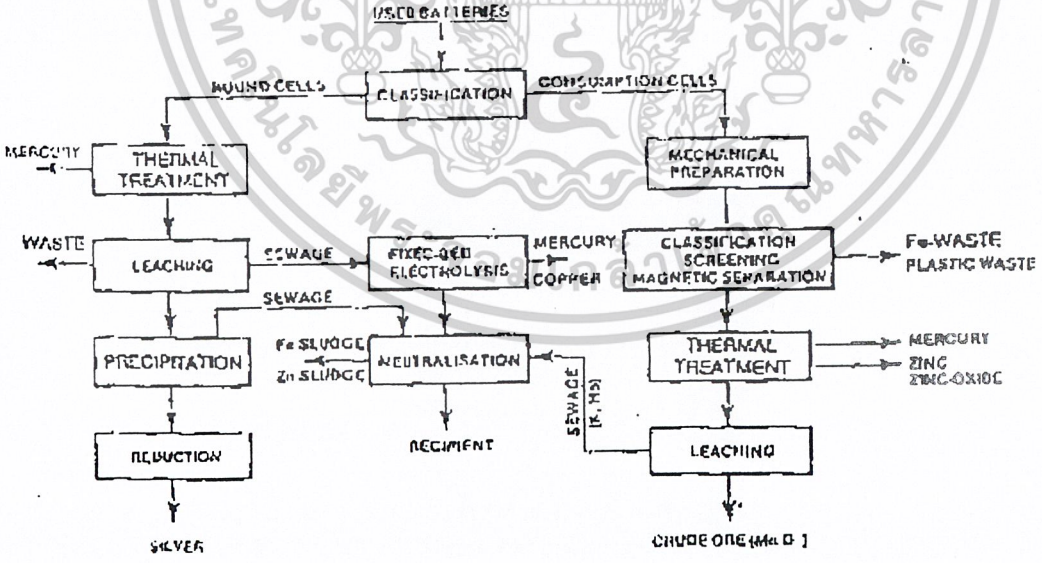
โรงงาน Nomura Kosan ตั้งอยู่ที่ ฮอกไกโด ทำการรีไซเคิลถ่านไฟฉายและหลอดฟลูออเรสเซนต์ ซึ่งมีปรอทปนเปื้อน สมารถรีไซเคิลได้ประมาณ 6000 ตันต่อปี กระบวนการประกอบด้วย 3 ส่วน คือ กระบวนการขั้นต้น ถ่านไฟฉายและหลแดฟลูออเรสเซนต์จะถูกแยกออกเป็นขนาดต่างๆ ก่อนที่จะนำมาถอดปลอกโลหะกลับมาใช้ใหม่ หลังจากนั้นนำมาผ่านกระบวนการทางความร้อน ของเสียจะถูกเผาจนปรอทกลายเป็นไอและถูกควบแน่น ได้ปรอทมีความบริสุทธิ์ประมาณ 99.99 % ส่วนกากตะกอนที่เหลือจากการเผา จะถูกนำมาผ่านกระบวนการขั้นสุดท้าย เพื่อแยกสังกะสีออกอีกครั้ง ดังรูปที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่2.6 แสดงกระบวนการรีไซเคิลถ่านไฟฉายของโรงงาน Nomura Kosan ในประเทศญี่ปุ่น

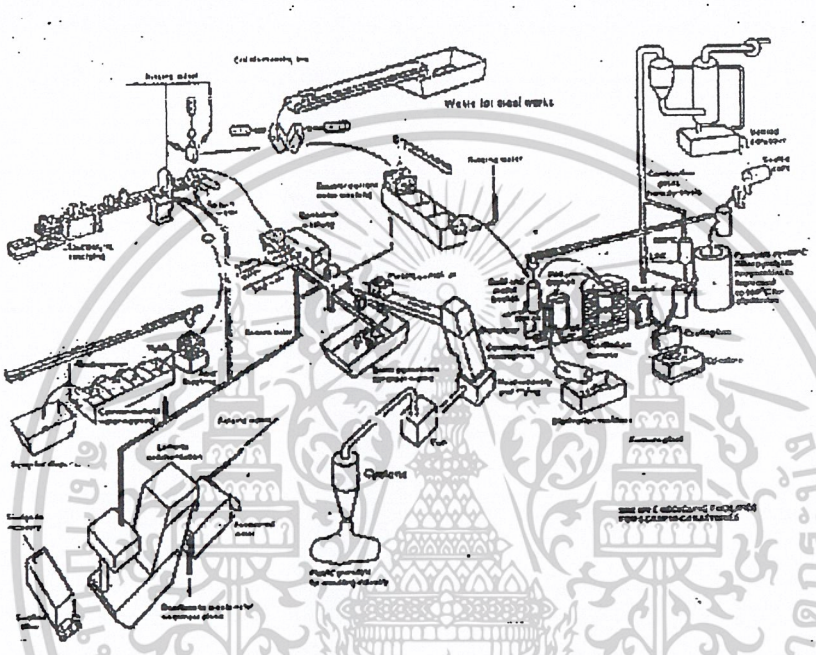
โรงงาน voest-Alpine ในประเทศออสเตรีย ทำการรีไซเคิลถ่านไฟฉายแบบเม็ดกระดุม และแบบอื่นๆ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแบบคาร์บอนสังกะสี สามารถรีไซเคิลได้ประมาณ 1000 ตันต่อปี ซึ่งในกระบวนการสามารถนำปรอท สังกะสี เงิน และแมงกานีส กลับมาใช้ใหม่ ดังรูปที่ 2.7




รูปที่2.7 แสดงการรีไซเคิลถ่านไฟฉายของโรงงาน Voest-Alpine ประเทศออสเตรีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โรงงาน SAB Nife ในประเทศสวีเดน ซึ่งเป็นโรงงานผลิตถ่านไฟฉายแบบนิเกิล-แคดเมียม ได้ทำการติดตั้งระบบรีไซเคิลแคดเมียม จากถ่านไฟฉายแบบนิเกิล-แคดเมียมที่ใช้แล้วภายในประเทศ รวมทั้งที่ส่งมาจากประเทศอื่นๆ โดยสามารถรีไซเคิลได้ประมาณ 1000 ตันต่อปี ได้แคดเมียมที่มีความบริสุทธิ์ประมาณ 99.5% ส่วนนิเกิลยังคงอยู่ในกากตะกอนที่เกิดจากกระบวนการ ซึ่งจะถูกนำไปฝังกลบต่อไป กระบวนการรีไซเคิลของโรงงานนี้ประกอบด้วย 3 ส่วนใหญ่คือการถอดแยกก้อนถ่านไฟฉาย กระบวนการทางเคมี และการกลั่นดังรูปที่ 2.8



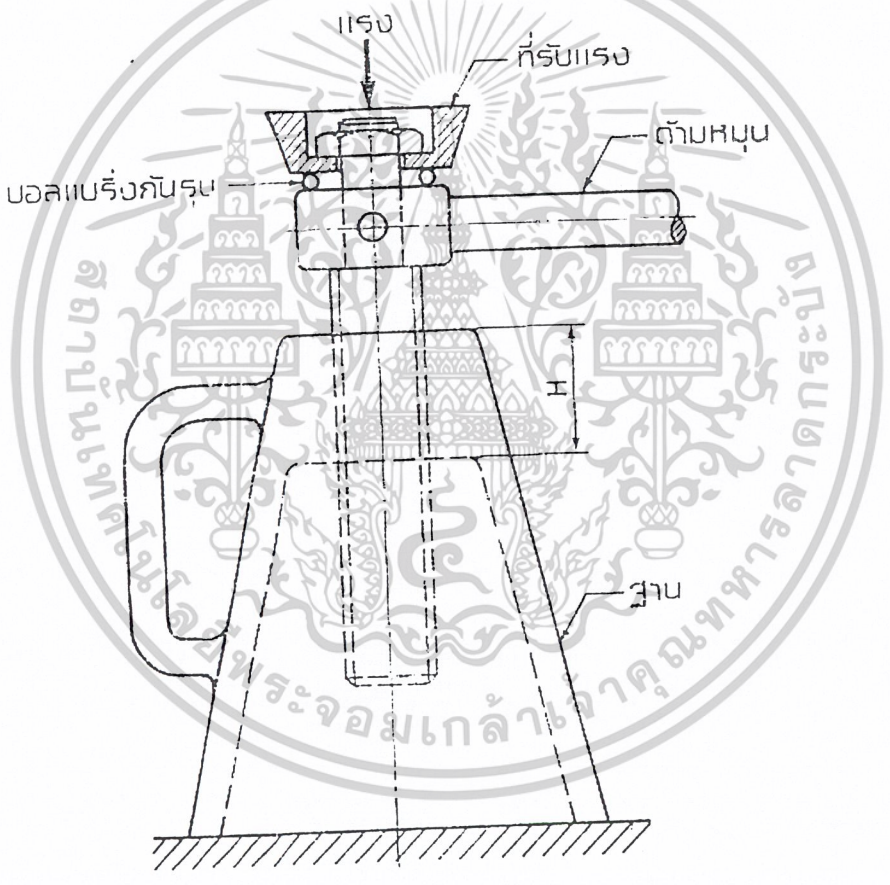
**รูปที่2.8** แสดงกระบวนการรีไซเคิลถ่านไฟฉายของโรงงาน SAB Nife ในประเทศสวีเดน

นอกจากนี้ประเทศฝรั่งเศสและอเมริกา ก็ได้ทำการรีไซเคิลถ่านไฟฉายแบบเมอร์คิวรีออกไซด์ อังกฤษก็ทำการีไซเคิลถ่านไฟฉายแบบซิลเวอร์ออกไซด์ และประเทศที่มีแผนงานที่จะจัดตั้งโรงงานรีไซเคิล ได้แก่ สวิสเซอร์แลนด์ สวีเดน เยอรมัน เนเธอร์แลนด์ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.3 สกรูส่งกำลัง**

สกรูส่งกำลัง(power screws) เป็นชิ้นส่วนที่ใช้ในเครื่องจักรกล เพื่อเปลี่ยนการเคลื่อนที่จากการหมุนเป็นการเลื่อน จึงมีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า สกรูเลื่อน(transiontion screws)นอกจากจะใช้เปลี่ยนการหมุนเป็นการเลื่อนแล้ว สกรูส่งกำลังยังใช้ในการยกน้ำหนักที่ตัวสกรูรับอยู่อีกด้วย ตัวอย่างของสกรูส่งกำลังที่ใช้ในเครื่องจักรกลต่างๆ ได้แก่ แม่แรง (screw jack) สำหรับยกน้ำหนัก สกรูเพรส (screw press) ใช้สำหรับกดชิ้นงานให้มีรูปร่างตามต้องการ การออกแบบหรือการเลือกขนาดของสกรูส่งกำลังจะต้องคำนึงถึงความแข็งแรงของตัวสกรูที่จะรับแรงกดหรือแรงดึง ความสามารถในการรับแรงเฉือนของตัวสกรู ความแข็งแรงและการสึกหรอของเกลียว ตลอดจนกำลังงานที่ต้องการ




**รูปที่2.9** แม่แรง

**2.3.1 คำจำกัดความ**

ก่อนที่จะกล่าวถึงชนิดของเกลียวสำหรับส่งกำลัง จำเป็นจะต้องทำความเข้าใจกับคำจำกัดความบางคำซึ่งจะต้องใช้อยู่เสมอ พิจารณาจากรูป 2.10

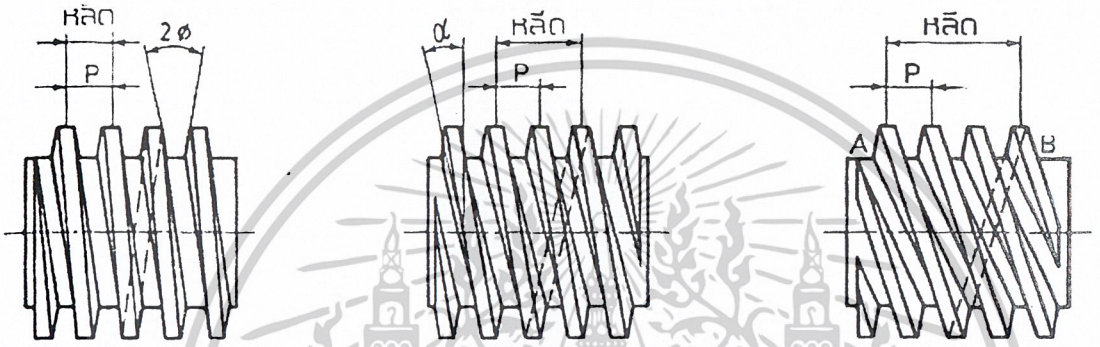
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



ระยะพิตช์ P หมายถึง ระยะทางที่วัดตามแนวแกนของสกรูจากจุดหนึ่งบนเกลียวหนึ่ง ไปยังจุดเดียวของเกลียวที่อยู่ถัดไป

หลีด (lead) le คือ ระยะทางที่สกรูเคลื่อนที่ได้ตามแนวแกนของสกรู ในขณะที่สกรูหมุนไป 1 รอบ ถ้าเป็นสกรูหนึ่งปาก (single thread) ระยะของหลีด มีค่าเท่ากับระยะพิตช์ สำหรับสกรูสองปาก(double thread) เกลียวจะมีปากคาบระหว่างเกลียวสองเกลียวดังรูป 2.10 ดังนั้นเมื่อสกรูหมุนไปหนึ่งรอบ การเคลื่อนที่ในแนวแกนของสกรูจึงเป็นสองเท่าของระยะพิตช์ สกรูสามปาก(triple thread) หลีดจะมีค่าเป็นสามเท่าของระยะพิตช์




**รูปที่2.10** เกลียวสี่เหลี่ยมคางหมู

มุมฮีลิกซ์หรือมุมหลีด (helix or lead angle) $\alpha$ หมายถึงมุมระหว่างระนาบที่สัมผัสกับความเอียงของเกลียว และระนาบที่ตั้งฉากกับแขนของสกรู

เส้นผ่านศูนย์กลางขนาดใหญ่เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางที่ใหญ่ที่สุดของสกรู ซึ่งนับรวมถึงความสูงของเกลียวด้วย ขนาดระบุ (norminal size) ของสกรูส่งกำลังจะบอกโดยใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดใหญ่เสมอ

เส้นผ่านศูนย์กลางน้อย เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางที่เล็กที่สุดของสกรู

**2.3.2 ชนิดของเกลียวสำรับสกรูส่งกำลัง**

1. เกลียวในระบบหน่วยอังกฤษ

เกลียวสี่เหลี่ยม (square thread) เป็นเกลียวชนิดที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในจำพวกเกลียวของสกรูส่งกำลัง จะเรียนกันอีกชื่อหนึ่งว่าเกลียวเซลเลอร์ (Seller ' thread) โดยมีลักษณะของเกลียวดังรูป 2.11(ก) แต่เนื่องจาการตัดเกลียวสี่เหลี่ยมนี้ทำได้ยากและค่าใช่จ่ายสูง จึงมีการนำมาใช้งานน้อยลง

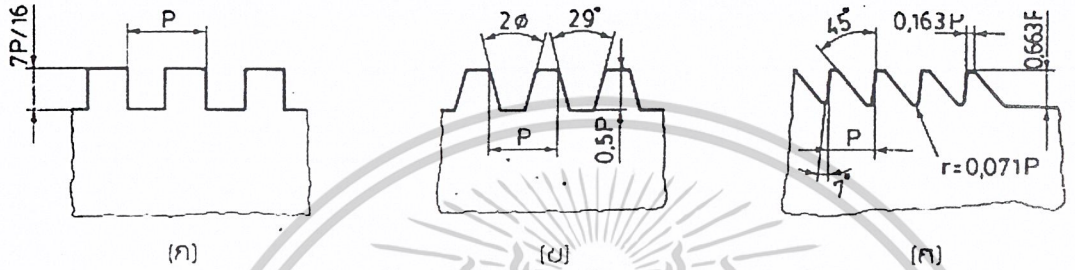
เกลียวแอคมี่ (acme thread) หรือเกลียวสี่เหลี่ยมคางหมู เป็นเกลียวชนิดที่มีการใช้งานมาเป็นเวลานานที่สุด รูปร่างของเกลียวเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู โดยมีมุมของเกลียว (thread angle) $2\phi$ เท่ากับ 29° ดังรูป2.11(ข) เนื่องจากตัดเกลียวได้ง่ายจึงมีการนำมาใช้งานเรื่อยมา ประสิทธิภาพของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

55697

เกลียวชนิดนี้จะน้อยกว่าเกลียวแบบสี่เหลี่ยม ถ้าเกิดความสึกหรอหลังจากการใช้งานมาเป็นระยะเวลาหนึ่งก็สามารถที่จะปรับให้เกลียวของสกรูกับเกลียวตัวเมียสนิทได้เหมือนเดิม โดยการขันเกลียวตัวเมียซึ่งเป็นแบบ split nut เข้าไปให้กระชับกับเกลียวของสกรูได้

เกลียวบัสเตสส์ (buttress thread) เป็นเกลียวที่มีรูปร่างเป็นฟันเลื่อย จุดมุ่งหมายก็เพื่อที่จะใช้รับแรงในทิศทางเดียวกัน เกลียวชนิดนี้มีความแข็งแรงมากกว่าเกลียวสองชนิดที่กล่าวมาแล้ว ดังรูป2.11(ค)

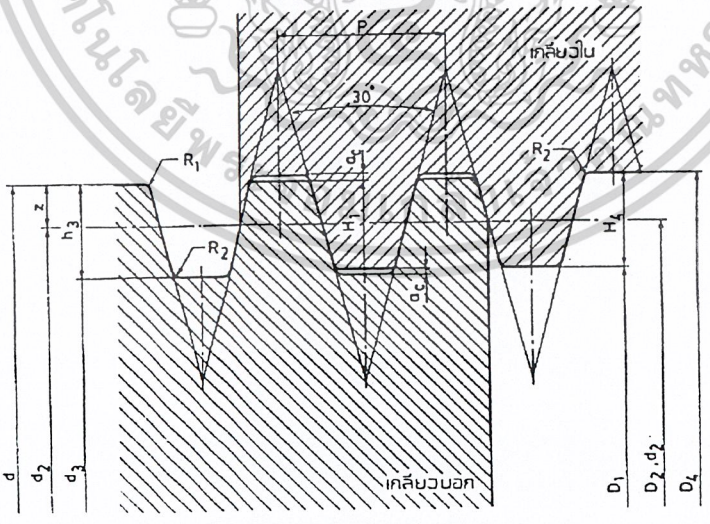



ก) เกลียวสี่เหลี่ยม ข) เกลียวแอคมี่ ค) เกลียวบัสเตรส

**รูปที่2.11** ชนิดของเกลียวสำหรับสกรูส่งกำลัง

2. เกลียวสี่เหลี่ยมคางหมูตามมาตรฐานไอเอสโอ

ขนาดเกลียวสี่เหลี่ยมคางหมูตามมาตรฐานไอเอสโอบอกมิติต่างเป็น mm และมีมุมของเกลียว $2\phi$ เท่ากับ $30°$ ขนาดต่างๆของสกรูส่งกำลังชนิดนี้แสดงในรูปที่ 2.12




**รูปที่2.12** ขนาดต่างๆของเกลียวสี่เหลี่ยมคางหมู

โดยที่ $a_c$ คือ ช่องว่างบนยอดฟัน

$D_4$ คือ เส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ของเกลียวใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$D_1$ คือ เส้นผ่านศูนย์กลางน้อยของเกลียวใน

$D_2$ คือ เส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ของเกลียวใน

d คือ เส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ของเกลียวนอก (เป็นขนาดระบุด้วย)

$d_3$ คือ เส้นผ่านศูนย์กลางน้อยของเกลียวนอก

$d_2$ คือ เส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ของเกลียวนอก

$H_1$ คือ ความสูงเหลื่อม(overlapping) ของเกลียว

$H_4$ คือ ความสูงของฟันเกลียวใน

$h_3$ คือ ความสูงของฟันเกลียวนอก

P คือ ระยะพิตช์

**2.4 รางลำเลียง (chute)**

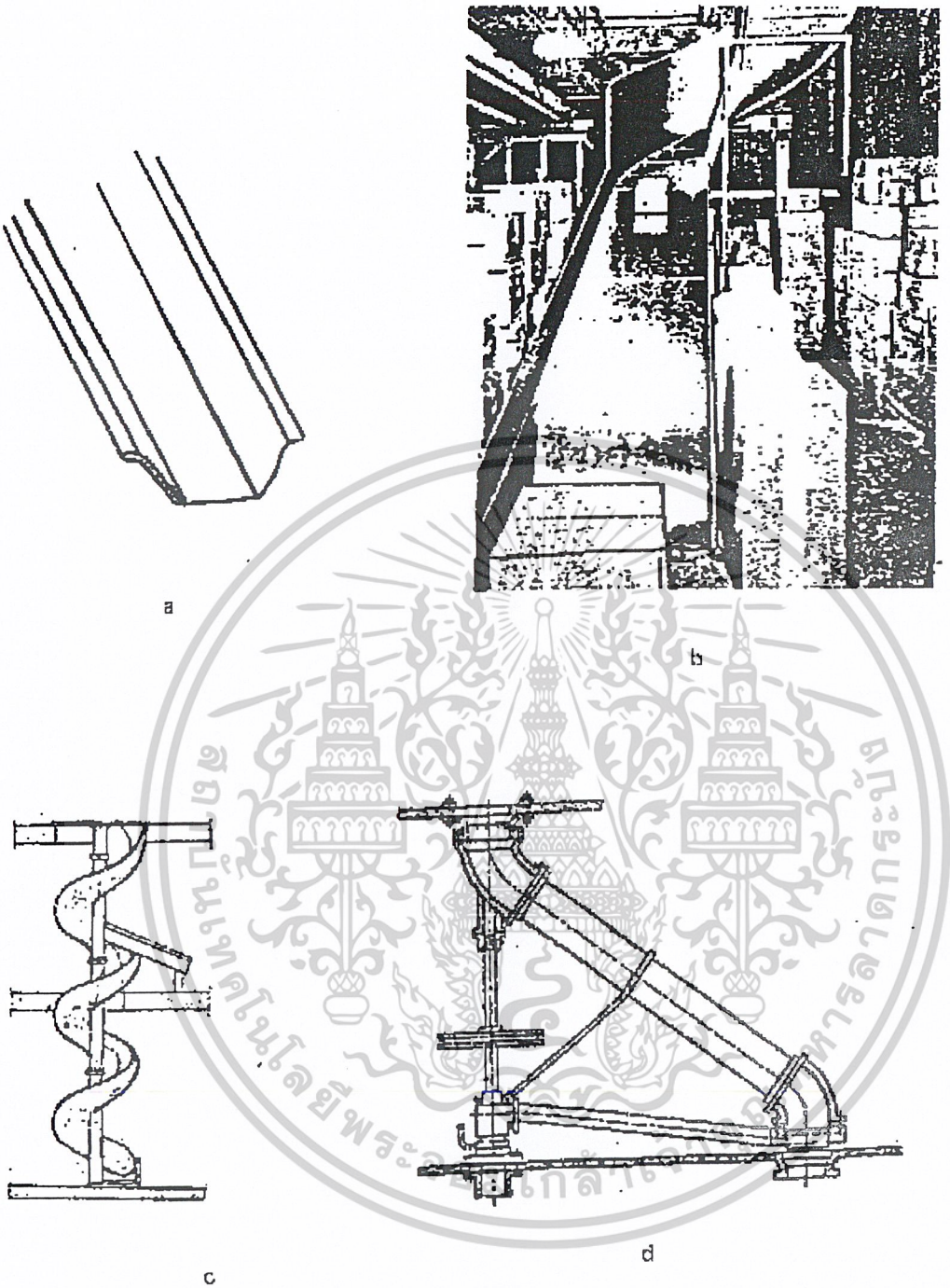
รางลำเลียงวัสดุมีหลายลักษณะ เช่น รางเรียบตรง รางโค้ง รางเกลียว รางเปิด รางปิด เป็นต้น โดยที่นี้จะขอกล่าวถึง รางลำเลียงแบบรางเรียบตรง ดังรูปที่ 2.13

**2.4.1 รางเรียบตรง**

รางเรียบตรงนินมใช้ป้อนวัสดุระยะทางสั้นๆ จากระบบขนถ่ายหนึ่งไปยังอีกระบบขนถ่ายหนึ่งหรือไปยังหน่วยแปรสภาพใดๆ ระยะทางที่ใช้รางเรียบตรงมักจะไม่เกิน 4.5 เมตร รางเรียบตรงส่วนใหญ่จะขึ้นรูปหรือเชื่อมประกอบโดยมีลักษณะหน้าตัดดังรูปที่ 2.13 แสดงเป็นหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า นอกจากนี้หน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู หรือครึ่งวงกลม

รางมีองค์ประกอบโดยทั่วไป ได้แก่ ท้องราง ผนัง โครงราง ส่วนรองรับน้ำหนัก เป็นต้น กรณีเป็นรางเปิด จะสังเกตเห็นว่าที่ขอบรางจะมีการเสริมแรงไม่ให้ขอบรางเปิด โดยการม้วน (รูปที่ 2.14a) การพับ(รูปที่ 2.14b) หรือมีโครงเหล็กฉากเสริม(รูปที่ 2.14c) รางมักทำด้วยโลหะรีดร้อน หรือโลหะชุบ ไม่นิยมใช้เหล็กรีดเย็นที่ผิวมัน หรือเหล็กไร้สนิม ทั้งนี้เพราะผิวรางที่เรียบเกินไปอาจทำให้วัสดุที่สามารถอ่อนตัวได้ เช่น กล่องกระดาษ ถุงผ้า ถุงกระดาษ ที่บรรจุวัสดุเคลื่อนที่ช้าลงเนื่องมาจากเกิดสูญญากาศภายใต้หีบห่อนั้น

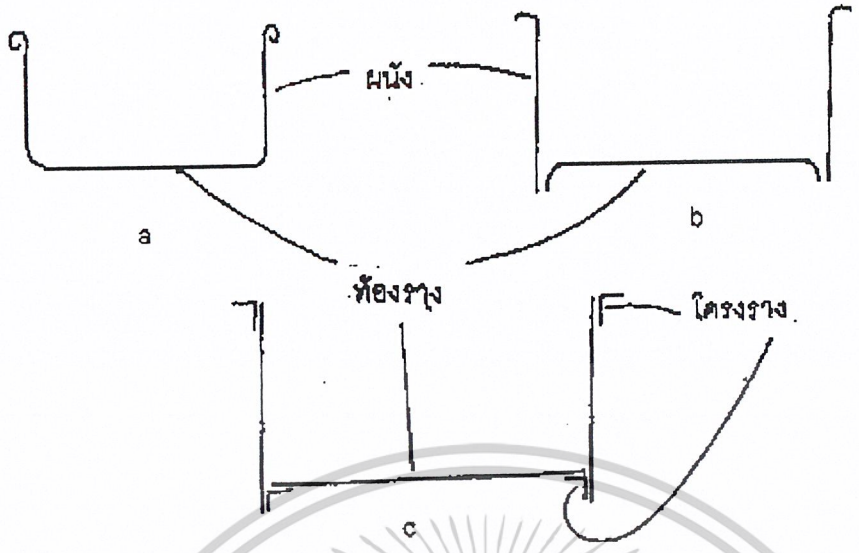
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่2.13** รางลำเลียงแบบต่างๆ

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่2.14** หน้าตัดของราง

a) วัสดุแผ่นชิ้นเดียว b) วัสดุ 3 ชิ้น c) มีโครงราง

**2.5 สมการการออกแบบ**

**2.5.1 การหาแรงที่กระทำ**

จาก $P = \frac{F}{A}$ **(2.1)**

เพราะฉะนั้น $F = P \cdot A$ **(2.2)**

โดย $P$ = ความดัน $(N/m^2)$

$F$ = แรงที่ใช้กระทำ ( N )

$A$ = พื้นที่หน้าตัด ( $m^2$)

**โดยที่พื้นที่หน้าตัดหาได้จาก พื้นที่หน้าตัดของวงกลม**

$$A = \frac{\pi (d^2)}{4} \quad \textbf{(2.3)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย A = พื้นที่หน้าตัด ( $m^2$ )

D = เส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลม ( m )

$\pi$ = 3.14

**2.5.2 การหาระยะของหลีด**

$$le = nP \qquad (2.4)$$

โดย le = ระยะของหลีด (mm)

n = จำนวนปากของสกรู

P = ระยะพิตช์ (mm)

**2.5.3 การหามุมฮีลิกซ์หรือมุมหลีด**

$$\tan \alpha = \frac{le}{\pi d_m} \qquad (2.5)$$

โดย $\tan \alpha$ = มุมฮีลิกซ์หรือมุมหลีด (°)

le = ระยะของหลีด (mm)

$d_m$ = เส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ของเกลียวใน (mm)

**2.5.4 การหาโมเมนต์บิดที่เกิดขึ้นในสกรูส่งกำลัง**

$$T_{R1} = \frac{Wd_m}{2}\left[\frac{fs + \cos\phi \tan \alpha}{\cos\phi - fs \tan \alpha}\right] \qquad (2.6)$$

โดย $T_{R1}$ = โมเมนต์บิดที่เกิดขึ้นในสกรูส่งกำลัง (Nm)

W = น้ำหนักของวัตถุ (kg)

$d_m$ = เส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ของเกลียวใน (mm)

fs = สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน

$\tan \alpha$ = มุมฮีลิกซ์หรือมุมหลีด (°)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.5.5 การหาโมเมนต์บิดที่เกิดขึ้นในสกรูส่งกำลังโดยไม่คิดสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน**

$$T_{R2} = \frac{W d_m \tan \alpha}{2} \quad (2.7)$$

โดย $T_{R2}$ = โมเมนต์บิดที่เกิดขึ้นโดยไม่คิดสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน(Nm)

$W$ = น้ำหนักของวัตถุ (kg)

$d_m$ = เส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ของเกลียวใน (mm)

$\tan \alpha$ = มุมฮีลิกซ์หรือมุมหลีด (°)

**2.5.6 ประสิทธิภาพของสกรูส่งกำลัง**

$$\eta = \frac{T_{R2}\,(100)}{T_{R1}} \quad (2.8)$$

โดย $\eta$ = ประสิทธิภาพของสกรูส่งกำลัง (%)

$T_{R2}$ = โมเมนต์บิดที่เกิดขึ้นโดยไม่คิดสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน(Nm)

$T_{R1}$ = โมเมนต์บิดที่เกิดขึ้นในสกรูส่งกำลัง (Nm)

**2.5.7 คำนวณหามุมเอียงของรางลำเลียง**

$$\tan \beta = 2gh\,\mu / (2gh + v_1^2 - v_2^2) \quad (2.9)$$

โดย $\beta$ = มุมเอียงของราง

$\mu$ = สัมประสิทธิ์ ของแรงเสียดทาน

$g$ = 9.81 ($m/s^2$)

$h$ = ความสูงของรางลำเลียง (m)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.6 รายการคำนวณ**

2.7.1 การคำนวณหาแรงที่กระทำกับถ่านไฟฉายโดยทำให้แท่งถ่านหลุดออกจากเปลือกถ่านไฟฉาย

จาก $P = \frac{F}{A}$ $\therefore F = PA$

โดย $A = \frac{\pi d^2}{4}$ เส้นผ่าศูนย์กลางของถ่านไฟฉาย = 13 mm = 0.013 m

$$A = \frac{\pi(0.013)^2}{4} = 1.327 \times 10^{-4}\ m^2$$

คำนวณหาแรงที่ใช้กับถ่านไฟฉาย National/Extra โดยการทดสอบโดยใช้แรงกระแทกครั้งเดียว

โดย $P = 7$ bar $= 7 \times 10^5\ N/m^2$ ( $1\ bar = 1 \times 10^5\ N/m^2$ )

$\therefore F = PA$

$F = (7 \times 10^5)(1.327 \times 10^{-4}) = 93\ N$

$F = \frac{93}{9.81} = 9.47\ kg$

คำนวณแรงที่ใช้กับถ่านไฟฉาย National/Extra โดยการทดสอบโดยการเพิ่มแรงขึ้นเรื่อยๆ

โดย $P = 6.3\ bar = 6.3 \times 10^5\ N/m^2$

จาก $P = \frac{F}{A}$

$\therefore F = PA$

โดย $A = \frac{\pi d^2}{4}$ เส้นผ่าศูนย์กลางของถ่านไฟฉาย = 13 mm = 0.013 m

$$A = \frac{\pi(0.013)^2}{4} = 1.327 \times 10^{-4}\ m^2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก $F = PA$

$F = (6.3 \times 10^{5})(1.327 \times 10^{-4}) = 83.6$ N

$F = \frac{83.6}{9.81} = 8.5$ kg

2.7.2 การคำนวณแรงที่สกรูส่งกำลังชนิดสี่เหลี่ยมคางหมูใช้กระทำกับถ่านไฟฉาย โดยสกรูส่งกำลังที่ใช้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 14 mm ก้านสำหรับใช้แรงยกยาว 90 mm

จากตารางภาคผนวก ค4. มิติมูลฐานของเกลียวสี่เหลี่ยมคางหมูตามมาตรฐาน ISO2940-1977(E)

ขนาดระบุ = 14 mm

P = 3 mm

$d_m = d_2$ = 13 mm

กำหนด $\phi$ = 15°

หาระยะหลีด จาก le = nP

โดย le = (1)(3) = 3 mm

หามุมฮีลิกซ์ จาก $\tan \alpha = \frac{le}{\pi d_m}$

$= \frac{3}{\pi(13)} = 0.073$

$\alpha = \tan^{-1} 0.073$

$\alpha = 4.17°$

จากการทดลองหาแรงที่ใช้กระทำกับถ่านไฟฉายโดยใช้ชุดทดสอบนิวแมติกส์ ซึ่งแรงที่ได้เท่ากับ 8.5 kg หรือประมาณ 10 kg

กำหนดให้ W = 10 kg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัสดุที่ใช้ทำสกรูส่งกำลังเป็นเหล็กหล่อ(มีการหล่อลื่น) จากตารางภาคผนวก ค7. ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน fs = 0.14

โมเมนต์บิดที่เกิดขึ้น หาได้จาก

$$T_{R1} = \frac{Wd_m}{2}\left[\frac{fs + \cos\phi \tan\alpha}{\cos\phi - fs \tan\alpha}\right]$$

$$= \frac{10 \times 9.81 \times 13}{2 \times 1000}\left[\frac{0.14 + \cos 15^\circ \ 0.073}{\cos 15^\circ - (0.14 \times 0.073)}\right]$$

$T_{R1}$ = 0.14 Nm หรือ 140.28 Nmm

แรงที่ใช้ดันแท่งถ่านไฟฉาย = $\frac{0.14}{0.09}$

= 1.6 N

หาประสิทธิภาพของสกรูส่งกำลัง

เมื่อไม่คิดค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน จะได้

$$T_{R2} = \frac{Wd_m \tan\alpha}{2}$$

$$= \frac{10 \times 9.81 \times 13 \times 0.073}{2} = 0.047 \text{ Nm}$$

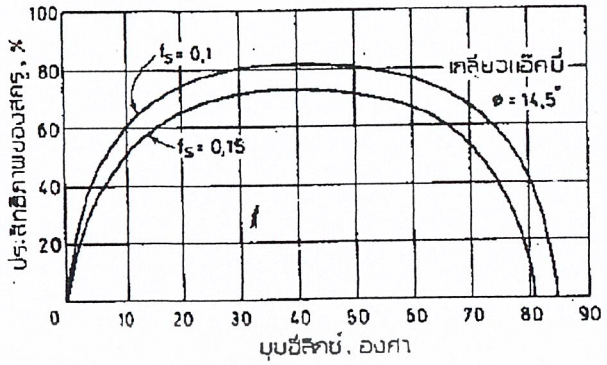
ประสิทธิภาพของสกรูส่งกำลัง

$$\eta = \frac{T_{R2}\ (100)}{T_{R1}}$$

$$= \frac{0.047\ (100)}{0.14}$$

$$\eta = 33.57\ \%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

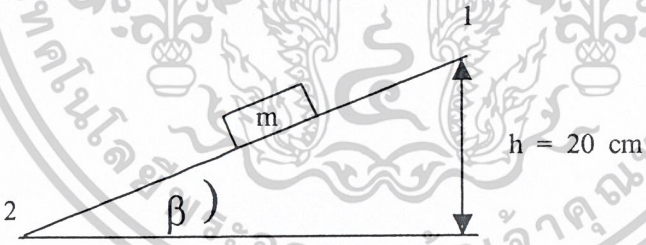



**รูปที่2.15** กราฟแสดงประสิทธิภาพของสกรูส่งกำลังแบบเกลียวแอคมี

เมื่อมุมฮีลิกซ์มีค่าเท่ากับ 4.17 ° สามารถอ่านค่าจากกราฟแสดงประสิทธิภาพของสกรูส่งกำลังแบบเกลียวแอคมี ได้เท่ากับ 30 % ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณได้

2.7.3 การคำนวณอุปกรณ์ลำเลียงวัสดุ (ถ่านไฟฉาย) โดยลักษณะการลำเลียงจะลำเลียงวัสดุในแนวตั้ง

มุมเอียงของราง $\tan\beta = \dfrac{2gh\,\mu}{(2gh + v_1^2 - v_2^2)}$




กำหนดให้ ความสูง h = 20 cm

ความเร็วเริ่มต้น $v_1$ = 0 m/s

สัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน ($\mu$) = 0.5

โดยที่ $\beta = \tan^{-1}\mu$

$\beta = \tan^{-1} 0.5 = 26.6^{\circ}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัสดุมีมวล 21 g

หาความเร็ว $v_2 = \sqrt{2gh(1 - \mu \cos\beta) + v_1^2}$

$= \sqrt{(2 \times 9.81 \times 0.2)(1 - 0.5 \cos 25.6) + 0}$

$v_2 = 1.47$ m/s

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

$\tan\beta = 1.113$

$\beta = \tan^{-1} 1.113 = 48.06^\circ \approx 50^\circ$

- การออกแบบรางลำเลียง รางลำเลียงที่ใช้จะมีมุมเอียงของราง เท่ากับ $50^\circ$ เป็นรางเรียบตรงวัสดุที่ใช้ในการสร้างรางลำเลียงเป็นพลาสติก (PVC) ซึ่งเป็นวัสดุที่ผิวหน้ามีความลื่นไถลสูง

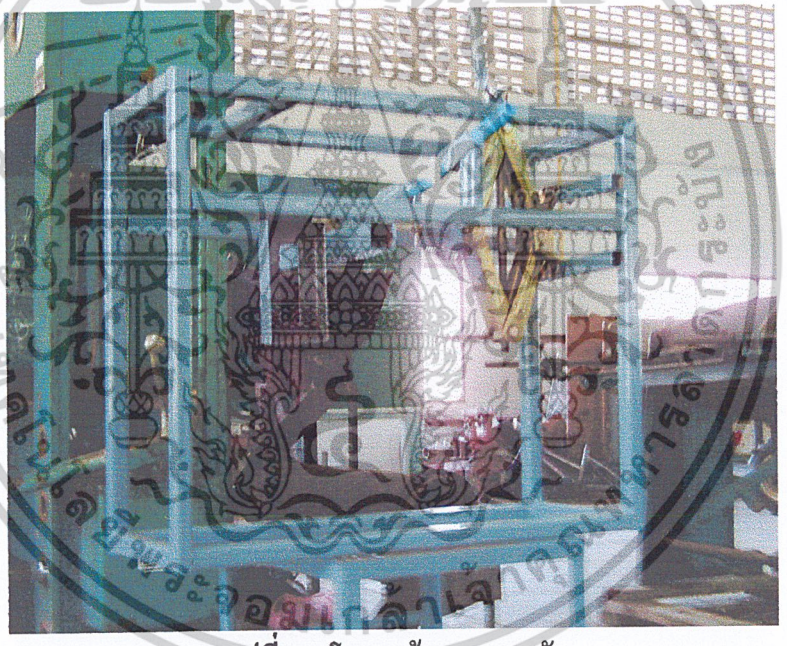
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3
# ขั้นตอนการดำเนินงาน

ส่วนประกอบของเครื่องรวบรวมและแยกเปลือกถ่านไฟฉายเบื้องต้น มีส่วนประกอบต่างๆ ซึ่งสามารถแบ่งแยกได้ดังนี้

## 3.1 โครงสร้างและฐานรองรับ

โครงสร้างและฐานรองรับทำจากเหล็กกล่องขนาด 1 นิ้ว เป็นที่สำหรับยึดติดชุดส่งกำลังและอุปกรณ์ต่างที่ใช้ในการทำงาน การยึดติดของโครงสร้างใช้การเชื่อมด้วยไฟฟ้าเพื่อให้มีความแข็งแรงและรองรับอุปกรณ์ต่างๆได้ โดยโครงสร้างนี้จะมีขนาดเล็กและกะทัดรัดสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก

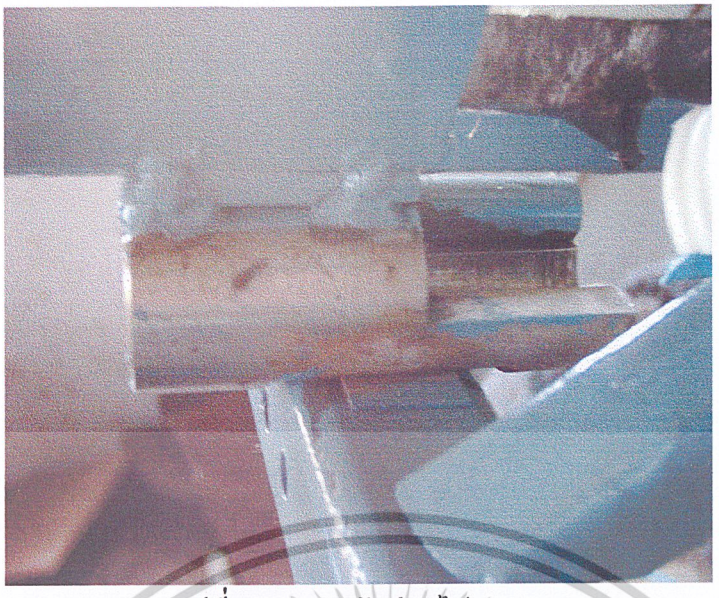


**รูปที่3.1** โครงสร้างฐานรองรับ

## 3.2 ชุดรองรับถ่านไฟฉาย

ชุดรองรับถ่านไฟฉายทำจากแท่งสแตนเลสกลม เจาะช่องตรงกลางให้มีขนาดพอดีกับถ่านไฟฉายขนาด AA สร้างบ่าขึ้นตรงช่วงปลายเพื่อเป็นตัวกันเปลือกถ่านไฟฉายไม่ให้หลุดออกไปนอกชุดรองรับถ่านไฟฉาย ทำการตัดชุดรองรับออกครึ่งหนึ่งให้เป็นรูปครึ่งวงกลม เพื่อสามารถลำเลียงถ่านไฟฉายเข้าไปในชุดลำเลียงได้สะดวกขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.2 ชุดรองรับถ่านไฟฉาย

**3.3 ชุดอัดและแยกเปลือกถ่านไฟฉาย**

**3.3.1 ชุดอัดแท่งถ่านไฟฉาย**

เป็นแท่งกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 mm ทำจากสแตนเลส ชุดดันแท่งถ่านไฟฉายจะยึดติดอยู่กับชุดส่งกำลัง

รูปที่3.3 ชุดดันแท่งถ่านไฟฉาย

**3.3.2 ชุดแยกเปลือกถ่านไฟฉาย**

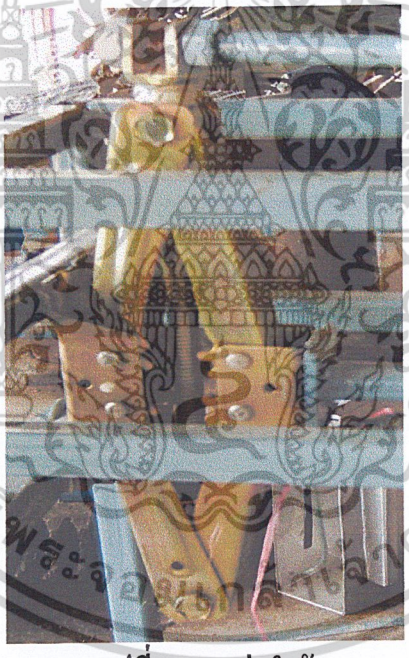
เป็นชุดที่ยึดติดอยู่กับชุดดันแท่งถ่านไฟฉาย โดยใช้สลักยึดเข้าไปในชุดดันแท่งถ่านไฟฉาย ตัวแยกเปลือกถ่านไฟฉายเป็นเหล็กแผ่นหนา 3 mm ยึดติดอยู่ด้านบนของสลัก บริเวณส่วนกลางของตัวแยกเปลือกถ่านไฟฉายจะติดสปริง เพื่อช่วยทำให้เปลือกถ่านไฟฉายหลุดออกจากชุดรองรับได้ง่ายขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่3.4** ชุดแยกเปลือกถ่านไฟฉาย

**3.4 ชุดส่งกำลัง**

จะใช้สกรูส่งกำลัง(Power screw ) เป็นชุดส่งกำลังของเครื่องรวบรวมและแยกเปลือกถ่านไฟฉายเบื้องต้น ซึ่งสกรูส่งกำลังที่ใช้นั้นได้ถูกดัดแปลงมาจากแม่แรงของรถยนต์ โดยมีระยะพิตช์ของเกลียวเท่ากับ 3 mm ชุดส่งกำลังที่ใช้นั้นจะไม่ใช้ไฟฟ้าในการขับเคลื่อน แต่จะใช้แรงงานคนในการขับเคลื่อนแทน

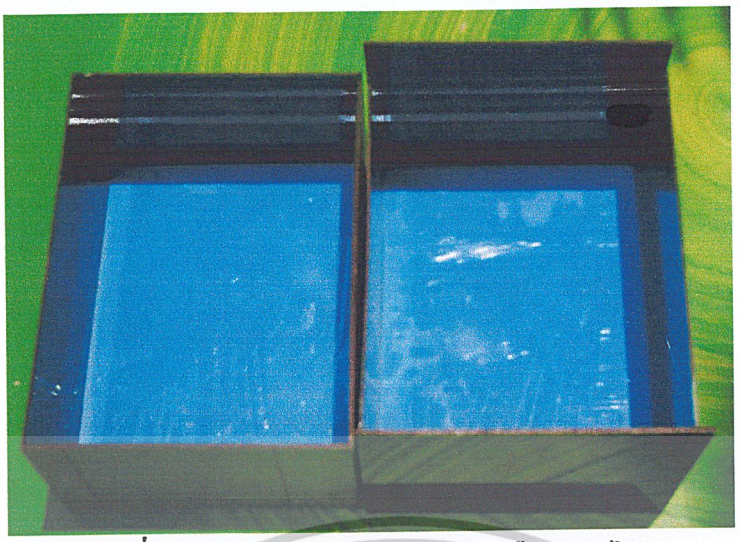


**รูปที่3.5** ชุดส่งกำลัง

**3.5 กล่องรองรับแท่งถ่านและเปลือกถ่านไฟฉาย**

เป็นกล่องรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าทำจากพลาสติก จำนวน 2 กล่อง สำหรับรองรับเปลือกถ่านไฟฉาย 1 กล่อง และรองรับแท่งถ่านอีก 1 กล่อง ซึ่งมีขนาด 15 x 20 x 9 cm ซึ่งกล่องดังกล่าวนี้สามารถรองรับเปลือกถ่านไฟฉายได้และรองรับแท่งถ่านได้ 70-80 ก้อน

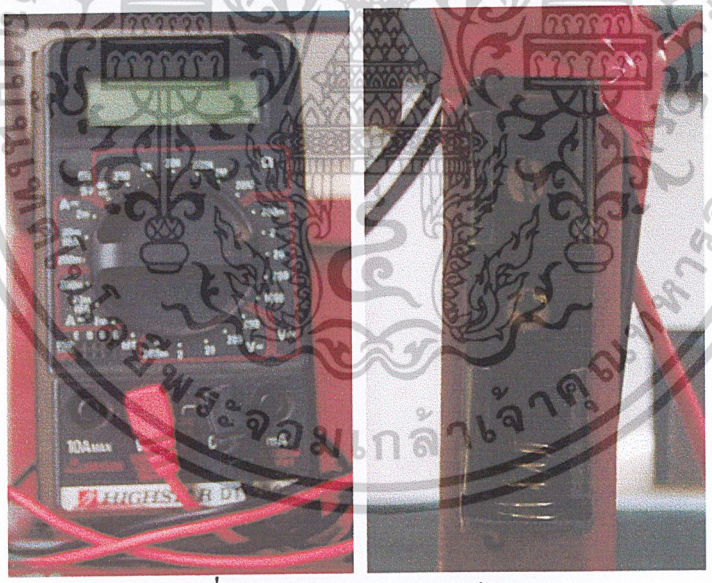
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**รูปที่3.6** กล่องรองรับแท่งถ่านและเปลือกถ่านไฟฉาย

### 3.6 ชุดวัดพลังงานถ่านไฟฉาย

ในส่วนของชุดวัดพลังงานถ่านไฟฉาย จะใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอลเป็นตัววัดว่าถ่านไฟฉายที่นำมาทำการแยกเปลือกถ่านไฟฉายออกจากแท่งถ่านนั้นหมดพลังงานหรือยัง โดยจะวัดออกมาในรูปของความต่างศักย์ของกระแสไฟฟ้า



**รูปที่3.7** ชุดวัดพลังงานถ่านไฟฉาย

### 3.7 ชุดให้ของสมนาคุณ (ชุดให้กระดาษทิชชู)

#### 3.7.1 กล่องบรรจุกระดาษทิชชู

กล่องบรรจุกระดาษทิชชูนี้เป็นกล่องรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดพอดีกับกล่องกระดาษทิชชู ที่ด้านข้างของกล่องบรรจุ ทำเป็นช่องสำหรับใส่สปริงทั้ง 2 ข้าง และสปริงจะยึดติดอยู่กับฐานรองรับ โดยที่สปริงจะเป็นตัวดันให้กล่องกระดาษทิชชูเลื่อนขึ้นเมื่อกล่องกระดาษทิชชูที่อยู่ด้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถูกจ่ายออกไป ซึ่งกล่องบรรจุกระดาษทิชชูนี้สามารถบรรจุกล่องกระดาษทิชชูได้จำนวน 10 กล่อง

**รูปที่3.8** กล่องบรรจุกระดาษทิชชู

**3.7.2 ตัวให้กล่องกระดาษทิชชู**

จะยึดติดอยู่ที่ส่วนล่างของชุดดันและแยกเปลือกถ่านไฟฉาย โดยจะทำงานไปพร้อมกับชุดดันและแยกเปลือกถ่านไฟฉาย

**รูปที่3.9** ตัวให้กล่องกระดาษทิชชู

จากนั้นทำการประกอบชุดส่งกำลัง และชิ้นส่วนต่างๆ เข้ากับโครงสร้างก็จะได้เครื่องรวบรวมและแยกเปลือกถ่านไฟฉายเบื้องต้นที่พร้อมใช้งาน ดังรูปที่ 3.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่3.10** การประกอบชุดต้นกำลังและชิ้นส่วนต่างๆ เข้ากับโครงสร้าง

ทำการปิดฝาครอบเครื่อง โดยใช้พลาสติก ในการปิดเครื่องทุกๆด้าน ต่อมาทำการตกแต่งภายนอกให้สวยงามน่าใช้งานมากยิ่งขึ้น จึงได้เครื่องรวบรวมและแยกเปลือกถ่านไฟฉายเบื้องต้นที่สมบูรณ์และพร้อมใช้งาน ดังรูปที่ 3.11

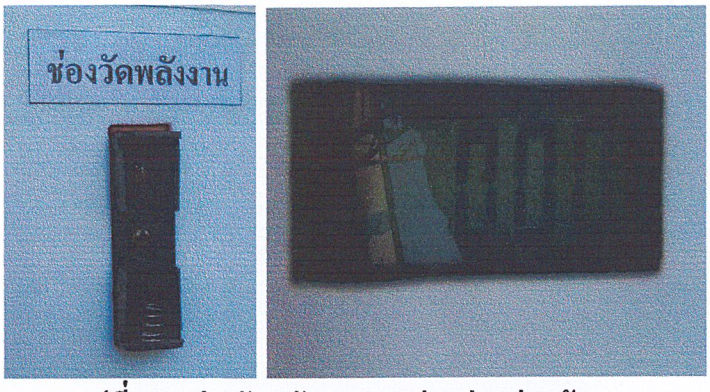
**รูปที่3.11** เครื่องรวบรวมและแยกเปลือกถ่านไฟฉายเบื้องต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่3.12** ภาพด้านหน้าของเครื่อง

**รูปที่3.13** ภาพด้านข้างของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่3.14** ช่องวัดพลังงานและช่องอ่านค่าพลังงาน

**รูปที่3.15** ช่องทิ้งถ่านไฟฉาย

**รูปที่3.16** ช่องรับของสมนาคุณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

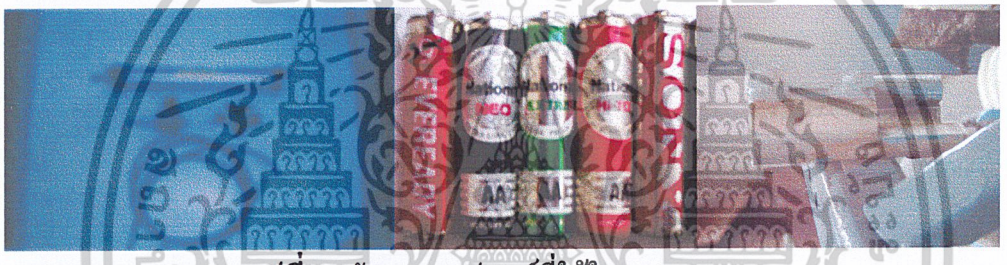
# บทที่ 4
# การทดลองและผลการทดลอง

## 4.1 การทดลองหาแรงที่กระทำกับถ่านไฟฉายโดยใช้เครื่องต้นแบบนิวแมติกส์

โดยการทดสอบหาแรงที่กระทำกับถ่านไฟฉาย จะแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 แบบ คือ การทดสอบโดยใช้แรงกระแทกเพียงครั้งเดียว และการทดสอบโดยการค่อยๆเพิ่มแรงขึ้นเรื่อยๆ

### 4.1.1 วัสดุและอุปกรณ์

1. ชุดทดสอบแรงกดอัดระบบนิวแมติกส์
2. ถ่านไฟฉายที่หมดอายุการใช้งานแล้ว ขนาด AA
3. ปลอกรองรับถ่านไฟฉาย
4. นาฬิกาจับเวลา



**รูปที่4.1** วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

### 4.1.2 วิธีการทดลอง

1. ทำการติดตั้งอุปกรณ์ลงบนชุดทดสอบแรงอัดระบบนิวแมติกส์
2. ทำการยึดติดปลอกรองรับถ่านไฟฉายกับชุดทดสอบ
3. นำถ่านไฟฉายที่จะทำการทดลองมาใส่ในปลอกรองรับ
4. เปิดสวิตช์เพื่อให้ชุดทดสอบทำงาน
5. ทำการจับเวลาและอ่านค่าความดันที่วัดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.1.3 ผลการทดลอง**

**ตารางที่4.1** ตารางบันทึกผลการทดสอบหาแรงที่กระทำกับถ่านไฟฉายโดยการใช้แรงกระแทกเพียงครั้งเดียว

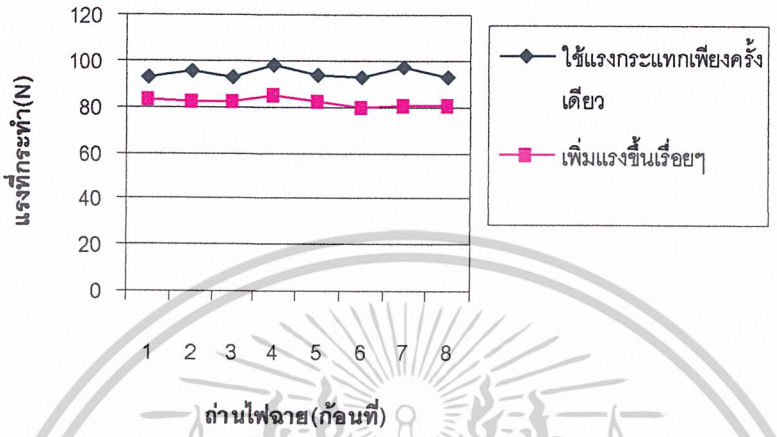
| ถ่านไฟฉาย ยี่ห้อ/รุ่น | ความดันที่ใช้ (bar) | แรงที่ใช้ (N) | เวลาที่ใช้ (sec) |
|---|---|---|---|
| National/Extra | 7 | 93 | 3.2 |
| National/Extra | 7.2 | 95.5 | 4.3 |
| National/neo | 7 | 93 | 3 |
| Sony | 7.4 | 98 | 4 |
| Eveready | 7.1 | 94 | 3.7 |
| National/Hitop | 7 | 93 | 3.5 |
| National/neo | 7.3 | 96.9 | 4 |
| National/Hitop | 7 | 93 | 3 |
| เฉลี่ย | 7.125 | 94.5 | 3.58 |

**ตารางที่4.2** ตารางบันทึกผลการทดสอบหาแรงที่กระทำกับถ่านไฟฉายโดยการเพิ่มแรงขึ้นเรื่อยๆ

| ถ่านไฟฉาย ยี่ห้อ/รุ่น | ความดันที่ใช้ (bar) | แรงที่ใช้ (N) | เวลาที่ใช้ (sec) |
|---|---|---|---|
| National/Extra | 6.3 | 83.6 | 12 |
| National/Extra | 6.2 | 82.3 | 10 |
| National/neo | 6.2 | 82.3 | 12.6 |
| Sony | 6.4 | 85 | 14 |
| Eveready | 6.2 | 82.3 | 13 |
| National/Hitop | 6.0 | 79.6 | 12 |
| National/neo | 6.1 | 81 | 13 |
| National/Hitop | 6.1 | 81 | 11 |
| เฉลี่ย | 6.19 | 82.14 | 12.2 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองทั้ง 2 แบบ พบว่า การใช้แรงกระทำเพียงครั้งเดียวกับถ่านไฟฉาย จะใช้แรงมากที่สุดที่ 98 N เวลาที่ใช้เท่ากับ 4 วินาที ส่วนการใช้แรงแบบค่อยเพิ่มแรงขึ้นเรื่อยในการกระทำกับถ่านไฟฉาย จะใช้แรงมากที่สุดที่ 85 N และเวลาที่ใช้เท่ากับ 14 วินาที




**รูปที่4.2** กราฟแสดงการเปรียบเทียบแรงที่ใช้ในการแยกเปลือกถ่านไฟฉาย

## 4.2 การทดสอบหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง

### 4.2.1 วัสดุและอุปกรณ์

1. ถ่านไฟฉายที่หมดอายุการใช้งานแล้วขนาด AA จำนวน 50 ก้อน
2. นาฬิกาจับเวลา

**รูปที่4.3** ถ่านไฟฉายที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่4.4** ถ่านไฟฉายที่ยังไม่เสื่อมสภาพ

**รูปที่4.5** ถ่านไฟฉายที่เสื่อมสภาพแล้ว

**4.2.2 วิธีการทดลอง**

1. นำถ่านไฟฉายที่หมดอายุการใช้งานแล้ว ใส่ลงในเครื่องรวบรวมและแยกเปลือกถ่านไฟฉายเบื้องต้น ทีละ 1 ก้อน

2. ทำการหมุนคันโยกไปทางขวา(ตามเข็มนาฬิกา)พร้อมกับทำการจับเวลา หมุนไปเรื่อยๆ จนสุด เพื่ออัดแท่งถ่านให้ออกจากเปลือกถ่านไฟฉาย

3. หมุนคันโยกกลับไปทางซ้ายทันที โดยหมุนไปให้สุดเช่นกัน เพื่อนำเปลือกถ่านไฟฉายออกจากชุดรองรับ จากนั้นหยุดเวลาและบันทึกผล

4. ทำซ้ำข้อที่ 1 - 3 ไปจนครบ 50 ก้อน

**4.2.3 ผลการทดลอง**

จากการทดลองหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องรวบรวมและแยกเปลือกถ่านไฟฉายเบื้องต้นโดยใช้ถ่านไฟฉายที่หมดอายุการใช้งานแล้วจำนวน 50 ก้อน ได้ผลการทดลอง ดังนี้

1. เครื่องสามารถแยกแท่งถ่านออกจากเปลือกถ่านไฟฉายได้อย่างสมบูรณ์จำนวน 20 ก้อน หรือคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 40 % ใช้เวลาในการแยกเฉลี่ยเท่ากับ 45.95 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่4.6** ตัวอย่างถ่านไฟฉายที่แยกแท่งถ่านออกจากเปลือกถ่านไฟฉายได้อย่างสมบูรณ์

2. สามารถแยกแท่งถ่านออกจากเปลือกถ่านไฟฉายได้แต่แท่งถ่านเกิดการเสียรูปจำนวน 12 ก้อน หรือคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 24 % ใช้เวลาในการแยกเฉลี่ยเท่ากับ 49.17 วินาที

**รูปที่4.7** ตัวอย่างถ่านไฟฉายที่มีการเสื่อมสภาพแต่สามารถแยกเปลือกถ่านไฟฉายออกจากแท่งถ่านได้

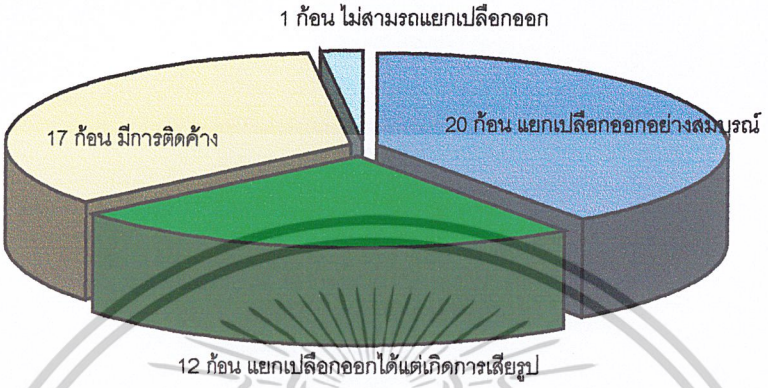
3. ถ่านไฟฉายมีการเสื่อมสภาพ เครื่องสามารถแยกแท่งถ่านออกจากเปลือกถ่านไฟฉายได้แต่เปลือกถ่านยังติดค้างอยู่ที่แท่งอัดถ่านไฟฉายจำนวน 17 ก้อน หรือคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 34 % ใช้เวลาในการแยกเฉลี่ยเท่ากับ 54.32 วินาที

**รูปที่ 4.8** ตัวอย่างถ่านไฟฉายที่ติดค้างที่แท่งอัดถ่านไฟฉาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ไม่สามารถแยกแท่งถ่านออกจากเปลือกถ่านไฟฉายได้จำนวน 1 ก้อน หรือคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 2 %

5. เวลาที่ใช้ในการแยกแท่งถ่านออกจากเปลือกถ่านไฟฉายทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 49.81 วินาที

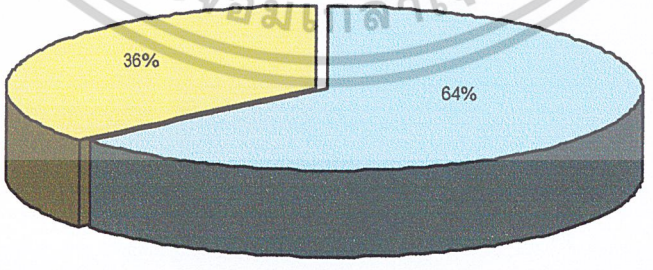



**รูปที่4.9** กราฟแสดงผลการแยกเปลือกถ่านไฟฉาย

คิดประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องรวบรวมและแยกเปลือกถ่านไฟฉายเบื้องต้น โดยคิดจากความสามารถในการแยกแท่งถ่านออกจากเปลือกถ่านไฟฉายได้ของเครื่อง

$$\frac{(20+12)\times 100}{50} = 64\ \%$$

จะได้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องเท่ากับ 64 %




**รูปที่ 4.10** กราฟแสดงประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
# สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

## 5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าการใช้แรงกระแทกเพียงครั้งเดียว จะใช้แรงมากกว่าการเพิ่มแรงขึ้นไปเรื่อย การใช้แรงกระแทกเพียงครั้งเดียวนั้น จะใช้เวลาน้อยกว่าและการนำเปลือกถ่านไฟฉายออกจากปลอกรองรับสามารถทำได้ง่าย ส่วนการทดลองใช้การเพิ่มแรงเข้าไปเรื่อย ๆนั้น จะใช้แรงในการกระทำกับถ่านไฟฉายน้อยกว่าแต่ใช้เวลามากกว่า จะทำให้เปลือกถ่านไฟฉายเกิดการขยายตัวจนคับปลอกรองรับ แต่ก็สามารถนำเปลือกถ่านไฟฉายออกจากปลอกรองรับได้ ซึ่งเครื่องรวบรวมและแยกเปลือกถ่านไฟฉายเบื้องต้น จะใช้หลักการของการเพิ่มแรงเข้าไปเรื่อยๆในการส่งกำลัง

จากการทดลองโดยใช้ถ่านไฟฉายที่หมดอายุการใช้งานแล้วขนาด AA จำนวน 50 ก้อน พบว่าสามารถแบ่งผลการทดลองออกเป็น 4 ส่วน คือ ถ่านไฟฉายสามารถถูกแยกแท่งถ่านออกจากเปลือกถ่านไฟฉายได้อย่างสมบูรณ์ จำนวน 20 ก้อน มีถ่านไฟฉายที่มีการเสื่อมสภาพสามารถแยกแท่งถ่านออกจากเปลือกของถ่านไฟฉายได้แต่แท่งถ่านเกิดการเสียรูป จำนวน 12 ก้อน ถ่านไฟฉายที่มีการเสื่อมสภาพ สามารถแยกแท่งถ่านออกได้แต่เปลือกถ่านไฟฉายยังติดอยู่ที่แท่งคันถ่าน จำนวน 17 ก้อน ถ่านไฟฉายที่มีการเสื่อมสภาพไม่สามารถแยกแท่งถ่านออกจากเปลือกถ่านไฟฉายได้ จำนวน 1 ก้อน ซึ่งจะคิดประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง โดยการนำจำนวนของถ่านไฟฉายสามารถถูกแยกแท่งถ่านออกจากเปลือกถ่านไฟฉายได้อย่างสมบูรณ์รวมเข้ากับจำนวนของถ่านไฟฉายที่มีการเสื่อมสภาพ สามารถแยกแท่งถ่านออกจากเปลือกของถ่านไฟฉายได้แต่แท่งถ่านเกิดการเสียรูป แล้วจึงคิดประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องออกมา ซึ่งมีค่าเท่ากับ 64% และอีก 36 % ที่เหลือจะเป็นเปอร์เซนต์การติดค้างที่ชุดอัดแท่งถ่านของถ่านไฟฉายที่มีการเสื่อมสภาพ ในการติดค้างที่ชุดอัดแท่งถ่านนั้นเกิดจากพลาสติกที่หุ้มแท่งถ่านของถ่านไฟฉายที่มีการเสื่อมสภาพเกิดการฉีกขาดในตอนที่อัดแท่งถ่าน ทำให้พลาสติกที่ฉีกขาดนั้นติดอยู่กับเปลือกถ่านไฟฉาย เมื่อชุดแยกเปลือกถ่านไฟฉายทำงานก็จะทำให้เปลือกถ่านไฟฉายนั้นติดออกไปกับชุดอัดแท่งถ่าน ส่วนเวลาที่ใช้ในการทำงานนั้นจะขึ้นอยู่กับลักษณะของถ่านไฟฉาย ถ้าเป็นถ่านไฟฉายที่ยังไม่เสื่อมสภาพจะใช้เวลาในการทำงานเฉลี่ย 45.95 วินาที แต่ถ้าเป็นถ่านไฟฉายที่มีการเสื่อมสภาพจะใช้เวลาในการทำงานเฉลี่ยเท่ากับ 51.74 วินาทีและจะใช้เวลาในการทำงานโดยรวมเฉลี่ยเท่ากับ 49.81 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง**

ในการทดลองครั้งนี้ เนื่องจากวัสดุที่ใช้ในการทดลองนั้น ค่อนข้างหายาก ถ่านไฟฉายที่ใช้ในการทดลองจึงมีทั้ง ถ่านไฟฉายที่ยังมีสภาพที่ดีอยู่และถ่านไฟฉายที่เสื่อมสภาพแล้วปนกัน โดยการแยกเปลือกถ่านไฟฉายออกจากแท่งถ่านของถ่านไฟฉายที่เสื่อมสภาพแล้วนั้น จะทำให้ชุดส่งกำลังทำงานหนักขึ้น เวลาที่ใช้ก็มากขึ้น ผลของการแยกแท่งถ่านจะทำให้พลาสติกที่หุ้มแท่งถ่านเกิดการฉีกขาด แท่งถ่านเกิดการแตกร้าวและยังเป็นสาเหตุให้เกิดการติดค้างของเปลือกถ่านไฟฉาย

**5.3 ข้อเสนอแนะ**

5.3.1 ถ่านไฟฉายที่จะนำมาทำการแยกควรเป็นถ่านไฟฉายที่พึ่งหมดอายุการใช้งาน

5.3.2 ควรมีการใช้ไฟฟ้าหรือระบบนิวแมติกส์เข้ามาช่วยในการทำงาน

5.3.3 ในส่วนของชุดรองรับถ่านไฟฉาย ควรมีการพัฒนาให้สามารถใส่ถ่านไฟฉายได้หลายขนาดและสามรถใส่ถ่านไฟฉายลงไปได้ จำนวนมากกว่า 1 ก้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม

ก้องกิจ วิฒมโนโสต และคณะ. 2544. **เครื่องจัดเก็บขยะบรรจุภัณฑ์ประเภทน้ำอัดลม.** ปริญญานิพนธ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ชัยวัฒน์ โพธิ์ทอง . 2541. **การทำลายฤทธิ์โลหะหนักในผงถ่านไฟฉายที่ใช้แล้วโดยการทำให้เป็นก้อนแข็ง.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นฤมิตร คินิมาน. 2538. **การศึกษาหาความสามารถในการทำลายฤทธ์ตะกอนโลหะหนักจากการบำบัดน้ำเสีย COD โดยทำให้เป็นก้อนแข็งด้วยปูนซีเมนต์และเถ้าลอยลิกไนต์.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปานมนัส ศิริสมบูรณ์. 2541. **วิศวกรรมการขนถ่ายวัสดุเล่ม 1.** กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยี จอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

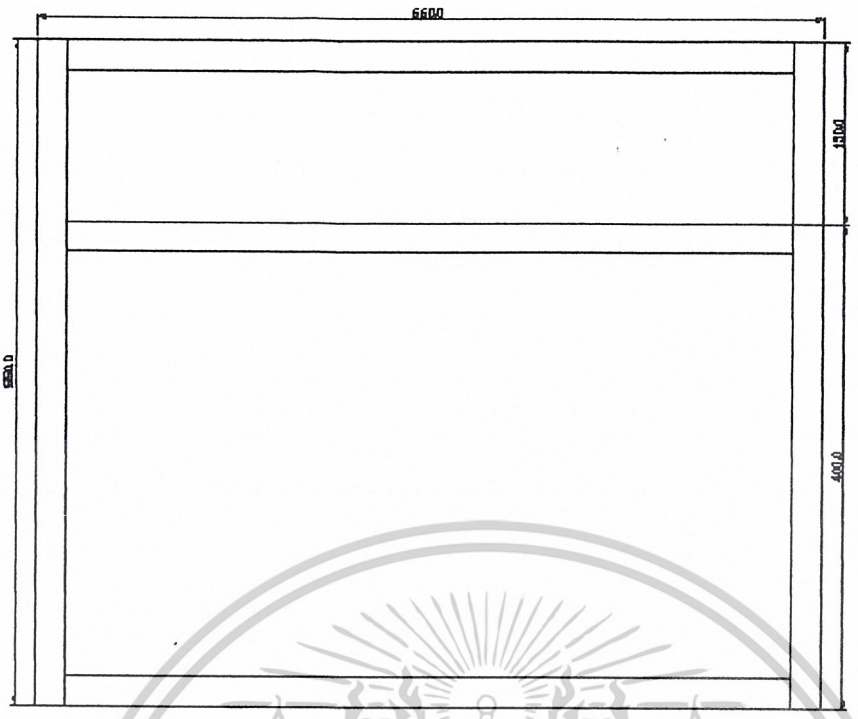
วรวิทธิ์ อึ้งภากรณ์ และชาญ ฉนัดงาน. 2541. **การออกแบบเครื่องจักรกลเล่ม 1.** พิมพ์ครั้งที่ 10 .กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น .

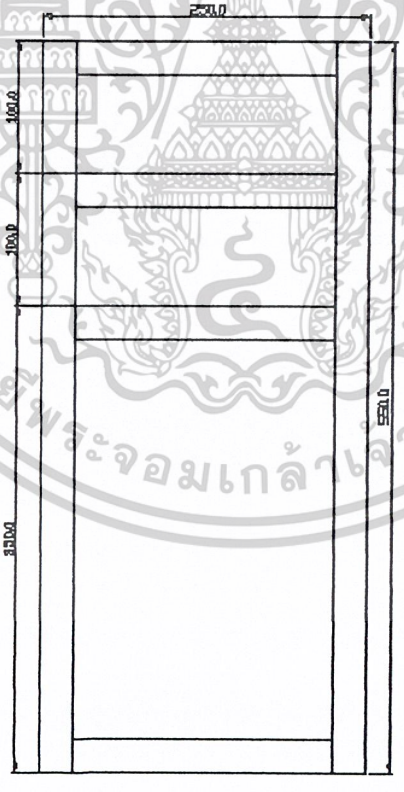
สมาน เจริญกิจพูลผล. 2542. **การออกแบบเครื่องจักรกล.**กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Chang. CL.1989. **Solidfication of Heavy Metals Using Cement.** Master's Thesis. Asian Institue of Technology.

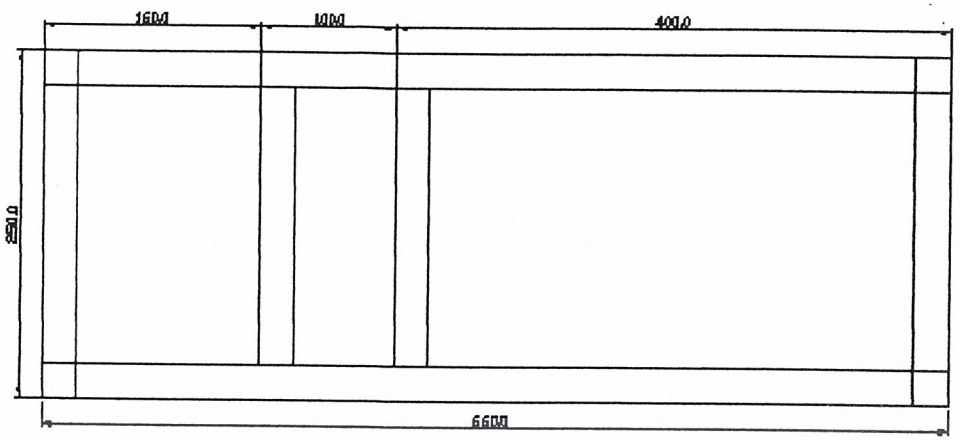
Shively, W. Bishop, P. Gress, D.and Brown, T. 1986. **Leaching Test of Heavy Metals Stabilized with Portland Cement.** Journal WPCF .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



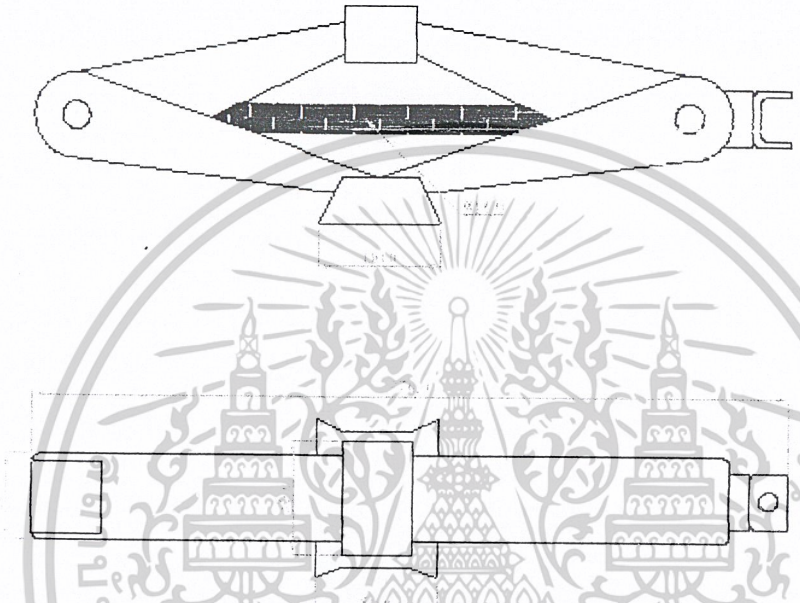




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



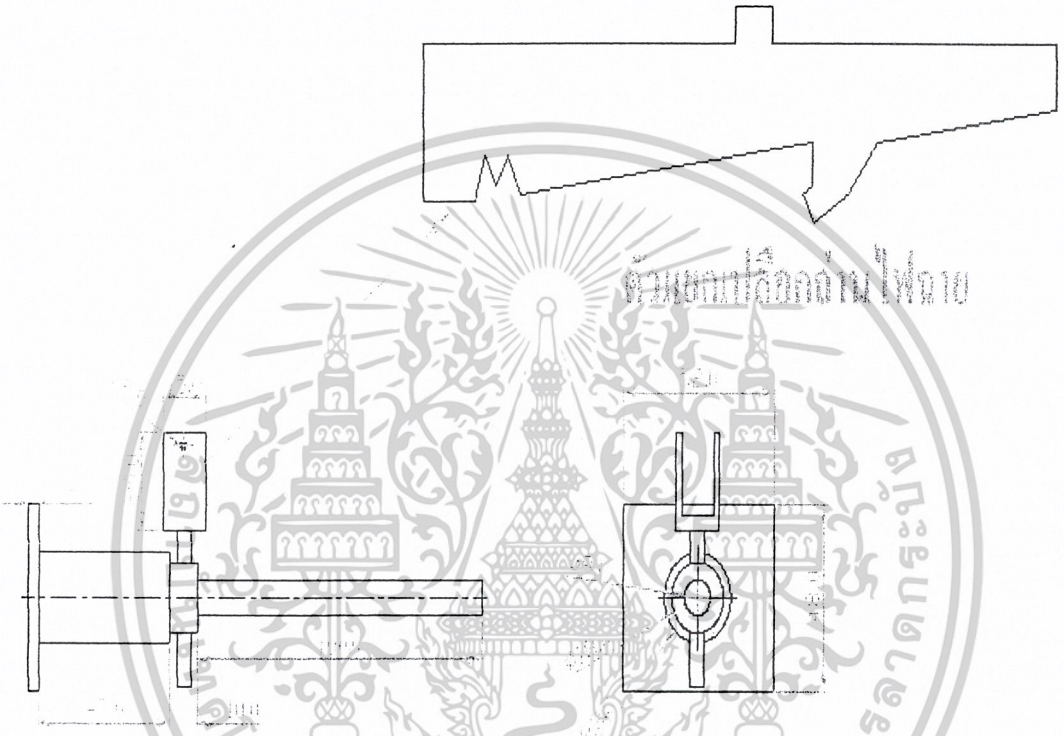

ภาคผนวก **ก1.** โครงสร้างฐานรองรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**ภาคผนวก ก2.** ชุดส่งกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**ภาคผนวก ก3. ชุดอัดแท่งถ่านและตัวแยกเปลือกถ่านไฟฉาย**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ภาคผนวก ก4. ชุดรองรับถ่านไฟฉาย**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ภาคผนวก ก5. ชุดให้กระดาษทิชชู**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ภาคผนวก ก6.** กล่องบรรจุกระดาษทิชชู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ภาคผนวก ข1.** ตารางข้อมูลดิบผลการทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่อง จะทำการทดสอบโดยการอัดถ่านไฟฉายที่หมดอายุการใช้งานแล้วขนาด AA

| ถ่านไฟฉาย (ก้อนที่) | ยี่ห้อ / รุ่น | ลักษณะของถ่านไฟฉาย | เวลาที่ใช้ (วินาที) | ผลการทดลอง |
|---|---|---|---|---|
| 1 | National/Extra | เป็นสนิม | 52.5 | C |
| 2 | Eveready | เป็นสนิม,บวม | - | D |
| 3 | National/neo | อยู่ในสภาพดี | 48.6 | A |
| 4 | National/neo | อยู่ในสภาพดี | 45.3 | A |
| 5 | National/neo | เป็นสนิม | 49.4 | B |
| 6 | Panasonic/neo | อยู่ในสภาพดี | 44.3 | A |
| 7 | Panasonic/neo | อยู่ในสภาพดี | 45.7 | A |
| 8 | National/Extra | เป็นสนิมเล็กน้อย | 48.5 | C |
| 9 | Eveready | เป็นสนิมเล็กน้อย | 50.3 | A |
| 10 | National/Hitop | เป็นสนิม,บวม | 58.7 | C |
| 11 | Distar | เป็นสนิม | 48.1 | B |
| 12 | Sony | อยู่ในสภาพดี | 45.0 | A |
| 13 | Panasonic/neo | อยู่ในสภาพดี | 47.5 | B |
| 14 | National/Extra | เป็นสนิม | 50.2 | C |
| 15 | National/neo | เป็นสนิม,บวม | 63.7 | C |
| 16 | Panasonic/Hitop | อยู่ในสภาพดี | 47.6 | A |
| 17 | National/Hitop | อยู่ในสภาพดี | 45.3 | A |
| 18 | Distar | เป็นสนิม | 46.7 | B |
| 19 | Panasonic/Hitop | อยู่ในสภาพดี | 42.4 | A |
| 20 | Sony | เป็นสนิม,บวม | 57.2 | C |
| 21 | National/Hitop | เป็นสนิมเล็กน้อย | 49.6 | B |
| 22 | National/Hitop | เป็นสนิม,บวม | 62.9 | C |
| 23 | National/Extra | อยู่ในสภาพดี | 47.3 | A |
| 24 | Sony | เป็นสนิม | 51.7 | B |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ภาคผนวก ข2.** ตารางข้อมูลดิบผลการทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่อง(ต่อ)

| ถ่านไฟฉาย (ก้อนที่) | ยี่ห้อ / รุ่น | ลักษณะของถ่านไฟฉาย | เวลาที่ใช้ (วินาที) | ผลการทดลอง |
|---|---|---|---|---|
| 25 | Distar | เป็นสนิม | 52.6 | C |
| 26 | Distar | เป็นสนิม | 48.6 | C |
| 27 | Panasonic/ Extra | อยู่ในสภาพดี | 44.8 | A |
| 28 | Panasonic/ Extra | อยู่ในสภาพดี | 46.2 | A |
| 29 | Panasonic/Hitop | อยู่ในสภาพดี | 45.7 | A |
| 30 | Panasonic/ neo | อยู่ในสภาพดี | 45.3 | A |
| 31 | National/Hitop | เป็นสนิม,บวม | 54.1 | C |
| 32 | National/Extra | อยู่ในสภาพดี | 48.3 | B |
| 33 | Eveready | เป็นสนิม | 49.8 | B |
| 34 | Eveready | เป็นสนิม | 55.8 | C |
| 35 | Eveready | เป็นสนิมเล็กน้อย | 47.4 | B |
| 36 | National/neo | อยู่ในสภาพดี | 47.2 | A |
| 37 | Sony | เป็นสนิม | 52.3 | C |
| 38 | Panasonic/ Extra | อยู่ในสภาพดี | 48.6 | B |
| 39 | National/Hitop | เป็นสนิม | 50.9 | C |
| 40 | National/Extra | เป็นสนิม | 53.2 | B |
| 41 | Panasonic/ neo | อยู่ในสภาพดี | 45.4 | A |
| 42 | Panasonic/Hitop | อยู่ในสภาพดี | 46.9 | A |
| 43 | National/Extra | อยู่ในสภาพดี | 48.1 | A |
| 44 | National/neo | เป็นสนิมเล็กน้อย | 47.6 | C |
| 45 | Panasonic/ neo | อยู่ในสภาพดี | 49.8 | B |
| 46 | Panasonic/ neo | อยู่ในสภาพดี | 45.0 | A |
| 47 | Panasonic/ neo | อยู่ในสภาพดี | 42.6 | A |
| 48 | National/Hitop | เป็นสนิม,บวม | 60.7 | C |
| 49 | National/Hitop | เป็นสนิม | 50.8 | C |
| 50 | National/Extra | เป็นสนิม,บวม | 57.3 | C |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**หมายเหตุ**

A หมายถึง สามารถแยกแท่งถ่านออกจากเปลือกถ่านไฟฉายได้อย่างสมบูรณ์

B หมายถึง สามารถแยกแท่งถ่านออกจากเปลือกถ่านไฟฉายได้แต่แท่งถ่านเกิดการเสียรูป

C หมายถึง สามารถแยกแท่งถ่านออกจากเปลือกถ่านไฟฉายได้แต่เกิดการติดค้างที่แท่งอัดถ่านไฟฉาย

D หมายถึง ไม่สามารถแยกแท่งถ่านออกจากเปลือกถ่านไฟฉายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ภาคผนวก ค1.** ตารางแสดงส่วนประกอบที่สำคัญในถ่านไฟฉายบางชนิด

| ชนิดถ่านไฟฉาย | ขั้วบวก | ขั้วลบ | อิเลคโตรไลต์ |
|---|---|---|---|
| คาร์บอน-สังกะสี | แมงกานีสไดออกไซด์ | สังกะสี | แอมโมเนียมคลอไรด์ |
| อัลคาไลต์-แมงกานีส | แมงกานีสไดออกไซด์ | ผงสังกะสี | โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ |
| เมอร์คิวรีออกไซด์ | เมอร์คิวรีออกไซด์ | ผงสังกะสี | โพแทสเซียมหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ |
| ซิลเวอร์ออกไซด์ | ซิลเวอร์ออกไซด์ | ผงสังกะสี | โพแทสเซียมหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ |
| นิเกิล-แคดเมียม | นิเกิลออกไซด์ | แคดเมียม | โพแทสเซียมหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ภาคผนวก ค2.** ตารางแสดงรายละเอียดของกระบวนการทำให้เป็นก้อนแข็งแบบต่างๆ(Shuckrow และคณะ, 1982)

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ภาคผนวก ค3.** ตารางที่1 มิติมูลฐานของเกลียวสี่เหลี่ยมคางหมูตามมาตรฐาน ISO 2901 – 1997(E)

| P | $a_c$ | $H_4 = h_3$ | $H_1$ | $R_1$ max | $R_2$ max |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.5 | 0.15 | 0.9 | 0.75 | 0.08 | 0.15 |
| 2 | 0.25 | 1.25 | 1 | 0.13 | 0.25 |
| 3 | 0.25 | 1.75 | 1.5 | 0.13 | 0.25 |
| 4 | 0.25 | 2.75 | 2 | 0.13 | 0.25 |
| 5 | 0.25 | 2.75 | 2.5 | 0.13 | 0.25 |
| 6 | 0.5 | 3.5 | 3 | 0.25 | 0.5 |
| 7 | 0.5 | 4 | 3.5 | 0.25 | 0.5 |
| 8 | 0.5 | 4.5 | 4 | 0.25 | 0.5 |
| 9 | 0.5 | 5 | 4.5 | 0.25 | 0.5 |
| 10 | 0.5 | 5.5 | 5 | 0.25 | 0.5 |
| 12 | 0.5 | 6.5 | 6 | 0.25 | 0.5 |
| 14 | 1 | 8 | 7 | 0.5 | 1 |
| 16 | 1 | 9 | 8 | 0.5 | 1 |
| 18 | 1 | 10 | 9 | 0.5 | 1 |
| 20 | 1 | 11 | 10 | 0.5 | 1 |
| 22 | 1 | 12 | 11 | 0.5 | 1 |
| 24 | 1 | 13 | 12 | 0.5 | 1 |
| 28 | 1 | 15 | 14 | 0.5 | 1 |
| 32 | 1 | 17 | 16 | 0.5 | 1 |
| 36 | 1 | 19 | 18 | 0.5 | 1 |
| 40 | 1 | 21 | 20 | 0.5 | 1 |
| 44 | 1 | 23 | 22 | 0.5 | 1 |

ขนาดเป็น mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ภาคผนวก ค4.ตารางมิติมูลฐานของเกลียวสี่เหลี่ยมคางหมูตามมาตรฐาน ISO 2901 – 1997(E)**

| ขนาดระบุ | | | ระยะ | d2 = D2 | D4 | d3 | D1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ช่อง 1 | ช่อง 2 | ช่อง 3 | พิตช์ P | | | | |
| 8 | | | 1.5 | 7.250 | 8.300 | 6.200 | 6.500 |
| | 9 | | 1.5 | 8.250 | 9.300 | 7.200 | 7.500 |
| | | | *2 | 8.000 | 9.500 | 6.500 | 7.000 |
| 10 | | | 1.5 | 9.250 | 10.300 | 8.200 | 8.500 |
| | | | *2 | 9.000 | 10.500 | 7.500 | 8.000 |
| | 11 | | 2 | 10.000 | 11.500 | 8.500 | 9.000 |
| | | | *3 | 9.500 | 11.500 | 7.500 | 8.000 |
| 12 | | | 2 | 11.000 | 12.500 | 9.500 | 10.000 |
| | | | *3 | 10.500 | 12.500 | 8.500 | 9.000 |
| | 14 | | 2 | 13.000 | 14.500 | 11.500 | 12.000 |
| | | | *3 | 12.500 | 14.500 | 10.500 | 11.000 |
| 16 | | | 2 | 15.000 | 16.500 | 13.500 | 14.000 |
| | | | *4 | 14.000 | 16.500 | 11.500 | 12.000 |
| | 18 | | 2 | 17.000 | 18.500 | 15.500 | 16.000 |
| | | | *4 | 16.000 | 18.500 | 13.500 | 14.000 |
| 20 | | | 2 | 19.000 | 20.500 | 17.500 | 18.000 |
| | | | *4 | 18.000 | 20.500 | 15.500 | 16.000 |
| | 22 | | 3 | 20.500 | 22.500 | 18.500 | 19.000 |
| | | | *5 | 19.500 | 22.500 | 16.500 | 17.000 |
| | | | 8 | 18.000 | 23.000 | 13.000 | 14.0 |
| 24 | | | 3 | 22.500 | 24.500 | 20.500 | 21.000 |
| | | | *5 | 21.500 | 24.500 | 18.500 | 19.000 |
| | | | 8 | 20.000 | 25.000 | 15.000 | 16.000 |
| | 26 | | 3 | 24.500 | 26.500 | 22.500 | 23.000 |
| | | | *5 | 23.500 | 26.500 | 20.500 | 21.000 |
| | | | 8 | 22.000 | 27.000 | 17.000 | 18.000 |

ขนาดเป็น mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ภาคผนวก ค5. มิติมูลฐานของเกลียวสี่เหลี่ยมคางหมูตามมาตรฐาน ISO 2901 – 1997(E)**

| ขนาดระบุ | | | ระยะ | d2 = D2 | D4 | d3 | D1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ช่อง 1 | ช่อง 2 | ช่อง 3 | พิตช์ P | | | | |
| | 30 | | 3 | 28.000 | 30.500 | 26.500 | 27.000 |
| | | | *6 | 27.000 | 31.000 | 23.000 | 24.000 |
| | | | 10 | 25.000 | 31.000 | 19.000 | 20.000 |
| 32 | | | 3 | 30.500 | 32.500 | 28.500 | 29.000 |
| | | | *6 | 29.000 | 33.000 | 25.000 | 26.000 |
| | | | 10 | 27.000 | 33.000 | 21.000 | 22.000 |
| | 34 | | 3 | 32.500 | 34.500 | 30.500 | 31.000 |
| | | | *6 | 31.00 | 35.000 | 27.000 | 28.000 |
| | | | 10 | 29.00 | 35.000 | 23.000 | 24.000 |
| 36 | | | 3 | 34.500 | 36.500 | 32.500 | 33.000 |
| | | | *6 | 33.000 | 37.000 | 29.000 | 30.000 |
| | | | 10 | 31.000 | 37.000 | 25.000 | 26.000 |
| | 38 | | 3 | 36.500 | 38.500 | 34.500 | 35.000 |
| | | | *7 | 34.500 | 39.000 | 30.000 | 31.000 |
| | | | 10 | 3.000 | 39.000 | 27.000 | 28.000 |
| 40 | | | 3 | 38.500 | 40.500 | 36.500 | 37.000 |
| | | | *7 | 36.500 | 41.000 | 32.000 | 33.000 |
| | | | 10 | 35.000 | 41.000 | 29.000 | 30.000 |
| | 42 | | 3 | 40.500 | 42.500 | 38.500 | 39.000 |
| | | | *7 | 38.500 | 43.000 | 34.000 | 35.000 |
| | | | 10 | 37.000 | 43.000 | 31.000 | 32.000 |
| 44 | | | 3 | 42.500 | 44.500 | 40.500 | 41.000 |
| | | | *7 | 40.500 | 45.000 | 36.000 | 37.000 |
| | | | 12 | 38.000 | 45.000 | 31.00 | 32.000 |
| | 46 | | 3 | 44.500 | 46.500 | 42.500 | 43.000 |
| | | | *8 | 42.000 | 47.000 | 37.000 | 38.000 |
| | | | 12 | 40.000 | 47.000 | 33.000 | 34.000 |

ขนาดเป็น mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ภาคผนวก ค6.** มิติมูลฐานของเกลียวสี่เหลี่ยมคางหมูตามมาตรฐาน ISO 2901 – 1997(E)

| ขนาดระบุ | | | ระยะ | d2 = D2 | D4 | d3 | D1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ช่อง 1 | ช่อง 2 | ช่อง 3 | พิตช์ P | | | | |
| 48 | | | 3 | 46.500 | 48.500 | 44.500 | 45.000 |
| | | | *8 | 44.000 | 49.000 | 39.000 | 40.000 |
| | | | 12 | 42.000 | 49.000 | 35.000 | 36.000 |
| | 50 | | 3 | 48.500 | 50.500 | 46.500 | 47.000 |
| | | | *8 | 46.000 | 51.000 | 41.000 | 42.000 |
| | | | 12 | 44.000 | 51.000 | 37.000 | 38.000 |
| 52 | | | 3 | 50.500 | 52.500 | 48.500 | 49.000 |
| | | | *8 | 48.000 | 53.000 | 43.000 | 44.000 |
| | | | 12 | 46.000 | 53.000 | 39.000 | 40.000 |
| | 55 | | 3 | 53.500 | 55.500 | 51.500 | 52.000 |
| | | | *9 | 50.500 | 55.000 | 45.000 | 46.000 |
| | | | 14 | 48.000 | 57.000 | 39.000 | 41.000 |
| 60 | | | 3 | 58.500 | 60.500 | 56.500 | 57.000 |
| | | | *9 | 55.500 | 61.000 | 50.000 | 51.000 |
| | | | 14 | 53.000 | 62.000 | 44.000 | 46.000 |
| | 65 | | 4 | 63.000 | 65.500 | 60.500 | 61.000 |
| | | | *10 | 60.000 | 66.000 | 54.000 | 55.000 |
| | | | 16 | 57.000 | 67.000 | 47.000 | 49.000 |
| 70 | | | 4 | 68.000 | 70.500 | 65.500 | 66.000 |
| | | | *10 | 65.000 | 71.000 | 59.000 | 60.000 |
| | | | 16 | 62.000 | 72.000 | 52.000 | 54.000 |
| | 75 | | 4 | 73.000 | 75.500 | 70.500 | 71.000 |
| | | | *10 | 70.000 | 76.000 | 64.000 | 65.000 |
| | | | 16 | 67.000 | 77.000 | 57.000 | 59.000 |
| 80 | | | 4 | 78.000 | 80.000 | 75.500 | 76.000 |
| | | | *10 | 75.000 | 81.000 | 69.000 | 70.000 |
| | | | 16 | 72.000 | 82.000 | 62.000 | 64.000 |

ขนาดเป็น mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ภาคผนวก ค7.** แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน fs และ fc ของสกรูส่งกำลัง

| วัสดุสกรู | เหล็ก | ทองเหลือง | บรอนซ์ | เหล็กหล่อ |
|---|---|---|---|---|
| เหล็ก (แห้ง) | 0.15-0.25 | 0.15-0.23 | 0.15-0.19 | 0.15-0.25 |
| เหล็ก (หล่อลื่น) | 0.11-0.17 | 0.10-0.16 | 0.10-0.15 | 0.11-0.17 |
| บรอนซ์ | 0.08-0.12 | 0.04-0.60 | - | 0.06-0.09 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้คงจะสำเร็จลงไม่ได้อย่างแน่นอน ถ้าหากขาดความอนุเคราะห์จากผู้มีอุปการคุณหลายท่านด้วยกัน ที่ได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ตลอดมา คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ

ดร. วิภา เจียระไนวชิระ

อ. ธีรพงษ์ ผลโพธิ์

คณาจารย์ในภาควิชาวิศวกรรมเกษตรทุกท่าน สำหรับคำปรึกษาและคำแนะนำที่ดีตลอดมา

เจ้าหน้าที่ workshop ทุกท่าน สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการสร้างเครื่องและคำแนะนำทางด้านเทคนิคต่างๆ

เพื่อนๆ และรุ่นน้องภาควิชาวิศวกรรมเกษตร ที่คอยเป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือในหลายๆด้าน

กัลยาภร เขตรกรณ์ และนิสิตหอใน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ทุกท่าน ที่ช่วยกันบริจาคถ่านไฟฉายที่หมดอายุการใช้งานแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้